

А. Р. ЖЕБРАК

КУРС
БОТАНИКИ

ЖЕБРАК
КУРС
БОТАНИКИ

проф. А. Р. ЖЕБРАК
АКАДЕМИК АН БССР

КУРС БОТАНИКИ

*Допущено Управлением кадров и учебных заведений
Министерства здравоохранения СССР
в качестве учебника для студентов
фармацевтических институтов (факультетов)*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МЕДИЦИНСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Медгиз — 1959 — Москва

ЖЕВРАК АНТОН РОМАНОВИЧ
Курс ботаники

Редактор *Н. А. Львов*

Техн. редактор *К. К. Сенчило*

Корректор *В. М. Савинова*

Переплет художника *С. Н. Новоского*

Сдано в набор 23/VII 1959 г. Подписано к печати 15/X 1959 г.

Формат бумаги $70 \times 108^{1/16}$. 32,75 печ. л. (условных 44,87 л.) 44,38 уч.-изд. л.

Тираж 15 000 экз. Т11636. МУ-11.

Медгиз, Москва, Петровка, 12

Московская типография № 5 Мосгорсовнархоза. Москва, Трехпрудный пер., 9.

Зак. 1152.

Цена 13 р. 30 к. Переплет 1 р. 50 к.

ВВЕДЕНИЕ

ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О БОТАНИКЕ

Термин «ботаника» происходит от греческого слова «ботанэ», что значит зелень, трава, и может быть передан русским словом «травоведение». В настоящее время под термином «ботаника» понимают учение о растениях: их строении, форме, развитии, жизнедеятельности, распространении по земной поверхности, свойствах и пр.

Таким образом, ботаника является одним из разделов биологии, в задачу которого входит изучение растений.

В историческом развитии биологии вообще и ботаники в частности научные взгляды на растение подверглись значительным изменениям.

В ранний период развития ботаники к растениям относили все организмы, не способные к произвольному перемещению.

Представление о растении как о низшем организме удерживалось в науке до второй половины XVII века, т. е. до систематического изучения микроорганизмов.

Открытие микроскопа и изучение при помощи его ряда очень малых существ и знакомство с историей развития некоторых низших растений заставили усомниться в правильности принципа, который был положен в основу разделения растений и животных. Изучение ряда водорослей показало, что на некоторых стадиях развития эти растения способны к такому же свободному движению, как и животные. Это явление настолько было вразрез с установившимися понятиями о неподвижности растений, что некоторые ученые предположили, что им удалось наблюдать момент превращения растения в животное.

Среди микроскопически малых организмов было открыто немало подвижных растений, а также и таких малых существ, в отношении которых среди ботаников и зоологов существовали сомнения: животное это или растение. Эти организмы были выделены в особую группу *протистов*, занимающую промежуточное положение между животными и растениями и соединяющую в себе признаки животных и растений.

Аристотель на основе тех биологических знаний, которыми он располагал, допускал самопроизвольное зарождение организмов из мертвой среды. Возникновение живых существ из мертвой среды рассматривалось им как выражение органической планомерной деятельности души. Эта идея еще долго держалась в умах многих мыслителей древности, средневековья и нового времени. Так, один из основоположников современной ботаники, Цезальпини (1519—1603), допускал, что при прорастании семени растения корень развивается не из зародыша семени, а образуется из гниющих веществ почвы.

Однако по мере развития науки возможность самопроизвольного зарождения становилась все более и более сомнительной. В XIX веке ученые считали, что зарождаются самопроизвольно могут только такие микроскопически малые растения, как грибы и бактерии, а отнюдь не более сложные по строению животные и растения.

Выдающиеся исследования Пастера (1822—1895) и последующих микробиологов показали, что и микроорганизмы зарождаются также только от подобных себе и что между живым и неживым существует резкая грань. Оказалось, что даже бактерии при всей своей малой величине обладают очень сложным внутренним строением и внезапное образование подобной сложной структуры из мертвой среды нелепы. Сложная организация современной растительной и животной клетки совершенно исключает возможность случайного возникновения в настоящее время живых организмов из неживой материи. Поэтому идея о самопроизвольном зарождении не находит сейчас сторонников среди ученых, и в науке окончательно утвердился тот взгляд, что даже самые низшие растительные и животные формы, какие только известны, возникают от подобных себе.

Животные и растения являются двумя ветвями системы живых организмов и представлены большим числом разнообразнейших форм. Вопрос, насколько постоянны эти формы, каково их происхождение и какова связь друг с другом, привлекал внимание многих мыслителей с самых древних времен. С древнейших времен было известно, что при посеве семян какого-либо растения получают новые растения того же вида. Однако биологи и философы, начиная с Аристотеля и вплоть до ученых XVIII века, допускали мысль, что существующие формы растений по существу непостоянны и могут переходить одна в другую. В особенности казалось простым и вероятным превращение одних видов растений в другие. В сочинениях средних веков встречаются утверждения, что из посаженных веток дуба может вырасти виноград, из семян пшеницы — рожь и т. п. Эти представления явились отражением народной натурфилософии, в которой идея о превращении одних видов в другие весьма прочна.

В первой половине XVIII века шведскому натуралисту Линнею удалось доказать, что существующие формы растений являются постоянными биологическими единицами, не превращающимися друг в друга. Многие ученые, работавшие во времена Линнея и после него, убеждались в относительной правильности его основных выводов, и идея о постоянстве видов сделалась широко распространенной.

Обоснованное Линнеем представление о постоянстве видов растений и животных показывало сходство этих двух основных групп организмов в одном из основных жизненных свойств — наследственности. Длительное постоянство видов указывало на паличие в живой материи консервативного начала — наследственности, обуславливающей сохранение первоначальной формы, несмотря на непрерывную смену поколений.

Однако учение о постоянстве видов к концу XVIII века вошло в противоречие с рядом новых фактов, накопленных в процессе развития науки. Изучение ископаемых остатков растений и животных показало, что в прежние геологические эпохи живое население земли состояло из других видов, в большинстве вымерших, что самые древние формы имели более простую организацию и что в истории развития животного и растительного царств можно наметить общий процесс усложнения организации. Естественно, что отсюда возникла мысль о происхождении современных видов растений и животных от видов более древних путем изменения последних. Для подтверждения этих выводов необходимо было доказать, что существующие виды изменяются.

Дарвину и Уоллесу принадлежит заслуга в подборе фактов, доказывающих изменчивость существующих видов растений и животных. Эти факты послужили основанием для эволюционной теории происхождения видов, известной под названием теории Дарвина, или дарвинизма. По этой теории, виды изменяются из поколения в поколение, но это изменение выражается в очень мелких отклонениях, едва доступных наблюдению. Возникшие отклонения закрепляются наследственностью и передаются потомству. Крупные отклонения создаются в процессе смены ряда поколений путем накопления и суммирования отдельных мелких отклонений.

Мелкие отклонения появляются случайно, без видимой на первый взгляд причины, но если они полезны в борьбе за существование, то особи с такими отклонениями приобретают большую устойчивость и дают потомство, обладающее новыми чертами. Если отклонение вредно для развития вида, то особи с такими отклонениями погибают или оставляют относительно меньшее потомство. Таким именно путем совершается закрепление естественным отбором полезных в борьбе за существование признаков. В результате этого процесса получается удивительная целесообразность в строении отдельных видов, которая соответствует условиям их жизни.

По теории Дарвина, существующие виды растений и животных связаны кровным родством между собой, а также с видами, существовавшими в прежние геологические эпохи. Сходство в организации, наблюдающееся между близкими формами, объясняется именно родством и общностью происхождения от одних предков. Мир живых существ в свете этой теории представляет нечто целое, в котором растения и животные являются родственными ветвями, связанными друг с другом общностью происхождения.

Это воззрение является господствующим в настоящее время, и положение о родстве растительных организмов с животными приобрело характер наиболее важного теоретического научного вывода.

Исследования микроскопического строения растений, начатые во второй половине XVIII века, позволили установить ряд других черт, сближающих растительный организм с животным. К этим исследованиям присоединены были наблюдения из области физиологии, показавшие, что прикрепленным к почве растениям свойственны разнообразные движения и что растительный организм обладает такой же чувствительностью к воздействию внешних факторов, как и животный. Правда, в процессе эволюции растений наблюдалось подавление двигательной функции, а с ней и развития психических свойств у наиболее высокоорганизованных видов, резко отличающих их от животных. Однако, спускаясь по ступенькам животного царства, мы находим и у простейших животных столь же слабое выражение психических свойств, как и у растений. У низших форм тех и других мы находим лишь черты общей чувствительности. При анализе микроскопических представителей обоих великих царств живой природы фактическая граница между растением и животным ступенчается.

Растительные организмы приобрели в течение длительного периода эволюции весьма сложное строение, в частности ряд приспособлений для использования мертвой и биологической среды. Если у высших представителей не развилось психических свойств, как у животных, то это потому, что эволюция растений пошла по иному пути. С самого начала эволюции между растением и животным установилось различие в характере их приспособления к среде, которое и привело к различной группировке основных жизненных свойств у высших растений и животных.

Наиболее резкое различие между растением и животным сводится к способу питания. Всякое проявление жизненных процессов сопровождается

расходом энергии, которую организм может черпать только из окружающей среды. Существование живой материи поддерживается непрерывным возобновлением ее за счет веществ мертвой, минеральной среды. Следовательно, между живой и мертвой материей существует непрерывный обмен веществ и энергии. В этом обмене растения и животные выполняют различную роль. Растения в своем большинстве обладают исторически выработанной способностью питаться за счет минеральной среды с помощью соответствующего аппарата, улавливающего энергию лучей солнца и превращающего ее в форму потенциальной химической энергии органического вещества. Конденсированная в такой форме солнечная энергия легко может быть превращена затем в тепловую и другие формы кинетической энергии.

Необходимые для питания растений вещества находятся повсюду — на поверхности земли, в толще почвы и в воздухе. Чтобы использовать эти запасы пищи, растение не нуждается в быстрых передвижениях своего тела. Более целесообразно для него укрепиться на месте и развить соответствующие аппараты поглощения из почвы и воздуха. Растительный организм как раз и эволюционировал в этом направлении. В основе строения любого растения лежит принцип наиболее совершенного развития двух поглощательных аппаратов: одного в почве в виде корневой системы, а другого в воздухе в виде кроны с ветвями и листьями.

Эволюция животных шла в направлении питания готовыми органическими веществами, составляющими тело растений и других животных. Так как органическое вещество в небольшом объеме заключает большое количество потенциальной энергии, то питание им позволяет сократить до минимума поглощательный аппарат. Но с связи с тем, что запасы органического вещества в виде растений на определенном пространстве ограничены, животный организм должен обладать подвижностью. Таким образом, в строении тела типичных животных развивались аппараты движения и поглощения. Этой именно схеме и соответствует строение тела высшего животного.

Организация растения позволяет ему использовать минеральную среду, завоевывать пространство и увеличивать массу живой материи за счет мертвой. Животное же питается тем запасом органической пищи, который входит в состав тел растений и других животных и является относительно ограниченным. Типичные растения и типичные животные являются организмами, резко отличающимися друг от друга по типу питания.

Изучение организации растения должно преследовать две основные задачи: анализ общих жизненных свойств, присущих растению как организму вообще, и анализ свойств специфических, принадлежащих только растению и явившихся результатом определенной его эволюции в связи с характером питания.

Таковы задачи современной ботаники, выраженные в общей форме.

Являясь отраслью биологии, ботаника относится к разряду точных наук, опирающихся на точное наблюдение и опыт. Начиная с XIX века опыт как метод исследования приобрел в ряде наук доминирующее значение. В ботанике точное наблюдение и опыт сменили старое натурфилософское направление, которое вело свое начало от Аристотеля. В отдельных разделах современной ботаники, как физиология, генетика, опыт занимает ведущее положение, в других, как экология, геоботаника, преобладает метод наблюдения и описания, сочетаясь лишь порой с отдельными экспериментальными исследованиями.

Современный научный анализ явлений природы заключается в раскрытии внутренних закономерностей и причин наблюдаемых процессов

и явлений. В биологии приходится анализировать явления, в которых соотношения между причиной и следствием более сложны, чем в явлениях химических и физических. Особенно часто более сложные соотношения между причиной и следствием отмечаются при анализе воздействия внешних факторов на организм. При исследовании живых организмов применяются те же методы опыта и наблюдения, которые введены физикой и химией при изучении мертвой материи. Однако условия наблюдения и опыта значительно осложняются, когда объектом является живой организм. При исследованиях, касающихся живых организмов, точность наблюдения и опыта зависит не только от избранной методики, но и изменчивости самих организмов как биологических единиц. Повторяя опыт с индивидуумами одного и того же вида и применяя одинаковую методику, мы все же можем получить неодинаковые результаты, так как индивидуумы одного и того же вида никогда не бывают вполне тождественными. Вот почему при исследованиях, имеющих объектами живые организмы, мы никогда не можем рассчитывать на ту степень точности, которую мы можем иметь при опытах физических или химических с объектами мертвой природы.

Наиболее характерной особенностью организма является принцип его формирования. Организм строится путем внутренней дифференцировки тканей из первоначально однородного материала. Все живое развивается из яйца. Яйцо является тем исходным элементом, из которого формируется сложнейший организм. Построение сложного организма из яйца представляли сначала как рост и развертывание чрезвычайно малых, но уже скрытых в нем зачатков. Яйцо представлялось как уменьшенный в размерах организм со всеми его органами и тканями. Однако исследование показало, что это воззрение неправильно; в действительности строение яйца сравнительно простое; оно включает в себе лишь более или менее однородный материал, который с течением времени, в процессе развития приобретает все большую и большую сложность путем обособления частей и их изменения.

Процесс дифференцировки первоначально простого материала представляет сложнейшее явление, не имеющее сходства с процессами в мертвой природе; он еще более осложняется пластичностью, присущей живой материи. Пластичность выражается как в изменениях внешнего строения тканей и органов, так и в способности организма изменять химизм своего обмена веществ в соответствии с внешними условиями. Пластичность придает организму характер образования изменчивого, текучего, не укладывающегося в твердые неподвижные рамки. Поэтому в биологии, в частности в ботанике, простое наблюдение и описание процессов в их сменяющейся последовательности является закономерным методом, не всегда могущим быть замененным более точным опытом. Таким образом, в ботанике мы находим целые отделы, где описательный метод является господствующим в исследовании вследствие ограниченности или невозможности применения метода экспериментального исследования. Однако применение эксперимента в биологии расширяется вместе с прогрессом химии и физики и усовершенствованием методов исследования.

В результате колоссального прогресса биологии в XIX веке как в области ботаники, так и зоологии явилась необходимость расчленения этих дисциплин на ряд частных и установления известного порядка исследования. Это расчленение было вызвано естественным ходом исторического развития науки. Среди ботанических дисциплин раньше всех развилась описательная ботаника, дающая простое описание форм существующих растений и внешнего строения их тела. После изобретения микроскопа и применения его в целях научного исследования начала быстро развиваться

та отрасль ботаники, которая имеет задачей исследование микроскопического строения тела растения и микроскопически малых растений. Позже стало развиваться учение о химической и физической стороне жизненного процесса у растений, так как для развития этой отрасли ботаники требовалось применение эксперимента и накопление известного запаса сведений из области физики и химии.

Отдельные отрасли ботаники, возникшие в процессе исторического развития этой науки, быстро разрослись, и каждая из них приобрела характер особой дисциплины. В связи с быстрым накоплением огромного количества фактических сведений и литературы по отдельным отраслям в настоящее время невозможно быть просто ботаником. Работающим в области ботаники исследователям приходится ограничиваться одной какой-либо отраслью и в ней специализироваться.

В настоящее время различают ряд разделов общей ботаники.

1. **Морфология растений** представляет собой учение о внешнем строении тела растения и его частей или органов. В морфологию включается также **эмбриология** — история развития растения и его отдельных органов в течение индивидуальной жизни. Эмбриология изучает процесс развития и усложнения растительного индивидуума, а также происхождение отдельных органов или частей его.

2. **Анатомия растений** является особой отраслью морфологии, предметом которой служит изучение внутреннего микроскопического строения органов и слагающих их тканей, а также истории их развития.

Анатомия и морфология растений ранее носили описательный характер — описание формы и строения растений в том виде, как они встречаются в природе. Впоследствии в обеих этих отраслях ботаники стали применять методы экспериментального исследования, откуда получили начало термины «экспериментальная морфология и анатомия» в отличие от прежних терминов «описательная морфология и анатомия».

3. Усовершенствование микроскопической техники позволило подвергнуть тщательному изучению и ту основную биологическую единицу, которая лежит в основе тканей и которую в науке называют клеткой. Отдел анатомии, предметом которого является изучение строения клетки и ее составных частей, в последнее время получил большую самостоятельность и приобрел особое название **цитологии**. Этот раздел особенно интенсивно разрабатывается в отношении культурных растений.

4. **Физиология растений**, или **фитофизиология**, изучает совокупность физико-химических процессов, из которых складывается жизнедеятельность растительного организма. Методом исследования в физиологии является опыт.

В последнее полувековье сложился раздел ботаники, изучающий явления наследственности и получивший название **генетики**.

5. **Систематика растений** представляет собой старейшую отрасль ботаники. Предметом ее является описание известных форм растительных организмов, а также установление их классификации. В связи с развитием эволюционной теории, начиная со второй половины XIX века возникает стремление установить филогенетическое родство между растениями и создать естественную систему растений, т. е. такую классификацию, которая была бы основана на естественном родстве различных видов растений.

Отделом ботаники является также **фитопалеонтология**, или **палеоботаника**, изучающая вымершие виды растений по их ископаемым остаткам.

Ввиду большого числа форм и типов растительных организмов обычно выделяют из общей систематики отделы, посвященные отдельным круп-

ным группам растений, как бактериология, изучающая бактерии, альгология, изучающая водоросли, микология — грибы, лихенология — лишайники, бриология — мхи и т. д.

Особенно сильно развилась бактериология, которую теперь включают как отдел в особую науку — микробиологию, изучающую микроскопические организмы вообще.

6. Особой отраслью ботаники является также география растений, изучающая распределение растений по поверхности земли. Начиная с конца XIX века стал развиваться отдел экологии растений, изучающий взаимоотношения растительных форм между собой и с факторами внешней среды.

7. Отраслями ботаники являются также фитопатология и тератология. Первая изучает болезни растений, а вторая — различные формы уродств, возникающих во время развития растений. Эти отрасли тесно соприкасаются с другими разделами ботаники: фитопатология — с физиологией, а тератология — с экспериментальной морфологией.

Кроме общей ботаники, задачей которой является изучение общих закономерностей жизни и развития растений, выделяют еще так называемую прикладную ботанику, в задачу которой входит изучение определенных групп растений в интересах хозяйственного их использования. В зависимости от отрасли, где используется ботаника, иногда выделяют лесную, сельскохозяйственную, медицинскую ботанику.

Естественно, что между всеми ботаническими дисциплинами, возникшими в результате развития ботаники и необходимости специализации ботаников, существует тесная связь. Обилие отраслей ботаники есть лишь следствие более детального отражения в каждой из них отдельных свойств и внешних особенностей растения, что позволяет лучше понять совокупность многообразных жизненных проявлений растительного организма.

РОЛЬ РАСТЕНИЙ В ПРИРОДЕ

Природу принято делить на живую и неживую. Живая природа представляет собой совокупность растений и животных и носит название биосферы. Абсолютная масса биосферы огромна, она выражается цифрой 10^{14} т, но эта величина составляет ничтожно малую долю той массы неживой природы, в которой сосредоточена жизнь и которую можно рассматривать как среду жизни. Как известно, жизнь сосредоточена только в поверхностных слоях суши, водных бассейнах и в нижних слоях атмосферы. Благодаря своей активности биосфера оказывает огромное влияние на окружающую ее неживую природу. В этом отношении особенно велико влияние растений, которые значительно превосходят животных по общей массе.

Наиболее характерные примеры такого влияния можно найти в явлениях фотосинтеза, который считается важнейшим для растений процессом. Фотосинтез свойствен всем растениям, содержащим хлорофилл. Сущность фотосинтеза состоит в том, что растения за счет энергии солнечного луча строят главную массу своего тела из углекислого газа, воды и минеральных соединений. При этом, как известно, происходит поглощение углекислого газа и выделение соответствующих объемов кислорода. Этот газообмен при фотосинтезе настолько значителен, что количество углекислого газа, извлекаемого растениями ежегодно из атмосферы, определяют величинами порядка $1,3 \cdot 10^{10}$ т, что составляет около $\frac{1}{50}$ всего количества углекислого газа, содержащегося в атмосфере. Если бы этот процесс шел односторонне

и извлекаемая растениями из атмосферы углекислота не пополнялась, то через 50 лет запасы ее в атмосфере были бы исчерпаны и процесс фотосинтеза должен был бы прекратиться. Однако этого не происходит, так как в природе осуществляются процессы обогащения атмосферы углекислым газом. Такими процессами являются дыхание животных и растений, гниение, брожение, горение, а также выделение углекислого газа из природных источников и при вулканических извержениях.

Существующие в настоящее время соотношения элементов атмосферы относительно стабильны, хотя меняются и были иными в отдаленные геологические эпохи. В каменноугольный период содержание углекислого газа в атмосфере по сравнению с современным было выше. В начальный же период существования земли, после ее остывания, свободного кислорода на ее поверхности, по-видимому, совсем не было, как нет его и сейчас в глубоких слоях земной коры. Свободный кислород стал, очевидно, накапливаться в атмосфере лишь после появления хлорофиллоносных растений. В свою очередь появление кислорода, составляющего в нашу эпоху 20,99% всей атмосферы, имело очень большое значение, так как благодаря ему значительно усилилась энергия жизненных процессов. Появилось кислородное дыхание, свойственное подавляющему большинству живых существ, которое можно считать наиболее совершенным процессом с энергетической стороны. Обогащение атмосферы свободным кислородом оказало большое влияние на усиление жизненных функций и самих зеленых растений в процессе их последующей эволюции. Растительный мир все более и более увеличивал продукцию органических соединений за счет неорганических. Это в свою очередь создало лучшие условия для массового развития различных животных, которые зависят в своем питании от растений. Неиспользованные животными части растений и трупы животных стали источником существования богатой флоры микроорганизмов — грибов и бактерий, которые в процессах брожения и гниения разлагают соответствующие органические вещества до простых неорганических соединений, как углекислый газ, вода, аммиак, соли азотной кислоты и др. Эти последние опять используются зелеными растениями, строящими из них органические вещества своего тела в процессе фотосинтеза.

В условиях наличия кислорода значительно усилилось выветривание твердых горных пород, в котором большую роль играет окисление свободным кислородом. Получающиеся в результате процессов выветривания более рыхлые массы пород подвергались дальнейшему разрушению и размельчению корнями поселившихся на них растений и другими организмами, что повело к образованию почвы, представляющих основной субстрат для растений.

Таким образом, из изложенного видно, какое огромное значение имеют растения в природе. От деятельности растений зависит существование всей биосферы. Растения представляют собой важные этапы в круговороте веществ в природе. Одни из них строят в процессе синтеза органическое вещество, а другие разрушают его в процессах гниения и брожения.

Вся энергия, при помощи которой совершаются жизненные процессы, происходит от солнца. И лишь зеленое растение является организмом, превращающим кинетическую энергию солнечного луча в потенциальную химическую энергию вновь синтезированных органических веществ.

Все, что мы получаем от нашего сельского и лесного хозяйства, а также все, что мы добываем в нашей каменноугольной и нефтяной промышленности, происходит от растений. На протяжении многих миллионов лет истории земли растения прошли сложную эволюцию. Последние этапы этого процесса протекают под влиянием человека на эволюцию растений.

Он создал ныне для себя новый мир культурных растений, которые позволяют ему полнее использовать солнечную энергию и получать большее количество нужной ему продукции.

С появлением человеческой культуры космическая роль растений стала приобретать характер процесса, все более и более регулируемого человеческой практикой и наукой.

Человек широко использует две важнейших группы растений — травянистые растения полей и лугов и древесные растения лесов. Продукция сухого органического вещества лесов приблизительно одинакова с продукцией соответствующих площадей полевой культуры. Однако в лесу мы получаем древесину, а в поле более ценные продукты в виде зерна, овощей, сахара, прядильных волокон и пр. Рациональное сочетание площадей, занятых различными типами растительности, обещает дальнейшее значительное увеличение их продукции.

В нашей стране проводятся грандиозные работы по коренной перестройке природы при помощи лесонасаждений и освоению огромных площадей целинных земель.

В процессе исторического развития нашей планеты растительный мир прошел гигантский путь эволюции от простейших растений до многообразных высших растительных организмов, завершающийся возникновением и развитием культурной флоры.

С тех пор как человек стал заниматься растениеводством, он все более и более активно вмешивается в процесс космической деятельности растения. В условиях социалистического и коммунистического общества эта роль человека еще более увеличивается, с каждым годом он получает все большие возможности повышать космическую роль растения как первоисточника органического вещества и преобразовывать природу в интересах всего человечества.

ЗНАЧЕНИЕ РАСТЕНИЙ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

За счет растений человек удовлетворяет свои основные потребности в пище, одежде и жилище; животные продукты, употребляемые человеком, также образуются за счет растений.

Из пищевых растений наиболее важными являются хлебные злаки, культивируемые по всему земному шару. Среди хлебных злаков первое место в питании людей занимает пшеница. Площадь посевов пшеницы значительно превышает 100 млн. га. Пшеница культивируется в странах умеренного климата. Ежегодный мировой сбор зерна пшеницы превышает 150 млн. тонн. Второе место по площади и первое по продукции занимает рис, разводимый в тропических и субтропических областях. Мировая продукция риса около 160 млн. тонн. Третье место по площади и продукции занимает кукуруза, больше всего культивируемая в умеренно теплой зоне Америки. Зерна кукурузы широко используются в народном хозяйстве. Ежегодные мировые сборы кукурузы превышают 120 млн. тонн. Затем идет овес, рожь, ячмень и другие зерновые культуры. Общая мировая продукция основных хлебных и фуражных злаков превышает 500 млн. тонн. Это количество ежегодно собираемого зерна позволяет обеспечить хлебом всех людей, живущих на земном шаре.

Второе место по важности для питания людей принадлежит овощным и плодовым растениям. Среди них первое место по мировой продукции занимает картофель, ежегодные сборы которого превышают 200 млн. тонн. Далее идут капуста, репа, брюква и др. Существенным подспорьем в пищевом рационе человека являются плодовые растения, роль которых особенно возрастает в южных широтах.

Плоды и овощи имеют не только непосредственное пищевое значение в связи с содержанием в них основных питательных веществ: белков, углеводов, жиров; они являются также источником необходимых для питания человека и животных веществ—витаминов, вырабатываемых только растениями. Наиболее важными плодовыми и ягодными растениями для умеренно холодной полосы являются яблони, малина, смородина, крыжовник, облепиха, шиповник и др., для умеренно теплой и субтропической — яблони, груши и виноград. Виноград представляет собой важнейшее плодовое растение. Общая мировая площадь под виноградом превышает 10 млн. га. В нашей стране виноград в основном культивируется в Крыму, Закавказье, Средней Азии, Молдавской ССР, в западной Европе — в значительных количествах в Италии и Франции. Несколько уступают винограду по своему значению цитрусовые культуры: апельсины, лимоны, мандарины и др., более теплолюбивые и не заходящие так далеко на север, как виноград. В СССР цитрусовые разводятся в закавказских субтропиках, в Европе — в больших количествах в южной Италии и Испании, а в Америке — в Калифорнии, Флориде и Мексике. Важнейшими плодовыми растениями для тропических районов земного шара являются кокосовая пальма, широко распространенная в Индонезии и Океании, бананы, разводимые в больших количествах в разных влажных тропических странах, финиковая пальма, растущая главным образом в Северной Африке и Юго-Западной Азии.

Бесыма важными для человека являются зернобобовые растения, как горох, фасоль, соя и многие другие. Эти растения богаты белками и могут служить источником белкового питания человека. Правда, белки этих растений менее ценны, чем белки животного происхождения, так как они труднее усваиваются человеческим организмом; однако зернобобовые растения играют важную роль в питании человека в некоторых странах, особенно в Испании (фасоль) и Китае (соя). Не меньшее значение имеют бобовые растения как источник питательного корма для сельскохозяйственных животных. Такие растения, как клевер, люцерна, эспарцет, вика и др., широко культивируются для кормовых целей во многих странах. Бобовые растения при помощи поселяющихся на их корнях клубеньковых бактерий могут усваивать свободный азот из атмосферы и таким образом обогащать почву азотом — этим важнейшим элементом питания растений.

Широко используются человеком некоторые виды растений для получения растительного масла, идущего на пищевые, лекарственные и технические цели. Среди масличных растений важнейшими являются подсолнечник, лен, горчица, хлопчатник, клещевина, соя и др. Перечисленные растения содержат в своих семенах от 20 до 40% масла.

Из других важных для человека растений нужно указать на такие растения, как сахарная свекла и сахарный тростник, само название которых указывает на характер их хозяйственного использования. Сахарная свекла культивируется в областях умеренного климата и из нее добывается около 40% всего потребляемого человечеством сахара. Сахарный тростник разводится главным образом в тропических и субтропических странах. Ежегодная добыча сахара из тростника выше, чем из сахарной свеклы, и равна приблизительно 60% мирового производства сахара.

Эти два растения дают ежегодно свыше 15 млн. тонн сахара, являющегося важнейшим пищевым и вкусовым продуктом.

Нужно отметить также и такие растения, как перец, гвоздику, корицу, кардамон, мускатный орех и др., дающие пряности. Эти продукты имеют только вкусовое значение. Пряные растения произрастают преимущественно в тропических странах.

Потребности человека в одежде также удовлетворяются в основном текстильными растениями. Из этих растений получают волокна, состоящие из вытянутых, но узких клеток с утолщенными, но не одревесневшими оболочками. Эти волокна имеют большую гибкость и эластичность, что допускает прядение их в нити, из которых готовится ткань. Важнейшими прядильными растениями являются хлопчатник, лен, конопля, кендырь, кенаф и др. Прядильные волокна у разных растений добываются из различных частей последних. Так, например, у льна, конопли и др. они добываются из стеблей, у новозеландского льна — из листьев, а у хлопчатника — из волосков покрывающих семена.

Наиболее важным прядильным растением является хлопчатник. Культура хлопчатника распространена в тропических, субтропических и умеренно теплых областях земного шара. Основными районами производства хлопка в СССР являются республики Средней Азии и Закавказья.

Значительное место в производстве волокна занимает лен, дающий льняные ткани, более прочные и ценные, чем хлопчатник. Лен культивируется у нас в северных и в северо-западных областях. Наша страна занимает по культуре льна первое место в мире и дает около 75% общей мировой продукции.

Другим волокнистым растением, используемым одновременно для производства и масла, и волокна, является конопля. Конопля имеет меньшее значение и дает более грубое волокно, идущее для производства веревок и грубых тканей. В качестве волокнистых растений используются также кендырь, кенаф, канатник, рами и др.

Потребность человека в жилище удовлетворяется за счет древесных растений, составляющих главную массу наших лесов. СССР обладает площадью лесов, которая составляет около $\frac{1}{3}$ лесных площадей мира. На одного жителя нашей страны приходится приблизительно в три раза больше лесов, чем в остальных странах мира.

Древесина играет огромную роль в народном хозяйстве. Она идет на постройку жилищ, на отопление, на сооружение мостов, производство железнодорожных шпал, телеграфных столбов, бумаги, производство прядильных тканей и др. Лесная растительность играет огромную роль в водном режиме земной поверхности, разнообразит и украшает ландшафт и оздоравливает атмосферу.

Кроме перечисленных групп растений, широко используемых в жизни человека, есть еще ряд других групп, которые также используются в различных отраслях хозяйственной деятельности. К числу их относятся дубильные растения, красильные растения, эфиромасличные, декоративные растения, каучуконосные растения, лекарственные растения и некоторые другие группы растений.

Дубильные растения употребляются для дубления кож. Содержащиеся в этих растениях танины, действуя на кожу животного, придают ей эластичность и другие желательные качества. Особое значение имеют некоторые тропические дубители, например древесина квербаха из Южной Америки и кора акаций из Австралии, называемая мимозовой корой. Из наших местных растений используются в качестве дубителей ивовая и еловая кора, кора и древесина дуба, листья сумаха, скумпии, листья и корневища бадана и др.

Эфиромасличные растения благодаря содержанию в них душистых эфирных масел находят широкое применение в парфюмерной промышленности.

Весьма большое значение в народном хозяйстве имеют каучуконосные растения, дающие материал для получения резины, крайне необходимой

в автомобильной промышленности, электропромышленности, производстве предметов широкого потребления и пр. Главнейшим каучуконосом является бразильское дерево гевея (из семейства молочайных), которое в большом количестве культивируется на острове Ява, в Индии, Малайе и Индокитае. Близкая по составу к каучуку гуттаперча добывается из тропического гуттаперчевого дерева, широко распространенного в Индонезии. В СССР гуттаперча получается из видов бересклета, растущего в наших лесах, и возделываемого китайского дерева эйкоммии.

Нужно указать еще на весьма важную группу лекарственных растений. Эти растения применялись человеком для лечения ряда болезней еще с глубокой древности. Поиски и выявление лекарственных растений были даже одной из побудительных причин развития ботаники как науки. У разных народов в совокупности применялось свыше 10 000 видов лекарственных растений. В связи с тем, что в настоящее время многие лекарственные вещества готовятся синтетически, значение лекарственных растений уменьшилось. Однако и в нашей современной фармакопее содержится около 170 видов лекарственных растений и около 50% всех лекарственных препаратов, введенных в Фармакопее СССР VIII издания, получают из растений. Действие лекарственных растений основывается на содержании в них особых веществ, чаще всего алкалоидов и глюкозидов, нередко сильно ядовитых, но в малых дозах оказывающих лечебное действие.

Некоторые растения используются без особой переработки непосредственно, например аптечная ромашка, липа, тмин, лекарственный шалфей, лук, анис, черника и др.

Большая же часть растений подвергается заводской переработке для получения специальных препаратов или для выделения из растений чистых действующих веществ. Наиболее важными лекарственными растениями являются следующие: действующие на сердечно-сосудистую систему — наперстянка, ландыш, адонис, обвойник и др.; успокаивающие — валерьяна, камфарный лавр, опиный и масличный мак и др.; обезболивающие — коканновый куст; возбуждающие — чайное дерево, кофейное дерево, чилибуха, кола, дурман; слабительные — клещевина, ревень, крушина, кассия, алоэ; вяжущие — черника и др.; отхаркивающие — алтей, анис и др.; кровоостанавливающие — тысячелистник, водяной перец, бадан, спорынья и др.; ранозаживляющие — эвкалипт, грибная плесень — пенициллиум и другие антибиотики; богатые витаминами — шиповник, черная смородина и др.

Подробный анализ лекарственных растений и содержащихся в них действующих лекарственных веществ, а также их биологическая характеристика приводятся позже при прохождении специального курса фармакогнозии и фармацевтической химии на втором и третьем году обучения.

К лекарственным растениям можно отнести также чайный куст (*Thea chinensis* и др.), кофейное дерево (*Colfea arabica*, *C. liberica* и др.) и шоколадное дерево (*Theobroma cacao*). Получаемые из них продукты — чай и кофе — содержат алкалоид кофеин, а какао — близкий к нему теобромин. Эти вещества возбуждают сердечную деятельность. Широкое применение названных продуктов обусловлено в первую очередь их вкусовыми свойствами, а в отношении какао также и питательными.

Основными районами культуры чая являются Индия, Цейлон, Ява, Китай, в СССР — Западная Грузия.

Кофейное и шоколадное дерево культивируется только в тропических странах, кофейное дерево больше всего распространено в Бразилии и Колумбии. Продукция этих двух стран выражается больше чем в 1 млн. тонн кофе. Культура шоколадного дерева сосредоточена в Африке

(Золотой берег) и в тропической Америке (Тринидад, Венесуэла и др.). Мировая продукция сухих бобов какао превышает 500 тыс. тонн.

Помимо высших хлорофиллоносных растений, для человека имеют научное значение и некоторые низшие растения, как бактерии и грибы. Низшие растения используются человеком в различных производствах, связанных с брожением (спиртовое, молочнокислое, уксуснокислое и др.). Они играют также роль в круговороте веществ в природе и в повышении плодородия почвы. Некоторые грибы имеют пищевое значение.

Вместе с тем бактерии и грибы дают также весьма эффективные современные лечебные средства против некоторых инфекционных болезней человека (пенициллин, стрептомицин и др.).

РАЗВИТИЕ БОТАНИКИ

История ботаники ведет свое начало с самой глубокой древности. Возникновение ее связано с использованием различных растений в человеческой практике на заре его культуры. Использование растений обусловило появление некоторых знаний об этих растениях. Первоначально они передавались устно, а позже были оформлены письменно. Литературно оформленные начала знаний о растениях дошли до нас в сочинениях древнегреческих ученых III—IV веков до н. э. — Аристотеля и его ученика Теофраста. Изучение растений в древности преследовало главным образом чисто практические цели, связанные с медициной и сельским хозяйством. В сочинениях Теофраста содержатся разнообразные сведения о многих растениях, даются их описания, указывается географическое распространение, основные черты биологии, приносимая польза, способы культивирования и содержатся уже зачатки многих современных разделов ботаники. Поэтому Теофраста считают «отцом ботаники».

Изобретение микроскопа в XVII веке позволило ознакомиться с внутренним строением растений. Английский физик Р. Гук впервые применил микроскоп для изучения строения растительного организма. Изучая строение пробочной ткани, в 1665 г. он установил ячеистое или клеточное строение растительных органов. В 1671 г. Мальпиги представил в Королевское общество в Лондоне доклад о своих работах по анатомии растений, опубликованный в особой книге в 1675 г. Независимо от Мальпиги и приблизительно в то же самое время английский ботаник Неемия Грю также занимался изучением внутреннего строения растений и результаты своих исследований о строении клеток и тканей опубликовал в 1672 г. в книге, посвященной анатомии растений. Таким образом, Мальпиги и Н. Грю явились родоначальниками нового отдела ботаники — анатомии растений.

В начале XVIII века шведский натуралист Карл Линней (1707—1778) предложил удобную систему растений, ввел в науку понятие об основных систематических единицах — виде и роде, дал правила научной номенклатуры растений и развил учение о поле у растений. Работы Карла Линнея привели к быстрому развитию систематики и морфологии растений.

Успехи в развитии химии и физики позволили применить точные методы этих наук для изучения жизненных процессов, протекающих в организме растений. Исследования Пристли, Ингенгуза, Сенебье и Сосюра выявили сущность процессов питания и дыхания растений и тем положили основание для развития важнейшего отдела ботаники — физиологии растений. Дальнейшее развитие физиологии и анатомии и изучение особенностей полового размножения, проведенное в XIX веке, позволило установить, что в отношении основных жизненных функций между растениями и животным нет резких различий. С этого времени ботаника становится частью общей науки о живых организмах — биологии.

ВКЛАД РУССКИХ УЧЕНЫХ В РАЗВИТИЕ БОТАНИКИ

Русские ученые внесли ценный вклад в общую сокровищницу человеческих знаний во всех областях, в том числе в области естествознания и одного из ее разделов — ботаники.

Русская наука в области естествознания ведет свое начало от Михаила Васильевича Ломоносова. Ботаника же как отдельная дисциплина начала развиваться в нашей стране с XIX века и быстро достигла значительных успехов. Однако многие русские ученые не печатали своих работ в широко известных иностранных журналах, а русские журналы плохо были знакомы иностранцам. Вследствие этого многие крупные открытия русских ученых не смогли быть своевременно использованы мировой наукой и повторно открывались иностранными учеными в более позднее время и связывались с именами последних.

Ботаника получила широкое развитие в нашей стране в университетах в 50-х годах прошлого столетия.

Крупным русским ботаником является проф. Л. С. Ценковский. Он изучал главным образом генетические отношения водорослей, грибов, жгутиковых, инфузорий и т. п.

Л. С. Ценковский впервые доказал образование плазмодия у слизевиков путем слияния миксамеб и самостоятельно, независимо от Пастера, изучил сибирскую язву и изготовление противоязвенной вакцины.

Другой выдающийся русский ботаник проф. А. Н. Бекетов (1825—1902) написал первое руководство по общей ботанике.

Первыми русскими физиологами растений были А. С. Фаминцын (1835—1918) в Петербурге и С. А. Рачинский в Москве. В 1867 г. А. С. Фаминцын (совместно с И. В. Баранецким) опубликовал свое классическое исследование на тему: «К истории развития гонидий и образования зооспор у лишайников».

А. С. Фаминцын впервые установил возможность нормального фотосинтеза и образования крахмала на искусственном свете.

Основателем русской физиологии растений в Москве был К. А. Тимирязев (1843—1920). Основные труды его посвящены раскрытию и выяснению энергетической стороны фотосинтеза. Открытия Роберта Майера и Германа Гельмгольца впервые были применены К. А. Тимирязевым в экспериментальной физиологии растений и привели к выяснению им космической роли зеленого растения.

К классикам русской ботаники принадлежит и акад. М. С. Воронин (1838—1903). М. С. Воронин является основателем русской микологии (учения о грибах).

В области сравнительной морфологии растений значительные исследования выполнил И. Д. Чистяков. В 1871 г. он открыл карпокинетическое деление ядра растительной клетки.

Одним из крупнейших классиков ботаники является И. Н. Горожанкин. Его работа «О корpusкулах и половом процессе у голосемянных растений» (1880) представляет собой классическое произведение мирового значения. В 1877 г. И. Н. Горожанкин открыл плазмодесмы, т. е. тончайшие нити протоплазмы, соединяющие через поры живое протоплазматическое содержимое соседних клеток.

Среди учеников И. Н. Горожанкина много крупных ученых: В. И. Беляев, Л. И. Курсанов, К. И. Мейер, Л. М. Кречетович, Б. А. Федченко и ряд других.

Главные работы В. И. Беляева касаются сравнительной истории развития мужского полового поколения у разнospоровых архегонияльных растений. В 1894 г. В. И. Беляев опубликовал свою работу о реду-

ционном делении ядра, назвав ее: «К познанию кариокинеза у растений».

Одним из крупнейших ботаников мира был акад. С. Г. Навашин (1857—1930).

С. Г. Навашин открыл, что зародышевый мешок цветковых растений есть новообразование, приведшее к тому, что в оплодотворении участвуют оба спермий пыльцевой трубки, из которых один сливается с яйцеклеткой и дает начало развитию зародыша, а другой — спермий — сливается со вторичным ядром зародышевого мешка и дает начало развитию эндосперма. Таким образом, он установил, что эндосперм у цветковых растений образуется не до, а после оплодотворения, т. е. имеет половое происхождение. Эта работа С. Г. Навашина представляет собой важное открытие.

Крупным русским ботаником был И. П. Бородин, который в начале своей деятельности занимался физиологией растений, а затем продолжал работать в области анатомии и систематики. Учебные руководства И. П. Бородина по анатомии растений и общей ботанике пользуются большой известностью и в настоящее время.

Весьма важные работы по изучению дыхания растений выполнил акад. В. И. Палладин. Он установил значение кислорода для распада белковых веществ в растениях, создал теорию дыхания как суммы ферментативных процессов и учение о дыхательных ферментах, хромогенах растительной клетки, которые, подобно гемоглобину крови, являются переносчиками кислорода, воспринимая его от окислительных ферментов и перенося к дыхательному материалу.

Акад. С. П. Костычев, работая над изучением дыхания, установил, что в анаэробной фазе дыхания углеводы окисляются непосредственно.

Акад. Д. Н. Прянишников в процессе многолетних исследований разработал основы учения о превращении белков в растениях, установил сравнительное значение аммиачного и нитратного азота для растений, значение почвенной кислотности для усвоения фосфоритов, разработал основы зольного питания растений, доказав, что потребность растения в отдельных зольных элементах изменяется на разных фазах и стадиях его развития.

Акад. Н. Г. Холодный создал гормональную теорию тропизмов, дал полную монографию железобактерий.

Акад. Н. А. Максимов разработал теорию засухоустойчивости растений, установив физиологическую природу ксерофитизма.

Д. И. Ивановский выявил значение кислорода для спиртового брожения и впервые в науке открыл фильтрующий вирус мозаичной болезни табака.

В 1899 г. С. И. Коржинский опубликовал работу под названием: «Гетерогенезис и эволюция». По существу это была теория мутаций, но термин «мутация» здесь заменен термином «гетерогенезис».

Акад. В. Л. Комаров является крупнейшим ученым в области систематики и географии растений. К числу классических произведений В. Л. Комарова надо отнести его «Флору Маньчжурии», «Введение к флорам Монголии и Китая», «Флору полуострова Камчатки», «Флору Дальнего Востока» (В. Л. Комаров и Е. Н. Клобукова-Алисова), а также «Учение о виде у растений», представляющее исторический анализ представлений о виде.

В области прикладной ботаники русская наука имеет крупнейшие достижения. Работы по дифференциальной систематике культурных растений земного шара, по изменчивости и эволюции культурных растений

были выполнены в Институте прикладной ботаники под руководством акад. Н. И. Вавилова. Н. И. Вавилов является выдающимся ученым. Он автор теории центров происхождения культурных растений, им написан ряд работ по систематике культурных растений, по генетике и селекции.

Широко известным деятелем в области русской ботаники является И. В. Мичурин. Занимаясь вопросами селекции и гибридизации плодовых культур, он ввел в своей практической работе метод подбора пар по географическому принципу и создал свыше 300 сортов различных плодовых культур.



АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ

КЛЕТОЧНОЕ СТРОЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Анатомией растений называется отдел ботаники, в котором описывается внутреннее строение растений.

Основой внутренней структуры растений является клетка. Клетки имеют различную величину и форму и различным образом соединены друг с другом.

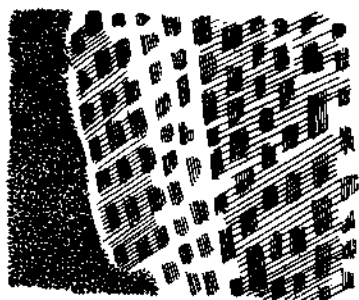


Рис. 1. Поперечный срез кусочка бутылочной пробки по Гуку (1667).

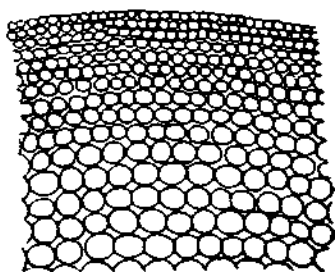


Рис. 2. Поперечный срез стебля спаржи по Грю (1682).

Первые указания на клеточное строение растений относятся к XVII веку и принадлежат Роберту Гуку, который дал описание различных объектов, рассмотренных им при значительных увеличениях. Рассматривая тонкие срезы бутылочной пробки, Гук заметил многочисленные мелкие полости с перегородками между ними и назвал их клетками (рис. 1). Гук представлял себе клетки как полости в сплошной массе и сравнивал их с ячейками пчелиных сот. В клетках других объектов он заметил жидкое содержимое и высказал предположение, что это жидкое содержимое перемещается из клетки в клетку через тонкие соединительные каналцы в перегородках между клетками.

Специально изучал строение растений Грю, который в 1682 г. опубликовал ряд работ по анатомии растений. Грю различал в теле растений разнообразные структурные элементы, в их числе клетки, или пузырьки (рис. 2). По мнению Грю, из таких пузырьков состоят мясистые сочные участки растений, которые были им названы паренхимой. Мальпиги описал (1675) волокна и трубочки, названные им трахеями.

Работами Грю и Мальпиги были заложены основы анатомии растений.

Клеточное происхождение трубок, или сосудов, было установлено значительно позже и окончательно доказано Модем в 1836 г., проследив-

шим подробно историю развития сосудов в разных органах. В результате было доказано, что сосуд есть продукт слияния клеток, расположенных в ряд друг за другом, посредством растворения поперечных стенок между ними.

Установлению клеточной теории много способствовало также изучение низших организмов. Среди водорослей были найдены такие, которые состоят из небольшого числа клеток, или даже такие, которые состоят из одной клетки.

СОВРЕМЕННОЕ УЧЕНИЕ О КЛЕТКЕ

В растительной клетке различают следующие части: 1) протоплазму, называемую иначе цитоплазмой, 2) ядро, 3) пластиды, 4) хондриосомы, 5) различные оформленные включения, как крахмальные и белковые зерна, разнообразные кристаллические образования и др., 6) вакуоли с клеточным соком, заключающим в растворе различные вещества, 7) оболочку. Протоплазма, ядро, пластиды и хондриосомы объединяются в понятие «протопласт» и обладают в совокупности жизненными свойствами, а остальные части являются продуктами жизнедеятельности протопласта. Снаружи протопласт покрыт твердой оболочкой; у некоторых клеток оболочка отсутствует в течение всей жизни клетки или определенных стадий ее.

ПРОТОПЛАЗМА

Протоплазмой называют содержимое клетки, за исключением ядра и пластид. Она является прозрачной, зернистой, вязкой, бесцветной, наподобие слизи. Протоплазма легко подвижна. В ней можно различить мелкие зернышки в виде крупинок, называемые микросомами (микро — малый, сома — тело). В зависимости от количества микросом протоплазма кажется то более прозрачной, стекловидной, то более темной и зернистой. Обыкновенно протоплазма является полужидкой и содержит около 80% воды, но она никогда не смешивается с водой. Вода входит в состав протоплазмы как компонент ее физико-химической организации.

Протоплазма иногда может приобретать твердую консистенцию, но остается при этом живой, хотя заметная жизнедеятельность ее при этом прекращается. Подобную консистенцию принимает протоплазма в семенах и спорах. При таком твердом состоянии протоплазмы семена некоторых видов растений могут сохранять свою жизнеспособность в течение десятков лет. Протоплазма в деятельном состоянии, с высоким содержанием воды, при нагревании до 50—60° теряет жизнеспособность, так как белковые вещества, входящие в состав протоплазмы, при этом свертываются. В сухом же состоянии протоплазма выдерживает нагревание до 70° и даже до 80°. Сухие семена выдерживают нагревание до 80°, не теряя своей всхожести, а споры некоторых низших растений выдерживают нагревание даже до 105°. Обезвоженная протоплазма выдерживает также значительное понижение температуры, вплоть до температуры жидкого воздуха.

Одним из самых общих химических свойств протоплазмы является ее щелочная реакция. Это легко обнаруживается простой лакмусовой бумагой. Везде, где лакмусовая бумага приходит в соприкосновение с протоплазмой, она синее.

Химический состав протоплазмы

Химический анализ протоплазмы в лабораторных условиях весьма затруднен, так как при подготовке к анализу нарушается естественная структура и могут распасться существующие в живой протоплазме не-

устойчивые соединения. Представляет большие трудности определение химического состава протоплазмы у многоклеточных растений, клетки которых имеют твердые оболочки. У этих растений отделить протопласты от их оболочек и выделить другие органоиды клетки почти невозможно.

Для химического анализа протоплазмы сравнительно удобными объектами являются плазмодии миксомицетов, состоящие из больших скоплений протоплазмы.

Анализ плазмодия миксомицетов *Fuligo varians* (по Лепешкину) дал следующие результаты:

Вода	85,6%
Сухое вещество	14,4%
	100,0%

Сухие вещества

А. Растворимые в воде	40,7%
Моносахариды	14,2%
Альбуминоиды	2,2%
Аминокислоты, пуриновые основания, аспарагин и др.	24,3%
Б. Вещества, нерастворимые в воде, составляющие основную часть протоплазмы:	59,3%
Нуклеопротеиды	32,3%
Свободные нуклеиновые кислоты	2,5%
Глобулин	0,5%
Липопротеиды	4,8%
Нейтральные жиры	6,8%
Фитостерины	3,2%
Фосфатиды	1,3%
Другие органические вещества	3,5%
Минеральные вещества	3,4%
	100,0%

В протоплазме имеются следующие основные типы соединений: белки, жиры, углеводы и неорганические вещества.

Для пыльцы кукурузы установлено следующее распределение этих веществ (в процентах от сухого вещества):

Белки	40,2
Жиры	2,2
Углеводы	44,3
Зола	5,1
Нерастворимый остаток	8,2

Главнейшими составными частями протоплазмы являются белковые вещества. Они составляют значительный процент сухого вещества протоплазмы и представляют собой важную материальную основу жизненных процессов.

Белковые вещества протоплазмы содержат следующие элементы: углерод (55—56%), кислород (20—25%), азот (15—19%), водород (6,5—7,5%), а в состав протеидов протоплазмы входит еще фосфор и нередко сера (0,3—2,5%). Кроме того, протоплазма содержит известный процент липондов. Эти вещества получили свое название вследствие того, что они обладают некоторыми свойствами жиров. Относительно высокое содержа-

ние липоидов в протоплазме объясняет, почему протоплазма, сама очень богатая водой, не смешивается с водой, даже приходя с ней в непосредственное соприкосновение при поранении.

Минеральные вещества протоплазмы весьма многочисленны и разнообразны; некоторые из них поступают в клетку в силу осмоса и менее нужны растениям, а другие более необходимы и занимают важное место в составе энзимов, или гормонов, без которых невозможны жизненные процессы.

Таким образом, по своему химическому составу протоплазма представляет соединение сложных тел, среди которых преобладают белковые и жироподобные вещества (протеиды, нуклеопротеиды и липопротеиды). Эти сложные вещества протоплазмы пропитаны водой и в клетке находятся вместе с разбавленными растворами более простых веществ, минеральных солей и других соединений.

Физическое состояние протоплазмы

Протоплазма растительной клетки представляется в виде жидкости несколько слизистого характера. Она сильно преломляет свет и поэтому хорошо видна под микроскопом. Преломление света у нее выше, чем у воды, и ниже, чем у кедрового масла (показатель преломления света при прохождении через воду равен 1,33, через протоплазму—1,35—1,40, через кедровое масло—1,52). Вязкость протоплазмы различна в клетках разных тканей и у разных видов растений. Она может значительно изменяться в зависимости от функционального состояния и различных воздействий. Из других физических свойств протоплазмы следует отметить ее большую эластичность.

Строение протоплазмы

Протоплазма в высокой степени лабильна, коллоиды ее весьма изменчивы. Эти свойства протоплазмы соответствуют представлению о протоплазме как живом веществе. Уже первые исследователи протоплазмы старались доказать существование в ней определенного тончайшего строения.

Протоплазма, будучи очень богата водой, принадлежит к категории гидротелей, т. е. находится в коллоидальном состоянии, в котором невозможно обнаружить видимых частиц. Несомненно, что на самом деле за оптической гомогенностью протоплазмы скрывается ее неоднородность в масштабах мицеллярных или молекулярных величин.

То обстоятельство, что протоплазма вырабатывает оболочки или скелетные стенки совершенно определенной и часто геометрически очень правильной формы (целлюлозная оболочка, панцирь диатомовых), дает основание полагать, что и сама она, образуя эти сложные структуры, обладает определенной структурой с правильным расположением молекул. И хотя еще нет четких данных относительно тонкой ультрамикроскопической структуры протоплазмы, можно сделать вывод, что живая протоплазма, несомненно, имеет вполне определенную структуру. Основой строения живой протоплазмы, по-видимому, являются или макромолекулы, или мицеллы, т. е. агрегаты молекул. Само же агрегатное состояние вещества обусловлено взаимосвязью молекул.

Движение протоплазмы

Протоплазме клетки свойственно совершать движения. Движение протоплазмы является проявлением ее жизненных свойств.

К установлению наличия движения часто приходится прибегать, чтобы установить, жива или мертва клетка. Клетка, в которой наблюдается движение плазмы и перемещение гранул, жива. Однако и отсутствие всякого заметного движения еще не означает, что клетка мертва. Некоторые опыты показывают, что при подсушивании движение может совершенно прекратиться, но это обычно не влечет за собой смерти клетки; если такую клетку вновь привести в соприкосновение с водой, то движение протоплазмы возобновится и можно наблюдать подлинное пробуждение жизнедеятельности клетки.

Исследование циркуляции протоплазмы в различных экспериментальных условиях показывает, что процессы жизнедеятельности протоплазмы находятся в тесной зависимости от внешней среды.

Движение протоплазмы можно наблюдать на очень большом числе объектов. Это движение мы замечаем по перемещению зернышек протоплазмы — микросом. Движение легче заметить, когда бесцветная масса протоплазмы увлекает разнообразные включения в нее. Обычно в клетке не вся масса протоплазмы движется одновременно; слой протоплазмы, примыкающий к оболочке, всегда находится в покое.

Различают два типа движения: вращательное (круговое) и струйчатое (сетчатое). Для наблюдений берут водяные растения, которые при этом остаются в своей естественной среде.

Обычными объектами для наблюдения вращательного движения являются валлиснерия спиральная, элодея канадская, или водяная чума и водоросль нитчатка (*Vallisneria spiralis*, *Eloдея canadensis*, *Nitella*). Из длинного лентообразного листа валлиснерии, разводимой в аквариумах, готовят срезы. Обычно движение в неповрежденных клетках начинается не сразу после препарирования. Характерной особенностью вращательного движения является то, что протоплазма движется в одном направлении, как бы вращаясь вокруг центра клетки. Линейная скорость движения протоплазмы при этом невысока. У валлиснерии при комнатной температуре скорость движения представляет величину около 1—2 мм/сек. При рассматривании в микроскоп видимая скорость увеличивается соответственно увеличению микроскопа.

Струйчатое движение протоплазмы наблюдается в клетках, в которых цитоплазма образует не только стенкоположный слой, но и пронизывает всю полость клетки нитями различной толщины. Главное направление движения в нитях, меняющих свое расположение, к ядру и от ядра. Протоплазма движется многочисленными тонкими струйками по различным направлениям. Время от времени направление той или иной струйки меняется на обратное.

Струйчатое движение состоит из двояких перемещений протоплазмы. С одной стороны, отмечается течение зернышек. В самых тонких нитях зерна текут с различной скоростью в одну сторону; в более широких нитях и в стенкоположном слое циркулирует часто несколько отдельных, хотя и смежных токов, то по одному, то по разным направлениям. Самый внешний слой, прилегающий к оболочке, — глалоплазма, находится в относительном покое. С другой стороны, медленно изменяется и все расположение протоплазмы. Толстые нити утончаются и могут совершенно исчезнуть; перервавшиеся нити втягиваются, тонкие нити могут начать утолщаться; появляются новые вакуоли, которые, увеличиваясь в размере, отодвигают прослойки протоплазмы.

Прекрасным объектом для наблюдений струйчатого движения являются волоски тычиночных нитей традесканции виргинской (*Tradescantia virginica*), состоящие из одного ряда клеток. Хорошими объектами являются также волоски молодых побегов тыквы, жгучие волоски крапивы,

молодые корневые волоски плавающих растений водокраса (*Hydrocharis morsus ranae*), трианеи (*Trianea bogotensis*) и др.

Влияние факторов среды на движение протоплазмы. Движение протоплазмы есть жизненное явление. Оно зависит от внешней среды, которая обуславливает жизненные процессы. Большую роль играет температура. Так, установлено, что температурные пределы для движения протоплазмы элодеи лежат между 10 и 42°; наиболее благоприятная температура около 37°. Движение протоплазмы стимулируется также наличием кислорода. Существенное влияние оказывает и освещение. Так, в листьях валлиснерий, выдержанных в темноте, освещении в 22,2 метро-свечи в течение 80 секунд возобновляет движение протоплазмы. Из различных веществ, присутствие которых в воде обуславливает возможность движения, наиболее сильно действуют аминокислоты: присутствие их в воде в концентрации 1 мг на 80 л воды достаточно, чтобы вызвать движение плазмы в листьях валлиснерий.

Большое значение имеет также и внутреннее состояние клетки, в частности ее возраст, конфигурация протопласта, физиологическое состояние последнего и др.; установлено, что движение протоплазмы усиливается перед образованием спор, перед образованием придаточных побегов и пр.

КЛЕТОЧНОЕ ЯДРО

Внутри каждой клетки в массе протоплазмы находится форменное образование — ядро (*nucleus*). Впервые на него обратил внимание английский ботаник Роберт Броун (1831), который открыл его сначала в клетках орхидей, а затем у других растений. Первые исследователи принимали его за мешочек, наполненный жидкостью, но вскоре убедились, что это более сложное образование. Особенно большое внимание начали уделять ядру с 80-х годов прошлого века, когда было обнаружено, что ядро никогда не возникает вновь, а происходит только от деления ранее существующего ядра, т. е. что оно есть такой же структурный элемент клетки, как и протоплазма, и что деление ядра всегда предшествует делению клетки. Учение о ядре развилось в особый раздел, и литература по ядру чрезвычайно разрослась.

Каждая клетка (за исключением некоторых бактерий и синезеленых водорослей) содержит одно или несколько ядер. В живой клетке ядро обычно имеет вид пузырька, ограниченного тонкой оболочкой, внутри которого можно различить одно или несколько ядрышек (рис. 3). Вещество ядра (за исключением ядрышек), окруженное оболочкой, называется нуклеоплазмой. Флемминг называл его кариоплазмой. Нуклеоплазма является сложным веществом, в котором различают два элемента: хроматин и кариолимфу, или ядерный сок.

Размеры и форма ядра весьма изменчивы и соответствуют обычно размерам и форме клетки, в которой оно находится: ядро несколько удлиняется в длинных клетках и сохраняет шаровидную форму в изодиаметрических клетках. Установленные соотношения формы и величины ядра и плазмы привели к мысли о существовании более или менее постоянного ядерноплазменного соотношения.

Ядро можно наблюдать иногда непосредственно в живой клетке. При рассматривании ядра в живой клетке оно представляется округлым телом, ясно различимым в массе протоплазмы вследствие большего лучепреломления сравнительно с протоплазмой. Такое обособление сразу позволяет признать ядро за особый органоид клетки. По консистенции ядра приближаются к застывшей желатине.

Ядро бывает незаметно в тех случаях, когда лучепреломлением своего вещества не отличается от лучепреломления вещества плазмы или когда в протоплазме находятся другие включения, сходные с ядром; трудно отличить ядро также в тех случаях, когда размеры ядра настолько малы, что оно незаметно при рассматривании в микроскоп.

В тех случаях, когда ядро нельзя увидеть прямо в живой клетке, то необходимо ее подвергнуть специальной обработке.

Чаще всего для обнаруживания ядра прибегают к различным окраскам. На живом материале удавалось окрасить ядра в амебах миксомицетов при помещении их в очень слабый водный раствор гематоксилина с прибавлением небольшого количества квасцов. Но вследствие трудностей окраски ядра в живых клетках и не очень ясной картины, получаемой при этом, чаще всего окрашивают клетки, предварительно фиксированные (быстро убитые с сохранением прижизненной структуры). Фиксирование клетки для последующей окраски производят так, чтобы по возможности не изменилось строение ее содержимого. Для этого употребляют различные кислоты или абсолютный алкоголь.

При окрашивании ядра последнее окрашивается неравномерно. Краска сильно поглощается лишь определенными частями ядра, другие же части красятся не сильнее, чем протоплазма. Это различие в окрашивании разных частей ядра дает возможность судить о структуре последнего. Те части ядра, которые сильно красятся, называются **хроматином** (от слова хрома—краска). Это хроматиновое вещество принимают за основу ядра. Полагают, что хроматиновое вещество расположено в ядре в форме одной непрерывной нити, переплетающейся в ядре и образующей как бы клубок. Эта непрерывность хроматиновой нити, завитой в клубок, выступает особенно резко перед делением ядра. Установлено также, что хроматиновая нить сама построена неоднородно. Отрезки нити, сильнее красящиеся, расположены зернышками, которые связаны между собой основной нити, красящейся слабее. В толще ядра все, что остается свободным от хроматиновой нити, занято ядерным соком (кариоплимфой).

Все ядро снаружи одето оболочкой. Существование этой оболочки некоторыми цитологами подвергалось сомнению. Однако впоследствии были разработаны методы, позволившие доказать существование отчетливой ядерной оболочки. В настоящее время большинство цитологов признает, что ядро облечено в настоящую, с трудом отделимую оболочку, истинная природа которой еще не выяснена. Известно, что оболочка ядра имеет временный характер и во время митоза исчезает, но впоследствии снова восстанавливается. Поэтому оболочку нельзя считать постоянным элементом ядра.

Структура интеркинетического ядра

Ядро является постоянным структурным элементом клетки и возникает в результате деления уже существующего материнского ядра (*complanis nucleus e nucleo*—всякое ядро из ядра). В молодых тканях растений, где

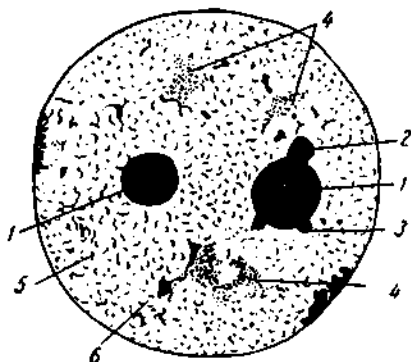


Рис. 3. Полусхематичное изображение клеточного ядра.

1—ядрышко; 2—выступ ядра; 3—микронуклеолы; 4—хромоцентры; 5—хроматиновая сеть, изображенная в виде независимых изогнутых элементов; 6—кариоплимфа в промежутках сети.

происходит интенсивное размножение клеток, также активно делятся и сами ядра, и поэтому последние находятся или в состоянии деления, или в состоянии покоя—между двумя делениями. Последнее состояние называют интерфазой, или интеркинезом. В тканях, более отдаленных от центров деятельного размножения, ядра или вовсе не делятся, или делятся через длительные промежутки времени. О таких ядрах говорят как о ядрах, находящихся в стадии покоя: их называют покоящимися ядрами. Однако такой термин нельзя считать удачным, так как ядро в живой клетке играет важную роль в общем обмене веществ и всегда находится в деятельном состоянии. Период жизни ядра между делениями называют иногда метаболической фазой. Обычно структура ядер, находящихся в полном «покое», не отличается от структуры интерфазных ядер, поэтому эти термины часто употребляются как синонимы. Но так как в промежутке между делениями клеточное ядро не находится в покое, а участвует в метаболизме клетки, то правильнее применять термин «интеркинетическое ядро».

В большинстве своем ядра далеко не гомогенны, а обнаруживают *in vivo* (при жизни) тонкую сетчатую структуру. И эта структура вполне совпадает со структурой, устанавливаемой при употреблении хороших ядерных фиксаторов. Следовательно, фиксация с последующей окраской дает вполне достоверные результаты.

Прижизненное изучение ядра позволяет установить также существование достаточно различных типов ядерных структур. В то время как одни ядра (в поглощающих волосках корня ржи, перистых рыльцах злаков) обнаруживают *in vivo* явно сетчатую или зернистую структуру, другие ядра (редис, тыква, ткани элодеи и т. д.) представляются гомогенными и прозрачными и кажутся лишеными какой бы то ни было сетчатости.

Наличие определенной прижизненной структуры ядра подтверждается установлением обратимых изменений в структуре ядра. Первые точные наблюдения над обратимыми изменениями ядерной структуры были проведены зоологами. Херверден (1924) показала, что после обработки разбавленной уксусной кислотой эпителиальных клеток живых личинок лягушки невидимые *in vivo* ядра становятся очень отчетливыми, а при последующем перенесении их в проточную воду опять исчезают. Обнаруживаемые путем обработки уксусной кислотой структуры — это прежде всего оболочка, затем зернышки хроматина и, наконец, слабо выраженная сетчатость.

Подобные факты установлены и на ряде растительных объектов. Так, например, в почти бесструктурных ядрах элодеи путем обратимой коагуляции, вызванной действием разбавленной уксусной кислоты, можно выявить существование особого рода нитчатой структуры. Такие же данные получены для клеток устьиц традесканции (*Tradescantia virginica*), где вид ядер меняется в зависимости от физиологического состояния этих клеток. Несомненно, что живые ядра могут обнаруживать легкое изменение структуры под влиянием причин физиологического порядка. Последние наблюдения над рядом растений позволили установить ядра двух типов: ядра с четко выявленной структурой и ядра оптически пустые. В частности, при действии разбавленной уксусной кислоты на тычиночные волоски традесканции ядро может подвергнуться глубоким изменениям, причем оно становится грубосетчатым и принимает вид плохо фиксированного ядра (рис. 4). Как только клетка возвращается к первоначальному состоянию, ядро принимает тонкозернистый вид. Подобные же наблюдения проведены над ядрами других растений.

О наличии сложной структуры ядра свидетельствуют те факты, которые устанавливаются при изучении сложных процессов деления ядер:

как правило, ядра каждого вида растений при обычных физиологических условиях среды, в которых возможна жизнь растительной клетки, распа-даются на строго определенное число структурных элементов.

Наиболее постоянными частями ядра являются: оболочка, ядрышки, хро-матиновые нити и ядерный сок. Иногда в ядре обнаруживаются вклю-чения, состоящие из кристаллов белковых веществ. Я д р ы ш к и нахо-дятся внутри ядра. Их бывает одно или несколько. В интеркинетическом

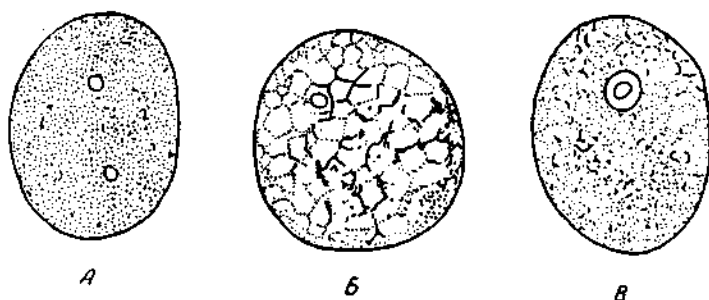


Рис. 4. Обратимые изменения структуры в ядрах тычиночных во-лосков *Tradescantia*.

А—нормальное ядро, наблюдаемое *in vivo*; Б—то же ядро после обра-ботки разбавленной уксусной кислотой; Б'—ядро после промывания, по-степенно восстанавливается прежняя структура.

ядре ядрышко представляет собой очень маленькое шаровидное тельце вязкой консистенции, более плотное, чем кариолимфа. Оно отличается от кариолимфы и более высоким преломлением света.

Физическое состояние ядра

Опытами центрифугирования установлено, что ядро представляет собой относительно более плотную часть клетки. Так, если перемещать ядро

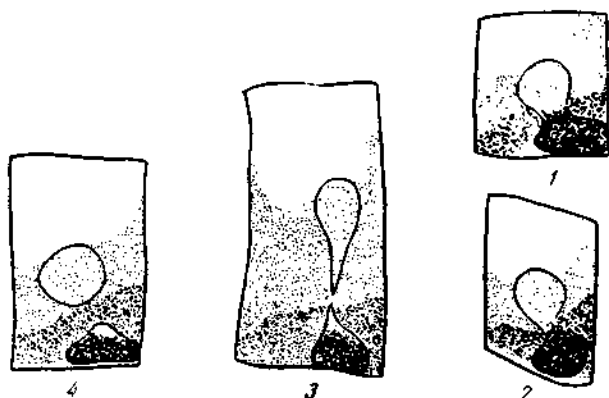


Рис. 5. Действие центрифугирования на ядро клетки *Allium cepa*; сплюсненное ядро расположилось около клеточной стенки и от него отделился светлый пузырек, окруженный оболочкой; 1—4—последовательные стадии процесса.

внутри клетки, пользуясь центробежной силой, то можно убедиться, что оно заметно тяжелее, чем остальная часть цитоплазмы. Немец (1929) пока-зал, что ядрышко и ядерная сеть имеют больший удельный вес, чем ядер-

ный сок. Вследствие этой особенности в ядрах клеток кукурузы центрифугированием можно вызвать деформацию ядерной сети. Этими опытами доказывается также, что сети существуют и в прижизненных структурах, хотя их и не видно. Следовательно, ядра кукурузы, нуклеоплазма которых *in vivo* представляется гомогенной, на самом деле имеют определенную структуру в виде прохромосом. У ядер лука (*Allium*) удалось выделить центрифугированием более плотную часть — нуклеоплазму и ядрышки, из более жидкой и более легкой части — ядерного сока (рис. 5). Все эти опыты показывают, что ядро представляет собой физически гетерогенную структуру.

С помощью различных методов исследования доказано, что ядро представляет собой шарообразное тело, состоящее из гетерогенного (разнородного) материала, иногда довольно плотного, хотя и способного в живой клетке подвергаться деформации.

Химический состав ядра

Ядро состоит не из одного определенного вещества, а из нескольких, образующих определенную структуру веществ. В начале изучения этой структуры стали различать вещество ядрышек, вещество хромосом, представленное в интеркинетическом ядре сетью или хромоцентрами, и вещество кариолимфы.

При анализе органов и тканей, состоящих главным образом из ядер, получают группу тел, называемых нуклеопротеидами. В молекулу нуклеопroteидов входят нуклеиновые кислоты в соединении с основными белковыми веществами типа протаминов или гистонов или более сложных белков. Нуклеиновые кислоты ядра состоят в основном из рибонуклеиновой кислоты (РНК) и дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

Кроме нуклеопroteидов, образующих важную часть хроматиновой сети, и хромосом, которые присутствуют в ядерном соке и в ядрышках, ядра содержат также и другие протеиды, а также липопротеиды. Кариолимфа и ядрышки, по-видимому, образуются из более простых белков. Эти белки, вероятно, играют главным образом трофическую роль. Весьма важным минеральным компонентом ядра является фосфор. Очень вероятно присутствие в ядре кальция и магния. Железо, по-видимому, находится только в виде следов как компонент энзимов. Зола ядер и хромосом бесцветна, так как она не содержит окислов железа.

Роль ядра в жизни клетки

Значение ядра в жизни клетки очень велико; оно выполняет важную роль в обмене веществ. Ядро принимает участие в происходящих в клетке явлениях синтеза.

По наблюдениям Габерланда, ядро в поглощающих волосках корней держится вблизи кончиков, что доказывает его влияние на рост, происходящий главным образом в верхушечной части. Во многих клетках, оболочка которых утолщена в определенных участках, ядро располагается около утолщенной части. Это дает основание сделать вывод, что в явлениях синтеза, происходящих в оболочке, ядро принимает участие.

С целью выяснения значения ядра в жизнедеятельности клетки различными способами получали клетки, лишенные ядра. Опыты Бальбиани показали, что если разрезать крупную инфузорию *Stentor* на кусочки, то только те из них, в которых содержится ядро (или часть его), смогут продолжать жить и регенерировать в целую особь. Кусочки, лишенные ядра,

некоторое время подолжают жить, но не растут и затем погибают. Безъядерные обрывки амёб погибают довольно быстро, и ядро в них никогда не восстанавливается.

Командону и Фомбрюну (1939) удалось посредством пневматического микроманипулятора извлечь из амёбы ядро и наблюдать жизнь безъядерной клетки. Эти авторы установили, что безъядерные клетки могут жить в течение нескольких дней, однако их общая подвижность и скорость движения цитоплазматических токов с самого начала резко замедляется. Прививка такой безъядерной амёбы ядра быстро восстанавливает в ней цитоплазматические токи и нормальное движение.

Дашжару удалось отделить часть клетки с ядром в корневых волосках водоросли (*Hydrocharis morsus ranae*) и получить таким образом безъядерные фрагменты. Эти безъядерные клетки некоторое время жили и сохраняли круговое движение плазмы, но через несколько часов движение цитоплазмы замедлялось, и безъядерные клетки умирали.

Лишенные ядра талломы сифоновых водорослей рода *Ацетабулярия* (*Acetabularia*) (Геммерлинг, 1934—1939) оставались живыми и даже росли, но не восстанавливали репродуктивной части, т. е. шляпки. При прививке к лишней таким путем ядра *Acetabularia mediterranea* нового ядра другого вида, *Acetabularia wettsteini*, у первого вида развивалась шляпка по типу второго вида, что указывает на важную роль ядра в морфогенезе и в наследственности.

Значение ядра в обмене веществ сказывается главным образом в процессах синтеза, ассимиляции, роста и размножения. По мнению некоторых цитологов, роль ядра в обмене веществ клетки проявляется особенно наглядно в выделении через ядерную оболочку определенных элементов в цитоплазму.

Однако ядро, лишённое цитоплазмы, существовать не может. Клетка без протоплазмы всегда мертвая, без нее не могут совершаться никакие процессы, которые принято называть жизненными. В клетке же без ядра некоторое время может протекать дыхание, замедленное движение протоплазмы, питание и пр.

Таким образом, клетку надо представлять единой системой, в которой оба компонента (ядро и цитоплазма) совершенно необходимы.

Разработка оригинального метода для получения безъядерных клеток принадлежит И. И. Герасимову. Он экспериментировал с нитчатой водорослью спирогирой, клетки которой делятся обыкновенно ночью и вечером; он охлаждал эти клетки до 0° с вечера, когда часть клеток уже начала делиться. Охлаждение нарушало правильный процесс деления клетки. Два новообразовавшихся ядра не расходились правильно в свои половины клетки, а оставались у одного конца, тогда как оболочка, разделяющая клетку, появлялась на ее середине. В результате этого получались две клетки: одна с двумя ядрами или с одним большим, не вполне разделившимся, а другая клетка совсем без ядра. Безъядерная клетка накапливала вещества, но увеличивалась в размерах крайне незначительно и вскоре отмирала. Клетка же с двумя ядрами или с одним большим вырастала значительно больше нормальной. Величина таких клеток, по-видимому, зависит от массы ядра. Деление клетки и ядра в нормальных условиях, по Герасимову, наступает тогда, когда отношение между массой протоплазмы и массой ядра достигает определенной величины. Отношение объема ядра к объему протоплазмы в клетке называют карьоплазматическим, или нуклеоплазматическим, отношением. Это нуклеоплазматическое отношение изменяется на разных стадиях развития. В очень молодых делящихся клетках ядро по отношению к цитоплазме кажется крупным. В старых же клетках ядра по сравнению с цитоплазмой становятся меньше. колеба-

ниям этого отношения придают большое значение. Полагают, что при возрастании нуклеоплазматического отношения происходит нарушение равновесия, которое ведет к делению клетки.

Ядро оказывает воздействие также на рост и деление пластид, в том числе зеленых пластид (хлорофилловых зерен). Впервые зависимость роста хлоропластов и их деления от воздействия ядра была установлена И. И. Герасимовым (1890). В полученных им экспериментальным путем клетках спирогиры с двумя ядрами или с одним ядром удвоенного объема хлоропласты образовывались в значительно большем числе и вблизи ядра были более широкими.

Ядро играет большую роль в превращении продуктов фотосинтеза, в частности крахмала. В безъядерных клетках фотосинтез продолжается и образуется ассимиляционный крахмал, но затухает работа по его гидролизу, и крахмал накапливается в таком количестве, что клетка переполняется им и погибает.

Таким образом, жизнь протопласта без ядра непродолжительна.

Число ядер в клетках. Их форма и величина

В большинстве случаев живая клетка имеет одно ядро. Двухъядерными бывают клетки высших грибов. Многоядерные клетки некоторых водорослей и многих низших грибов. Многими ядрами обладают те грибы, вегетативное тело которых представляет одну сильно ветвистую клетку, как у большинства фикомицетов.

В некоторых случаях многоядерной становится клетка при дряхлении в результате того, что ядро делится упрощенным способом, деление повторяется, но новых клеточных перегородок не образуется.

Ядро обычно имеет шаровидную форму. Если ядро находится в тонком постенном, т. е. прилежащем к стенке клетки, слое протоплазмы, то оно имеет плоско-выпуклую форму. В клетках, вытянутых в одном направлении, ядро тоже имеет удлинённую форму. В ряде случаев форма ядра изменяется в связи с нарушением процессов жизнедеятельности организма. Сильно изменяют форму ядра в некоторых патологических случаях, особенно в клетках галлов.

Величина ядра у одной особи несколько варьирует: более крупные ядра клеток меристем (эмбриональных тканей) кожицы, женских половых клеток; более мелкие ядра мужских половых клеток.

Наблюдаются изменения величины ядер при внешних воздействиях. Эти изменения, по-видимому, относятся за счет изменения степени набухания ядра водой.

Наиболее крупные изменения происходят при переходе ядра к процессу сложного деления. Заметные изменения ядра могут обуславливаться его возрастом.

В общем ядро изменяется в зависимости от многих внешних факторов и внутреннего состояния организма.

ПЛАСТИДЫ И ИХ РОЛЬ В КЛЕТКЕ

В клетках всех растений, кроме грибов, находятся рассеянными в массе протоплазмы форменные образования, характеризующиеся особыми физиологическими функциями. Эти образования связаны между собой взаимными переходами, поэтому их объединяют в одну общую группу **пластид**. Часто они бывают окрашенными и определяют окраску частей растения; поэтому окрашенные пластиды называют еще **хромато-**

форами (носителями окраски). Все пластиды сходны между собой в том, что встречаются только в живых клетках, включены в массу протоплазмы, а не в клеточный сок и в основном состоят из того же белкового вещества, как и протоплазма.

В зависимости от окраски пластиды разделяются на три группы: 1) л е й к о п л а с т ы (лейкос—белый), бесцветные пластиды; 2) х л о р о п л а с т ы (хлорос—зеленый), имеющие зеленый цвет; 3) х р о м о п л а с т ы (хрома—цвет, краска), окрашенные в какой-либо иной цвет, кроме зеленого.

Пластиды в протоплазме наравне с клеточной стенкой составляют одно из отличий растительной клетки от животной.

По своим физическим и химическим свойствам пластиды близки к протоплазме; они способны расти, размножаться делением и выполняют важнейшие физиологические функции.

Лейкопласты

Лейкопласты относятся к наиболее мелким пластидам. Они имеются во многих клетках большинства растений. Их можно обнаружить во всех бесцветных частях органов высших растений, в эмбриональных тканях, в бесцветных зародышах семян и пр. Форма их чаще всего округлая, но бывают продолговатые, веретенообразные и палочковидные.

Лейкопласты обычно рассеяны в протоплазме, особенно около ядра; они преломляют свет сильнее, чем протоплазма (рис. 6). По своему химическому составу лейкопласты не отличаются от протоплазмы. Возникают лейкопласты из определенных форменных образований, находящихся в протоплазме и называемых хондриосомами.

Лейкопластам принадлежит важная физиологическая роль в процессах превращения веществ в растениях. Отложение крахмала в запас происходит в лейкопластах. Таким образом, лейкопласты рассматриваются как крахмалообразователи. Обыкновенно эта группа лейкопластов находится в подземных органах растений— в корневищах, в клубнях, в корнях и пр. К ним притекают растворимые углеводы и откладываются в запас в виде крахмала.

Если клубень картофеля, а также корни некоторых растений длительное время находятся на свету, то лейкопласты в них зеленеют. Это свидетельствует о том, что бесцветные лейкопласты могут превращаться в хлоропласты, а последние в свою очередь могут видоизменяться в хромопласты. Клубни картофеля, содержащие лейкопласты, зеленеют на свету. Также зеленеют на свету головки моркови.

Таким образом, видно, что все три типа пластид генетически близки и различаются между собой лишь в отношении пигментов и физиологических функций в зависимости от внешних условий и от положения пластид в тканях органов растений.



Рис. 6. Лейкопласты (в большинстве палочковидные) в клетках кожицы основания листа безвременника (*Colchicum*).

Хлоропласты

В органах растений, имеющих зеленую окраску, находятся пластиды, пропитанные хлорофиллом и связанными с ним пигментами, которые носят название хлоропласты. Обычно число хлоропластов в клетках высших растений варьирует и находится в некоторой зависимости от величины клеток.

Форма хлоропластов разнообразна и характерна только у некоторых групп водорослей, у которых хлоропласты принимают иногда очень своеобразные очертания. Так, например, у нитчатой водоросли спирогиры хлоропласт состоит из одной или нескольких лент, расположенных по спирали в слое постенной плазмы (рис. 7). У водоросли *Zygnema* два хлоропласта имеют форму лапчатых или иногда звездчатых пластин (см. рис. 7). Обычно хлоропласты имеют форму дисков, шариков, зерен или веретен. У высших растений хлоропласты, как правило, имеют форму зерен с более или менее выраженными эллипсоидально-линзовидными очертаниями и их называют обычно хлорофилловыми зернами (рис. 8).

Если хлорофилловые зерна тесно соприкасаются между собой, то при нажимании друг на друга они принимают угловатые очертания. Форма хлорофилловых зерен изменяется слегка также и в зависимости от освещения: при сильном освещении они более плоские.

Величина хлоропластов довольно сильно варьирует у разных растений и в разных органах одного и того же растения. Дисковые пластиды взрослых листьев *Elodea canadensis* имеют диаметр, равный в среднем 3—4 микрона (μ), но в очень молодых листьях того же растения хлоропласты значительно меньше.

Некоторые авторы отмечают, что хлорофилловые зерна в крупных клетках

больших размеров. В частности, И. И. Герасимов указывает, что когда он получал крупные клетки спирогиры с двойной массой ядра, то в таких клетках и спиральные хлоропласты были крупнее, чем в нормальных, и число их возрастало с 8 до 12—13. В листочках некоторых мхов с увеличением массы ядра наблюдается также увеличение размеров хлорофилловых зерен. Их величина и число в одной клетке зависят от условий жизни растений. Так, при культуре элодеи при разных температурах хлорофилловые зерна в листьях, выросших при более высокой температуре, были значительно меньших размеров.

Хлоропласты образуются из лейкопластов. Процесс преобразования лейкопластов связан с появлением зеленого пигмента. Хлоропласты могут образоваться и из других хлоропластов делением их. Обычно, когда в клетке после деления ядра развивается перегородка, то она разделяет хлоропласт вместе с остальным клеточным содержимым на две части. Хлоропласты, имеющие форму хлорофилловых зерен, делятся двояким путем. У большинства растений деление хлорофилловых зерен осуществляется простой перетяжкой. Но в других случаях деление хлорофилловых

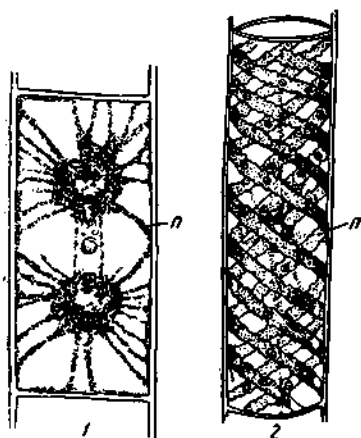


Рис. 7. Формы хлоропластов водорослей.

1—клетка из нити *Zygnema cruciatum* имеет два больших хлоропласта лапчатой формы; каждый хлоропласт со своим пиреноидом; посередине клетки ядро; 2—отдельная клетка из нити спирогиры со спиральными хлоропластами; ядро повешено в середине клетки на нитях протоплазмы, другие концы нитей достигают постенного слоя протоплазмы; п—пиреноиды.

зерен идет иначе. В делящемся зерне зеленый пигмент сначала скопляется у двух противоположных полюсов зерна. Средняя зона постепенно становится бесцветной, затем эта бесцветная зона начинает вытягиваться, утончаться и, наконец, исчезает. У некоторых растений между разделившимися хлорофилловыми зернами иногда сохраняются бесцветные тяжи. Тогда разделившиеся зерна лежат как бы связанными в цепочку.

Деление пластид независимо от способа происходит медленно и главным образом ночью. Скорость деления зависит от условий, в которых находится клетка; при замедленном развитии клетки весь процесс деления хлорофиллового зерна продолжается несколько дней, но при ускоренном росте он заканчивается в течение нескольких часов.

Процесс преобразования лейкопластов в хлоропласты протекает постепенно в клетках, которые возникают в точке роста побега. Такое преобразование пластид связано с возникновением зеленого пигмента хлорофилла в уже сформировавшихся и несколько разросшихся бесцветных пластидях. Появлению хлорофилла в лейкопластах предшествует возникновение химических соединений несколько иного состава. Образование хлорофилла (позеленение пластид) происходит на свету при определенной температуре и при наличии кислорода воздуха, а также железа и магния в питательной среде. В растениях, выросших в темноте или на средах без солей железа, хлорофилл не образуется. Если такие растения выставить на свет и добавить в питательные смеси солей железа, то лейкопласты в них начинают зеленеть. Лишь у некоторых растений, например в ростках хвойных растений, а также у некоторых водорослей позеленение лейкопластов происходит в темноте. У капусты (*Brassica oleraceae* var. *acephala*) даже на свету, но при низкой температуре развиваются совсем белые листья; такие листья при повышении температуры быстро зеленеют.

С понижением температуры, осенью, листья желтеют; это пожелтение зависит от того, что зеленые пигменты хлорофилла разрушаются раньше, чем желтые пигменты; пожелтение листьев связано с оттоком веществ из листовой пластинки в осевые органы. В созревших плодах помидоров, рябины, шиповника зеленые хлорофилловые зерна превращаются в красные пластиды. Такое изменение цвета пластид составляет переход хлоропластов в хромопласты.

Хлорофилловые зерна, как и все пластиды, всегда заключены в протоплазму. Никогда не наблюдается, чтобы они находились вне протоплазмы или в клеточном соке. Зеленый цвет растений всегда зависит от наличия в клетках зеленых форменных образований. Однако не в каждой клетке зеленого органа находятся хлорофилловые зерна, в клетках кожицы листа их нет. Зеленый цвет в этих случаях обусловлен хлорофилловыми зернами, просвечивающимися из более глубоких слоев.

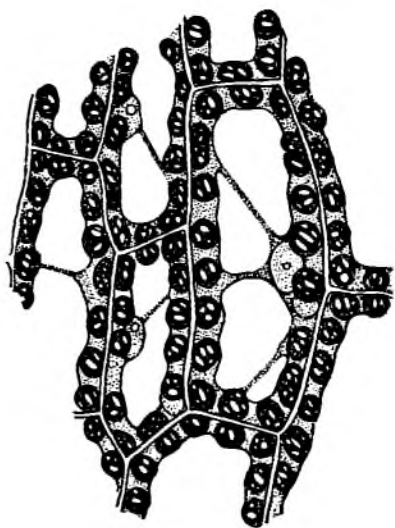


Рис. 8. Хлорофилловые зерна листочка мха *Funaria hygrometrica*. Участок листа с несколькими клетками. В постепенном слое протоплазмы в клетках расположены хлорофилловые зерна с мелкими крахмальными зернами, отмеченными белым цветом.

Иногда наличие хлорофилловых зерен в клетке может быть замаскировано какими-либо добавочными пигментами, растворенными в клеточном соке. Так, листья целого ряда растений могут быть красными от окрашенного клеточного сока, например листья красного клена, бегонии, свеклы и др. Красный клеточный сок подавляет окраску зеленых пластид. С помощью микроскопа можно ясно различить зеленые хлорофилловые зерна, погруженные в бесцветную протоплазму, и окрашенный в другой цвет клеточный сок.

Но известно, что и хлорофилловые зерна не состоят все сплошь из зеленого вещества. От действия спирта и других органических растворителей пигменты (красящие вещества), находящиеся в хлоропласте, растворяются: получается раствор зеленого цвета. Совокупность пигментов, перешедших в раствор, называют хлорофиллом (хлорос—зеленый, филлон—лист). Извлекаемые пигменты состоят из зеленой и желтой частей. Зеленый пигмент является в свою очередь смесью двух компонентов, которые обозначаются просто буквами *a* и *b*. Сине-зеленый хлорофилл *a* и желто-зеленый хлорофилл *b* представляют собой комплексные соединения магния сходного строения: хлорофилл *a* имеет формулу $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$, хлорофилл *b*— $C_{53}H_{70}O_6N_4Mg$. В хлоропластах зеленым пигментам всегда сопутствуют два желтых пигмента: каротин ($C_{40}H_{56}$) и ксантофилл ($C_{40}H_{56}O_2$); в классе бурых водорослей к ним присоединяется фукоксантин ($C_{40}H_{54}O_6$). Все они объединяются под общим названием каротиноидов.

После удаления из хлорофилловых зерен пигментов, как и из всех других хлоропластов, остается бесцветная белковая основа, или строма, которая по форме и размерам соответствует пластидам. Эта бесцветная строма, как и протоплазма, состоит из белковых веществ и дает реакции на белки: от йода строма окрашивается в желтый цвет. Состав стромы хлорофиллового зерна отличается от состава протоплазмы относительно большим содержанием железа.

Внутри хлорофилловых зерен в листьях, которые находились перед этим на свету, бывают вкраплены блестящие, светлые крупинки крахмала. Эти крахмальные крупинки являются первыми видимыми продуктами ассимиляции. Если же лист, не срезая с растения, затемнить, то крахмальные крупинки исчезнут. После длительной ассимиляции к вечеру хлорофилловые зерна сплошь переполнены крахмальными крупинками. Весь объем хлорофиллового зерна при этом увеличивается за счет растягивания белковой стромы.

Хромопласты

В органах растений не с зеленой окраской, а с желтой или красной хлоропласты заменены особыми окрашенными пластидами, называемыми хромопластами. Хромопласты разнообразны по форме и составу: они бывают круглыми, веретенообразными, угольчатыми, лапчатыми и пр. (рис. 9). Желтый и красно-оранжевый цвет хромопластов зависит от каротиноидов и добавочных желтых пигментов. Пигменты в хромопластах могут иногда накапливаться в таком количестве, что выкристаллизовываются таблитчатыми и игольчатыми кристаллами. Это имеет место у моркови, где образуются кристаллы каротина.

Хромопласты образуются обычно путем превращения хлоропластов, которые утратили ассимилирующий пигмент, уступивший свое место пигментам-каротиноидам. Иногда можно наблюдать переходы между типичными ассимилирующими хлоропластами и хромопластами. Такие промежуточные пластиды носят название х л о р о - х р о м о п л а с т о в. Они распространены в классе однодольных растений и чаще всего встречаются

у растений жарких и засушливых стран. Хлоро-хромoplastы наблюдаются также у харовых, зеленых и красных водорослей.

Хромoplastы образуются иногда прямо из лейкопластов. Разнообразие формы и видов хромoplastов объясняется не только различием их происхождения, но также и тем, что пигменты хромoplastов могут относиться к различным каротиноидам (ксантофилл, каротин, ликопин).

Хромoplastы встречаются в клетках органов цветка (чаще всего в лепестках), в зрелых плодах шиповника, боярышника, рябины, томатов и т. д. Их биологическое значение в жизни растений состоит в привлечении насекомых и птиц. Яркая окраска цветков и плодов делает их заметными на далекое расстояние и привлекает насекомых и птиц, которые способствуют переносу пыльцы во время цветения и распространению плодов и семян.

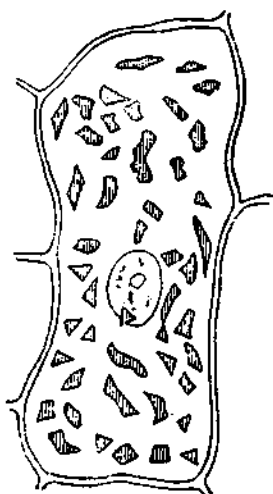


Рис. 9. Хромoplastы в клетке лепестков венчика настурция *Tropaeolum majus*.

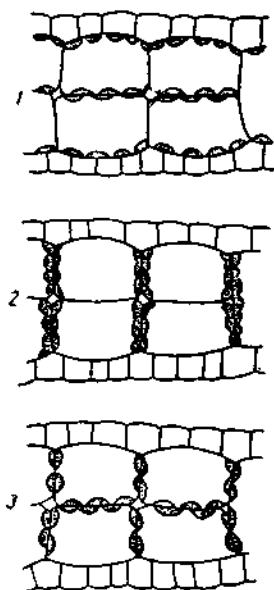


Рис. 10. Перемещение хлорофилловых зерен в листочке ряски *Lemna*.

1—на рассеянном дневном свете; 2—на прямом солнечном; 3—ночью.

Движение (перемещение) пластид

Многие пластиды (особенно хлоропласты) обладают способностью перемещаться. Необходимо отличать самостоятельное движение пластид от пассивного, совершающегося в токе цитоплазмы, увлекающей и зеленые пластиды. Пластиды не только пассивно увлекаются протоплазмой в ее движения, но в зависимости от силы и направления света сама меняют свое расположение в клетке. На рассеянном свете хлорофилловые зерна располагаются по стенкам, которые находятся под прямым углом к направлению лучей света. На ярком солнечном свете хлорофилловые зерна перемещаются на боковые стенки, которые лежат вдоль падающих лучей (рис. 10). Прямой солнечный свет, при сильном напряжении проникающий в клетку, не попадает на зерна прямо, но рассеивается в стороны и освещает зерна более равномерно.

На расположение хлорофилловых зерен влияет не только сила и направление света, но расположение межклеточных пространств, по которым поступает углекислота, поглощаемая в процессе ассимиляции.

ХОНДРИОСОМЫ

В протоплазме живых клеток растений и животных постоянно находятся хондриосомы, или митохондрии (рис. 11). Это мелкие тельца, по своим физическим и химическим свойствам близкие к цитоплазме.

Форма хондриосом весьма разнообразна. В большинстве случаев они имеют вид шаровидных, палочковидных, изогнутых образований. При делении они могут сильно изменяться по форме и величине. Количество хондриосом в клетке колеблется в очень широких пределах. Их обычно значительно больше в клетках молодых или активных, тогда как во взрослых, дифференцировавшихся клетках их меньше или они совсем незаметны. Очень изменчиво также и их расположение в клетке.

По консистенции хондриосомы полужидки и при повышении температуры до 48—50° расплываются. Плотность их несколько выше плотности протоплазмы.

Химический состав их изучен только приблизительно и косвенным путем; об их химическом составе судят по отношению их к различным растворителям, краскам и пр. Таким косвенным путем было установлено, что хондриосомы состоят из белковых веществ и липоидов — веществ, близких к фосфатидам.

Роль хондриосом в жизни растений весьма многосторонняя. Одни из них являются начальной стадией пластид, т. е. из них развивают-

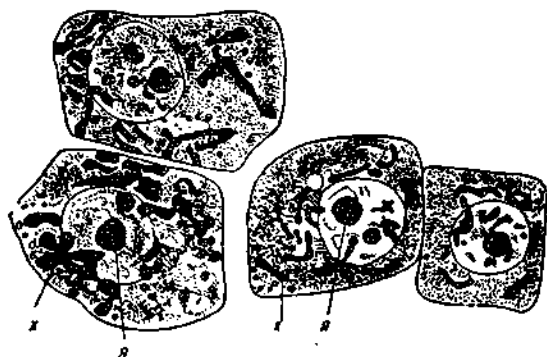


Рис. 11. Хондриосомы в клетках кончика корня проростка спаржи.

Я — ядро клетки; X — хондриосомы.

ся определенные деятельные части клетки; другие образуют масла и разнообразные продукты, которые находятся в клетке. Сам факт широкого распространения их в растительных и животных клетках свидетельствует о том, что они связаны с какими-то основными процессами жизни клетки. Некоторые авторы, в частности, высказывали предположения об участии хондриосом в образовании ферментов дыхания.

По вопросу о происхождении хондриосом мнения расходятся. Хондриосомы могут как появляться, так и исчезать в связи с изменением обмена веществ в протоплазме. Многочисленными наблюдениями установлена способность хондриосом к делению. В связи с этим некоторые авторы даже считают, что деление хондриосом есть единственный способ их образования: они не возникают заново, а только образуются делением ранее существовавших. Другие же авторы допускают возникновение их из протоплазмы заново. Г. А. Левитскому удалось установить, что большие хондриосомы происходят из меньших и что самые мелкие могут вырастать из мельчайших телец, которые уже неразличимы в микроскоп. Вполне допустимо также, что хондриосомы размножаются делением и от этого деления уменьшаются настолько, что уже переходят границу видимости.

ВЗАИМООТНОШЕНИЕ ХОНДРИОСОМ И ПЛАСТИД

В конце прошлого века была установлена преемственность пластид, т. е. образование их только путем деления ранее существующих. Но после того, как среди включений протоплазмы научились различать хондриосо-

мы, начали искать переходы от хондриосом к пластидам. Г. А. Левитскому первому удалось показать, что у спаржи и гороха хондриосомы превращаются в лейкопласты в корнях и в хлоропласты в стебле и листьях.

Таким образом, Г. А. Левитскому и другим русским авторам принадлежит заслуга обоснования нового направления в изучении хондриосом как образований, которые лежат на границе видимого и невидимого в микроскоп и образуют переход от вещества к организованной материи. Однако из массы хондриосом, находящихся в клетке, только небольшая часть превращается в пластиды; это превращение связано со стадией развития клетки и с условиями ее существования.

ФОТОСИНТЕЗ И ПРОДУКТЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛЕТКИ

Протоплазма, ядро, пластиды и хондриосомы составляют живую основу растительной клетки. В процессе жизнедеятельности клетки благодаря хлоропластам в зеленых частях растения осуществляется синтез органического вещества. В этот процесс вовлекается углекислый газ, проникающий вместе с атмосферным воздухом в зеленые листья, и вода с растворенными в ней минеральными веществами, поступающая в листья из почвы при содействии корней. Главным же источником энергии для осуществления процессов синтеза является солнечный луч. Солнечный луч, попадая на зеленый лист, поглощается хлорофиллом и преобразуется в химическую энергию. Этот весьма сложный процесс носит название фотосинтеза, или ассимиляции (усвоения), углерода. Углекислый газ проникает в лист через устьица и по межклетникам достигает клеток, содержащих хлорофилловые зерна. Таким образом, хлорофилловые зерна при помощи энергии солнечного луча из углекислого газа, воды и растворенных в ней минеральных веществ создают органическое вещество.

Установленными продуктами фотосинтеза являются глюкоза и фруктоза, легко растворимые формы органических соединений, относящиеся к углеводам. Углеводами называются также органические вещества, которые содержат углерод, водород и кислород, причем последние два элемента содержатся в таком же соотношении, в каком они находятся и в воде.

Образовавшаяся в процессе фотосинтеза глюкоза может при помощи энзим превращаться в крахмал по схеме $C_6H_{12}O_6 = (C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O$. Крахмал легко обнаруживается в листьях и считается основным продуктом фотосинтеза. Крахмал появляется в хлоропластах в результате превращений первичных моносахаров; он является уже более сложным продуктом органических превращений. Некоторым растениям не свойственно образование ассимиляционного крахмала; они образуют только глюкозу. Примером таких растений могут служить многие представители семейства лилейных, как наш обыкновенный репчатый лук, тюльпан, пролеска и др., а также виды амариллисовых (нарцисс) и орхидных. Сравнительно мало крахмала в листьях пшеницы, но зато много его образуется в листьях картофеля, томата, табака и других видов семейства пасленовых.

Параллельно накоплению крахмала в листьях в процессе фотосинтеза идет процесс освобождения листа от крахмала и других продуктов фотосинтеза путем оттока его в другие части и органы растения. Но, как известно, крахмал принадлежит к нерастворимым в воде веществам, поэтому для передвижения его из клеток листа он должен перейти в растворимые сахара.

Установлено, что фотосинтез протекает последовательными этапами и только одна его фаза протекает при участии света, остальные же не

нуждаются в ней. В ночное время, когда фотосинтез не идет, лист полностью освобождается от крахмала, часть которого транспортируется в растущие и запасающие органы, а часть используется на дыхание и рост растения. Процесс фотосинтеза более интенсивно протекает при наличии достаточного количества света, тепла, воды и углекислого газа.

Открытие фотосинтеза принадлежит Пристли, который впервые в 1772 г. установил, что испорченный горением и дыханием животных воздух исправляется при помощи зеленых растений. Необходимость при этом света выяснил врач Ингенгуз в 1779 г. Сенебье экспериментально показал, что зеленое растение разлагает углекислый газ и усваивает углерод, а кислород выделяет в атмосферу.

К. А. Тимирязев первый определил роль хлорофилла как химического и оптического сенсibilизатора, превращающего лучистую энергию в химическую энергию органических соединений, и получил точные спектры хлорофилла. Он приложил закон сохранения энергии к растению. Им установлено, что хлорофилл, будучи поглотителем солнечной энергии, обладает при этом избирательной поглотительной способностью: для растения важны самые активные красные лучи, которые наиболее полно поглощаются хлорофилловыми зернами.

Поглощенная хлорофилловым зерном листа лучистая энергия используется на протекающие в процессе фотосинтеза реакции.

Углеводы

Наиболее распространенными соединениями в растительных клетках являются углеводы. По количеству углеводы значительно превышают белковые вещества, входящие в состав плазматических частей клетки. Значительным количеством углеводов растения отличаются от животных. Простые углеводы — моносахариды (гексозы), виноградный сахар, или глюкоза (глюкоз — сладкий), плодовой сахар, или фруктоза, — имеют состав $C_6H_{12}O_6$; дисахариды — тростниковый сахар и мальтоза — $C_{12}H_{22}O_{11}$; эти две группы углеводов растворены в клеточном соке и от них зависит сладкий вкус плодов, сахарной свеклы и некоторых овощей. Некоторые другие углеводы, как крахмал и клетчатка $(C_5H_8O_4)_n$, представлены в виде структурных образований.

Крахмал, появляющийся в виде мелких зерен в листе в процессе фотосинтеза, иногда называют п е р е х о д н ы м; за ночь он успевает превратиться в сахар и оттекает из листа в семенные органы. Отлагаясь же в запас, углеводы чаще всего преобразуются в лейкопластах и принимают характерное строение к р а х м а л ь н ы х з е р е н. Такой крахмал называют з а п а с н ы м. Крахмал есть типичное запасное питательное вещество, он накапливается в подземных органах растений: клубнях, корневищах, в сердцевине ствола некоторых видов саговниковых и пр.

Форма и строение крахмальных зерен различны у разных родов и видов растений и потому по этим признакам можно распознавать растения, из которых они взяты. Правда, это касается только больших, разросшихся зерен. Мелкие же зернышки менее типичны. У картофеля чаще всего крахмальные зерна яйцевидной формы, у пшеницы, ржи, ячменя — дисковидные или линзовидные, у молочайных — палочковидные и т. д.

Под микроскопом видно, что крахмальные зерна имеют слоистое строение. Эта слоистость зависит от неравномерного притока исходных веществ и от положения ядра крахмального зерна, т. е. места, вокруг которого ориентированы слои. Если ядро лежит в середине крахмального зерна и слои располагаются более равномерно, то такая слоистость называется

концентрической; при смещении ядра к поверхности зерна слои располагаются эксцентрически.

Концентрические крахмальные зерна характерны для пшеницы, ржи и других растений, эксцентрические—для картофеля. Нередко в крахмальном зерне имеется не один, а два или несколько центров (ядер); в этом случае крахмальное зерно как бы склеено из нескольких зернышек. Такие зерна называются сложными. Если вокруг сложных зерен имеется еще общая система слоистости, охватывающая всю совокупность сложного зерна, то такие зерна называются *полусложными*.

Величина крахмальных зерен различна. В клубнях картофеля она равна 80—100 μ , в семенах пшеницы—30—45 μ , ржи—35—50 μ , ячменя—20—35 μ , у кукурузы—15—35 μ , у риса—3—10 μ , в корневищах канны—до 180 μ . Очень крупные крахмальные зерна у петрова креста (*Lathraea squamaria*)—до 275 μ в длину при 165 μ в поперечнике.

Величина крахмальных зерен имеет значение в разных отраслях промышленности и в косметике. Хорошие сорта пудры получают из рисового крахмала с мелкими зернами.

В холодной воде крахмал нерастворим, но при нагревании легко набухает, его отдельные зернышки сливаются, образуя клейстер. При нагревании крахмала с кислотами и щелочами происходит гидролиз и образуется глюкоза (крахмал осахаривается).

На крахмал имеются очень характерные и чувствительные реакции: йод окрашивает крахмал в синий цвет, медный купорос и едкое кали—в фиолетовый. Поэтому крахмал легко обнаружить с помощью йодной настойки (раствор йода в спирте) или раствора Люголя (раствор йода в водном растворе йодистого калия).

У бесхлорофильных растений—грибов, бактерий—вместо крахмала образуется гликоген, имеющий такую же элементарную формулу. Однако он находится не в твердом состоянии, а в виде жидкого коллоида, смешанного с цитоплазмой.

У некоторых семейств, например у сложноцветных, вместо крахмала образуется полисахарид инулин.

Белковые вещества

В процессе жизнедеятельности клетки наряду с крахмалом в них откладываются многие другие вещества: запасные белки, жирные масла и пр. *Запасные белки* необходимо отличать от *конституционных*, живых белков, составляющих основу протопласта. Запасные белки являются мертвыми белками, устойчивыми и инертными в химическом отношении; они разбухают в воде, в слабых кислотах и щелочах, но не растворяются в них. Чаще всего они откладываются в виде *алеиронов*, или протениновых, зерен. Алейроновые (от греч. алеурон — пшеничная мука) зерна встречаются в эндосперме или семядолях почти всех семян, но сильнее всего развиты в семенах масличных растений. По форме и величине они сильно колеблются — от 1 до 55 μ , в одной и той же клетке они могут иметь различную величину.

Алейроновые зерна имеют вид бесцветных, более или менее округлых телец, которые обладают почти таким же лучепреломлением, как и крахмал. Обычно в тех семенах, где запасное вещество отложено еще в виде крахмала, алейроновые зерна мелкие, там же, где питательные безазотистые вещества отлагаются в форме масла, алейроновые зерна более крупны (клешевина, подсолнечник, лен).

Алейроновые зерна не однородны; обычно в массу зерна внедрены различные включения, которые часто заполняют большую часть зерна. Форма

зерна, а также характер включений различны у разных видов растений. И так как при измельчении семян алейроновые зерна могут оставаться цельными, знание формы алейроновых зерен и характера включений позволяет распознавать лекарственное растительное сырье по засушенным обрывкам и частям растений.

По своему строению алейроновые зерна бывают сложными и простыми. Наиболее сложное строение алейроновых зерен имеется у лекарственного растения клещевины (*Ricinus communis*). Если снять с семени кожуру

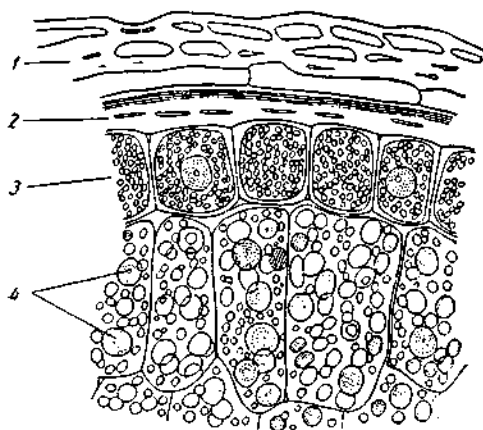


Рис. 12. Поперечный срез зерна пшеницы.

1—сросшиеся оболочки плода; 2—кожура семени; 3—белковый (алеуроновый) слой из толстостенных клеток, в двух клетках видны ядра; 4—тонкостенные клетки эпидермиса с крахмальными зернами.

и сделать срез, то под микроскопом в клетках видно много овальных зерен. Они состоят из оболочки и основного белкового вещества, которое в незрелых семенах бывает жидкое. В основном белковое вещество алейроновых зерен клещевины включены кристаллоиды и особые тельца, называемые глобоидами. Кристаллоиды состоят из белковых соединений и окрашиваются всеми реактивами, которые красят белки. В воде кристаллоиды набухают и этим отличаются от настоящих кристаллов. Глобоиды в сложных алейроновых зернах клещевины имеют вид шариков величиной с ядрышко ядра, у других растений форма глобоидов может быть иной. Глобоиды отличаются от других частей алейронового зерна

тем, что они нерастворимы ни в воде, ни в слабой щелочи, ни в спирте, но растворяются во всех слабых минеральных кислотах, а также в уксусной, щавелевой и виннокаменной. В состав глобоидов входят фосфорнокислые соли кальция и магния в соединении с органическим веществом. Такие химические соединения называют фитином.

У некоторых растений в алейроновых зернах, кроме кристаллоидов, находятся еще настоящие кристаллы оксалата кальция. В алейроновых зернах других растений могут находиться отдельно или эти элементы, или только кристаллоиды, или только глобоиды.

Простые алейроновые зерна характерны для пшеницы и других злаков. Они являются простыми белковыми шариками, у которых даже невозможно различить оболочку. У пшеницы алейроновые зерна залегают вблизи поверхности зерновки в особом белковом слое, лежащем за отмершими клетками оболочек, окружающем все зерно (рис. 12). Все клетки белкового слоя заполнены белковыми комочками. Каждый такой комочек и есть алейроновое зерно. У некоторых растений глобоиды очень мелкие; такой именно тип глобоидов характерен для видов люпина (рис. 13).

Образование алейроновых зерен различных типов происходит в процессе развития семян. В начале развития семян протоплазма содержит большое число вакуолей, заполненных клеточным соком. В этих вакуолях накапливаются растворимые белковые вещества, являющиеся запасными питательными веществами, за счет которых зародыш семени будет прорастать. По мере накопления питательных веществ в вакуолях клеток семени и при дальнейшем созревании и уменьшении воды, концентрация белковых веществ увеличивается и они начинают выпадать в виде твердых

частиц, выкристаллизовываться. В результате этих процессов внутри вакуолей возникают кристаллоиды. К концу созревания, когда семя начинает подсыхать и становится сухим, вещества, находившиеся в вакуолях, выпадают в твердом виде, концентрируясь вокруг образовавшегося раньше кристаллоида. Таким образом, алейроновые зерна представляют собой концентрированное содержимое вакуолей. Алейроновые зерна—это недействительные образования, в которые превращаются вакуоли, когда семена, высыхая, переходят в состояние скрытой жизни.

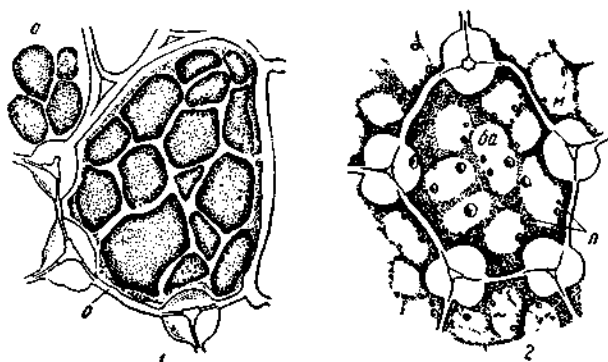


Рис. 13. Клетки из семени люпина (*Lupinus varius*). 1—в спирте, содержащем йод; 2—после действия серной кислоты; о—клеточная оболочка; п—протоплазма; а—алеи-роновые зерна; м—капли масла; ба—пространства, в ко-торых были алейроновые зерна.

При прорастании семян наблюдается обратный процесс. Алейроновые зерна от поглощения воды набухают, сначала растворяется их основная аморфная масса, затем кристаллоиды и глобуиды. В результате алейроновые зерна переходят в состояние вакуолей. В этом состоянии они и используются при прорастании семян.

Отложение жирных и эфирных масел в клетке

В клетках растений образуются жирные и эфирные масла. Они легче воды и нерастворимы в воде. Те и другие растворимы в бензоле, толуоле, ксилоле и этиловом эфире.

Жирные и эфирные масла представляют собой группы веществ, весьма далекие друг от друга как по химическому составу, так и по роли в жизни растений. Внешне жирные и эфирные масла различаются по таким признакам: жирные масла в чистом виде почти лишены запаха, эфирные же масла сильно пахучи. Жирные масла не растворяются в спирте (за исключением касторового масла) и на бумаге образуют стойкие просвечивающиеся пятна; эфирные же масла в спирте растворимы и их пятна на бумаге не стойки и быстро исчезают в силу летучести эфирных масел.

Жирные масла. Жирные масла находятся в протоплазме клеток в виде капель или в очень мелко раздробленном состоянии пропитывают ее. Имеются они и в пластидах, а также в соке млечников. В особенности в больших количествах они скопляются в семенах и в покоящихся спорах, являясь запасными веществами. Они представляют наиболее экономную форму запасного вещества, так как при равном с другими веществами весе значительно превосходят их по своей теплотворной способности. Кроме того, в отличие от запасных углеводов и белков жиры не содержат

гигроскопической воды. А будучи жидкими, они легко могут заполнять свободные места внутри клеток. В силу отмеченных особенностей жиры являются наиболее компактным и экономным запасным веществом растительной клетки.

По своему химическому составу жирные масла являются сложными эфирами глицерина и жирных кислот предельного и непредельного рядов. Они образуются в семенах и в других местах их скопления за счет углеводов, перемещающихся из листьев. Количество масла в семенах сильно варьирует в зависимости от вида растений, а также от внешних условий. Особенно богаты маслом семена растений семейств крестоцветных (рапс, горчица, рыжик), леновых, маковых, тыквенных, ореховых, многих сложноцветных (подсолнечник и др.). Мало масла содержат семена злаков и др. Например, в зерне пшеницы масла только 2%, кукурузы и овса—4—6%, в то время как у арахиса (семейство бобовых) в семенах—свыше 50%, у тунгового дерева в семенах до 60% масла, а у орехоплодных содержание масла в семенах доходит до 65%.

Кроме семян, масло откладывается в клетках коры некоторых зимующих растений, например деревьев, в клетках корневищ (у черного папоротника, присов, купальниц). У маслины жирные масла накапливаются в мякоти околоплодника. У растений наших широт жирные масла встречаются в жидком виде. У растений тропических стран, как, например, шоколадного дерева, кокосовой пальмы и др., образуются твердые жирные масла, которые при обычных температурах не плавятся.

Большое значение жирные масла растений имеют для человека, так как дают ценные продукты питания, а также ценные вещества для ряда отраслей промышленности. В частности, масло семян тунга (*Aleurites fordii*), распространенного в Китае и культивируемого во влажных субтропиках СССР, применяется для производства ценных лаков для покрытия пианино, роялей, мебели, самолетов, автомобилей, подводных лодок и т. д.

Некоторые масла, например касторовое, широко применяются в медицине и являются ценным для смазывания авиационных моторов и других двигателей, используемых при низких температурах.

Реактивами для распознавания жирных масел в растительной клетке являются: 1) спиртовая настойка корневища альканна (*Alcanina*) (семейство бурачниковых); 2) осмиевая кислота; 3) судан III. Настойка альканна окрашивает жирные масла в красный цвет, осмиевая кислота—в черный, а судан III—в оранжевый.

Эфирные масла. Эфирные масла представляют собой физические смеси различных сложных органических соединений; они состоят из углерода, водорода, часто кислорода и других элементов и характеризуются наличием сильного запаха. В отличие от жирных масел они очень летучи и растворимы в спирту, уксусной кислоте и водном растворе хлоралгидрата. Запахи различных растений объясняются наличием в них эфирных масел.

Эфирные масла образуются в протоплазме клетки и накапливаются в особых вместилищах выделений—в специальных клетках или вместе с другими веществами в особых межклетниках. Встречаются они в клетках лепестков многих растений в виде капелек (у розы, фиалок), в семенах и околоплодниках (у звездчатого аниса—*Illicium verum*, черного перца, тмина, горчицы), в околоплодниках (у цитрусовых), в листьях (у лавра, эвкалиптов, мяты, герани, сосны), в корневищах (у аниса, ирисов), в корнях (у валерьяны, петрушки, коричного дерева и др.), в коре ствола и ветвей (у некоторых хвойных, у коричного дерева) и т. д.

Эфирные масла присутствуют в растениях в весьма незначительных количествах. Так, в вегетативных органах обычно их меньше одного про-

цента от свежего веса органа (в лепестках розы—0,025%), в семенах—десятые и сотые доли процента.

Эфирные масла являются продуктами обмена веществ растительной клетки. Биологическая их роль разнообразна. Присутствие их в цветках привлекает насекомых и способствует лучшему опылению растений. Наличие эфирных масел в некоторых вегетативных органах предохраняет эти растения от поедания их животными.

Эфирные масла растений находят разнообразное применение в медицине и в ряде технических производств. В частности, они используются в мыловаренном, пищевом, парфюмерном и косметическом производствах.

Твердые отложения в клетках растений

К твердым отложениям растительной клетки принадлежат кристаллы щавелевокислого кальция или оксалата кальция. Они встречаются в клетках в виде о д и н о ч н ы х кристаллов или группами по несколько (р а ф и д ы); они могут быть в виде сростков (д р у з) или в виде скопления мелких песчинок.

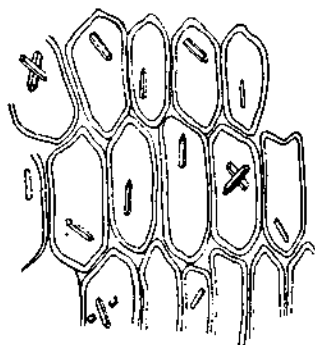


Рис. 14. Кристаллы в клетках сухой чешуи лука (*Allium cepa*).

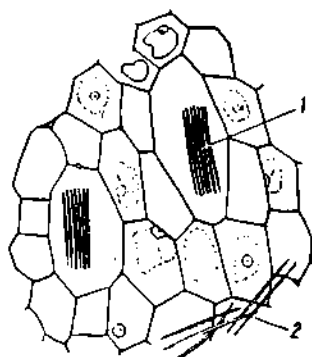


Рис. 15. Рафиды.

1—в корневище купены; 2—пипазин из клетки.

О д и н о ч н ы е кристаллы имеют чаще всего форму кубов, ромбоэдров, призм или октаэдров. Такие одиночные кристаллы встречаются, например, в старых листьях белены (*Hyoscyamus niger*). Встречаются они также в клетках сухих чешуй лукович лука (*Allium cepa*), чеснока (*Allium sativum*) и других растений (рис. 14).

Р а ф и д ы, или игольчатые кристаллы, представляют собой пучки кристаллических игл (рис. 15). Они встречаются в клубнях атрипника (*Orchis maculata* и др.), в корневище ландыша (*Convallaria majalis*), в листьях алоэ и др. Особенно крупные рафиды встречаются в корневище купены (*Polygonatum*). Довольно часто клетки с рафидами имеют значительно большие размеры, чем окружающие их клетки.

Друзы являются сростками кристаллов. Каждая друза получается из многих кристаллов, имеющих форму пирамид, сростшихся своими основаниями, и по своей форме напоминает звезду (рис. 16). Друзы встречаются в листьях дурмана (*Datura stramonium*), в корневищах ревеня (*Rheum palmatum*), в коре дуба и во многих других растениях.

У некоторых растений щавелевокислый кальций находится в виде скопления микроскопически мелких кристаллических крупинок, неправильно называемых кристаллическим песком. Клетки, содер-

жащие такой «песок», обыкновенно плотно им наполнены и поэтому резко выделяются среди других клеток своим более темным цветом. Такие клетки носят неправильное название кристаллических мешков. Щавелевокислый кальций в виде таких кристаллических скоплений встречается в листьях красавки или белладонны (*Atropa belladonna*), в листьях табака (*Nicotiana tabacum*) и многих других растений.

Кристаллы щавелевокислого кальция образуются в клетках тканей очень многих растений; отсутствуют они у синезеленых водорослей. Очень бедны щавелевокислым кальцием мхи. Нет их у осоковых, водокрасовых, некоторых видов норичниковых. Относительно богаты кристаллическими

отложениями щавелевокислого кальция виды семейств гречишных, пасленовых и гвоздичных.

Таким образом, видно, что присутствие или отсутствие кристаллов, их форма, величина и распределение являются характерными признаками для целых групп растений. Поэтому эти признаки могут служить надежным диагностическим критерием при микроскопическом исследовании изрезанных или превращенных в порошок лекарственных растений или отдельных растительных лекарственных материалов.

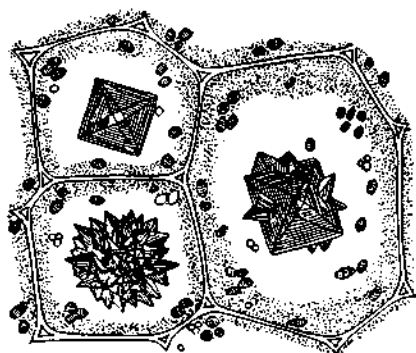


Рис. 16. Друзы в черешке бегонии.

Кристаллы щавелевокислого кальция обычно образуются непосредственно в протоплазме; в дальнейшем они могут попасть внутрь вакуоли. Иногда они могут внедряться в оболочку клетки.

Процесс образования кристаллов оксалата кальция представляется в таком виде. Необходимый для роста и развития растений азот поступает из почвенных растворов через корневую систему в форме нитрата кальция— $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Щавелевая кислота образуется в растении как побочный продукт при дыхании. При соединении нитрата кальция с щавелевой кислотой, образующейся в процессе обмена веществ в клетках растений, получается нерастворимый оксалат кальция и освобождается кислотный остаток нитрата — нитрогруппа, содержащая азот. Азот нитрогруппы усваивается растением и идет на построение азотных соединений, входящих в состав белковых тел клетки. Нерастворимый же оксалат кальция накапливается в клетках и уже не принимает участия в дальнейшем обмене веществ. Многолетние растения освобождаются от накопления этих кристаллов сбрасыванием листьев.

За последнее время накапливаются данные, что в некоторых плодах (особенно в клетках кожуры и сочной мякоти незрелых апельсинов) в процессе дальнейшего роста и созревания плодов кристаллы оксалата кальция растворяются и поступают в общий обмен веществ в растении. Подобные факты установлены и на других растениях—незрелых плодах слив, красной смородины, черники, брусники, голубики.

ВАКУОЛИ, КЛЕТОЧНЫЙ СОК И ЕГО ВЕЩЕСТВА

В процессе роста и развития клеток в них появляются особые образования, называемые вакуолями,—пространства, заполненные водой с растворенными в ней минеральными и органическими веществами, представляющими запасы или отбросы. Эту жидкость называют **вакуолярным**, или **клеточным**, **соком**.

Раньше полагали, что молодые растительные клетки лишены вакуолей и что вакуоли возникают будто бы только при дальнейшей дифференциации тканей путем отложения в цитоплазме жидких капелек. Считалось, что эти капельки увеличиваются, а затем сливаются между собой и во взрослых клетках образуют крупные вакуоли. Со времени же применения для изучения вакуолей прижизненного окрашивания было установлено, что в молодых клетках меристемы существует такая же вакуольная система, как и в клетках взрослых тканей, но в молодых клетках вакуоли менее заметны, чем в более взрослых вследствие их меньших размеров и вследствие более плотного состояния их содержимого. Известно, в частности, что вакуольный сок в начальных фазах развития вакуолей имеет довольно густую и вязкую консистенцию и только в процессе развития клетки сок этих зачаточных вакуолей разжижается и вакуоль превращается в настоящую жидкую вакуоль. В вакуольном соке сосредоточиваются разнообразные продукты обмена, возникающие в процессе жизнедеятельности этих клеток. Для обозначения совокупности вакуолей клетки предложен термин «вакуома».

В настоящее время вакуом также считают одним из существенных составных элементов каждой растительной клетки. Иначе говоря, вакуольная система клетки является таким же специфическим образованием, как протоплазма, ядро, пластиды и другие постоянные элементы клетки.

Роль вакуолей в питании и обмене веществ

В клетках растений вакуом является местом накопления различных веществ, которые иногда осаждаются из вакуольного сока в виде кристаллов. В процессе обмена веществ в клетке вакуоли часто используются как хранилища веществ, которые длительно накапливаются.

Вакуом содержит не только вещества, растворимые или находящиеся в состоянии раствора, но обычно он содержит также и вещества малорастворимые, отложенные в виде кристаллов (оксалат кальция, сульфат кальция и т. д.) или находящиеся в аморфном состоянии (включения млечного сока, представляющего род сложного вакуольного сока).

Осмотические свойства вакуолей. Помимо роли хранилища для различных веществ, вакуоли растительной клетки играют важную роль в физиологии клетки благодаря осмотическим свойствам своего сока. Эти осмотические свойства особенно проявляются в тургесценции живых клеток и тканей и в вызываемом гипертонической средой плазмолизе. Как известно, величина осмотического давления клеточного вакуольного сока у разных растений различна. У пресноводных растений давление слабое (около 5 ат), у растений засушливого климата, или галофитов, осмотическое давление достигает значительной величины (выше 150 ат). В зависимости от условий внешней среды клетки могут изменять осмотическое давление своих вакуолей. У водорослей и водных растений клетки стремятся сохранить некоторое равновесие с той средой, в которой они живут, причем их осмотическое давление всегда несколько выше давления среды. Механизм, при помощи которого клетка может поднимать свое осмотическое давление выше давления окружающей среды, Лаппик назвал *эпиктезом*. Это одно из свойств, присущих только живой клетке; наличие его позволяет делать вывод, что клетка жива.

Клетки могут сохранять или увеличивать осмотическое давление своего вакуольного сока и в измененных условиях среды, для чего им необходимо гидролизовать свой крахмал. Полученные таким образом растворенные сахара накапливаются в вакуоле и увеличивают концентрацию веществ в ней. Явление, позволяющее клеткам увеличивать осмотическое давление

своего сока, было описано под названием а н а т о н о з а. В некоторых случаях оно может объяснить д е п л а з м о л и з в плазмолизированных клетках. Значение деплазмолиза сводится к восстановлению нормального тургора.

Плазмолиз проливает некоторый свет как на свойства вакуольного сока, так и на физическое состояние цитоплазм. Плазмолиз обыкновенно приводит к уплотнению протопласта и его центральной вакуоли, размеры которой вследствие выхода жидкости более или менее сокращаются. Если до плазмолиза вакуоли были естественно окрашены, то действие плазмолиза ведет к усилению окрашивания вакуолей и сгущению сока.

Вакуольная стенка, или тонопласт. В связи с явлением плазмолиза возникает вопрос об оболочке вакуолей, иначе называемой тонопластом. Ряд авторов считают эту оболочку за настоящую полупроницаемую оболочку, обладающую непрерывным существованием и функцией выделения вакуольного сока. Эту оболочку вакуолей в некоторых случаях удается обнаружить различными методами; в частности, в клетках с дезорганизованной цитоплазмой можно получить тургесцентные вакуоли четкими контурами, ограниченными стенкой, сохраняющей свои свойства. Наличие вакуольной оболочки, или тонопласта, подтверждается и другими косвенными показателями. Так, например, если вакуоли содержат окрашенный сок, то он не диффундирует из них наружу. По мнению Лепешкина, тонопласт возникает в результате накопления липоидных веществ на границах вакуоли, и образовавшаяся таким образом тонкая пленка характеризуется свойством полупроницаемости вследствие богатства липоидами.

Другие же авторы подвергают сомнению существование такой оболочки вокруг вакуолей. Свои сомнения они основывают на том, что вакуоли в клетке часто принимают различную форму и молодые вакуоли живых клеток некоторых водорослей часто образуют тонкие и длинные псевдоподии. Эта группа авторов допускает только существование тонкой защитной пленки, возникающей при соприкосновении цитоплазмы с вакуольным соком.

Состав вакуольного, или клеточного сока

Клеточным соком называют не всякую водянистую жидкость, находящуюся в растении, а только заключенную в вакуолях живых клеток, у которых еще сохраняется протоплазматическое содержимое.

Из веществ, содержащихся в вакуолях, главными являются минеральные соли и органические кислоты, сахара и глюкозиды, танины, пигменты, алкалоиды, белки и ферменты. Многие из этих веществ обнаруживаются методами качественного анализа или микрохимическими пробами.

Рассмотрим некоторые из основных веществ вакуольного сока.

Углеводы. Углеводы составляют значительную часть вакуольного сока. Они являются запасными веществами клетки, как растворимыми, так и нерастворимыми. Из растворимых углеводов в вакуольном соке широко представлены простые сахара (моносахариды и дисахариды). К ним относятся глюкоза, фруктоза, сахароза.

Формула глюкозы $C_6H_{12}O_6$. Глюкоза в большом количестве образуется в плодах винограда и других растений, почему и называется виноградным сахаром. Она является важнейшим питательным материалом и служит исходным веществом для обмена. Все названные три вида сахаров имеют сладкий вкус. Растворы глюкозы в воде совершенно бесцветны. В растениях наблюдается постоянное образование глюкозы из крахмала.

Для выявления глюкозы применяется реакция с фелинговой жидкостью (щелочный раствор окиси меди), которая при соединении с глюкозой дает красный осадок закиси меди.

Фруктоза (так называемый плодовый сахар) является изомером глюкозы и отличается от нее более сладким вкусом. Она образуется в большом количестве в зрелых ягодах винограда, плодах груши и многих других растений. При созревании многих сочных плодов глюкоза переходит в фруктозу.

Сахароза является дисахаридом и состоит из одной молекулы глюкозы и одной молекулы фруктозы (с потерей одной молекулы воды). Формула сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$. Сахароза встречается во многих растениях, но особенно много ее образуется в главном корне сахарной свеклы (*Beta vulgaris*), в стеблях сахарного тростника (*Saccharum officinarum*), в плодах дыни и арбуза. В растениях сахароза играет роль питательного вещества. Под действием энзимов сахароза с присоединением одной молекулы воды распадается на глюкозу и фруктозу. Сахароза является важнейшим пищевым продуктом. Добывается она главным образом из корней сахарной свеклы, где ее содержится до 20—22%, и из стеблей сахарного тростника.

Кроме крахмала, из запасных полисахаридов можно отметить инулин. Инулин растворим в воде, но нерастворим в спирте; он образуется во многих растениях, особенно из семейства сложноцветных, у которых он заменяет крахмал. Откладывается инулин преимущественно в подземных органах. Впервые он был найден в корневище лекарственного растения девясила (*Inula helenium*), от латинского названия которого он и получил свое наименование. Формула инулина $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Глюкозиды. В клеточном соке встречаются также сложные органические соединения, которые называются г л ю к о з и д а м и. Глюкозиды представляют собой растворы соединений некоторых сахаров, чаще всего глюкозы, со спиртами, альдегидами, фенолами и другими органическими веществами. Большинство глюкозидов ядовиты, но многие из них используются в медицине, так как являются ценными лекарственными веществами. Под действием кислот или особых ферментов в присутствии воды происходит распад глюкозидов на составные части. Так, например, весьма распространенный в семенах различных представителей рода миндальных глюкозид амигдалин под влиянием фермента расщепляется на глюкозу, бензойный альдегид и очень ядовитую синильную кислоту, обуславливающую отравление при употреблении в пищу семян горького миндаля. Распад глюкозидов может происходить не только под влиянием ферментов, но и при нагревании со слабыми кислотами.

Глюкозиды имеют весьма широкое распространение в растениях; число их весьма значительно. Значение глюкозидов для растений весьма разнообразно. Им, в частности, приписывают активное участие в окислительных процессах, а также участие в образовании дубильных веществ.

Из лекарственных растений, содержащих глюкозиды, важное значение в медицине имеют цветы ландыша (*Convallaria majalis*), листья видов наперстянки (*Digitalis*), трава адониса (*Adonis vernalis*) и др. Эти растения содержат глюкозиды так называемой сердечной группы и оказывают сильное действие на деятельность сердечной мышцы.

Совершенно особую группу глюкозидов составляют сапонины, растворы которых обладают способностью при взбалтывании пениться. К числу растений, содержащих сапонины, относятся некоторые лекарственные растения, например солодка (*Glycyrrhiza glabra*), сенег (*Polygala senega*) и истод (*Polygala tenuifolia*), которые применяются в качестве отхаркивающего средства.

Дубильные вещества. К глюкозидам близко примыкают так называемые д у б и л ь н ы е вещества. Свое название они получили в связи с тем, что некоторые из них имеются в коре дуба и издавна применяются при обработке (дублении) шкур. Техническое значение дубильных ве-

ществ заключается в их способности образовывать с белками кожи нерастворимые осадки и превращать шкуры животных в годную для различных изделий продукцию.

Дубильные вещества широко распространены в клеточном соке, особенно у высших растений; они образуются из простых сахаров и имеют вяжущий вкус и кислую реакцию. Характерной особенностью дубильных веществ является окрашивание их солями железа в темно-синий цвет. Содержание дубильных веществ в клеточном соке растений зависит от вида растения. Так, в коре дуба их содержится от 10 до 20%, в листьях чая—15—20%, в корневище толстолистного сибирского бадана (*Bergenia crassifolia*)—до 25%, в коре ивы—9—13%, коре эвкалипта—до 30%. Особенно высокое содержание дубильных веществ в галлах на листьях лузитанского дуба, возникающих от укусов насекомых при откладывании яиц; галлы дуба содержат до 70% дубильных веществ. Вяжущий вкус многих незрелых плодов зависит от дубильных веществ. Особенно хорошо он ощущается в плодах японской хурмы, терна, в кожуре плода граната и пр.

Техническое значение дубильных веществ весьма велико. Они применяются в кожевенной промышленности. Лучшими дубильными растениями в СССР являются ива, дуб, лиственница, бадан, сумах, скумпия, чухра и др.

Дубильные вещества применяются также и в медицине, так как оказывают вяжущее действие на слизистые оболочки.

Физиологическое значение дубильных веществ для самих растений выяснено недостаточно. Есть указание, что они играют важную роль в процессе дыхания растений.

Алкалоиды. Соли алкалоидов относятся к растворимым органическим соединениям клеточного сока. Они обладают свойствами слабых щелочей. Почти все они бесцветны и горьки на вкус; большая часть из них известна в твердом, а другие в жидком состоянии. В растительной клетке они образуются в качестве конечных продуктов обмена веществ, с кислотами образуют соли.

Алкалоиды оказывают весьма сильное физиологическое действие на организм животных и человека и многие из них являются сильнейшими ядами. Некоторые алкалоиды оказывают действие только на определенные органы и ткани. Так, например, алкалоид атропии вызывает расширение зрачка и вследствие этого употребляется в глазной практике, как и пилокарпин, вызывающий, наоборот, сокращение зрачка; алкалоид кокаин действует на нервную систему и пр. Атропин добывается из листьев и корней красавки, или белладонны (*Atropa belladonna*), листьев и семян дурмана и белены, пилокарпин — из видов рода *Pilocarpus*, а кокаин — из листьев кока (*Erythroxylon coca*). Благодаря этим свойствам многие алкалоиды получили широкое применение в медицине. В частности, имеют важное лечебное значение алкалоиды морфин, кодеин и папаверин, добываемые из млечного сока мака, алкалоид хинин, добываемый из коры хинного дерева, алкалоид кофеин, добываемый из листьев чая и семян кофе, и др.

Алкалоиды встречаются в различных частях растений: в корнях, корневищах, стеблях, листьях, цветках, плодах, семенах. Так, например, алкалоид хинин добывается из коры хинного дерева (*Cinchona*), алкалоид стрихнин — из семян чилибухи (*Strychnos nux vomica*), алкалоид морфин — из застывшего млечного сока коробочек мака (*Papaver somniferum*) и т. д.

Нередко алкалоиды содержатся, как у некоторых видов семейства пасленовых, почти во всех органах растения. Распространение алкалоидов

среди разных типов растений неодинаково. У низших растений они встречаются редко (споровня содержит 12 алкалоидов, гриб мухомор — ядовитые алкалоиды мускарин и аманитоксин); из голосемянных алкалоиды известны только у тиса и эфедры; из однодольных их содержат семейства лилейных. Главными источниками алкалоидов являются двудольные растения, где имеется ряд семейств, содержащих относительно большое количество алкалоидов; среди них можно указать семейства пасленовых, маковых, лютиковых, мареновых, бобовых, сложноцветных и др. В семействе розоцветных, куда входят большинство наших плодовых пород, алкалоиды не встречаются. Алкалоиды растений выявляются с помощью раствора азотнокислого висмута в йодистом калии, придающего им коричнево-красную окраску.

Физиологическое значение алкалоидов для самого растения не выяснено. Возможно, что они в некоторых случаях используются при синтезе белков.

Органические кислоты. У подавляющего большинства растений клеточный сок имеет кислую реакцию в силу наличия в нем о р г а н и ч е с к и х к и с л о т как в свободном состоянии, так и в виде кислых солей.

Наиболее распространенными кислотами в клеточном соке растений являются щавелевая, яблочная, винная и лимонная.

Щавелевая кислота получила свое название от щавеля (*Rumex acetosa*), в листьях которого она находится в большом количестве. Встречается она также у солянок, ревеня, кислицы и др.

Яблочная кислота находится в яблоках, плодах рябины, малины, барбариса, в листьях табака и многих других растений.

Винная (винокаменная) кислота встречается в плодах винограда, шелковицы, помидора, ананаса и других растений.

Лимонная кислота преобладает в растениях южных широт; ее много в плодах лимона (в соке лимона ее около 9%), в плодах других цитрусовых и в плодах лимонника; есть она также в плодах смородины, крыжовника, земляники, персика и др.; в листьях табака она содержится в виде никотиновой соли.

Из других кислот можно указать на янтарную (в плодах смородины, земляники), салициловую (в плодах малины), бензойную (в плодах брусники и клюквы).

Обычно в клетках сочных плодов содержится несколько различных кислот. В процессе роста и развития плодов в составе кислот и в их количественном содержании происходят существенные изменения.

Физиологическая роль органических кислот в клетках растений весьма разнообразна; они возникают в результате окислительных процессов и, по-видимому, играют роль при дыхании.

В физиологии питания человека и животных такие органические кислоты, как молочная, лимонная, яблочная и др., играют существенную роль. Натриевая соль лимонной кислоты используется как консервант человеческой крови при переливании ее.

Пигменты клеточного сока. В клеточном соке находятся также разнообразные пигменты, дающие ценные растительные краски. На первом месте стоит группа антоциана или антоцианина. Это — пигменты, окрашивающие лепестки цветков в красные, синие, фиолетовые, малиновые цвета. Антоциан (антос — цветок и циан — синий) принадлежит к группе разнообразных соединений, имеющих в своем составе глюкозу и называемых поэтому глюкозидами. Красящие вещества образуются в клетках обычно при избытке сахара и при низкой температуре, отчего их особенно много в весенних проростках растений.

В основе образования пигментов этой группы лежит оксibenзойная кислота ($C_7H_6O_3$), производные которой — флавоны — в присутствии сахара и свободного кислорода под влиянием энзим клетки дают антоцианины, которые по своему химическому строению близки к диглоукозидам. Антоцианины могут образовываться также и в темноте; они замечательны тем, что меняют свою окраску в зависимости от реакции клеточного сока. Так, например, цианин имеет красную окраску в кислом растворе клеточного сока при $pH=3,0$ или ниже, фиолетовую — в нейтральном растворе при $pH=8,5$ и синюю в щелочном растворе при $pH=11,0$. В частности, розовая или красная окраска лепестков розы, гвоздики и пр. зависит от кислой реакции их клеточного сока; лиловая окраска сирени, фиолетовая окраска фиалки зависит от нейтральной реакции их клеточного сока, а синяя окраска лепестков василька зависит от находящихся в клетках кожицы лепестков этого растения продуктов распада белков, имеющих резко щелочную реакцию.

Нередко окраска венчиков цветков сильно меняется за короткий срок: так, бутоны незабудки (*Myosotis*) имеют розовую окраску, которая сменяется голубой по мере накопления в клеточном соке продуктов распада белков протоплазмы. У медуницы (*Pulmonaria officinalis*) — травянистого растения лесов — вначале розовые цветы становятся затем сине-фиолетовыми, а еще позднее — синими.

Таким образом, антоциан, как и лакмус, можно использовать для распознавания кислотности и щелочности раствора.

Антоциан может давать также и черную окраску; примером такой черной окраски цветков могут служить некоторые гибриды фиалки (*Viola*). Черная окраска в данном случае вызывается сильно концентрированным антоцианом. Особенно темную окраску может создавать комбинация концентрированного антоциана и хлорофилловых зерен, что имеет место в плодах черной смородины.

Антоциан содержится в органах цветка очень многих растений: шиповника, мака, гороха и т. п. Встречается он также в листьях и стеблях многих растений: у красной капусты, краснолиственного бука, многих видов бегоний, амаранта, всходов гороха и пр. Образуется антоциан в клетках сочных плодов винограда, вишни, брусники и др.

Образование антоцианов у многих растений стимулируется действием света при пониженных температурах. Особенно богаты антоцианом растения высокогорных и полярных местообитаний.

Близко родственны антоцианам по химическому составу желтые пигменты клеточного сока, которые объединены под общим термином а н т о х л о р ы. Антохлор встречается в лепестках цветков, в плодах цитрусовых и в других частях растений, особенно в осеннее время.

Антофеин — это темно-бурый пигмент, встречающийся в лепестках бобов (*Vicia faba*), где он обуславливает темно-коричневые пятна крыльев венчика, в нектарниках некоторых видов шпорника, или живокости и др.

Биологическое значение пигментов клеточного сока довольно разнообразно. Яркая окраска цветов, обусловленная присутствием пигментов, привлекает насекомых и способствует лучшему опылению растений; окраска плодов (вишня, слива и др.) привлекает птиц и способствует распространению семян. Кроме того, антоциан, по-видимому, обладает способностью улавливать часть световых лучей, повышающих температуру тканей растений, что является полезным для растения, особенно в ранневесеннее и осеннее время года.

Снежно-белая окраска венчика цветка многих растений (как у белой кувшинки) обуславливается не каким-либо пигментом, а наличием заполненных воздухом межклеточников среди прозрачных бесцветных клеток

Окраска корней различных культурных растений (моркови, свеклы и др.) обусловлена как наличием хромопластов, так и пигментов клеточного сока.

Пектиновые вещества. В клеточном соке широко распространены родственные углеводам, растворимые в воде так называемые пектиновые вещества (от греч. п е к т и с — студень). Количество их может достигать нескольких процентов от сухого веса органа (в клубне редиса до 20%). Сравнительно много их содержится в сочных плодах апельсина, лимона, айвы, яблони, сливы и других видов семейства розоцветных. При известных условиях пектиновые вещества легко желатинируются и поэтому они широко используются в кондитерской промышленности.

Минеральные соли. В клеточном соке растений встречаются в растворе и минеральные вещества, чаще всего в виде солей азотной кислоты (нитраты), фосфорной (фосфаты), соляной (хлориды) и др. Они поступают в клетку вместе с водой из почвы. Некоторые из них являются жизненно необходимыми для растения, а другие из них, поступившие в некотором избытке, остаются неиспользованными и представляют собой как бы балласт.

Ферменты. В процессе своей жизнедеятельности клетка вырабатывает особые органические вещества, называемые ф е р м е н т а м и, или энзимами. Значение ферментов в жизнедеятельности растительного организма очень велико, так как при помощи их в клетке идет сложный и многообразный обмен веществ. Такие процессы в клетке, как дыхание, ассимиляция, синтез и распад белков, жиров, углеводов и пр., совершаются под влиянием особых ферментов, называемых катализаторами. Они характеризуются свойством возбуждать и значительно ускорять химические реакции в клетке. Ферменты растений в большинстве своем имеют белковое строение. Их рассматривают как особые продукты клеток, связанные своим происхождением с цитоплазмой. При разрушении клеток ферменты сохраняют свою активность.

Активность ферментов сильно зависит от факторов внешней среды, в частности от температуры и общего химизма среды. По своему действию ферменты являются специализированными образованиями и каждый из них может оказывать специфическое влияние на определенный процесс. Так, дыхание клетки совершается при помощи окислительных ферментов цитоплазмы — каталазы и п е р о к с и д а з ы; гидролиз крахмала (переход его в растворимые формы сахаров)—при помощи фермента д и а с т а з а; процесс превращения белков—при помощи фермента п р о т е а з ы, в обмене жировых веществ играет роль фермент л и п а з а и т. д.

Ряд важнейших промышленных производств основан на использовании действия растительных ферментов, например хлебопечение, виноделие, производство чая, сахара, какао, табака, пива и др.

Фитогормоны. Растительная клетка вырабатывает также особую группу веществ, обладающих свойством проникать через клеточные стенки и оказывать влияние на физиологические процессы в организме. Такие вещества называются ф и т о г о р м о н а м и (растительными гормонами). В настоящее время установлены фитогормоны, усиливающие рост растений, клеточное деление, наступление цветения и пр. Фитогормоны изучались советским ученым Н. Г. Холодным и голландским ученым Вейтом.

Фитогормоны по своему физиологическому действию близко стоят к ферментам и витаминам. Некоторые витамины действуют как фитогормоны. Так, например, витамин В₁ (тиамин) даже при разведении 1 : 40 000 000 000 000 вызывает стимулирование роста корневой системы томатов.

Витамины. К числу необходимых для жизни веществ, растворимых в клеточном соке, относятся витамины. Витамины представляют собой своеобразную группу органических веществ. Большая часть витаминов является веществами растительного происхождения. Немногие витамины животного происхождения рассматриваются как результат переноса их в тело животных из растительных кормов. Витамины оказывают глубокое влияние на организм животных и человека, куда они поступают со свежей растительной пищей. Отсутствие витаминов или недостаточное количество их в пище вызывают болезненные состояния, известные под названием авитаминозов. Эти заболевания бывают различной природы в зависимости от того, какого витамина недостает. Потребность животных в витаминах выражается весьма малыми количествами.

Известные в настоящее время витамины выделены в чистом виде и частью синтезированы. Многие важнейшие витамины производятся на заводах с целью систематического введения их в пищу. Отдельные виды витаминов обозначают прописными буквами латинского алфавита: А, В, С, D, Е, К, Р и т. д. Различают витамины, растворимые в воде (В, С и D) и растворимые в жирах (А, Е и др.). В настоящее время витамины обозначают специальными терминами, или названиями.

Витамины находят широкое лечебное применение как специфические вещества при лечении авитаминозов и при различных заболеваниях для поднятия общего состояния организма. Ввиду большого значения витаминов для организма человека и животных их необходимо ежедневно вводить с пищей. Свежие овощи и фрукты содержат достаточное количество витаминов. Поэтому при правильном, регулярном употреблении овощей и фруктов организм человека вполне обеспечивается витаминами. Каждый из витаминов имеет специфическое действие.

Витамины А, или витамин роста, назван так по основному его физиологическому действию; недостаток этого витамина в животном организме задерживает его рост и вызывает тяжелое заболевание глаз. Витамин А возникает в печени животных из каротиноидов, которые рассматриваются как провитамин А. Провитамин А содержится в плодах даурского шиповника (*Rosa davurica*) и некоторых других видах, в плодах рябины, в листьях крапивы, шпината, салата, клевера и других растений. Содержится он также в плодах томата, ежевики, черники, малины, смородины, вишни, абрикоса, персика; много его в корнях моркови.

Витамины В, В₁, В₂, В₃ и другие витамины группы В содержатся в коже и зародышах семян, в дрожжах, в проростках пшеницы, ячменя, ржи. Отсутствие витамина В₁ вызывает тяжелое заболевание всей нервной системы, что проявляется в головных болях, расстройстве двигательных нервов и пр.

Витамин С, или аскорбиновая кислота, — противодиаготный витамин. Отсутствие его в пище вызывает заболевание цингой. Витамин С содержится в значительном количестве в мандаринах, апельсинах, лимонах, помидорах, черной смородине, плодах шиповника, хвое пихты, сосны, яблоках и других плодах и овощах.

Витамин D, или противорахитный витамин, обуславливает регулирование обмена кальция и фосфора в организме. Отсутствие его, или недостаток в пище вызывает тяжелое заболевание детей рахитом. Этот витамин содержится в растительных и животных жирах (например, рыбьем жире, коровьем масле, свежем молоке), а также в яичном желтке.

Витамин Е оказывает влияние на половую сферу. Он содержится в плодах цитрусовых и плодах томата.

Витамин К обуславливает свертывание крови у человека и животных и поэтому широко применяется в качестве кровоостанавливающего сред-

ства. Содержится витамин К (как и многие другие витамины) в листьях крапивы и других растений.

Фитонциды. Живые клетки растений вырабатывают также особую группу веществ, которые выполняют защитную роль. Физиологическое действие этих веществ выражается в том, что они задерживают рост или совсем убивают растительных и иных микробных паразитов. В связи с этим данные вещества получили название фитонцидов (растительных ядов), или антибиотиков.

Вещества фитонцидной природы характеризуются избирательным действием—они губительны для одних микробов и безвредны для других. Эти вещества находятся во многих органах растений в виде летучих соединений или в растворенном состоянии в клеточном соке. Особенно богаты фитонцидами такие растения, как лук, чеснок, хрен, горчица, черемуха, некоторые виды кипариса, крапива, тысячелистник, кровохлебка. Многие фитонциды высших растений имеют летучие фракции и поэтому могут действовать даже на расстоянии. Способность растений вырабатывать вещества ядовитого действия возникла в процессе эволюции в целях защиты.

Эти свойства растений в настоящее время широко используются в медицинской практике для лечения различных инфекционных болезней. При этом широко применяются продукты жизнедеятельности низших растений, известные под названием пенициллина, грамицидина.

Каучук и гуттаперча. Кроме перечисленных веществ, некоторые растения продуцируют каучук и гуттаперчу. Эти вещества содержатся в млечном соке и имеют громадное техническое значение. Главная масса естественного технического каучука добывается из млечного сока гевеи (*Hevea brasiliensis*), разводимой в тропических странах.

Гуттаперча добывается из гуттаперчевого дерева (*Palaquium gutta*), произрастающего в тропических странах, и является его сгущенным млечным соком.

Смолы и бальзамы. В особыхместилищах некоторых растений наблюдается выделение различных смол. Смолы являются отбросами, образующимися в процессе жизнедеятельности клетки, но, выделяясь в значительных количествах, они выполняют полезную для растения роль, так как при поранениях обволакивают рану и предохраняют растение от нападения паразитных грибов и бактерий. По химическому составу смолы представляют смесь различных веществ, близких к составным частям эфирных масел. Многие смолы находят применение в медицине и технике. Например, из смолы сосны добывают скипидар и канифоль.

Бальзамы — это сложные по своему составу жидкости, представляющие раствор смол в эфирных маслах. Бальзамы также имеют техническое и лечебное применение. В частности, канадский бальзам, добываемый из канадской пихты (*Abies balsamea*), применяется в микроскопической технике и в оптике. Копайский бальзам, добываемый из дерева, растущего в тропических лесах Южной Америки, копаиферы (*Copaifera*), относящегося к семейству бобовых, подсемейству цезальпиниевых, применяется в медицине как противогнилостное и дезинфицирующее средство.

Биологическое значение клеточного сока

Клеточный сок играет огромную роль в жизни растения. В нем содержатся различные вещества, которые растение может употреблять в процессе жизнедеятельности, а также запасные и экскреторные элементы. Кроме того, клеточный сок является важным физическим фактором, обуславливающим осмотическое давление внутри клеток, что имеет большое значение в жизни растений. От постепенного поступления все большего и боль-

шего количества воды в клеточном соке создается высокое осмотическое давление, величина которого может достигать большого размера, особенно у растений, произрастающих на солончаках.

Клеточный сок, оказывая давление на протоплазму, растягивает ее и прижимает к оболочке. В результате оболочка поддерживается в состоянии напряжения. Такое состояние напряжения оболочки живой клетки называется **тургором**. Благодаря тургору оболочка клетки всегда напряжена и эластично растянута; в состоянии тургора клетка несколько увеличена в объеме. Степень тургора зависит от разности осмотических давлений внутри и вне клетки и от упругости оболочки. Общий тургор массы клеток в органах растения создает упругость всего растения, помогает стеблям сохранять прямое положение и поддерживать массу листьев, а также противостоять ветру, ливням и ориентировать их по отношению

к свету. Таким образом, видно, что тургор обуславливает нормальное физическое состояние растения.

Тургор можно понизить, если из клетки удалить воду. Это можно достичь, если клетку привести в соприкосновение с более концентрированным раствором, чем клеточный сок. Тогда часть воды из клеточного сока перейдет в окружающий раствор. Вакуоля соответственно сильно уменьшится, но концентрация клеточного сока повысится. Уменьшение вакуоли поведет к сжатию протопласта и оболочки. Но так как оболочка менее

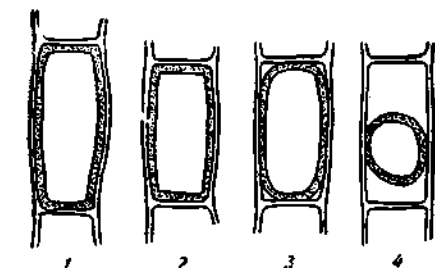


Рис. 17. Схема плазмолиза.

1 — клетка в состоянии тургора с полным слоем протоплазмы и центральной вакуолью; 2—4 — различные стадии плазмолиза.

эластична, то сжатие ее скоро приостановится, протоплазма же, продолжая сокращаться, будет отставать от стенок клетки и примет округлую форму внутри клетки. Сокращение протоплазмы и отставание ее от оболочки носит название **плазмолиза**. Таким образом, плазмолиз — явление, обратное тургору (рис. 17). Плазмолиз может происходить только в живых клетках, поэтому наличие его позволяет отличать живые клетки от мертвых. При плазмолизе, если он наступает постепенно, клетки могут оставаться живыми довольно долго; при перенесении плазмолизированных клеток в чистую воду клетка быстро восстанавливает состояние тургора. Длительный плазмолиз приводит клетки к гибели.

Тургор лежит в основе так называемых тургорных движений, наблюдаемых у некоторых растений. Наиболее характерно этот вид движений проявляется у мимозы (*Mimosa pudica*). При прикосновении к листу мимозы она быстро опускает листья, складывая при этом свои листочки. Механизм движения в этом случае зависит от изменения тургора в верхней и нижней частях сочленения, поддерживающего лист в поднятом состоянии. При раздражении мимозы из клеток нижней части сочленения выделяется часть воды клеточного сока в межклетники, в результате чего тургор падает; верхняя часть сочленения перегибается сочленением вниз, и лист опускается. Когда раздражение проходит, вода всасывается обратно, тургор восстанавливается, и лист снова выпрямляется.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В РАСТИТЕЛЬНУЮ КЛЕТКУ

Растения воспринимают питательные вещества только в жидком или газообразном виде. Вода вместе с растворенными в ней веществами поступает через корни. Клетки корня, всасывающие воду из почвы, имеют пори-

стые клеточные оболочки, через которые и проликают вещества из почвы внутрь клетки. Прохождение жидкостей через пористые перегородки протекает различно в зависимости от характера раствора и свойств перегородки. Обычно через пористую проницаемую перепонку проходят растворенные вещества. Такие частицы вещества по закону диффузии стремятся равномерно распределиться в окружающем их пространстве. Но так как скорость диффузии обратно пропорциональна величине частиц, то мелкие молекулы электролитов проникают во много раз быстрее крупных частиц веществ коллоидного характера. Если диффундирующее вещество встречается на своем пути проницаемую перепонку, то скорость диффузии замедляется и тем в большей степени, чем крупнее частицы, находящиеся в растворе. К числу проницаемых перегородок относится и клеточная целлюлозная оболочка, обладающая свойствами пористого студня.

Явление прохождения жидкости и растворенных веществ через перепонки называется осмосом. Поступление воды внутрь клетки называется эндосмосом, а выход растворенных веществ наружу — экзосмосом. Развивающееся внутри клетки давление вследствие перевеса эндосмоса над экзосмосом называется осмотическим давлением. Явления эндосмоса и экзосмоса в растительной клетке наблюдаются постоянно, а устанавливающееся при этом осмотическое давление играет существенную роль в жизненных процессах клетки.

Клетка растений представляет собой как бы мешочек с клеточным соком внутри, причем стенка его состоит из оболочки и плазмы, различающихся по своим физическим свойствам. Оболочка представляет собой мелкопористый студень, или гель, и сквозь нее коллоидные растворы проходить не могут, почему белки и другие вещества, находящиеся в коллоидном состоянии в плазме, из клетки выйти не могут, но для истинных растворов оболочка клетки проницаема. Протоплазма же обладает свойствами полупроницаемой перегородки, т. е. не пропускает веществ, растворенных в клеточном соке, которые вследствие этого не могут выходить наружу. На этом же основании и другие растворенные в клеточном соке вещества (соли и сахара) не вымываются из живых клеток. Если бы было иначе, то не могли бы существовать водные растения.

ОБОЛОЧКА КЛЕТОК И ЕЕ ВИДОИЗМЕНЕНИЯ

Растительные клетки почти всегда окружены твердой клеточной оболочкой, которая отделяет их друг от друга или от внешней среды. Оболочка образуется за счет деятельности протоплазмы; ее принято считать за продукт выделения протоплазмы. Оболочку относят к числу образований, которые не являются живым веществом, т. е. к метаплазме, или аллоплазме. Твердую оболочку растительных клеток называют также целлюлозной оболочкой на том основании, что главным компонентом ее является целлюлоза.

В клетках, окруженных твердой оболочкой, при помощи плазмоллиза можно легко отделить протоплазму от клеточной стенки. Так как протоплазма сохраняет при этом свою жизнеспособность, то приходят к выводу, что оболочка не является необходимой для осуществления жизненных функций. Известно также, что у низших растений клетки, как правило, лишены твердой оболочки; не имеют твердой оболочки споры, зооспоры и яйцеклетки.

Возникновение новой оболочки у высших растений происходит в результате отложений, образующихся в связи с делением клетки, или цитокинезом, следующим за карпокинезом. Имеются, однако, примеры, когда карпокинез или цитокинез не сопровождается образованием перегородки.

Запаздывание в образовании перегородки приводит к возникновению многоядерных образований. Таким многоядерным образованием является эндосперм у покрытосемянных растений.

Обычно после того, как расщепившиеся хромосомы расходятся к полюсам и начинают соединяться в два новых ядра, они еще остаются соединенными ахроматиновыми нитями. Посередине ахроматиновых нитей появляются хроматиновые зернышки, подобные узелкам нитей. Эти хроматиновые зернышки располагаются как раз в экваториальной плоскости каркинетической фигуры. Зернышки увеличиваются в числе и размерах и, разрастаясь, дают начало пластинке, делящей первоначальную материнскую клетку на две дочерних. Эта пластинка и есть начало новой оболочки клетки (рис. 18). В процессе дальнейшего развития пластинка становится похожей на стенки материнской клетки и нарастает в толщину с обеих сторон двух новых клеток.

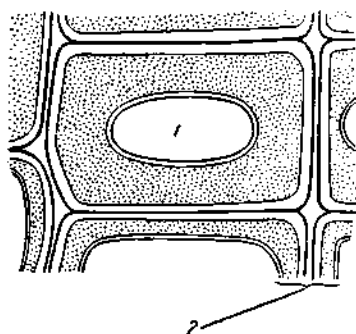


Рис. 18. Схема строения клеточных оболочек.

1—полость клетки; 2—срединная пластинка; а—межклеточное вещество; б—первичная оболочка; в, г и д—последовательно нарастающие слои оболочки.

Рост оболочки

Вновь образовавшаяся первичная оболочка в дальнейшем начинает расти в соответствии с увеличением объема клетки и в толщину. От роста в толщину возрастает число слоев оболочки и увеличивается их мощность. В результате такого роста появляются вторичные слои оболочки уже несколько иного состава. Эти слои не захватывают всю поверхность оболочки, но оставляют места без утолщения—это места будущих пор.

Рост клеточной оболочки в толщину зависит от наложения новых слоев изнутри в результате деятельности протоплазмы. При образовании спирального и сетчатого утолщения клеточных стенок удается наблюдать скопление протоплазмы у тех мест стенки, которые утолщаются. Доказательством роста оболочки изнутри служит и то, что самый внутренний слой клеточной стенки, возникающий позже, состоит из неодревесневшей клетчатки, тогда как предшествующие слои одревесневшие. Этот внутренний, самый молодой слой обозначают как третичный слой оболочки. В третичной оболочке клетчатка часто пропитана азотистыми соединениями, присутствие которых объясняется тем, что этот слой оболочки только что дифференцировался из протоплазмы.

Таким образом, имеется ряд доказательств того, что рост оболочки в толщину происходит от наложения новых слоев изнутри клетки. Новые слои налагаются изнутри на вытягивающуюся, ранее образовавшуюся оболочку при делении клетки.

Оболочка клетки имеет следующие слои. В толще стенки у большинства соприкасающихся клеток находится двухконтурная прослойка, которую называют срединной пластинкой; она начинает выступать на ранних стадиях развития оболочки. В местах, где сходятся три или четыре клетки, пластинка образует трех- или четырехугольники. На поперечном разрезе древесины сосны видно, что срединная пластинка состоит из трех слоев различного состава. Только средняя часть срединной

пластинки составляет цемент, склеивающий клетки. Эта средняя часть срединной пластинки, состоящая из различных пектиновых веществ, является общим слоем в толще стенки для двух соседних клеток. Ее можно вычленить соответствующими окрасками и соответствующими растворителями. Срединная пластинка состоит из одного среднего непарного слоя и двух парных слоев. Парные слои срединной пластинки образуют первичную оболочку в двух соседних клетках (рис. 19).

Вся главная толща оболочки, образованная наросшими слоями, составляет вторичную оболочку, которая утолщается и сильно одревесневает. Таким образом, следует, что стенка между двумя полостя-

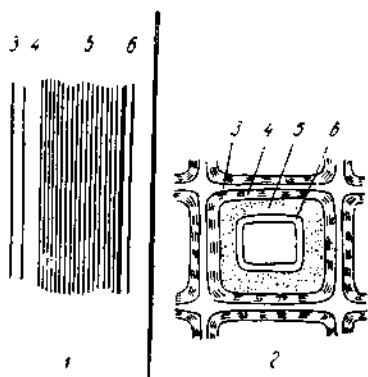


Рис. 19. Схема утолщения оболочки.

1—на продольном разрезе; 2—на поперечном; 3—средняя часть срединной пластинки; 4—первичная оболочка; 5—последовательные слои вторичной оболочки; 6—третичная оболочка.

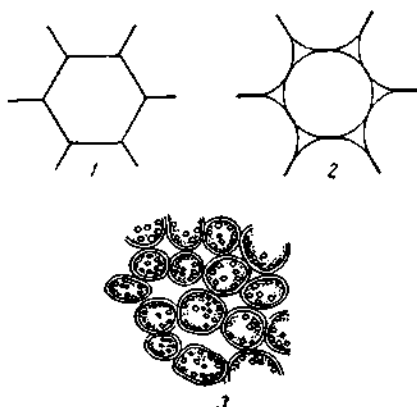


Рис. 20. 1 и 2—схема образования межклетников; 3—развитие округлых клеток из многоугольных.

ми клеток, часто тонкая и кажущаяся однородной, состоит из семи различных слоев: одного непарного — средняя часть срединной пластинки, и трех парных — первичная, вторичная и недревесневшая третичная оболочка. Утолщение клеточной стенки проявляется главным образом в развитии вторичной оболочки. Первичная же оболочка, прилегающая непосредственно к средней части срединной пластинки, и третичная оболочка из клетчатки, только что образованная протоплазмой, прилегают снаружи и изнутри ко вторичным слоям.

На свободных голых клетках оболочка образуется несколько иначе: она выделяется на поверхности протоплазмы. Точно так же оболочка появляется и на поверхности протоплазмы в плазмоллизированной клетке.

Образование межклетников

Обычно молодые многогранные клетки плотно соединены между собой. Но такая сплоченность всех клеток существует недолго. При разрастании клетки немного округляются, от этого их стенки по углам начинают расщепляться частичной естественной мацерацией и расходятся одна от другой. От такого расхождения стенок между клетками возникают полости, чаще всего в сечении трехугольные или четырехугольные, которые заполняются воздухом. Эти полости называют межклетниками, или межклетными пространствами (рис. 20). В процессе дальнейшего роста межклетники могут все увеличиваться и соединяться

друг с другом в межклетные ходы. Эти ходы иногда очень узкие, но при сильном развитии межклетники могут занимать больший объем, чем сами клетки. Физиологическое значение межклетников весьма велико; через них обычно осуществляется облегченный газовый обмен между клеткой и окружающей средой при ассимиляции и дыхании. Стенки клеток, соприкасающихся с межклетниками, обыкновенно тоньше. Большинство активных клеточных групп пронизано системой межклетных пространств. Наиболее сильно межклетники развиты у растений водных и болотных местообитаний, где мало бывает кислорода. Межклетные пространства позволяют растениям этих местообитаний иметь запасы кислорода в своих тканях и получать его непосредственно из воздуха. Систему тканей с крупными межклеточными ходами называют аэренхимой.

Строение и форма клеточной оболочки

Строение и форма клеточной оболочки находятся в тесной зависимости от физиологических функций клетки. Часто по виду оболочки можно

определить, какова функция клетки. В молодых клетках вся оболочка имеет одинаковую толщину; поверхность ее ровная и гладкая. У вполне сформировавшихся клеток оболочка может быть различной толщины. Утолщение оболочки увеличивает ее прочность и не всегда происходит равномерно вокруг всей клетки. Чаще всего подвергаются утолщению отдельные участки. В исключительных случаях оболочка утолщается снаружи, но такое утолщение снаружи возможно только у клеток, не соприкасающихся с оболочкой соседних клеток, т. е. у клеток, которые развиваются внутри протоплазмы материнских клеток. Такие наружные утолщения имеют оболочки спор плауна, клетки пыльцы цветковых растений и пр.

Наружные утолщения на пыльце в виде шипиков, гребешков, валиков столь разнообразны и в то же время так постоянны и характерны, что ими можно пользоваться при определении растений (рис. 21). Эти наружные утолщения появляются в связи с тем, что цветочная пыльца возникает в особых органах — пыльниках и внутри клеток. В момент возникновения каждая пылинка бывает окружена протоплазмой материнской клетки; за счет

Рис. 21. Наружные утолщения оболочки у спор плауна и пыльцы мальвы.

1—споры плауна; 2—пыльца мальвы.

этой протоплазмы материнской клетки и образуются утолщения на наружной стороне оболочки пыльцы. Таким же образом возникают утолщения на наружных стенках спор плауна и других споровых растений, так как они также образуются в особых образованиях — спорах — и внутри материнских клеток.

Утолщения оболочки сообщают ей большую крепость, поэтому клетки с утолщенной оболочкой выполняют механические функции. Утолщения бывают различного характера: или оболочка утолщается равномерно, или только в некоторых местах, тогда эти утолщения приобретают своеобраз-

ную структуру. Хорошим объектом для изучения внутренних утолщений клеточных оболочек являются клетки, образующие сосуды. На продольном срезе сосуды имеют вид разрезанных вдоль цилиндров. Стенки этих цилиндров утолщены неравномерно: в одних сосудах с внутренней стороны оболочки находятся утолщения в виде отдельных колец, расположенных на определенном расстоянии друг от друга, перпендикулярно длине сосуда или под некоторым углом, — это так называемые кольчатые сосуды (рис. 22), в других сосудах утолщения имеют вид тонкой проволоки, свернутой спиралью и вложенной в сосуд — спиральные сосуды, в третьих — вся стенка сосуда утолщена, за исключением многочисленных пор — пористые сосуды, в четвертых — утолщенная стенка пересекается сильно вытянутыми порами, расположенными поперек сосуда как бы ступеньками, — лестничные сосуды и т. д. Все эти утолщения при небольшой затрате строительного материала предохраняют

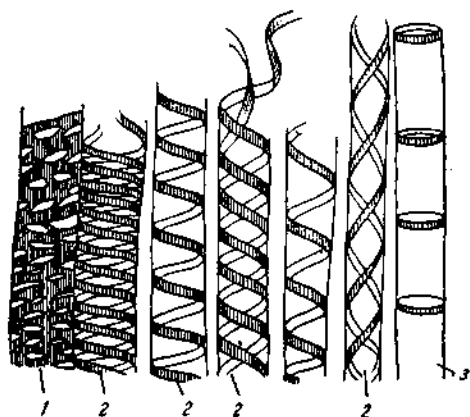


Рис. 22. Различные формы утолщения оболочки при образовании сосудов.
1 — точечные; 2 — спиральные; 3 — кольчатые.

стенки сосудов от спадания при давлении соседних клеток, а также при изгибах стебля.

Различные типы утолщений клеточных оболочек нередко являются характерными для корней и стеблей определенных видов растений и могут служить систематическим признаком.

Поры и каналы

Содержимое каждой клетки отделяется от соседних собственной оболочкой, но последняя не изолирует целиком живых частей клетки даже и в том случае, если становится утолщенной. В клеточной оболочке имеются более тонкие места, незначительные по размерам, которые называются **порами** (название не вполне точное, так как обычно порами называются отверстия). В клеточных стенках место, занимаемое

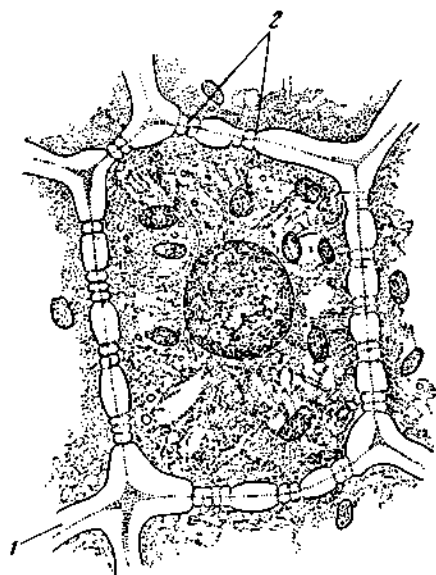


Рис. 23. Плазмодесмы.
1 — оболочка; 2 — плазмодесмы.

порой, затянута первичной оболочкой, пронизанной мельчайшими отверстиями, через которые протоплазма одной клетки соединяется тонкими тяжами (плазмодесмами) с другой (рис. 23). Поры двух соседних клеток всегда лежат одна против другой и никогда не бывает, чтобы пора одной клетки упиралась в толстую часть оболочки соседней клетки. Такое расположение пор вытекает из их значения. Значение пор состоит в том, что они

служат для облегченного обмена веществ между соседними клетками и для соединения протоплазм соседних клеток плазмодесмами через отверстия в порах. В тех местах, где примыкают поры двух соседних клеточных стенок, можно заметить более тонкие замыкающие пленки, которые являются первоначальными, еще не утолщенными стенками соприкасающихся клеток (рис. 24).

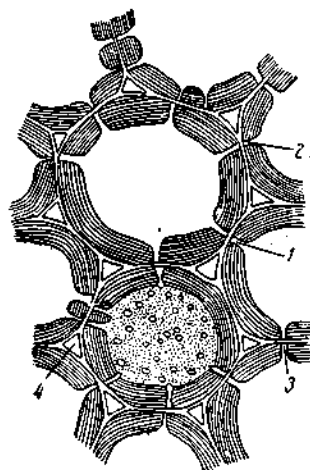


Рис. 24. Поры и каналы в сильно утолщенных оболочках клеток сердцевинного стебля *Clematis vitalba*.

1—поры; 2—замыкающая пленка в поровом канале; 3—средняя пластинка; 4—межклетники.

При утолщении оболочки поры превращаются в каналы, так как вторичные слои откладываются протоплазмой на всей внутренней поверхности стенок клетки, за исключением пор. Каналы бывают хорошо выражены в каменных клетках, где они длинные.

Плазмодесмы

Протопласты соседних клеток сообщаются посредством тончайших нитей, которые проникают через поры и соединяют содержимое соседних клеток; они представляют тяжи протоплазмы, пронизывающие клеточные стенки.

Плазмодесмы являются весьма тонкими структурными образованиями и наблюдать их можно у очень многих клеток. Состоят плазмодесмы из прозрачной однородной стекловидной протоплазмы. Микрохимическими реакциями установлено, что они дают реакции на белки и липоиды. Плазмодесмы обычно располагаются группами: группы их пронизывают общую стенку двух соседних стенок в тонком ее участке, т. е. в замыкающих пленках пор, а иногда и в более толстом слое. Особенно многочисленны плазмодесмы в клетках тканей меристематических (образовательных) и запасных.

Плазмодесмы играют важную роль в процессах жизнедеятельности организма, так как посредством их передаются раздражения от соседних клеток, а также могут передаваться из клетки в клетку и различные растворенные вещества (в частности, энзимы). Таким образом, плазмодесмы соединяют в одно органическое целое протопласты различных клеток и обеспечивают функциональное единство ткани или органа.

По вопросу о возникновении плазмодесм существует две точки зрения: одна группа авторов полагает, что плазмодесмы происходят от остаточных нитей ахроматинового веретена, образующихся между двумя клетками в результате деления, другие считают, что плазмодесмы формируются за счет протоплазматических нитей, образуемых смежными клетками и соединяющихся в области срединной перегородки в процессе разрастания оболочки.

Химический состав клеточной оболочки

Химический состав клеточных оболочек различных клеток неодинаков. В значительной степени он зависит от возраста клетки, ее функции и изменяется в связи с ее жизнедеятельностью.

Главную массу оболочки живых клеток составляет клетчатка, или целлюлоза. Общая формула клетчатки ($C_6H_{10}O_5$)_n. Число n обозначает количество групп $C_6H_{10}O_5$, входящих в молекулу клетчатки. Это число весьма велико: у некоторых растений оно достигает 30 000.

Клетчатка относится к индифферентным веществам: она не обладает ни кислотными, ни щелочными свойствами. Клетчатка довольно стойка по отношению к высокой температуре и может быть нагрета до 200° без разложения. Она нерастворима в воде, спирте, эфире, в слабых кислотах и щелочах (за исключением серной кислоты). Хорошим растворителем клетчатки является реактив Швейцера (аммиачный раствор окиси меди), а также крепкая серная кислота. Растительные оболочки из клетчатки обладают большой прочностью и эластичностью. Они способны выдерживать многократные изгибы и при этом не ломаются, как это имеет место при стирке и глажении льняных и хлопчатобумажных тканей; такого числа изгибов не выдерживает даже стальная проволока.

Клетчатка в отличие от крахмала не изменяется от горячей воды; при кипячении она не набухает. Такие свойства объясняют роль клетчатки как защитного покрова для клетки.

При растворении клетчатки в крепкой серной кислоте, особенно при нагревании, она претерпевает глубокое изменение и превращается (с присоединением частицы воды) в глюкозу ($C_6H_{12}O_6$). На этом свойстве клетчатки основано получение глюкозы из опилок и других древесных отходов. Если опилки используются для получения глюкозы, то из них необходимо предварительно удалить вещества, которые пропитывают клетчатку в одревесневших оболочках. От действия серной кислоты клетчатка сначала превращается в а м и л о и д, представляющий по некоторым свойствам нечто промежуточное между крахмалом и клетчаткой: по консистенции амилоид подобен клейстеру и, как крахмал, от действия йода окрашивается в синий цвет.

Превращением клетчатки в амилоид пользуются в технике при приготовлении пергамента. Для этого листы целлюлозной бумаги погружают в крепкую серную кислоту, кислоту затем смывают водой и листы высушивают. Образовавшийся на поверхности бумаги амилоид при подсушивании затвердевает. В результате листы пергамента не пропускают масла. В такое же амилоидное состояние переводится клетчатка при обработке ее хлористым цинком, хлористым кальцием, хлористым оловом и фосфорной кислотой.

Для выявления клетчатки используется х л о р ц и н к и й о д — раствор йода в насыщенном водном растворе хлористого цинка. От этого реактива клетчатка окрашивается в фиолетовый или синий цвет.

Клетчатка разрушается под действием определенных ферментов, содержащихся в теле некоторых низших растений и животных. Так, например, бактерии метанового брожения используют клетчатку с образованием муравьиной, масляной и других кислот, а также газов — углекислого газа, водорода, метана. Грибы — домовый (*Merulius lacrimans*) и трутовики — разрушают клетчатку деревьев с выделением углекислого газа и воды. Термиты могут питаться клетчаткой древесины в силу наличия в их пищеварительном тракте простейших организмов (*Protozoa*), энзимы которых перерабатывают клетчатку в вещества, усвояемые термитами. В пищеварительном аппарате жвачных животных (коровы, овцы, козы и др.) ферменты, подготавливающие клетчатку к усвоению, выделяются простейшими микроорганизмами.

Клеточная оболочка неоднородна у всех клеток. У некоторых растений типичные свойства клетчатки выражены не резко; оболочки у этих растений легко осахариваются от нагревания в слабых растворах соляной кислоты. Такие клетчатки называют п о л о в и н н ы м и к л е т ч а т к а м и, п о л у к л е т ч а т к а м и, или г е м и ц е л л ю л о з а м и (гемии — половина). В форме гемиллюлозы в семенах иногда отлагаются запасные питательные вещества.

По строению гемицеллюлозы напоминают целлюлозу и крахмал— $(C_6H_{10}O_5)_n$ —и представляют собой углеводы двух типов: гексозаны и пентозаны $(C_5H_8O_4)_n$. Они гораздо менее стойки, чем целлюлоза, и растворяются в слабом растворе едкого натра без нагревания.

К полуклетчаткам химически близко стоят пектиновые вещества, слизи и камеди.

В молодой стадии клеточные стенки почти целиком состоят из пектиновых веществ; из них главным образом образуется и межклеточное вещество, склеивающее оболочку смежных клеток. Оно также содержится и в основной толще взрослых клеточных стенок.

Пектиновые вещества в воде не растворяются, а только набухают. Они менее стойки по отношению к химическим агентам, нежели целлюлоза. В частности, они довольно легко разрушаются под действием энзима пектиназы, некоторых бактерий и грибов. Это явление лежит в основе мочки льна, конопли и джута, при которой лубяные волокна вследствие разрушения склеивающих их пектиновых веществ разъединяются друг от друга и от тканей, окружающих пучки волокон.

Пектиновые вещества широко распространены в растительном мире, ими богаты, например, мясистые корни и клубни топинамбура, свеклы, моркови, а также сочные плоды яблонь, айвы и др.

Пектиновые вещества клеточных стенок в процессе роста и развития растений часто претерпевают химические изменения, в частности они могут разрушаться под действием энзим. Такое явление имеет место при дозревании плодов арбуза, яблонь и др. При разрушении пектиновых веществ клетки разъединяются. Разваримость клубней у некоторых сортов картофеля также обуславливается разрушением пектиновых веществ, склеивающих клетки мякоти клубня, под действием высокой температуры.

Пектиновые вещества обладают способностью образовывать желе. На этом основано их применение в пищевой промышленности при изготовлении желе, мармеладов, пастилы и прочих продуктов переработки плодов.

Химические изменения клеточной оболочки

С возрастом растений функции некоторых клеток меняются, а вместе с тем изменяются их физические свойства и химический состав. Чаще всего изменение происходит оттого, что оболочка из клетчатки пропитывается различными иными веществами.

В растительной клетке наиболее распространены следующие видоизменения клеточной оболочки: одревеснение, пробковение, кутинизация, ослизнение и минерализация.

Одревеснение является наиболее распространенным видоизменением оболочки. Оно состоит в том, что часть целлюлозной толщи клеточной оболочки пропитывается особым веществом—лигнином (от лат. лигнум — дерево).

В химическом отношении лигнин представляет собой аморфный порошок желтоватого цвета, нерастворимый в воде и в обычных органических растворителях. Формула лигнина $C_{52}H_{46}(OCH_3)_3COOH(OH)_4CO$, коротче— $C_{52}H_{46}O_{11}$.

При одревеснении оболочка остается бесцветной и прозрачной, но она уплотняется и становится более твердой, более хрупкой и менее эластичной по сравнению с оболочкой из клетчатки; при изгибе она ломается. Одревесневшие оболочки совсем не перевариваются в пищеварительном тракте травоядных животных.

Одревеснение увеличивает твердость клеточной оболочки и закрепляет уже развившуюся форму от дальнейших изменений, связанных с ростом. Лигнин оказывает еще антисептическое, консервирующее действие на оболочки, делая их более стойкими против нападения бактерий, грибов и разрушающего действия ферментов. Ряд грибов разрушает и древесину, но медленнее, чем клетчатку.

Реактивами для выявления одревесневших оболочек являются соли анилина, флороглюцин и крепкая соляная кислота: сернокислым анилином одревесневшая оболочка красится в интенсивный лимонно-желтый цвет, а флороглюцином и крепкой соляной кислотой — в красно-розовый цвет.

Опробковение и кутинизация клеточных оболочек характерны для покровных тканей, которые защищают растительные органы от неблагоприятных внешних воздействий. В процессе опробковения клеточная оболочка из клетчатки пропитывается особым веществом — суберином (субер — пробка), в состав которого входят различные жирные кислоты. При опробковении клеточная оболочка становится непроницаемой для воды и газов и более стойкой к кислотам. Опробковение оболочки совершенно прекращает обмен веществ клетки с окружающей средой и замуровывает ее живое содержимое, обрекая его на гибель. Клетка, у которой вся стенка сплошь опробковела, неминуемо отмирает.

Пробковое вещество играет защитную роль для растений. Клетки с опробковевшими оболочками предохраняют многолетние растения от высыхания, многолетние части растений (стволы и кроны) от резких колебаний температуры — охлаждения зимой и перегревания летом. Обычно к осени одногодичные побеги многолетних растений покрываются пробкой.

Кутинизация представляет собой изменение клеточных оболочек, сходное с опробковением. При кутинизации самые наружные стенки клеток поверхностного слоя пропитываются особым веществом, называемым кутин. Кутин обычно отлагается на наружной поверхности клеток кожицы, покрывающей листовые и стеблевые органы в виде пленки — кутикулы. По своим физическим свойствам кутин отличается от целлюлозы: его эластичность и растяжимость меньше. В связи с этим кутикула иногда вся целиком отделяется и освобождается от целлюлозной стенки, если последняя внезапно сильно увеличивается.

У растений, произрастающих в засушливом жарком климате, кутикула бывает толще. Это придает особый блеск листьям с толстым слоем кутикулы, что хорошо видно на листьях лимона, апельсина, фикуса и других растений.

В пленке кутикулы не удается обнаружить основы из клетчатки; в состав кутина входят вещества, которые, как воск, плавятся при температуре 70—80°. Кутикулярная пленка почти непроницаема ни для воды, ни для газов.

Степень опробковения и кутинизации может быть различной.

Суберин (пробковое вещество) и кутин (кутикулярное вещество) во многих свойствах сходны между собой, но в то же время отличаются друг от друга химическим строением. Среди различных кутикулярных пленок различают еще одно вещество оболочки, выделяющееся своей стойкостью, спорополленин. Такая стойкая кутикула одевает пыльцевые зерна и споры грибов. Следовательно, имеется три кутикулярных вещества: 1) суберин, 2) кутин и 3) спорополленин.

Ослизнение является одним из видоизменений клеточной оболочки, при котором клетчатка претерпевает изомерные превращения, т. е. перегруппировку в строении молекул без изменения

элементарного состава. Оболочка клетки при ослизнении приобретает способность набухать в воде. Степень набухания оболочки весьма различна и доходит в некоторых случаях до полного расплывания. Клетчатка при этом превращается в слизистые и камедистые вещества, относящиеся также к углеводам. При высыхании ослизневшая оболочка принимает роговую консистенцию. В некоторых случаях ослизневшая оболочка красится йодом в синий цвет.

Ослизнение представляет собой или нормальное явление, или следствие патологических изменений. Как нормальное явление ослизнение наблюдается у многих водорослей, у которых наружные слои оболочки образуют как бы футляр из слизи. Явление ослизнения клеточных оболочек наблюдается в клетках наружных покровов семян многих растений (льна, айвы, горчицы, видов подорожника). Ослизнение наружных слоев клеточных стенок кожицы семян является полезным приспособлением для растения, так как благодаря ослизнению прорастающие семена прилипают к влажной почве и тем самым получают упор для вставания корня в землю.

Помимо этого, слизь, образующаяся вокруг семян, удерживает влагу вокруг молодого ростка и предохраняет его от высыхания в то время, когда верхние слои почвы от испарения становятся сухими.

Примером патологического видоизменения клеточных оболочек является гумозис. Это перерождение клетчатки в камедь. Такое перерождение часто наблюдается в коре вишневого дерева, миндаля, плодах слив и др. Оно обычно вызывается повреждениями тканей.

Камеди относятся к группе углеводов. Некоторые камеди используются в медицине и технике. Так, например, сенегальская акация (*Acacia Senegal*), растущая в тропической Африке, дает арабийскую камедь, собираемую кусками со стволов.

Минерализация клеточных стенок имеет место в процессе старения клеток. Особенно обильно пропитываются оболочки клеток углекислым кальцием у водорослей и кремневой кислотой у злаков, осок и хвощей. Стебли некоторых видов хвощей могут содержать до 97% кремния от всего сухого веса хвоща. Различные минерализованные стенки особенно ясно выступают на прокаленных препаратах. Эти различия могут иногда даже служить систематическим признаком.

Много минеральных веществ откладывается в листьях крапивы. Кремневая кислота придает особую хрупкость жгучим волоскам крапивы.

Использование клеточных оболочек

Клеточные оболочки растений находят широкое и разнообразное применение в промышленности и в медицинской практике. Древесина как строительный материал, торф и уголь представлены в основном веществами клеточных оболочек.

Растительное текстильное сырье (волокна льна, конопли, рами, волоски семян хлопчатника) служит материалом для изготовления различных тканей и прочих изделий для нужд человека. Клетчатка (целлюлоза), добываемая из растительных материалов, есть не что иное, как оболочки клеток. Она используется для изготовления искусственного шелка, динамита, пластмасс, бумаги, целлофановой пленки. В виде гигроскопической ваты, марли, фильтровальной бумаги чистая клетчатка находит широкое применение в медицинской и лабораторной практике.

Развитие химических производств позволяет получать из клеточных оболочек и такие продукты, как сахар, спирт и др.

ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ КЛЕТОК

Рост растений осуществляется вследствие увеличения числа клеток и их размеров. Устанавливают следующие способы, которыми возникают клетки: 1) деление, 2) обновление, 3) слияние и 4) свободное образование клеток.

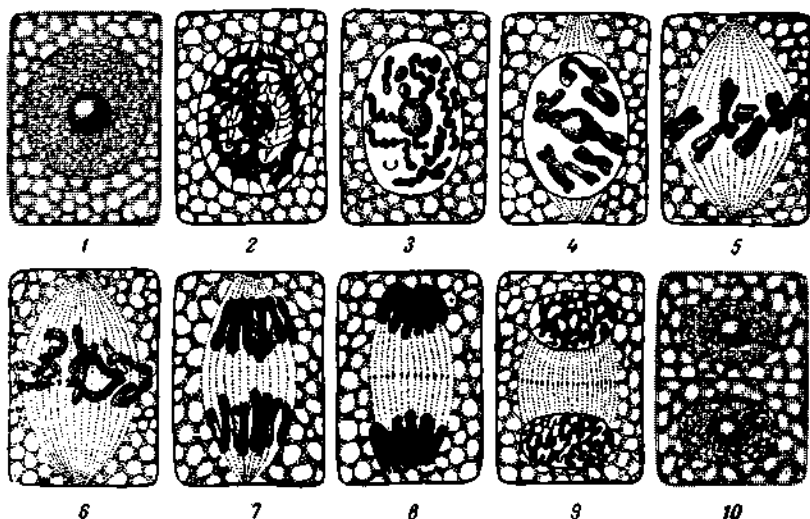


Рис. 25. Последовательные стадии деления клеток.

1—интеркинетическое ядро с ядерной сетью; 2—ранняя профаза; 3—поздняя профаза, обособление хромосом; 4 и 5—метафаза; 5—продольное расщепление хромосом; 6 и 7—анафаза; 8—9—телофаза; 10—деление клетки, два ядра снова в состоянии интеркинеза.

1. Деление клетки является наиболее распространенным способом образования новых клеток. Обычно процессу деления всей клетки предшествует деление ядра (рис. 25). В каждую новую клетку переходит половина содержимого и часть оболочки материнской клетки. Частным случаем деления является почкование, наблюдаемое на дрожжах (рис. 26). Процесс почкования обычно протекает таким образом. На клеточной оболочке в том месте, где находится делящееся ядро, появляется выпуклость; в эту выпуклость переходит часть делящегося ядра. Выпуклость постепенно увеличивается до размеров материнской клетки, а в основании перетягивается. В особо благоприятных условиях развития отпочковавшаяся клетка начинает в свою очередь давать выросты, не отделяясь от старой клетки. Такое почкование без отделения отпочковавшихся клеток приводит к появлению ряда клеток, соединенных наподобие бус, нанизанных на нитку.



Рис. 26. Почкующиеся клетки дрожжей.

2. Обновление клеток имеет место при образовании зооспор у водорослей. В случае обновления все содержимое клетки съедается, покидает старую клетку и покрывается новой оболочкой. В образовании зооспор оболочка материнской клетки не принимает участия. В тех случаях, когда из одной материнской клетки образуется только одна

зооспора, собственно размножения не происходит, а имеет место скорее превращение материнской клетки в зооспору.

3. При образовании новых клеток в процессе слияния имеет место не увеличение клеток, а уменьшение, так как две клетки сливаются в одну. Этот способ образования новых клеток слиянием двух клеток охватывает все разнообразие полового воспроизведения, в котором две сливающиеся клетки, называемые гаметамиди, дают одну новую, называемую зиготой.

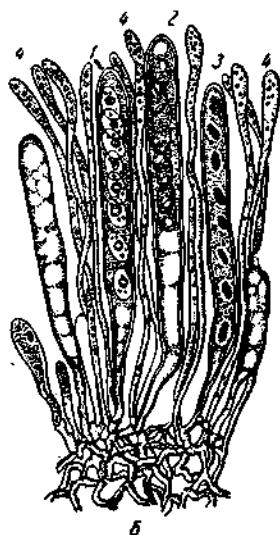
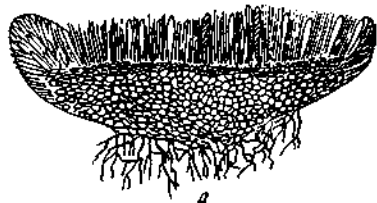


Рис. 27. Образование клеток у сумчатого гриба *Peziza convexula*.

А—продольный разрез тела гриба; сверху гимения, т. е. слой, заключающий спороносные сумки. Б—часть гимения при большем увеличении: 1—3—сумки с восемью спорами; 4—бесплодные нити—парафизы.

4. Свободное образование клеток имеет место у сумчатых грибов. У этого класса грибов в особых клетках, называемых сумками (асками), после трехкратного деления ядра возникает восемь ядер; вокруг этих возникших ядер обособляются участки протоплазмы. Каждое ядро вместе с окружающей его плазмой одевается оболочкой. Так образуется восемь спор (аскоспор). Оставшаяся часть протоплазмы материнской клетки, называемая иногда эпиплазмой, служит питанием развивающимся спорам (рис. 27).

Деление клетки

Наиболее распространенным типом образования клеток является процесс деления клетки, в результате которого получаются две дочерние клетки.

Обычно процессу деления клетки предшествует деление ядра.

В процессе деления ядра растительной клетки устанавливают два существенно различных типа: прямое, или простое деление, и не прямое, или сложное деление ядра.

Прямое деление ядра, или амитоз, наблюдается при делении ядер в мицелиях некоторых грибов, в старых клетках некоторых высших растений и в клетках

пораженных тканей. При прямом делении ядра последнее несколько вытягивается, посредине его образуется перехват. Этот перехват все углубляется, и, наконец, ядро разделяется на два.

Во время амитоза не наблюдается распада ядра на отдельные хроматиновые нити.

Обычно при амитозе вещество ядра разделяется примерно на две равные части; но иногда происходит распад ядра на две или несколько неравных и, по-видимому, неравноценных частей. Такое деление является фрагментацией. Если амитоз является еще довольно закономерным процессом, то фрагментация носит явно ненормальный и часто патологический характер.

Непрямое деление ядра называют также каркинезом, или митозом (карион—орех, кинезис—движение, митос—нить). Это деление более сложно и протекает весьма закономерно и сходно как у расте-

ний, так и у животных. Открытие кариокинетического деления ядра растительных клеток принадлежит—И. И. Чистякову и Э. Руссову.

Для удобства описания принято разбивать весь цикл митоза на определенные периоды: профа́зы, метафа́зы, анафа́зы и телофа́зы. Период между телофазой предыдущего и профазой последующего деления ядра принято называть интеркинезом, или интермитозом, или стадией покоящегося ядра.

В стадии интермитоза ядро клетки представляется в виде ядерной сети или зернистой нити. Когда оно вступает в первую фазу деления—профазу, то несколько увеличивается в размере в связи с гидратацией ядерной лимфы. Общее увеличение ядра есть первый признак его вступления в митоз. Ядро, имевшее в стадии покоя вид плотной сети (см. рис. 25, 1—2), претерпевает изменения, и части его сети вследствие разрыва тонких перемычек отделяются друг от друга. Затем отдельные элементы сети принимают вид тонких нитей, представляющих собой профазные хромосомы (см. рис. 25, 3).

Таким образом, сущность профазы заключается в появлении хромосом из хроматиновой сети, где до этого они казались настолько утратившими свою обособленность, что невозможно было указать место, занимаемое каждой из них в интерфазном ядре. Профазные хромосомы сначала довольно плохо отграничены друг от друга и выглядят очень длинными и сильно изогнутыми, но впоследствии постепенно укорачиваются и утолщаются. Конец профазы характеризуется наличием явно укороченных хромосом, которые можно распознавать и отличать одну от другой по их индивидуальным особенностям. В это время хромосомы часто состоят из двух нитей (хроматид), слабо скрученных вместе. Весьма характерным для стадии профазы является исчезновение ядерной оболочки и появление нового образования—ахроматинового веретена (см. рис. 25, 4), а также исчезновение ядрышка, размеры которого постепенно уменьшаются в течение всей профазы.

Ахроматиновое веретено представляет собой образование, характерное для метафазы и анафазы. Оно характеризуется отсутствием сродства к краскам. Возникновение ахроматинового веретена происходит в конце профазы и начинается с появления полярных колпачков, расположенных на двух противоположных точках делящегося ядра. В период метафазы, когда полностью заканчивается образование ахроматинового веретена, оно проходит через область, занятую хромосомами, и принимает боченкообразную форму. Хромосомы, бывшие до того времени разбросанными по всему клеточному пространству, сближаются и располагаются на экваторе веретена, образуя своеобразную фигуру, называемую экваториальной пластиной.

Хромосомы в стадии метафазы часто целиком укладываются в экваториальной плоскости, но иногда при наличии длинных хромосом каждая из них прикасается к экваториальной плоскости только одной определенной точкой, которая находится или у одного из концов хромосомы, или близ ее срединной части. Остальная часть тела хромосомы располагается с одной или другой стороны от экваториальной плоскости.

Хромосомы в стадии метафазы обычно очень сильно окрашиваются. В этой именно стадии производится подсчет числа хромосом, которые представляются продольно расщепленными.

Наступление стадии анафазы характеризуется расхождением половинок хромосом (хроматид), отходящих друг от друга, прежде всего в точке их прикрепления к ахроматиновому веретену. Расхождение все время увеличивается и как только обе половинки, ставшие уже дочерними хромосомами, достигают противоположных полюсов, становится полным. Каждая из половинок (хроматид) во время своего отхождения остается

соединенной с полюсом веретена ахроматиновой нитью, прикрепленной к определенной части хромосомы, которая называется **точкой прикрепления к веретену**.

Точка прикрепления ахроматиновых нитей в стадиях метафазы и анафазы всегда занимает одно и то же, постоянное для данной хромосомы место. В одних случаях эта точка располагается в средней части хромосомы (меднальное прикрепление), в других—на конце (терминальное прикрепление) или близ конца хромосомы (субтерминальное). В зависимости от места прикрепления хромосомы приобретают различные формы, особенно хорошо выраженные на стадии анафазы, когда дочерние хромосомы направляются к полюсам.

Стадия телофазы начинается с того момента, когда подошедшие к полюсам хромосомы сближаются. После этого хромосомы претерпевают ряд превращений, приводящих к образованию двух дочерних ядер. Хромосомы мало-помалу теряют способность окрашиваться и внутри них становятся видимыми тонкие хроматиновые нити, представляющие их важнейший составной элемент. Вновь образуются ядрышки и кариолимфа, а также восстанавливается ядерная оболочка. Хроматиновые нити раскручиваются и соединяются перемычками, восстанавливая ядерную сеть. Возникновение кариолимфы вызывает набухание, и дочерние ядра постепенно возвращаются к своему первоначальному объему. Ядро переходит в интермитоз. Эти изменения связаны с содержанием нуклеиновых кислот, накапливающихся в течение профазы и убывающих во время телофазы.

Кариокинез представляет собой процесс, обеспечивающий строго равномерное распределение хроматина между двумя дочерними ядрами. Это наводит на мысль о важности данного вещества для процессов роста и развития растительных и животных организмов.

Продолжительность и периодичность митоза

Продолжительность митоза можно определить только в прижизненном наблюдении. Весьма удобным объектом для исследования митоза на живом материале служат тычиночные нити традесканции. При температуре 25° у традесканции митоз протекает в течение 75 минут, а при температуре 10° — в течение 135 минут. У спирогиры при температуре 12° митоз проходит в течение 45 минут; при более низких температурах митоз сильно замедляется; при температуре 4—5° продолжительность митоза равна 12—14 часам.

У некоторых растений в делении ядра наблюдается определенная периодичность, которая выражается в том, что при нормальных условиях митоз протекает в определенные часы суток. Так, в отношении спирогиры известно, что у нее процесс деления ядра падает на ночные часы суток. У гороха в конусах нарастания побегов максимум митозов приходится в ночное время.

Нарушение процессов митоза

Внезапное понижение или повышение температуры, наркотики или ядовитые химические вещества могут оказать различное действие на течение кариокинеза, в частности могут остановить начавшееся деление, задержать расхождение хромосом в анафазе, вызвать воссоздание одного (вместо двух) ядра, образование клеток с двумя ядрами (задержать цитокинез и образование перегородки между дочерними ядрами).

К числу наиболее активно влияющих на митоз химических веществ относятся мышьяк, трибафлавин, хлоралгидрат, колхицин и др. Некоторые

из этих веществ оказывают задерживающее влияние на митоз, парализуя механизм веретена, и затрудняют расхождение хромосом после их разделения. В результате этих нарушений получают клетки с удвоенными наборами структурных элементов ядра (хромосом).

Понятие о диплоидном наборе хромосом и их структуре

Число хромосом в соматических клетках (клетках тела) растения или животного получило название диплоидного числа (двойного) и обозначается в биологической литературе формулой $2n$. Это число в гематофите уменьшается вдвое, преобразуясь в гаплоидное, обозначаемое формулой— n . Часто гаплоидный набор состоит из неодинаковых хромосом по форме и величине. Следовательно, растительный организм характеризуется не только определенным числом структурных элементов ядра (хромосом), но также и их индивидуальной морфологией, обнаруживаемой при изучении процессов кариокинеза в стадии метафазы.

Исследование ядерных комплексов в стадии метафазы у самых различных растений привело к представлению, что хромосомный набор растительных организмов является строго определенным и под названием к а р и о т и п а (ядерного типа) составляет характерный признак той или иной систематической группы. Ядерный тип всякого организма определяется не только числом и различной величиной хромосом, но и отличительными морфологическими особенностями последних. В процессе кариокинеза хромосомы с их характерной формой появляются регулярно. Число хромосом у каждого вида растений настолько постоянно, что их набор в стадии метафазы служит характерным видовым признаком.

Число хромосом у различных растений колеблется от двух до нескольких сотен. Число, наблюдаемое в соматических клетках, обычно бывает четным ($2n$). В цикле развития растения это число соответствует диплоидной фазе (спорофиту). Высшие растения сохраняют призывки диплоидного ядра от оплодотворенной яйцеклетки, из которой они развиваются, до момента образования спор, когда происходит редукция хроматина, или мейозис. Отсюда следует, что хромосомы при соматическом делении могут быть сгруппированы в определенное число пар соответственных (гомологичных) хромосом, ведущих свое происхождение от исходных гамет.

Редукционное деление, или мейозис

Редукционное деление есть тот процесс, в котором осуществляется преобразование диплоидного числа в гаплоидное. Это явление широко распространено и наблюдается у всех живых существ, размножающихся половым путем.

Впервые редукционное деление было открыто русским ученым В. И. Беляевым (1855—1911), профессором Варшавского университета.

Существенное различие между соматическим митозом и мейозисом состоит в следующем: обычный митоз в соматических клетках обеспечивает разделение ядра и распределение половинок хромосом между дочерними клетками; последнее достигается тем, что во время соматического деления около каждой хромосомы строится ее гомолог такой же точно нити, а затем происходит расщепление в продольном направлении на две части. В результате дочерние хромосомы получают равноценными.

Редукционное деление протекает таким образом. Сначала происходит сближение гомологических хромосом в пары. Подобные пары образуются за счет соединения соответственных материнских и отцовских хромосом. Сам процесс соединения носит название синапсиса, или синдеза (рис. 28,

5 и 6). Затем в анафазе хромосомы, составляющие каждую пару, расходятся по дочерним клеткам. Таким образом, каждая дочерняя клетка получает число хромосом, равное половине диплоидного числа, свойственного соматическим клеткам. Таким именно путем и обеспечивается редукция (уменьшение вдвое) числа хромосом.

Весь процесс редукции числа хромосом осуществляется посредством двух последовательных делений. Первое из них носит название гетеротипного, а второе гомеотипного. В анафазе первого

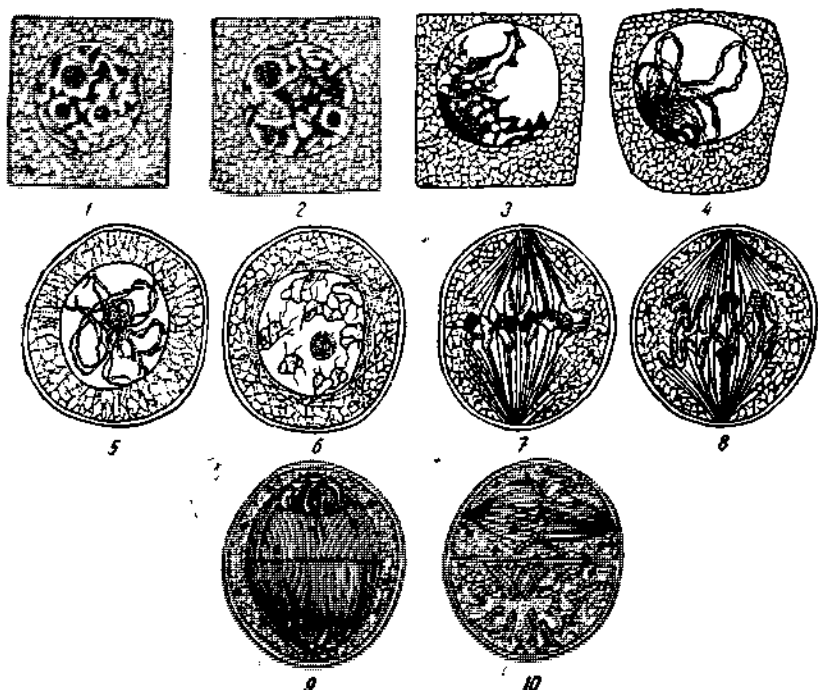


Рис. 28. Редукционное деление, или мейозис.

1—интеркинетическое ядро с хроматиновой сетью; 2—6—профаза гетеротипного деления; 2—5—формирование хромосом в виде тонких нитей, сначала простых, а потом двойных; 4—сжатие ядерного содержимого (синнапсис); 5—6—поздняя профаза и обособление двойных хромосом; 6—дизкинез; 7—9—метафаза и анафаза гетеротипного деления; 10—гомеотипное деление (метафаза).

(гетеротипного) деления парные хромосомы расходятся к противоположным полюсам веретена. Но с момента их расхождения они обнаруживают продольное расщепление по всей своей длине на две тождественные половинки. Это анафазное расщепление представляет собой подготовку к следующему (гомеотипному) делению. В телофазе первого редукционного деления дочерние ядра содержат уменьшенное (половинное) число хромосом, но так как каждая из хромосом дочерних ядер уже расщеплена по своей длине (правда, иногда это расщепление бывает неполным), то в действительности дочернее ядро содержит двойное число хромосом. После восстановления дочерних ядер наступает очень короткий период покоя, за которым следует второе деление, протекающее по типу обычного соматического митоза; оно отличается от обыкновенного митоза преждевременным расщеплением хромосом, которое началось в анафазе и даже раньше гетеротипного деления. В профазе второго деления расщепление становится более ясным.

Таким образом, при редукции хроматина быстро следуют друг за другом два деления, но с одним расщеплением хромосом, что и приводит

к уменьшению вдвое числа хромосом в дочерних ядрах. Хромосомы материнской клетки распределяются между четырьмя дочерними клетками (тетраспорами), и число их наполовину уменьшается.

Редукционное деление представляет собой важную фазу цикла развития растений. Нарушения мейозиса обычно обуславливает частичное, а иногда и полное бесплодие растительных организмов.

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ

Многие низшие растения весь цикл своего развития совершают в виде одноклеточных организмов, а высшие растения начинают свое существование с одноклеточной стадии.

Некоторые одноклеточные растения в период своей жизни могут достигать крупных размеров и ясно выраженного расчленения тела на видимые морфологические органы. Таковой именно является водоросль *Caulerpa* (рис. 29).

Все тело каулерпы может достигать размеров более полуметра и имеет некоторое сходство с высшими растениями в том отношении, что стелящаяся по грунту часть напоминает корневище, ответвления корневища вниз и вверх напоминают корни и листья. Однако все тело каулерпы представляет одну гигантскую клетку, в протоплазме которой находятся многочисленные ядра.

Растительные организмы, обладающие, внешне выраженной дифференцировкой тела, но остающиеся по существу одноклеточными, получили название неклеточных или сифонных форм. У неклеточных организмов типа каулерпы протоплазма едина, но ядер может быть много. Клеточный сок и осмотический аппарат также едины.

Переходную ступень между одноклеточными и многоклеточными растениями представляют колонияльные организмы. У колонияльных организмов вслед за одноклеточной стадией следует размножение клетки делением с образованием совершенно обособленных клеток, которые скрепляются в замкнутый многоклеточный комплекс с определенным числом клеток.

Колонии могут быть мономорфны (одноформенны) и полиморфны (многоформенны). В мономорфных колониях все клетки имеют одинаковое строение и характеризуются одинаковыми функциями. В полиморфных колониях клетки дифференцированы и выполняют различные функции. Примером такой полиморфной колонии может служить водоросль *Volvox*, шаровидные колонии которой состоят из нескольких тысяч клеток, но большинство этих клеток не способны к размножению и не способны образовывать новые колонии *Volvox*. И только немногие клетки специализированы в клетки воспроизведения; эти клетки тесно связаны с соседними клетками протоплазматическими тяжами.

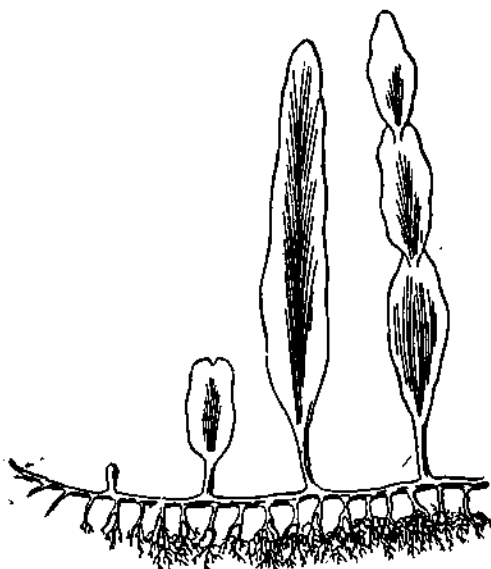


Рис. 29. Одноклеточная водоросль *Caulerpa prolifera*.

В теле типичных многоклеточных растений имеет место еще большая дифференцировка и специализация в отношении выполнения определенных физиологических функций. Путем суживания жизненных функций, путем отказа от ряда других функций достигается усиление одной или немногих функций, которые приходятся на долю данной клетки в силу условий ее существования внутри сложного организма. Группы клеток в сложном многоклеточном организме, которые имеют сходное строение и выполняют одинаковые физиологические функции, называются **т к а н я м и**. Характерным признаком настоящей ткани является то, что клетки ее происходят от одной или нескольких клеток, взаимно соединенных одна с другой с самого момента их возникновения.

Растительные клетки, образующие те или иные ткани, по форме делят на **п а р е н х и м н ы е** и **п р о з е н х и м н ы е**, а ткань, образованную соответствующей группой клеток, называют **п а р е н х и м о й** и **п р о з е н х и м о й** (пар—равный, энхима—ткань). **П а р е н х и м н ы е** клетки изодиаметричны (изос—равный, одинаковый), т. е. они имеют более или менее одинаковый диаметр в различных сечениях. Паренхимные клетки могут быть округлыми, многогранными, кубообразными. Эти клетки большей частью живые, имеют обильное содержимое и способны делиться.

П р о з е н х и м н ы е клетки—это клетки, сильно вытянутые, с острыми концами, часто пустые или с незначительным содержимым. Прозенхимные клетки обычно входят в части скелета растений, они определяют крепость и сопротивляемость растений различным внешним факторам. В молодом возрасте прозенхимные клетки также имеют внутри ядро и протоплазму, как и другие клетки, но впоследствии это содержимое теряется.

Термин **склеренхима** применяется для обозначения ткани, состоящей из плотно сомкнутых клеток с сильно одревесневшими и утолщенными клеточными оболочками, в которых не остается даже протоплазмы. Склеренхимными клетками становятся клетки любой формы, как только стенки их сильно одревесневают и теряют свое содержимое. Скорлупа орехов построена именно из таких клеток.

ТИПЫ ТКАНЕЙ

Научная классификация растительных тканей основывается на совокупности признаков, важнейшими из которых являются происхождение ткани, основные черты строения клеток, составляющих ткань, и физиологические функции, выполняемые данной тканью.

По происхождению ткани разделяют на **п е р в и ч н ы е** и **в т о р и ч н ы е**. Первичными называются такие ткани, которые образуются в **т о ч к е р о с т а**, обычно на верхушке стебля или на кончике корня, а вторичными—те ткани, которые возникают в процессе видоизменения стебля и корня или образуются из других живых клеток, закончивших свое формирование. Ткань, состоящая из клеток с плотно сомкнутыми оболочками, называют **п л о т н о й**, а ткань с сильно развитой системой межклетников—**р ы х л о й**.

В зависимости от наличия или отсутствия в клетках сформировавшейся ткани живого ядерно-плазменного содержимого различают ткани **ж и в ы е** и **м е р т в ы е**. По степени утолщения оболочек клетки ткань называют **т о л с т о с т е н н о й** или **т о н к о с т е н н о й**. По степени дифференцировки клеток различают ткани **э м б р и о н а л ь н ы е** (образовательные, или меристематические) и **п о с т о я н н ы е** (дифференцированные).

В соответствии с основными физиологическими функциями ткани разделяют на: покровные, питательные, проводящие, механические, выделительные и др.

Несколько особняком стоит ткань, из которой построены все грибы. Прорастающая спора гриба дает ветвящуюся клеточную нить. Такие нити гриба называют г и ф а м и, а разросшуюся сеть их — м и ц е л и е м. При образовании плодовых тел гифы мицелия перепутываются и переплетаются, образуя плотные скопления. Такое клеточное сплетение гиф у грибов называют л о ж н о й т к а н ь ю (рис. 30). Эта ложная ткань грибов возникает от переплетения гиф, а не так, как другие ткани, у которых клетки, делаясь во многих направлениях, остаются связанными друг с другом.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТКАНЬ (МЕРИСТЕМА)

Свободно живущей клетке свойственны все жизненные функции, но в клетках, составляющих сложный организм высшего растения, имеет место разделение физиологических функций. Каждая группа клеток выполняет лишь часть общих жизненных функций, но более полно и совершенно. От этого весь организм только выигрывает.

Высшие растения растут и образуют новые клетки в течение всей своей жизни. И только у многолетних растений средних широт бывают перемены в росте, обусловленные наступлением зимнего периода. Рост же растений, как правило, происходит только в определенных участках их тела. В этих участках, называемых зонами роста, находятся образовательные, или меристематические ткани, основной функцией которых является образование новых клеток путем деления. Возникшие в образовательной ткани клетки при дальнейшем росте постепенно превращаются в постоянные клетки различного строения. Сама же образовательная ткань продолжает свою деятельность до конца жизни органа или всего растения. Образовательная, или меристематическая, ткань состоит из мелких паренхимных клеток, густо наполненных протоплазмой, в которой удается заметить лишь зачатки пластид с крупным ядром, занимающим значительную часть клетки. Клетки меристемы плотно соединены между собой, без межклетников. Оболочки тонкие и состоят из клетчатки; часто они незаметны, так как их застилает зернистая протоплазма. Клетки меристемы обладают способностью к делению, повторяющемуся через короткие промежутки времени; продолжительность этих промежутков зависит от условий среды.

По характеру происхождения образовательные ткани делят на первичные меристемы и вторичные (производные) меристемы.

Самые молодые клетки в точках роста растительного тела, там, где идет формирование новых органов или их частей, составляют первичную меристему, или промеристему. В промеристеме закладываются все органы растения. Промеристема занимает ограниченное пространство, различное у разных растений, и не отделена как-либо от более старой меристематической ткани, в которую она переходит. Про-

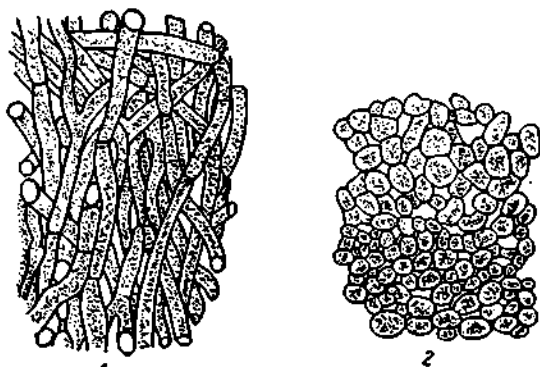


Рис. 30. Ложная ткань ножки плодового тела белого гриба (*Boletus edulis*).

1—на продольном, 2—на поперечном разрезе ножки.

меристема представляет собой очень раннюю стадию развития ткани: (рис. 31). Из такой меристемы образованы кончики стеблей и корней в течение всей их жизни. Несколько позже клетки промеристемы постепенно разворачиваются сначала в частично дифференцированные ткани, а позже во вполне специализированные ткани.

Первичные меристемы делятся на две группы в зависимости от плоскости деления клеток. Одну группу образуют меристемы, в которых клетки делятся в трех и более плоскостях. При таком делении цилиндрическое тело строится из многочисленных клеток путем поперечного и продольного по отношению к оси органа деления, а также во многих других плоскостях. Такие меристемы свойственны верхушкам осевых органов растений.

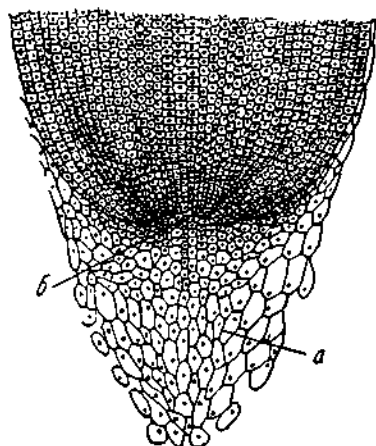


Рис. 31. Образовательная ткань в точке роста корня.
а—клетки корневого чехлика; б—образовательная ткань.

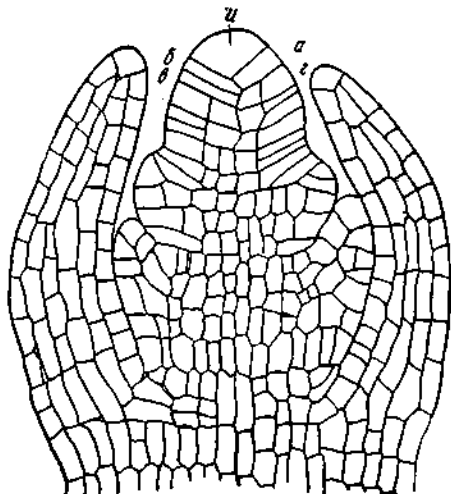


Рис. 32. Продольный разрез через верхушку стебля хвоща (*Equisetum arvense*).
u—верхушечная (инициальная) клетка; а, б, в и з—последовательно отделившиеся дочерние клетки (а—самая молодая).

Вторую группу образуют меристемы, в которых клетки делятся в одной плоскости; этот тип деления наблюдается у камбияльных клеток, у которых деление происходит главным образом в плоскости тангентальной по отношению к цилиндру древесины.

Вторичные меристемы отличаются от первичных тем, что они всегда возникают из постоянных тканей. Сравнительно с первичными меристемами вторичные меристемы встречаются более редко и имеют второстепенное значение. Они возникают при поранении органов растений или при прививках, когда взрослые клетки, прилегающие к пораженному участку, снова превращаются в меристематические и начинают делиться, образуя деятельный пробковый камбий. Пробковый камбий представляет собой наиболее распространенный и яркий пример вторичной меристемы.

По положению образовательных тканей в теле растения меристемы разделяют на верхушечные (апикальные), вставочные (интеркалярные) и боковые (латеральные).

Верхушечные меристемы располагаются на верхушках осей стеблей, корней и их разветвлений или близко от верхушек и обычно называются точками роста. Благодаря деятельности этих меристем происходит рост органов растений в длину и закладывается первичная структура их.

Верхушечные промеристемы распадаются на две группы: 1) происходящие из одной клетки и 2) образованные группой немногих клеток.

Среди сосудистых растений одиночные верхушечные клетки встречаются у большинства папоротников, хвощей и некоторых других растений. Такая клетка производит путем деления новые клетки, но сама остается меристематической и сохраняет свое центральное положение в точке роста и в то же время не выделяется ни формой, ни величиной среди окружающих ее клеток. Такую клетку называют *инициальной* (рис. 32).

Однако чаще всего в точке роста находится целая группа меристематических клеток; такую группу меристематических клеток называют *инициальной группой*.

Вставочные, или интеркалярные, меристемы расположены между областями постоянных тканей по оси органа растения. Вставочные меристемы имеются у основания междоузлий у хвощей и многих злаков и у основания листа, например у сосны (*Pinus*), касатика (*Iris*) и др. Деятельность вставочных меристем, как и верхушечных, обуславливает рост оси органа в длину и заложение основных первичных структур. Как правило, с возрастом растения деятельность интеркалярных меристем замедляется, и они превращаются в постоянные ткани.

Боковые, или латеральные, меристемы образуются инициальными клетками, которые большей частью делятся только в одной плоскости и обуславливают возобновление определенных тканей с последующим увеличением диаметра оси органа. Наиболее важной меристемой этого типа является камбий. Он представляет собой цилиндр начальных клеток, образующий новые ткани путем тангентального деления клеток. Деление камбиальных клеток в других плоскостях ведет к увеличению размеров самого меристематического кольца.

ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ

К покровным тканям относятся такие ткани, которые покрывают органы растений и защищают их от вредных наружных воздействий.

Покровная ткань растений бывает трех различных типов: 1) *кожица*, или *эпидермис* (дерма—кожа, эпи—предлог на), 2) *пробка*, или *перидерма* (пери—вокруг) и 3) *корка*. Эти типы покровных тканей характерны для определенных фаз развития органов растений. Обычно молодые органы растений покрыты кожицей, но по мере старения органа, чаще всего к концу первого года или на второй год, образуется пробка, а старые стволы многолетних деревьев покрыты коркой.

Кожица, или эпидермис. Все наземные молодые органы вышних растений покрыты кожицей, или эпидермой. Эпидерма состоит всего из одного слоя клеток. Клетки эпидермы живые. Протоплазма в них расположена тонким постенным слоем, в котором находится ядро. Из пластид встречаются в небольшом количестве лейкопласты; большая часть полости клетки занята вакуольным соком, содержащим иногда в растворе антоциан. Кожица происходит из дерматогена, который возникает в конусе нарастания и образует перегородки только в перпендикулярном к поверхности направлении и постепенно переходит в постоянные взрослые клетки.

Клетки кожицы плотно соединены друг с другом своими стенками с волнистыми или зубчатыми выступами, входящими в соответствующие выемки соседних клеток. Волнистость клеточных стенок обеспечивает большую прочность срастания между соседними клетками. Между клетками кожицы никогда не остается межклетных пространств.

Характерную особенность клеток кожицы составляет своеобразное утолщение их оболочки и видоизменение ее химических свойств. В клетках кожицы обычно утолщается только наружная сторона оболочки. Но особенно важным изменением наружных стенок кожицы является то, что они

покрываются пленкой кутикулы, которая придает им специфические свойства покровной ткани. Кутикула покрывает сплошной пленкой все клетки ткани без перерывов между клетками (рис. 33).

Кутикула и кутикулярные слои иногда покрыты воском. Кожица с кутикулой образуют непроницаемый для воды и газов покров на всех наземных органах растений. Газообмен в этих органах осуществляется через посредство особых органов — устьиц (рис. 34 и 35). Устьице состоит из двух замыкающих клеток кожицы, образующих щелевидное отверстие.

Кроме устьиц, через которые осуществляется обмен газов и выделение паров воды, многие виды растений имеют особые водяные устьица, называемые гидатодами, через которые выделяется капельно-

Рис. 33. Поперечный разрез кожицы. 1—листа гвоздики (*Ianthus pinnatus*); 2—стебля кактуса (*Cereus triangularis*); 3—стебля *Kleinia perfoliata* (сем. Compositae); к—кутикула; кс—кутикулярные слои; кл—легкая затка.

жидкая вода. Гидатоды расположены на зубцах, выдающихся по бокам листовой пластинки, или на конце листа и все время остаются открытыми.

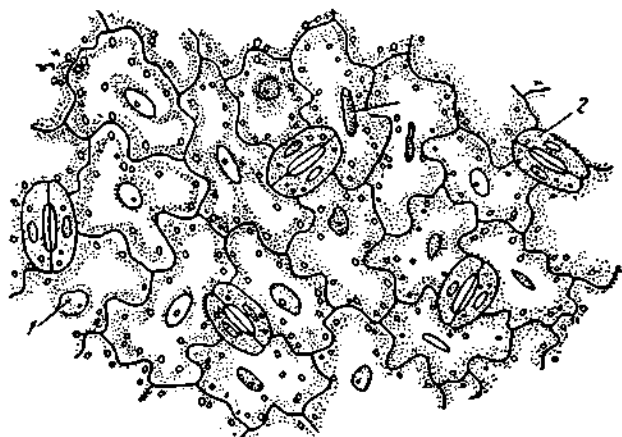


Рис. 34. Кожица с нижней стороны листа подсолнечника с устьицами.

1—ядро клетки кожицы; 2—устьице.

С воздушной полостью, находящейся под гидатодами, приходит в соприкосновение особая ткань, называемая эпитемой (накладкой), из живых, бесцветных, паренхимных клеток, среди которых разветвляются окончания водоносных путей (рис. 36). Эпитема действует как железа, выделяя через гидатоды слабые растворы солей, поступающие из почвы и передаваемые в лист проводящими элементами. Процесс выделения капель воды называется гуттацией (гутта—капля).

У большинства высших растений некоторые из клеток кожицы развивают особые образования, которые значительно усиливают ее роль. К числу их относятся разнообразные выросты в виде сосочков, бугорков, крючков и волосков; за всеми этими образованиями в качестве специального анатомического термина сохраняется наименование волосков (т р и х о м ы). Волоски бывают как одноклеточные, так и многоклеточные, иногда они сохраняют живое содержимое (жгучие волоски крапивы), но чаще теряют его. У некоторых растений ко времени достижения ими взрослой стадии волоски отмирают и полости их заполняются воздухом. Эти мертвые волоски, имеющие обычно белый или сероватый цвет, являются важным приспособлением к метеорологическим условиям, так как они умеряют действие горя-

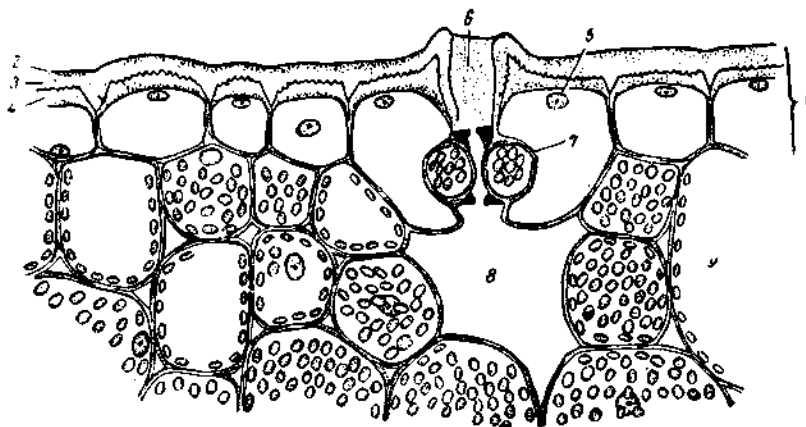


Рис. 35. Вид устьица на поперечном разрезе листа *Aloe disticha*.

1—верхняя кожица, в ней: 2—кутикула; 3—слой оболочки эпидермальных клеток с кутикулярными прослойками; 4—целлюлозный слой; 5—клеточное ядро; 6—углубление в кутикуле («наружная дыхательная полость»); 7—закрывающая клетка устьица; 8—дыхательная полость под устьищем; 9—хлорофиллоносная паренхима.

чих лучей солнца и ослабляют иссушающее действие токов сухого воздуха. Обильный покров из мертвых волосков характерен для многих растений засушливых местообитаний. Такими местообитаниями являются степи, полупустыни и высокогорные места.

Некоторые волоски могут служить растению защитой от поедания листьев и стеблей животными (особенно слизняками). Форма волосков кожицы различных растений иногда настолько характерна, что по ним можно определить растение, с которого они взяты (рис. 37).

Большое промышленное значение имеют волоски на семенах хлопчатника. Семена хлопчатника снабжены длинными одноклеточными волосками, являющимися выростами клеток кожицы. Длинные волоски на семенах хлопчатника, именуемые в технике в о л о к о н ц а м и, у некоторых текстильных сортов могут достигать 50—60 мм длины. Клеточная стенка волоска состоит почти целиком из целлюлозы, делающей волосок ценным техническим материалом для приготовления тканей.

Пробковая ткань. Органы многолетних растений подвергаются более суровым внешним воздействиям, в силу чего одной кожицы для защиты растения бывает недостаточно. Поэтому в конце вегетационного периода начинает развиваться вторичная покровная ткань—пробка, или перидерма (пери—вокруг, дерма—кожа), которая сменяет кожицу на органах многолетних растений к осени первого вегетационного года.

Деятельный слой клеток, который производит пробку, называют пробковым камбием, или феллогеном (фелла—пробка,

гепнао—рождаю, произвожу). У некоторых растений (олеандр, ива, калина) феллоген возникает из клеток кожицы. Это указывает на то, что она является живой тканью (рис. 38). Однако чаще феллоген закладывается в слое клеток, лежащих ниже кожицы и примыкающих непосредственно к ней, или в более глубоких слоях (рис. 39). Последнее характерно для смо-

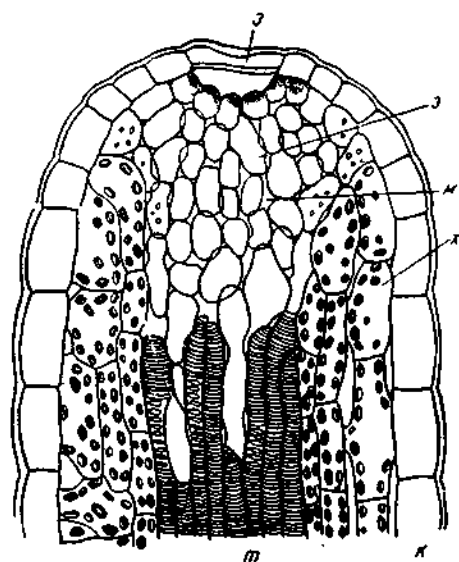


Рис. 36. Водяное устье на зубце листа *Primula chinensis* в разрезе.

з—закрывающая клетка в разрезе; з—клетки эпитемы; м—мезиклетники; х—клетки с хлорофилловыми зернами; к—кожица; т—пучок трахеид, подводящих воду.

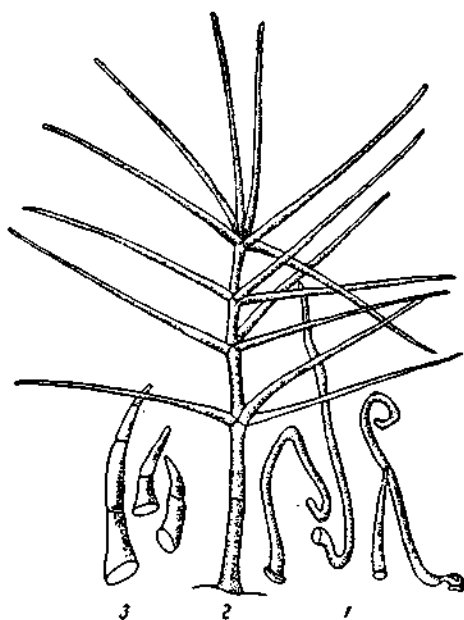


Рис. 37. Мертвые волоски листьев.

1—пблони; 2—иоровянка (*Verbascum thapsus*); 3—картофеля.

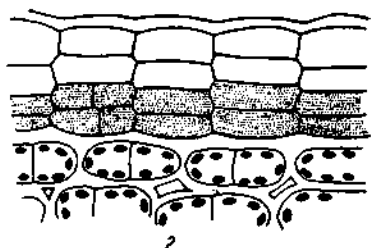
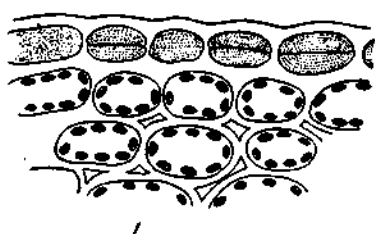


Рис. 38. Образование феллогена из клеток эпидермиса в стебле *Scutellaria splendens*.

1—начальная стадия, перегородка, параллельная поверхности, образовалась только в трех клетках; 2—на дальнейшей стадии феллоген образовал три слоя пробки, из которых внутренний содержит остатки протоплазмы.

родилы. Феллоген может возникать из любых слоев коры при поранениях растения. Обычно при поранениях тканей феллоген возникает из клеток, ближайших к ране. Образованием пробки растение закрывает раны и задерживает их. Клетки пробкового камбия порождают новые клетки путем образования тангентальных перегородок. Из двух дочерних клеток внутренняя почти всегда остается камбиальной, наружная же после некоторого роста в радиальном направлении превращается в клетку постоянной тка-

ни. Камбиальная клетка, разросшись до величины, соответствующей клеткам феллогена, вновь делится. В итоге деятельности клеток пробкового камбия снаружы от него образуется многослойная вторичная покровная ткань—пробка. Дочерняя клетка, лежащая внутри органа, вырастает и образует перегородку в том же направлении, что и материнская, из которой она произошла. В наружной же дочерней клетке стенки пропитываются суберином и она начинает пробковеть; после опробковения живое содержимое пробковой клетки обычно рано отмирает, а полость заполняется воздухом. Внутренняя клетка сохраняет живое содержимое, вырастает и вновь делится. Этот процесс деления продолжается до тех пор, пока не получится ряд пробковых клеток, сомкнутые ряды которых образуют сплошной слой пробки. Деятельный слой феллогена всегда лежит внутри от этого слоя пробки (рис. 40). Клетки, которые превращаются в пробковую ткань, возникают снаружы от феллогена.

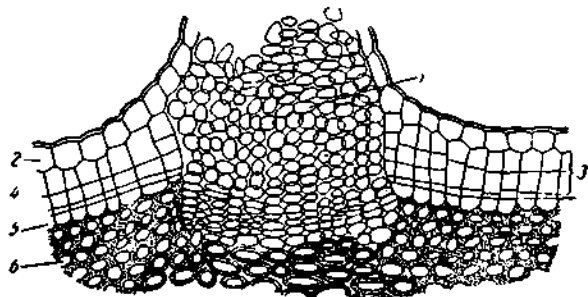


Рис. 39. Поперечный разрез через чечевичку бузины (*Sambucus nigra*).

1—выполняющая ткань; 2—эпидермис; 3—перилерма; 4—феллоген; 5—феллодерма; 6—колленхима.

Феллоген является примером вторичной образовательной ткани, так как он возникает из живых клеток, до того бывших клетками постоянного типа. Он представляет собой боковую меристему, так как участвует в увеличении диаметра оси, отделяя клетки параллельно тангентальным стенкам так же, как и настоящий камбий. По форме феллогенные клетки мало варьируют; они представляются более или менее изодиаметрическими. Межклеточные пространства, за исключением чечевичек, в феллогене отсутствуют.

В некоторых случаях при делении клеток феллогена, после того как он отложил несколько клеток пробки, способность к дальнейшему делению сохраняет не самая внутренняя клетка, а та, которая отошла наружу. Внутренняя же клетка не утрачивает своего содержимого и остается живой, но она уже больше не делится. Затем деятельная клетка феллогена опять откладывает наружу несколько клеток, которые пробковеют, после чего она вновь производит внутрь клетку, остающуюся живой. Клетки, откладываемые феллогеном внутрь, образуют ткань, называемую феллодермой (рис. 41). В клетках феллодермы стенки не пробковеют, они остаются живыми и в их содержимом иногда появляются хлорофилловые зерна. Клетки феллодермы составляют более или менее определенные радиальные ряды и этим расположением отличаются от других клеток коры. В некоторых случаях они функционируют как ассимиляционные или участвуют в процессе отложения запасного крахмала. Все они нормально соединены друг с другом порами, пронизывающими их целлюлозные оболочки подобно обычной паренхиме. Иногда в феллодерме встречаются каменистые и другие специализированные клетки.

Клетки пробковой ткани от пропитывания суберином их оболочки становятся непроницаемыми для воды и газов; они замуровывают клеточное содержимое и изолируют его от внешней среды, в результате чего содержимое клетки отмирает и мертвые клетки заполняются воздухом. Вся толща пробки мягкая и упругая. Она легко сжимается, так как тангентальные

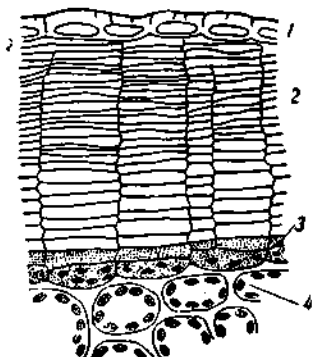


Рис. 40. Перидерма на однолетней ветке черемухи (*Prunus radus*).

1—эпидермис; 2—слой пробковых клеток; 3—феллоген; 4—колленхима.

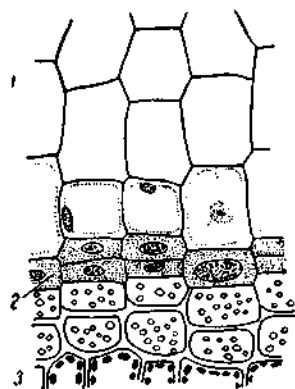


Рис. 41. Строение перидермы вяза (*Ulmus suberosa*).

1—пробка; 2—феллоген; 3—феллодерма.

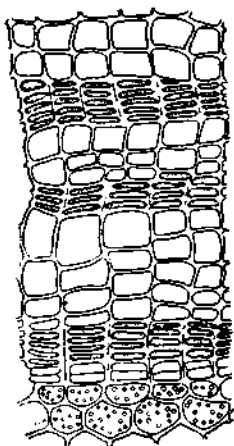


Рис. 42. Пробка березы.

1—поперечный разрез через кожистую пробку березы (*Betula alba*), в которой чередуются длинные толстостенные клетки с тонкостенными.

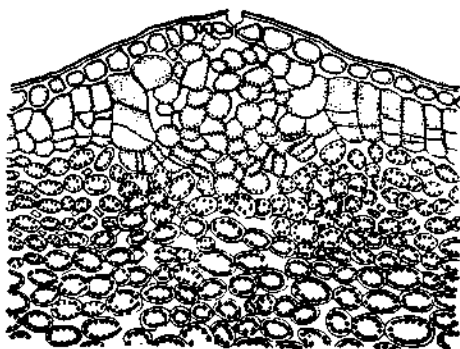


Рис. 43. Заложение чечевички под устьицем в молодой ветви сирени (поперечный срез). Под кожей по обе стороны молодой чечевички закладывается пробка.

перегородки чередуются, что позволяет всем клеткам при сжимании складываться наподобие гармоник. При прекращении сжимания клетки расправляются от напора сжатого воздуха.

Мощность слоев пробки бывает различной. Иногда она сильно разрастается и состоит из большого числа клеток, как, например, у пробкового дуба (*Quercus suber*), а иногда она состоит из нескольких слоев клеток, как у березы. У березы слои пробки из нескольких рядов клеток с толстыми оболочками чередуются с рядами клеток с тонкими оболочками,

в результате пробковая ткань березы (береста) легко расслаивается на тонкие пленки (рис. 42). У березы мертвые клетки пробки наполнены белым веществом б е т у л и н о м, придающим белый цвет пробковой ткани березы.

Одной из специальных функций перидермы является заживление ран путем образования раневой пробки. Около пораненной или отмершей ткани может образоваться слой феллогена, который образует затем пробку и феллодерму, закрывая таким образом рану.

Чечевички. Образование пробковой ткани приводит к изоляции внутренних тканей растений от внешней среды. И если бы у растений не были выработаны особые приспособления, обеспечивающие нормальный газообмен в стебле, то это привело бы к серьезному нарушению жизненных функций стебля. Такими вентиляционными приспособлениями в пробковой ткани стебля являются особые образования, называемые ч е ч е в и ч к а м и (рис. 43). Чечевички в перидерме выполняют те же функции, что и устьица в коже. Они образуются почти у всех растений на деревянистых стеблях, кроме винограда (*Vitis vinifera*) и некоторых других видов с вьющимся стеблем, у которых пробка, вознижающая полым концентрическим цилиндром, ежегодно сбрасывается, благодаря чему осуществляется связь новых тканей с наружным воздухом. На ветвях взрослых деревьев и кустарников чечевички имеют форму небольших сероватых бородавочек или продольных бугорков различной величины: от едва заметных до 10 мм. На бересте старых, разросшихся стволов березы они имеют вид узких буроватых поперечных полос. Чечевички служат диагностическим признаком при описании и характеристике корок.

Возникают чечевички еще на тонких стеблях; они закладываются всегда под устьицами, но не под всеми (см. рис. 43). При образовании чечевички паренхимные клетки коры под устьищем начинают разрастаться во всех направлениях, но делятся главным образом тангентальными перегородками, давая ряды клеток в радиальном направлении; клетки, образующие чечевички, в отличие от клеток перидермы начинают округляться. Разрастающаяся масса клеток создает так называемую в ы п о л н я ю щ у ю т к а н ь, которая выпячивается бугорком и разрывает кожицу, образуя видимую невооруженным глазом чечевичку. Оболочки клеток выполняющей ткани слегка пробковеют, содержимое их отмирает, и клетки заполняются воздухом.

Корка. У большинства наших деревьев пробковый камбий функционирует всего несколько лет, а затем отмирает, и в старых слоях коры под слоями пробки возникают новые слои пробкового камбия, который производит наружу новые слои перидермы. Эти слои пробковой ткани изолируют лежащие снаружи участки живой коры и обуславливают их отмирание. Эти отмершие слои тканей, расположенные снаружи от прослойки возникшей пробковой ткани, ссыхаются и прижимаются к пробковой прослойке, увеличивая ее прочность и делая ее еще более непроницаемой для воды и газов. Такая покровная ткань, которая состоит из слоев пробковой ткани и из отмерших элементов коры, образует третий тип покровной ткани, называемый к о р к о й.

Процесс образования корки протекает по-разному у различных видов древесных растений. Наиболее часто прослойки пробковой ткани возникают без особого порядка по мере утолщения коры (рис. 44). Обычно после заложения более глубоких молодых прослоек пробковой ткани старые наружные слои отмирают. Под напором молодой растущей коры, разрастающейся изнутри, отмершие участки оттесняются наружу и разрываются на части. При этом образуются большие чешуи, называемые ч е ш у й ч а т о й к о р к о й. Часть старых чешуй может спадать, но новые слои опять нарастают изнутри.

У других деревьев прослойки феллогена закладываются сразу на большом протяжении, но после того, как феллоген в течение летнего вегетационного периода произведет слой пробки, к осени все слои, расположенные снаружи от этой прослойки, отпадают вместе с пробкой предыдущего года. Поэтому поверхность ствола у таких деревьев остается покрытой только вновь образовавшейся пробкой. Такой способ образования корки свойствен платану и другим деревьям.

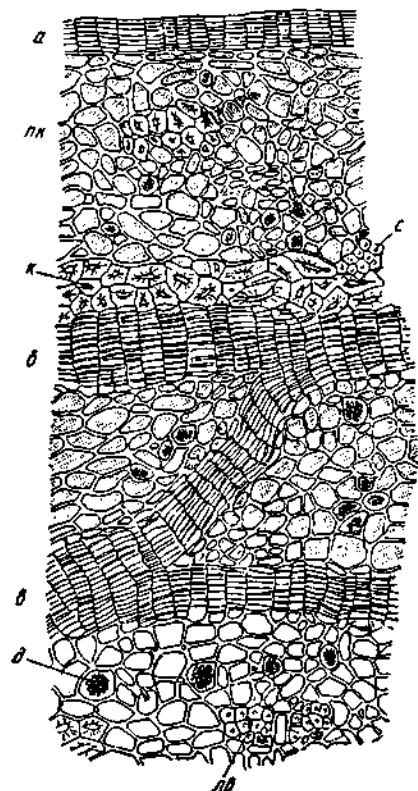


Рис. 44. Поперечный разрез корки дуба (*Quercus sessiliflora*).

а, б и в—последовательно возникающие прослойки пробки; пк—первичная кора; с—склеренхимные волокна; х—каменные клетки; лв—лубяные волокна; д—

клеток обычно мелкие и немногочисленные. В типичных клетках механических тканей содержимое их рано отмирает. Расположены механические ткани в органах растений в местах, обеспечивающих наибольшую прочность при минимальной затрате материалов.

Установлено четыре вида механических тканей: 1) колленхима, 2) склеренхима, 3) лубяные волокна и 4) либриформ (древесные волокна).

Колленхима. В растущих частях многих стеблей, в черешках и средних жилках листьев, а также в цветоножках и плодоножках встречается тип механической ткани, приспособленной к изменениям в процессе развития органа. Эти ткани носят название **колленхимы** (колла—клей, энхима—налитое). Этот же тип тканей встречается иногда и во взрослых, недревеснеющих частях растения. Колленхима состоит из удлиненных клеток, содержащих живой протопласт и во взрослом состоянии. Оболочки колленхимы всегда заметно утолщены, но они мягки и пластичны, так как состоят из целлюлозы с большим содержанием воды. Утолщение клеток

Таким образом, в процессе индивидуальной жизни растения можно проследить смену и развитие трех различных типов покровной ткани. В первый год жизни обычно молодые ветви покрыты кожей (эпидермисом). В конце первого года образуется **перидерма**, которая остается в течение 5—10 и более лет, а затем перидерма сменяется коркой. Последняя может достигать значительной толщины и защищает стволы многолетних древесных растений от неблагоприятных условий зимой и от высыхания в период летней засухи. Частичное опадение слоев растрескавшейся корки является также полезным приспособлением, так как способствует очищению дерева от паразитных грибов и лишайников.

МЕХАНИЧЕСКИЕ, ИЛИ СКЕЛЕТНЫЕ, ТКАНИ

Ткани, которые придают прочность органам растения, называются **механическими**, или **скелетными**.

Характерными свойствами этих тканей является то, что клеточные стенки сильно утолщены, клетки тесно смыкаются друг с другом, поры

колленхимы неравномерно и своеобразно. Наиболее часто встречается утолщение в углах клеток, соприкасающиеся же стенки клеток остаются тонкими (рис. 45). В других же типах клеток колленхимы утолщаются тангентальные стенки и стенки, примыкающие к межклеточным пространствам. Оболочки колленхимы пронизаны простыми порами. Цитоплазма хорошо выражена и иногда содержит хлоропласты, хотя фотосинтез не является функцией механической ткани.

Обычно колленхима располагается сплошным слоем в несколько рядов клеток вблизи периферии органа или собирается отдельными пучками у пучков проводящей системы и выступает в виде компактных пучков (ребер) на стеблях некоторых двудольных растений, каковым она преимущественно и свойственна.

Склеренхима. Другим типом механической ткани является склеренхима (склерос—твердый). Клетки склеренхимы имеют твердые

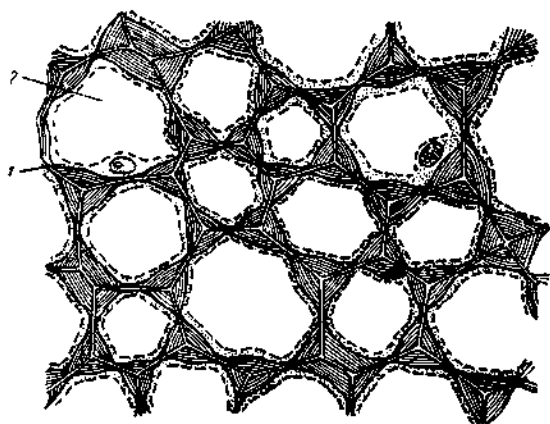


Рис. 45. Угловая колленхима стебля тыквы (*Cucurbita pepo*).

1—стенный слой протоплазмы с ядром; 2—центральная вакуоля.

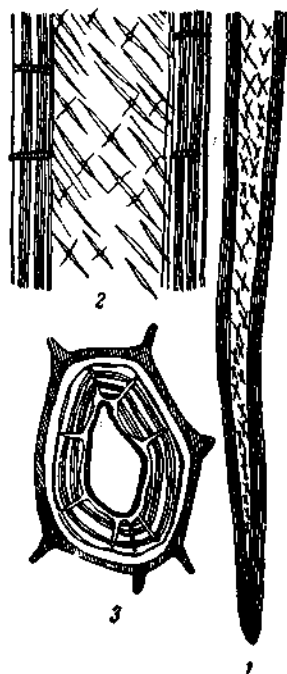


Рис. 46. Склеренхимные волокна из стебля папоротника-орляка (*Pteridium aquilinum*).

1—половина волокна, пролированного и обесвеченного; 2—часть той же клетки при большом увеличении; 3—клетка на поперечном разрезе.

одревесневшие и сильно утолщенные оболочки с малым содержанием воды; в большинстве случаев они лишены протоплазмы. Из типичной склеренхимы состоят твердые оболочки плодов и семян, например косточки вишни, сливы, скорлупа орехов, миндаля и др. Твердый покров у перечисленных плодов и семян образован каменными клетками.

Различают несколько типов склеренхимных клеток, среди которых главными являются волокна и каменные клетки (рис. 46).

Каменные клетки, или склеренды, характеризуются одинаковыми параметрами. Они бывают округлыми, многогранными и иной формы. Рассеянные среди других клеток, каменные клетки играют крупную роль в придании прочности органу. Расположенные сплошными массами, они обуславливают механическую прочность ткани: скорлупа орехов, косточки слив и т. д. (рис. 47).

Оболочки каменных клеток очень толстые и сильно одревесневшие. Поры очень малы. В развитом виде каменные клетки всегда мертвы.

Каменные клетки встречаются во многих органах растения, но особенно часто в коре, плодах и семенах. Прочные покровы семян в значительной части состоят из различных типов каменных клеток.

Лубяные волокна. Следующим типом механических тканей являются лубяные волокна. Они имеют вид длинных волокон, достигающих в длину до 10 мм у конопли, до 40 мм у льна и до 220 мм у рами. Длина их превышает поперечник более чем в 1000 раз. Лубяные волокна на концах заострены. Заостренные концы получаются в результате того, что продольные стенки скользящим ростом внедряются между другими соседними волокнами наподобие клиньев. От такого вклинивания увеличивается поверхность соприкосновения соседних клеток и прочность их соединения друг с другом.

Стенки лубяных волокон заметно утолщены. Содержимое наблюдается только в молодых растущих волокнах, но потом все оно уходит на образование стенки. Дальнейший рост волокон происходит за счет веществ рядом лежащих клеток. Поры щелевидные, наклонные.

Химический состав оболочки лубяных волокон может быть различен. Иногда

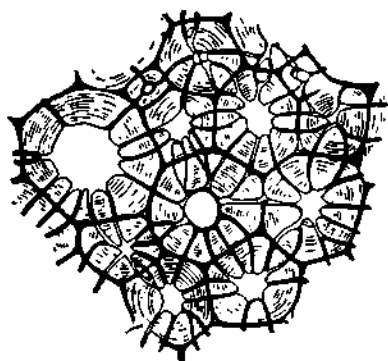


Рис. 47. Каменные клетки в мякоти груши.

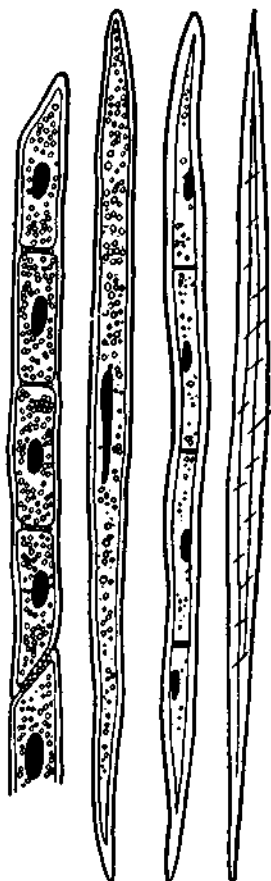


Рис. 48. Древесные волокна, или либриформ.

они состоят из чистой целлюлозы, но часто стенки лубяных волокон одревесневают. Наблюдаются также всевозможные переходы от чистой целлюлозы к одревесневшим стенкам. В зависимости от степени одревеснения, лубяные волокна имеют различное техническое применение. Наиболее ценными являются те волокна, стенки которых состоят из чистой целлюлозы. Такие волокна отличаются большой прочностью, эластичностью и находят применение в качестве прядильного материала. Таковы именно лубяные волокна льна, конопли и других растений. У липы (*Tilia*) лубяные волокна сильно одревесневают и от этого становятся ломкими, а потому используются только для приготовления лыка и рогожи.

Располагаются лубяные волокна в периферийной части стебля, в коре; они придают прочность стеблю на изгиб,

Либриформ, или древесные волокна. Древесные волокна в отличие от лубяных волокон расположены в древесине, отчего и произошло их название (рис. 48). Древесные волокна отличаются от лубяных тем, что они короче, стенки менее утолщены и всегда одревесневшие. Древесные волокна у некоторых растений составляют главную массу древесины ствола. Их основное механическое назначение — поддерживать массу кроны дерева.

Распределение механических тканей в растении. Обычно механические элементы расположены в таких местах органов растений, которые наиболее нуждаются в механической прочности. Расположение механических элементов в органах растений следует законам механики. В круглых стеблях растений механические элементы располагаются по кругу, ближе к периферии, а в трехгранных и четырехгранных стеблях — по углам. В круглых стеблях получается полая колонна с таким же сопротивлением излому, как и сплошная, но на построение полой колонны затрачивается значительно меньше строительного материала, чем на построение выполненной.

Корням и корневищам приходится преодолевать сопротивление разрыву по длине органа. Поэтому в этих органах механические ткани расположены внутри их, а не на периферии, как в стеблях. От такого расположения прочность повышается, так как тяга падает сразу на все лучки.

Механические элементы в многолетних деревьях расположены по всему стеблю, так как стволы деревьев выдерживают громадную тяжесть кроны и оказывают сопротивление излому при раскачивании их ветром.

ПИТАТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ

В соответствии с различными физиологическими функциями клеток этой ткани ее делят на: 1) в с а с ы в а ю щ у ю, или в о с п р и н и м а ю щ у ю, 2) а с с и м и л я ц и о н н у ю и 3) з а п а с а ю щ у ю.

Всасывающая, или воспринимающая, ткань. Растение питается веществами, которые поступают в него путем диффузии. Оно всасывает извне воду и растворенные в ней минеральные вещества, а также газообразные вещества. В соответствии с этим всасывающая ткань расчленяется на поглощающую воду и растворенные в ней минеральные вещества и на воспринимающую газообразные вещества. Ткань, воспринимающая воду и минеральные вещества, находится в корнях, а воспринимающая газообразные вещества — в листьях.

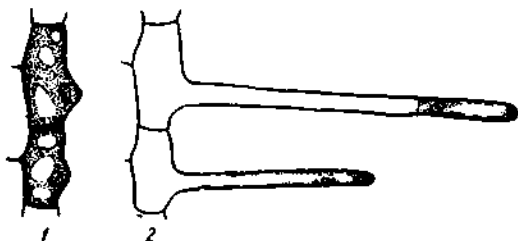


Рис. 49. Образование корневых волосков.
1—набухание корневых волосков; 2—волоски в более поздней стадии развития.

Поглощение воды и растворенных в ней солей осуществляется главным образом корнями при посредстве специальной однослойной ткани э п и б л е м ы. Многие из клеток эпіблемы образуют при дифференциации к о р н е в ы е в о л о с к и, являющиеся наиболее деятельной частью всасывающей ткани (рис. 49). При образовании корневого волоска в клетке эпіблемы сначала возникает с наружной стороны выпуклость, которая, удлиняясь в процессе роста, становится волоском. Рост волоска облегчается тем, что оболочки эпіблемы состоят не из настоящей клетчатки, а из амилоидной ее модификации, дающей в ранней стадии реакцию на крахмал. Оболочки корневых волосков очень тонки, что облегчает поглощение ими

воды и минеральных растворов. От развития корневых волосков всасывающая поверхность корней увеличивается в 10—12 и больше раз.

Ассимиляционная ткань. Основной функцией ассимиляционной ткани является усвоение углерода, т. е. фотосинтез. Главное значение ассимиляционной ткани обуславливается наличием в ней хлорофилловых зерен. Клетки ассимиляционной ткани имеют тонкие, целлюлозные стенки. Протопласт клеток состоит из постенного слоя протоплазмы, в которой находятся ядро и хлорофилловые зерна, расположенные в один слой; центральная часть полости клетки обычно занята крупной вакуолью. Углекислота поступает в клетки ассимиляционной ткани через межклетники, образующие целую систему, сообщающуюся с атмосферой посредством устьиц.

Ассимиляционная ткань состоит из паренхимных клеток и часто дифференцирована на так называемую палисадную и губчатую ткань. Палисадная ткань имеет удлиненные клетки цилиндрической формы; межклетники расположены между продольно вытянутыми оболочками соседних клеток. Губчатая ткань построена из клеток более или менее округлых; межклетники образуют сплошную сетчатую систему.

Запасные ткани. Запасные ткани приспособлены для хранения пластических веществ и воды. Эти ткани присущи клубням и утолщенным корням многих растений, а также стволам и веткам деревьев и кустарников. Запасные ткани имеются также в листьях вечнозеленых и луковичных растений. Но особенно сильно развиты запасные ткани в семенах.

Клетки запасной ткани с живым содержимым расположены без особого порядка, плотно соединены между собой или с крайне небольшими межклетными пространствами.

Иногда запасные питательные вещества отлагаются не только в полости клетки, но и в оболочке. Само вещество оболочки—клетчатка и особенно ее более растворимые видоизменения—служат запасным питательным материалом. Клеточные стенки в семенах некоторых пальм образованы **запасной клетчаткой**, за счет которой развивается зародыш при прорастании семени. Примером таких твердых семян являются семена пальм (*Phytelephas macrocarpa*).

У некоторых ксерофитных растений, произрастающих в сухих местобитаниях и в силу этого испытывающих постоянные или временные затруднения в снабжении водой, развивается особая ткань, служащая для хранения запасов воды. Чаще всего водоносные ткани находятся в мясистых толстых листьях (у агав, алоэ и др.) или в стеблях (у кактусов, стапелий, молочаев и т. д.).

ПРОВОДЯЩИЕ ТКАНИ

Для осуществления необходимого обмена веществ у растений образуются особые ткани, по которым происходит передвижение воды и растворенных в ней минеральных солей и пластических веществ, вырабатываемых листьями в процессе фотосинтеза. Эти ткани носят название **проводящих**. По телу растения идут токи веществ двух типов: **восходящий ток**, направляющийся от корней в стеблевые и листовые органы и развивающиеся плоды, и **нисходящий**, идущий из листьев в растущие части растений и созревающие плоды.

Важнейшим принципом построения проводящих тканей является более быстрое и беспрепятственное передвижение веществ. Этому принципу построения удовлетворяет удлиненная форма клеток проводящей ткани. Естественно, что если клетки в проводящей ткани вытянуты по направлению движущихся токов, то вещества легче и быстрее перемещаются.

В связи с наличием двух токов веществ в растении проводящие ткани делятся на два различных типа, характеризующиеся своим строением и функциями: 1) **сосуды и трахеиды**, служащие для проведения воды и минеральных веществ; 2) **ситовидные трубки с клетками-спутницами**, служащие для проведения продуктов фотосинтеза.

Восходящий ток, несущий воду и минеральные вещества из почвы, идет по древесине (ксилеме), нисходящий, несущий продукты фотосинтеза из листьев,—по лубу (флоэме).

Сосуды и трахеиды. В системе, проводящей воду и растворенные в ней минеральные вещества, различают двоякого рода элементы: собственно **сосуды и трахеиды**; те и другие располагаются продольными рядами. Собственно сосудами называют такие трубчатые образования, которые возникают от слияния клеток, расположенных продольными рядами. Трахеиды—это удлинённые клетки прозенхиматического характера, расположенные вертикальными рядами одна над другой. У трахеид не бывает непосредственного сообщения из клетки в клетку, а каждая клетка остается вполне замкнутой и сообщается с соседними трахеидами сквозь окаймленные поры, у которых остается замыкающая пленка. Концы трахеид вытянуты, и каждая трахеида соприкасается с соседней трахеидой, лежащей выше или ниже, сравнительно большой поверхностью. Так как эта поверхность соприкосновения усеяна порами, то прохождение воды из одной трахеиды в другую сильно облегчается. Общая длина трахеид колеблется у различных растений. Наиболее длинные трахеиды у банана (*Musa*), кавы (*Caipia*), лотоса (*Nelumbium puciferum*), у которых они достигают 10—12 мм; у других же растений общая длина равна 1—4 мм при ширине, выражающейся в десятых и сотых долях миллиметра.

Сосуды также имеют различную длину в зависимости от вида растения. В древесине дуба (*Quercus pedunculata*) длина сосудов достигает 2 м, у белой акации (*Robinia pseudoacacia*)—1 м, у лиан—3—5 м, у большинства же других растений длина сосудов равна 10—15 см. Естественно, что не все трубки в стебле одного и того же растения имеют одинаковую длину. Обычно и в пределах одного и того же растения сосуды варьируют по длине. Сосуды различной длины, соединяясь друг с другом, образуют общую систему, по которой вода вместе с минеральными веществами передвигается из корней к верхушкам стеблей. Соединение различных сосудов обычно осуществляется таким образом: трубка, пройдя некоторое расстояние, кончается слепо прозенхимной клеткой и примыкает к другой трубке; в примыкающих стенках образуются поры, через которые и осуществляется сообщение между двумя сосудами.

Сосуды начинают формироваться в меристематической ткани близко к точке роста (рис. 50). В меристематической ткани все клетки одинаковы. Клетки будущего сосуда вначале заполнены протоплазмой с крупным ядром. Стенки клеток тонкие. По мере роста органа в длину клетки, которые образуют сосуды, сами вытягиваются, причем протоплазма сильно вакуолизируется и занимает постенное положение. Зернистое содержимое протоплазмы скопляется в большом количестве возле тех участков оболочки клетки, где образуются утолщения стенки. Вытянувшиеся в длину клетки, составляющие членики сосуда, несколько увеличиваются в размерах. При этом вторично утолщаются продольные стенки. Поперечные перегородки ослизняются, набухают и линзовидно вздуваются; затем ослизневшие участки перегородок между клетками растворяются, и продольный ряд клеток образует сплошную трубку с остатками бывших клеточных перегородок, которые называются перфорационными пластинками. В процессе образования сосудов стенки их одревесневают, а протопласты раз-

рушаются и вместе с продуктами ослизнения перегородок удаляются из сосудов, полости которых заполняются водой.

В деталях процессов формирования сосудов могут быть некоторые различия. В частности, в поперечных перегородках между члениками сосудов, образующихся из отдельных клеток, обычно возникает одно отверстие, именуемое простой перфорацией. Но если перегородка форми-

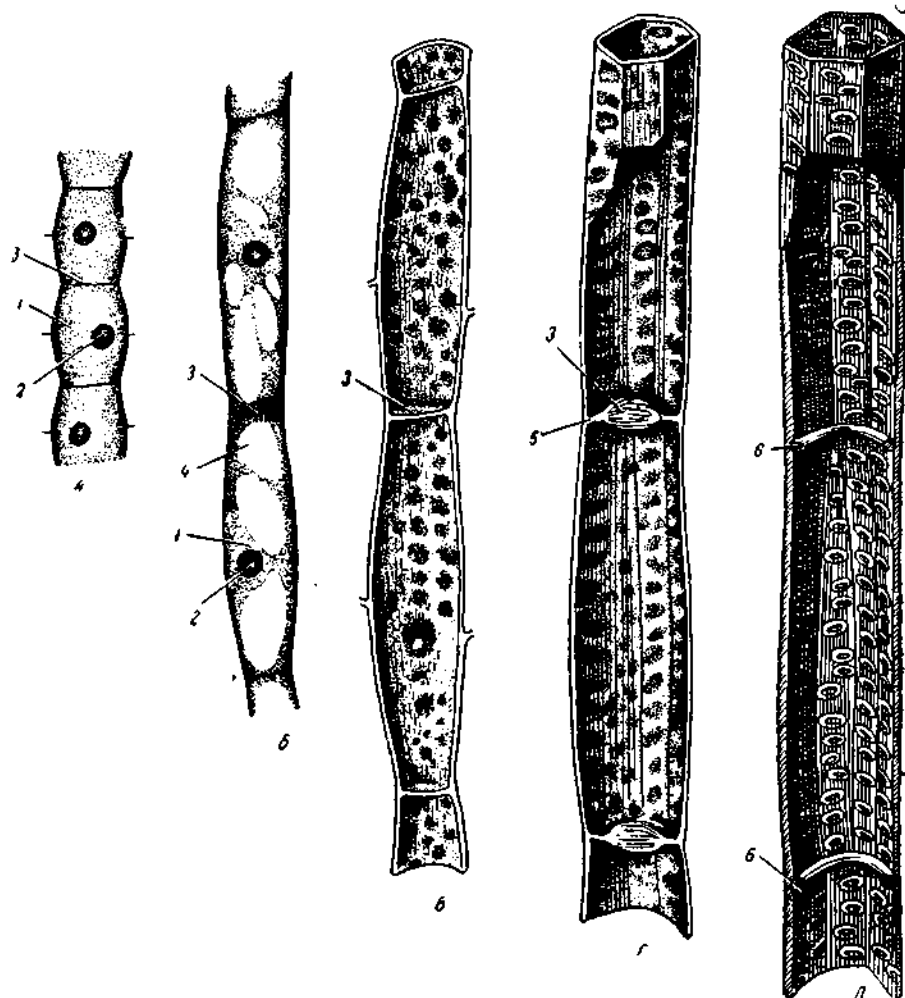


Рис. 50. Последовательные стадии образования сосуда.

А—ряд клеток, в них: 1—протоплазма, 2—ядро, 3—поперечные перегородки; Б—клетки вытянулись, в них образовались вакуоли (4); В—в постенной протоплазме образовались зернистые скопления; Г—В—поперечные перегородки ослизняются и набухают; за исключением их окраины (б); Д—сформировавшийся сосуд. От поперечных перегородок сохранились лишь закраины (б).

рующегося сосуда наклонена под острым углом к продольной оси сосуда, то в ней может образоваться несколько отверстий. Существуют переходы от сосудов к таким клеткам, у которых на косых поперечных стенках находятся только глухие поры, т. е. к типичным трахеидам.

Наличие сосудов характеризует только высшие растения. Низшие растения—водоросли и грибы—не имеют сосудов. У мхов есть только зачатки проводящей системы. У хвощей имеются трахеиды. Настоящие сосуды развиты у наиболее развитых групп высших растений, которые

часто называют сосудистыми растениями. Обычно сосудистая система составляет главную массу древесины стебля и корня.

Одревесневшие стенки сосудистой системы имеют различные формы и степени утолщений стенок. Соответственно этому сосуды различают по характеру утолщений, которые могут иметь форму колец, спиралей, сеточек, лестниц и др., а сами сосуды с такими скульптурными утолщениями называются кольчатыми, спиральными, сетчатыми, лестничными, точечными и пр. (рис. 51).

1. Кольчатые сосуды имеют утолщения на внутренней стенке в виде отдельных колец, скрепленных с основной неутолщенной тканью при помощи тонкой перемычки.

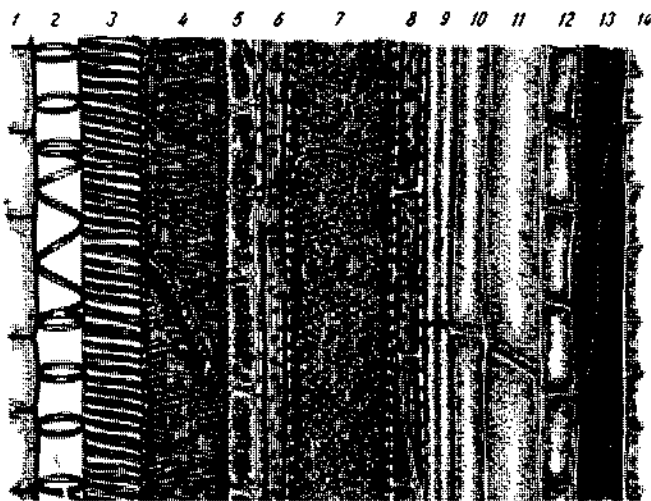


Рис. 51. Сосуди-волокнистый пучок стебля двудольного растения в разрезе (схематизировано).

1—паренхима сердцевин; 2—8—ксилема, в ней: 2—кольчато-спиральный сосуд; 3—спиральный сосуд; 4—сетчатый сосуд; в нем наклоненная перегородка со многими перфорациями; 5—паренхима; 6—волокна; 7—точечный сосуд; 8—перегородчатые волокна; 9—камбий; 10—13—флоэма, в ней: 10—сопровождающие клетки; 11—ситовидная трубка; 12—паренхима; 13—волокна; 14—паренхима периферии.

2. У спиральных сосудов утолщение образуется в виде узкой и спирально извитой ленты, прикрепленной к стенке также при помощи тонкой перемычки.

3. Сетчатые сосуды обладают значительно более утолщенными оболочками, в которых неутолщенные места имеют вид просветов направленной сетки.

4. Лестничные сосуды имеют сплошь утолщенные стенки с порами, вытянутыми поперек и образующими подобие ступенек лестницы.

5. Точечные, или пористые, сосуды имеют сплошь утолщенные оболочки, в которых остаются отдельные небольшие неутолщенные просветы (поры) в виде точек.

Значение таких утолщений состоит в том, что они позволяют в одной клетке иметь и прочные стенки, что создается утолщением, и сохранить легкую проницаемость благодаря тонким, неутолщенным местам.

Обычно на первых стадиях развития сосудистых элементов протоплазматическое содержимое клеток сохраняется. Но по мере одревеснения клеточных оболочек протоплазма и ядро совершенно исчезают, и у вполне развитых сосудов и трахенд от клеток остаются только оболочки.

Сосуды функционируют ограниченный период. Обычно сосудистая система бывает окружена слоем живых паренхимных клеток. Как только сосуд перестает функционировать, давление в нем уменьшается и пленка в поре, отделяющая полость его от паренхимных клеток, втягивается в полость сосуда, а паренхимная клетка прогибается внутрь сосуда и разрастается в нем наподобие небольшого пузыря. Такое врастание соседних паренхимных клеток может происходить через многие поры. В этих случаях вся полость сосуда оказывается выполненной выростами соседних паренхимных клеток. Эти выросты называются т и л л а м и.

Ситовидные трубки. Перемещение пластических веществ из листьев к растущим органам осуществляется по внутренним слоям луба, в которых расположены особые трубки, называемые с и т о в и д н ы м и.

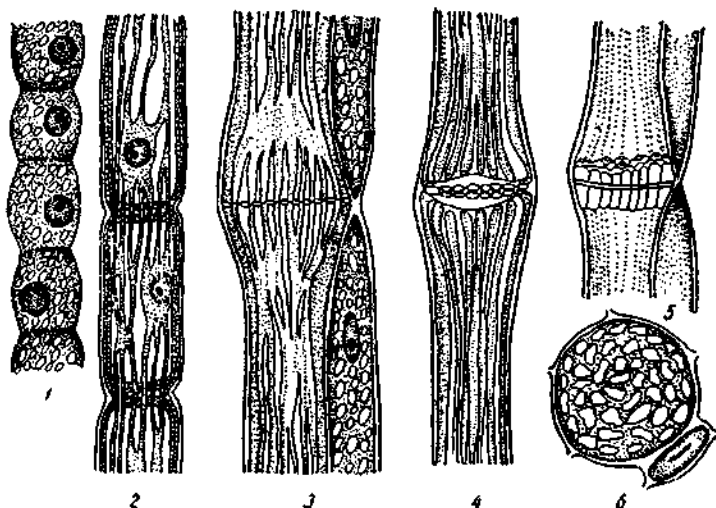


Рис. 52. Развитие ситовидной трубки из паренхимных клеток.

1—клетки меристемы; 2—клетки вытянулись; 3—ситовидные трубки с клетками-спутницами; 4—зрелые ситовидные трубки; 5—поперечное сито закрыто мозолистым телом; 6—поперечный разрез ситовидной трубки и клеток-спутниц на уровне сита.

Ситовидные трубки образуются из вертикальных столбиков клеток меристемы. Эти клетки живые, содержат протоплазму, ядро, лейкопласты и часто зачатки вакуолей. В процессе дальнейшего развития эти вертикальные столбики меристематических клеток разрастаются в длинные трубки. Однако поперечные перегородки между отдельными клетками, которые образуют впоследствии членики трубки, не исчезают, а в них возникают многочисленные сквозные отверстия, превращающие сплошные клеточные перегородки в продырявленные пластинки, напоминающие сито. Сходство этих образований в клеточных перегородках с ситом и дало основание назвать их ситовидными трубками.

Как было уже отмечено, в начале своего развития клетки, образующие ситовидную трубку, имеют ядро и протоплазму, но впоследствии протоплазма составляет только узкий стенный слой. Клетки, образующие членики трубки, теряют способность делиться и ограничивают свое существование функцией проведения питательных веществ. В начальных же фазах развития ситовидных трубок клетки, составляющие трубку, делятся продольной перегородкой и образуют клетку-спутницу (рис. 52), в которой сохраняется ядро и густая масса протоплазмы; содержащее клетку-спутницу соединяется при помощи плазмодесмы с члени-

ками ситовидной трубки и влияет на функцию ситовидных трубок; это влияние осуществляется при помощи различных ферментов, образующихся в клетке-спутнице.

Иногда после продольного деления первоначальной материнской клетки, дающей дочернюю клетку—членик сосуда и клетку-спутницу, последняя претерпевает еще поперечное деление. Тогда около одного членика трубки могут быть две и более клетки-спутницы. У липы (*Tilia*) клеток-спутниц несколько. Ситовидные трубки некоторых растений не имеют клеток-спутниц. В частности, у картофеля (*Solanum*), у грецкого ореха (*Juglans*) клетки-спутницы сопровождают только часть ситовидных сосудов, а у остальных они отсутствуют. Клетки-спутницы отсутствуют также у хвойных.

Клетки-спутницы по длине иногда могут равняться длине членика ситовидной трубки, с которым они связаны, но чаще всего они короче члеников трубок. Клетки-спутницы обычно легче всего различить на поперечном срезе флоэмы.

Стенки клеток-спутниц, как и оболочки ситовидных трубок, мягкие, эластичные, целлюлозные.

Характерной особенностью ситовидных трубок является строение их пор, которые расположены всегда группами, наподобие дна сита. Величина и число отдельных пор в клеточной перегородке бывают различными. Если поперечная перегородка между двумя ситовидными трубками горизонтальная, то она занята одной ситовидной пластиной. Если же поперечная стенка наклонная, то на ней размещено несколько пластинок с более мелкими порами. По форме поры или округлы, или угловаты.

Ситовидные пластинки могут быть и на продольных стенках, но только там, где ситовидная трубка прилегает к другой трубке или к сопровождающей клетке. В ситовидных трубках поры сквозные; через них плазматическое содержимое одной клетки непосредственно сообщается с плазматическим содержимым другой.

Ситовидные трубки закладываются поодиночке или чаще пучками, тянущимися вдоль органа растения. Через ситовидные трубки осуществляется перемещение пластических веществ. Ток органических веществ движется в том направлении, где эти вещества потребляются или откладываются в запас; они передвигаются от листьев вниз к корням или подземным вместилищам запасов, но они могут подниматься и вверх по стеблю, к его растущей верхушке или к созревающим плодам.

Длина и поперечник клеток, составляющих ситовидные трубки, различны в зависимости от вида растения. Как правило, более крупные ситовидные трубки имеются у вьющихся растений. Так, например, у винограда (*Vitis vinifera*) длина каждой клетки достигает 0,6 мм, у тыквы (*Cucurbita*)—0,3—0,4 мм. Ширина трубки обыкновенно больше в месте, где находятся ситовидные пластинки.

Стенки ситовидных трубок и оболочки клеток-спутниц состоят из чистой клетчатки и раствором хлор-цинк-йода красятся в синий цвет. Стенки ситовидных трубок не утолщаются, а всегда остаются тонкими. Это делает их малоустойчивыми к давлению извне, и потому, как только ситовидные трубки с возрастом перестают функционировать, под напором соседних клеток они сплющиваются (облитерируются) до соприкосновения стенок и исчезновения полости.

Продолжительность деятельности каждой ситовидной трубки ограничена определенным периодом. Обычно только у однодольных растений ситовидные трубки функционируют в течение всей жизни органа. У двудольных многолетних растений к осени ситовидная пластинка разрастается, отверстия пор суживаются, а после совсем закрываются разросшейся

массой, называемой каллюсом—мозолистым телом. Таким образом, к зиме мозолистое образование целиком закупоривает ситовидную трубку. К этому времени у большинства растений плазматическое содержимое ситовидных трубок исчезает, стенки спадаются, и трубка перестает функционировать. У других же растений (липа, виноград) плазматическое содержимое сохраняется, весной следующего года мозолистое тело растворяется, и ситовидная пластинка вновь приобретает проводящую способность. Такое закупоривание на зиму может повториться один или два раза, но затем старые ситовидные трубки деформируются и разрушаются. Наиболее долго ситовидные трубки функционируют у липы (*Tilia cordata*), у которой они могут возобновлять свои функции в течение 3—4 лет.

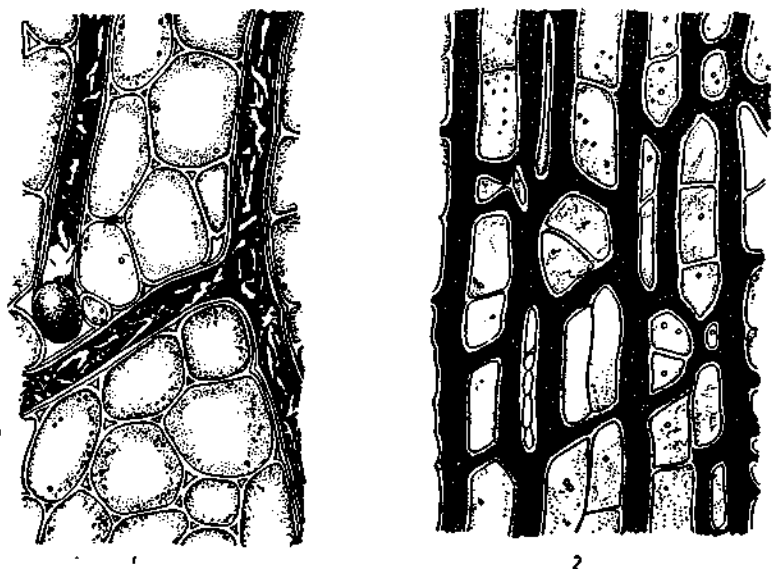


Рис. 53. Млечники.

1—нечленистые толстостенные млечники на продольном срезе молочая (*Euphorbia splendens*); 2—членистые млечники на продольном разрезе стебля салата (*Lactuca* sp.).

Млечники. В органах многих растений имеются особые млечные сосуды (млечники), содержащие так называемый млечный сок белого, реже иного цвета. Одни авторы относят млечники к проводящей ткани, а другие рассматривают их как вместилища выделений продуктов жизнедеятельности клеток.

Млечники представляют собой длинные, тонкие ветвистые трубочки, состоящие из одной или многих клеток. Такие млечники, которые состоят из одной крупной клетки, называются нечленистыми, а те, которые образуются рядами многих клеток, членистыми (рис. 53).

Нечленистые млечники образуются из особых клеток, возникающих еще в семени. С развитием проростка и дальнейшим ростом и развитием растения млечники растут в длину, ветвятся и проникают своими ответвлениями в конусы нарастания стебля и корня. При образовании придаточных побегов и корней в них также вырастают разветвления нечленистых млечников. В результате нечленистые млечники при микроскопически малых размерах поперечных сечений достигают нескольких метров в длину.

Нечленистые млечники характерны для многих видов семейств молочайных, кутровых, ластовневых и др. Однако в пределах этих семейств имеются отдельные виды и с членистыми млечниками. В частности, такие известные каучуконосные растения, как гевея (*Hevea*), манихот (*Manihot*), относящиеся к семейству молочайных, имеют членистые млечники.

Членистые млечные сосуды образуются из отдельных живых, вытянутых в длину, цилиндрических клеток, расположенных в продольные ряды. В ранней стадии развития эти клетки являются замкнутыми и сообщаются друг с другом порами. В более поздних стадиях поперечные перегородки растворяются и исчезают полностью или частично; при частичном разрушении от перегородок остаются небольшие остатки. Боковые ответвления членистых млечников могут входить также в соприкосновение с ответвлениями других млечников и сливаться с ними перемычками, в результате чего образуется сложная сеть из членистых млечников. Подобные ряды млечников пронизывают основную паренхимную ткань в органах растения. Протоплазма с большим числом ядер выстилает стенки всей системы млечников, а клеточный сок, называемый л а т е к с о м, составляет основное содержимое млечников.

Членистые млечники имеют многие виды семейств сложноцветных, маковых, колокольчиковых, вьюнковых и др.

Млечный сок (латекс), являющийся основным содержимым млечников, имеет вид белой жидкости, похожей на густое молоко. Таковым является латекс у молочая, одуванчика, мака и пр. У других растений латекс бывает окрашен в желтый цвет, как у чистотела (*Chelidonium*), или оранжевый. По составу латекс представляет собой эмульсию, в которой капли одной жидкости взвешены в другой. В жидком содержимом могут быть включены сахара, белковые вещества, камеди, алкалоиды, жиры, балласты, каучук, гутта и другие вещества. В частности, в млечном соке незрелых коробочек, стеблей и листьев мака содержится свыше 20 алкалоидов и среди них такие, как морфин, папаверин, кодеин и др.

Наиболее ценными частями латекса являются каучук и гуттаперча. Каучук находится в латексе в мелкораздробленном состоянии. Частицы каучука имеют шарообразную и палочкообразную форму и носят название г л о б у л. Величина глобул колеблется в пределах от сотых долей микрона до нескольких микронов; в одном кубическом сантиметре их насчитывают миллиарды.

В процессе жизненного цикла растения глобулы каучука меняют свою форму.

Биологическое значение млечников весьма велико. Наличие в них продуктов ассимиляции в виде углеводов, белков, жиров и др. дает основание рассматривать млечники как элементы проводящих тканей, подобно ситовидным трубкам. Такой взгляд на млечники подкрепляется и тем, что у некоторых растений, у которых имеются сильно развитые млечники, значительно слабее развиты ситовидные трубки, а у отдельных растений, например у снотворного мака (*Paraver somniferum*), ситовидные сосуды совсем отсутствуют. Тот факт, что у некоторых видов семейства молочайных и у мака во время полной вегетации млечный сок богат питательными веществами, а при созревании семян млечные сосуды становятся бедными пластическими веществами, так как последние переходят в созревающие семена, также служит подтверждением того, что млечники относятся к системе проводящих тканей. С другой стороны, присутствие в млечниках конечных продуктов обмена веществ в виде смол, гумми и др. позволяет относить млечники и к выделительной системе.

Сосудисто-волокнистые пучки. Сосудисто-волокнистые пучки представляют систему взаимно связанных между собой нескольких типов тка-

ней, выполняющих функции проведения воды и питательных веществ по телу растения и придающих ему большую прочность.

Различные проводящие элементы в органах растений представлены общими группами, которые называются пучками. Сосуды и трахеиды, проводящие воду, и ситовидные трубки, проводящие пластические элементы, вместе с сопровождающими клетками могут проходить по органам растений совершенно независимо друг от друга. Млечники также обычно проходят по органам растений независимо от каких-либо других тканей. В тех случаях, когда трахеиды и трахеиды, проводящие воду, и ситовидные трубки, проводящие продукты фотосинтеза, проходят отдельными тяжами, их называют простыми пучками. Простые пучки встречаются в листьях, где они представлены элементами, проводящими воду, и в цветочных стрелках, где они представлены ситовидными трубками.

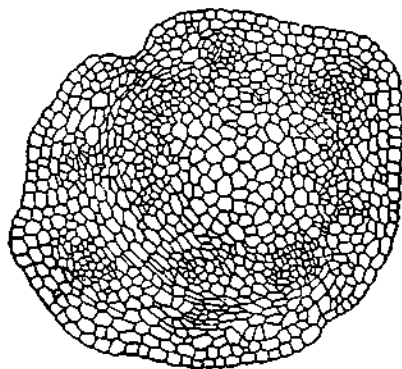


Рис. 54. Поперечный разрез очень молодого стебля в точке роста *Lonicera* с группами мелких клеток — прокамбияльных пучков.

Гораздо чаще, однако, сосуды с трахеидами и ситовидные трубки проходят по органам растений вместе, образуя общие пучки. К таким общим пучкам из сосудов с трахеидами и ситовидных трубок примыкают еще группы паренхимных клеток.

Пучки, состоящие из сосудов с трахеидами и ситовидными трубками, вместе с примыкающими к ним паренхимными клетками называют сложными сосудистыми пучками. Сложные сосудистые пучки обыкновенно проходят вдоль органов растений.

Весьма часто к сложным сосудистым пучкам примыкают еще механические ткани в форме различных волокон. На-

личие механических тканей очень сильно увеличивает прочность пучков. Пучки соединенных вместе проводящих и механических тканей называют сосудисто-волоконистыми пучками. Сосудисто-волоконистые пучки проходят по всему растению от корня до листьев. Они образуют те жилки, которые обнаруживаются в листьях, в травянистых стеблях и других органах. Наглядным примером сосудисто-волоконистых пучков может служить отмацерированная прочная сеть пучков из плода люфы, употребляемая в качестве мочалки.

В сосудисто-волоконистых пучках различают две качественно различные зоны: зону древесины, или ксилемы (кепон—древесина), и зону луба, или флоэмы (флойс—лыко, кора). Ксилемную часть пучка составляют: 1) сосуды и трахеиды, проводящие воду, 2) примыкающие к ним клетки ксилемной паренхимы, называемые иногда древесной паренхимой, и 3) механические клетки—либриформы, или древесные волокна.

Флоэмную, или лубяную, часть сосудисто-волоконистого пучка составляют: 1) ситовидные трубки с клетками-спутницами, 2) лубяная паренхима и 3) лубяные волокна, являющиеся механическими элементами.

Наличие механических элементов в обеих зонах сосудисто-волоконистых пучков обеспечивает большую прочность их. Эта крепость еще возрастает от того, что у древесных и кустарниковых растений все элементы ксилемы одревесневают, а во флоэме иногда даже одревесневают склеренхимные клетки.

В зависимости от расположения ксилемы и флоэмы в пучках их делят на следующие типы: 1) коллатеральные, 2) биколлатеральные, 3) концентрические и 4) радиальные.

Коллатеральные сосудистые пучки свойственны стеблям и листьям семенных растений. Форма этих пучков на поперечном срезе обыкновенно округлая, слегка сплюснутая с боков. В каждом пучке наружная часть состоит из ситовидных трубок, клеток-спутниц и лубяной паренхимы, а внутренняя—из сосудов, трахенд и древесной паренхимы. При переходе пучка из стебля в лист древесинные элементы располагаются на верхней части листа, а лубяные—на нижней. В самой древесине стебля самые внут-

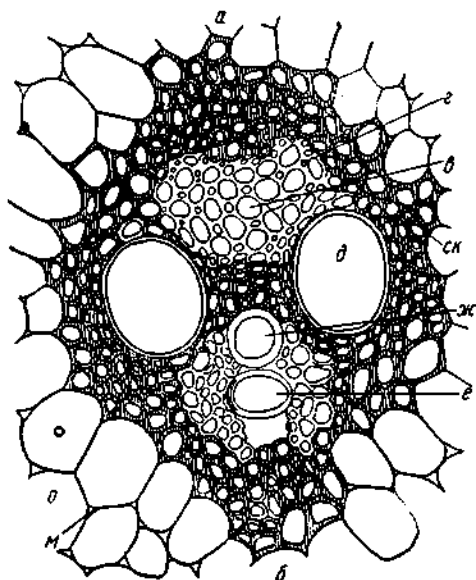


Рис. 55. Поперечный разрез через закрытый сосудисто-волокнистый пучок стебля кукурузы (*Zea mays*.)

об—направление от периферии к центру стебля; о—основная паренхима вокруг пучка; м—мезилетники в ней; ск—механическая оболочка пучка, состоящая из склеренхимы; е—е—флоэма, состоящая из ситовидных трубок (е) и клеток-спутниц (ж); д—пористые (сосуды); ж—спиральный сосуд; е—кольчатый сосуд.

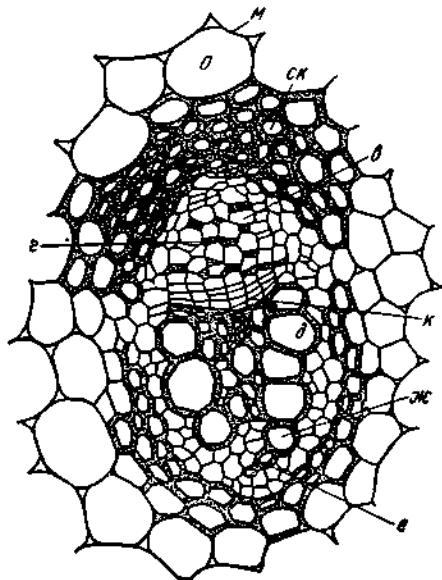


Рис. 56. Открытый сосудисто-волокнистый пучок в стебле лютика ползучего (*Ranunculus repens*).

о—основная паренхима вокруг пучка; ск—склеренхима; е и ж—флоэма (е—ситовидные трубки, ж—клетки-спутницы); к—камбий; е, ж и д—ксилема (е—кольчатые, ж—спиральные, д—пористые сосуды).

ренние части обычно бывают образованы кольчатыми и спиральными сосудами, которые появляются раньше; части, лежащие ближе к флоэме, возникают позднее и представлены главным образом сетчатыми, пористыми сосудами и трахеидами. Во флоэме первыми возникают наружные элементы, а ситовидные трубки, лежащие ближе к ксилеме, образуются позже.

Как известно, сосудистые пучки возникают не прямо из однородной меристематической ткани, а сначала в массе одинаковых клеток обособляются отдельные группы их, которые оказываются более длинными и узкими. Такие обособившиеся пучки узких, но более длинных меристематических клеток получили название прокамбиальных пучков (рис. 54). Из этих прокамбиальных пучков развиваются настоящие сосудистые пучки. При этом из самых внутренних клеток прокамбиального пучка первыми начинают формироваться кольчатые, потом спиральные сосуды, а из самых наружных клеток прокамбиальных пучков—ситовидные трубки.

При дальнейшей дифференциации прокамбиального пучка наблюдаются следующие особенности.

1. У одних растений все клетки прокамбиального пучка переходят в постоянные ткани древесины или луба, т. е. в сосуды, трахеиды или в ситовидные трубки. Клеток, которые бы сохранили способность к дальнейшему делению, не остается. В результате образуются закрытые сосудистые пучки. Этот тип пучков характерен для однодольных растений (рис. 55).

2. Второй тип пучков характерен для двудольных растений, у которых происходит утолщение стебля в процессе роста и развития. У этого

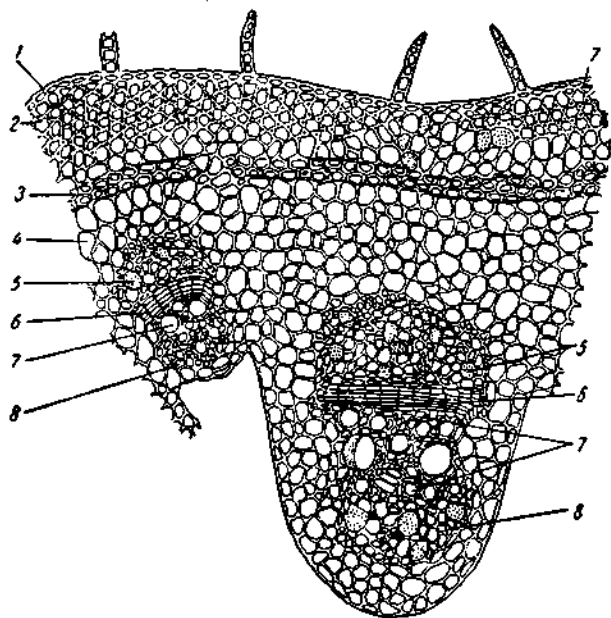


Рис. 57. Поперечный разрез стебля тыквы.

1—эпидермис с волосами; 2—колленхима; 3—механическое кольцо (склеренхима); 4—основная ткань; 5—ситовидная часть пучка; 6—камбий; 7—древесина пучка; 8—внутренняя группа ситовидных трубок.

класса растений не все клетки прокамбиального пучка теряют меристематический характер и переходят в постоянные элементы ксилемы и флоэмы; кроме ксилемных и флоэмных элементов, в сосудистом пучке остается еще прослойка деятельной меристематической ткани. Прокамбиальные клетки этой ткани, лежащие между ксилемными и флоэмными элементами, сохраняют способность к дальнейшему делению и все время образуют новые и новые клетки, причем клетки, отлагающиеся внутрь, переходят в древесину, а клетки, отлагающиеся наружу, превращаются в ситовидные трубки. Такая прослойка деятельной меристематической ткани в сосудистом пучке называется к а м б и е м, а сосудистый пучок, в котором, кроме элементов ксилемы и флоэмы, имеется еще и камбий, называется о т к р ы т ы м сосудистым пучком (рис. 56).

Биколлатеральными (двубокобочными) сосудисто-волокнистыми пучками называются такие пучки, в которых ситовидная часть примыкает к древесинной снаружи и изнутри, т. е. с двух сторон. Такие пучки характерны для тыквы, олеандра и других растений (рис. 57).

У однодольных растений в коллатеральном пучке древесина не всегда точно расположена внутри, а луб снаружи. В некоторых случаях дре-

весиная часть образует как бы развилку, в расходящихся краях которого помещается флоэма.

Концентрические пучки характеризуются тем, что они всегда состоят из постоянных тканей, древесинной и ситовидной; в них нет камбия. В концентрических сосудистых пучках одного типа древесинная часть может окружать со всех сторон лубяную, а в других, наоборот, лубяная часть окружает древесинную. Первый тип концентрических пучков наблюдается у однодольных растений (драцена, ландыш и др.); он близко примыкает к коллатеральному, в котором древесинная часть охватывает с трех сторон лубяную. Второй тип свойствен многим папоротникам.

Радиальные, или лучистые, сосудистые пучки встречаются в корнях. В корне проходит сосудистый пучок сложного происхождения; он всегда находится в центре корня и придает ему большую прочность на разрыв. В сосудистом пучке корня элементы древесины и луба чередуются по радиусам: сосуды и трахеиды расположены лучами, по радиусам, а между ними находятся группы ситовидных трубок (рис. 58). Радиальные пучки корня есть результат слияния отдельных пучков стеблевой части оси.

Прохождение сосудисто-волоконных пучков в различных органах растения характеризуется своими особенностями. Наиболее просто расположены сосудистые пучки в корне, где радиальный пучок чередующихся лучей древесины и луба проходит в середине органа. От такого пучка отходят ответвления в боковые корешки.

Расположение сосудисто-волоконных пучков в листе более сложное, чем в корне, но не так разнообразно, как в стебле. В черешке листа обычно находится один или несколько параллельно сближенных сосудисто-волоконных пучков коллатерального типа, которые продолжают в листовой пластинке в форме жилок.

В стебле имеет место наиболее сложное расположение сосудисто-волоконных пучков. Сосудистые пучки, проходящие по стеблю, не тянутся прямо вдоль оси органа, а обычно описывают кривые в радиальном или в тангентальном направлении. Сосудистый пучок, переходя от листа по черешку в стебель, идет некоторое время по стеблю. Затем примыкает к другим пучкам и вполне сливается с ними. Такие сосудисто-волоконные пучки, которые проходят из стебля в лист, называются *общими*. Другие же сосудисто-волоконные пучки тянутся исключительно в стебле и называются *специальными*.

Прохождение сосудисто-волоконных пучков по стеблю нарушается в узлах, где они образуют сплошное сплетение, давая горизонтальные ответвления. Подобные поперечные анастомозы между сосудистыми пучками встречаются в узлах большинства травянистых стеблей.

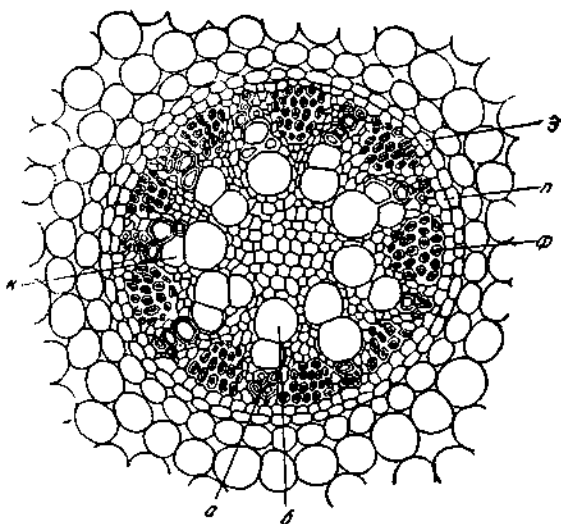


Рис. 58. Поперечный разрез через сосудисто-волоконный пучок корня *Acorus calamus*.

В центре паренхима: а—эндодерма; н—перикакл; ф—флоэма; к—ксилема; а—узкие кольчатые и спиральные сосуды; б—крупные пористые сосуды.

ВЫДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ

К выделительным образованиям относятся смоляные ходы,местилища эфирных масел, наружные и внутренние железки в виде волосков, чешуек и пр., а также различные пные образования.

Смоляные ходы. Смоляные ходы встречаются главным образом у хвойных растений. Они возникают в коре пихты, в древесине сосны, ели, лиственницы и других растений. Эти образования проходят в вертикальном и горизонтальном направлении, соединяясь в общую систему, содержащую живицу—раствор смол в эфирных маслах. Выстилающие смоляные ходы клетки имеют целлюлозные оболочки с утолщенной наружной стенкой;

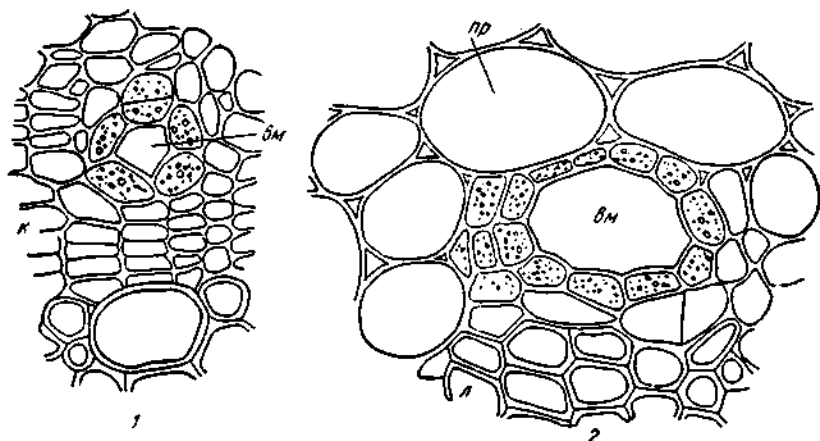


Рис. 59. Образование схизогенных вместилищ у плюща (*Hedera helix*). 1—молодая стадия вместилища (см), образовавшегося в коре около камбия (к); 2—более взрослая стадия. Вместилище лежит на границе луба (л) и паренхимы коры (пр).

остальные стенки выступающих клеток весьма тонкие. В полости функционирующих выстилающих клеток находится густая зернистая протоплазма с крупным ядром, с каплями масла и зернами крахмала.

Железистые клетки, железистые чешуйки и вместилища выделений. Эти образования обыкновенно находятся в основной ткани разнообразных органов растений—в листьях благородного лавра, магнолии, мирта, эвкалипта, зверобоя и др., в корнях валерьяны, в корневищах приса, в коре, древесине и сердцевине камфарного лавра, в кожуре плодов лимона, апельсина и др. Эти вместилища выделений лежат чаще вблизи поверхности, вследствие чего во многих случаях видны даже невооруженным глазом.

По способу образования вместилищ выделений различают схизогенные и лизигенные (схизо—раскалываю, лизис—растворяю) вместилища.

Схизогенные вместилища образуются от расхождения клеток; в результате этого расхождения возникают замкнутые межклетные полости, которые заполняются летучими эфирными маслами и другими веществами. Эти вещества просачиваются из клеток, выстилающих вместилища и функционирующих, как железки. Эти железистые клетки, выстилающие схизогенные вместилища, образуют, как правило, только один слой. Форма выстилающих клеток большей частью таблитчатая. Эти клетки иногда образуют выступы внутрь вместилища. Выстилающие клетки отличаются от соседних клеток ткани по форме, величине и содержанию. Стенки этих клеток тонкие (рис. 59).

Лизигенные вместилища возникают в процессе растворения группы клеток. Остатки растворившихся оболочек и других элементов клеток иногда бывают заметны в скопившихся выделениях (рис. 60).

У некоторых растений, в частности у руты (*Ruta graveolens*), оба способа образования вместилищ выделений соединяются. Сначала расходятся клетки и образуются межклетные пространства, заполняющиеся выделениями из клеток, а затем сами выделяющие клетки начинают растворяться и смешиваются с продуктами выделений.

По месту нахождения выделительные железки могут располагаться как на поверхности органа, так и внутри — **н а р у ж н ы е и в н у т р е н н и е ж е л е з к и**.

Наружные железки представлены железистыми волосками. Волоски могут быть как одноклеточными, так и многоклеточными.

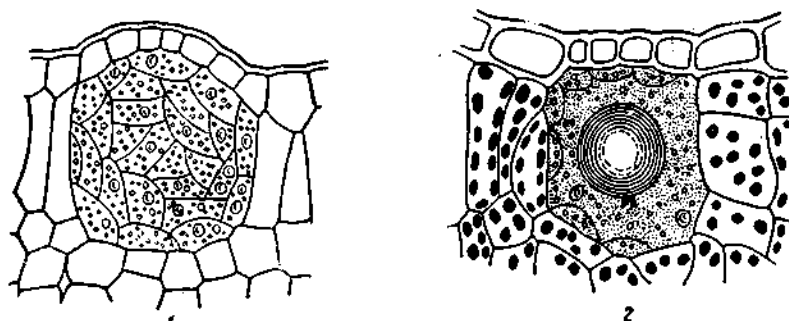


Рис. 60. Образование лизигенного вместилища в листе *Dictamnus fraxinella*.

1 — в клетках вместилища начинают образовываться капли эфирного масла; 2 — эфирное масло слилось после растворения клеточных оболочек в одну большую каплю.

Одноклеточные волоски целиком, а многоклеточные в округляющейся и вадующейся конечной клетке представляют собой железки. Эти железки содержат зернистую протоплазму и вырабатывают секреты, выделяя их наружу часто через разрыв оболочки (рис. 61).

К внутренним железкам относятся клетки эпителиального слоя щитка у зерен злаков, в которых образуется диастаз, превращающий крахмал эндосперма в сахар. Образующийся при этом сахар всасывается теми же эпителиальными клетками и передается зародышу. Таким образом, эпителиальные клетки щитка злаков выполняют двойную роль: они функционируют и как железки, и как воспринимающая ткань. К внутренним железкам, в которых накапливаются экскреторные вещества, относятся также клетки с друзами и рафидами, а также дубильными веществами.

По своим физиологическим функциям и характеру выделений железки также резко различаются. В частности, есть железки, выделяющие пищеварительные энзимы, — так называемые пищеварительные железы, и выделяющие сладкий нектар, известные под названием нектарников. Встречаются и различные иные типы железок.

У некоторых, так называемых насекомоядных растений существуют специальные железки, которые выделяют энзимы, переваривающие белки. Эти энзимы действуют на пойманных насекомых таким образом, что продукты переваривания оказываются легко усвояемыми для растений. У известного насекомоядного растения росянки (*Drosera*) выделительные элементы находятся на концах листовых ресничек, служащих обыкновенно для улавливания насекомых. В этих ресничках выделяются как пищеварительные энзимы, так и клейкие вещества, которые удерживают

насекомых. У *Nepenthes* и *Sarracenia*, имеющих кувшинообразные ловушки, частью наполненные жидкостью, железы выделяют энзимы в жидкость, из которой продукты переваривания поглощаются растением. У некоторых других родов насекомоядных растений, например у венериной мухоловки (*Dionaea*) и жирянки (*Pinguicula*), железы проявляют активность только тогда, когда стимулируются прикосновением животных.

Особую группу железок составляют **секреторные**, которые выполняют важную роль при перекрестном оплодотворении энтомофильных растений, так как привлекают насекомых-опылителей. Выделение нектара осуществляется специализированными клетками, расположенными на частях самого цветка или на прицветных образованиях вне цветка. Обычно выделение нектара происходит в специализированных клетках кожицы, которые покрывают некоторые участки цветка. У некоторых же семейств, например молочайных (*Euphorbiaceae*), развиваются вполне специализированные образования для выделения нектара. В менее специализированных нектарниках выделительные клетки лежат поверхностно на цветочных частях и в большинстве случаев похожи на другие эпидермальные клетки той же ткани, отличаясь от них отсутствием кутикулы. Нектар выделяется через оболочку и собирается на наружной нектароносной поверхности. Выделительные клетки поверхности рыльца принадлежат к тому же типу, как и клетки нектарников, но только менее резко выделяются среди нормальных эпидермальных клеток.

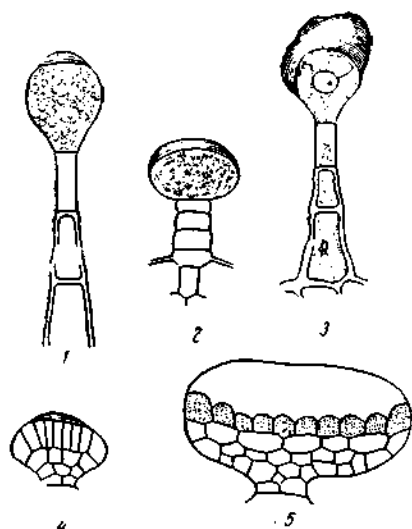


Рис. 61. Железистые волоски.

1, 2, 3 и 4—на черешке *Pelargonium zonale*, 1 и 2—эфирное масло, вырабатываемое крайней клеткой волоска, поднимает кутикулу; 3—эфирное масло вышло из железистой клетки; 5—железка на листе черной смородины (*Ribes nigrum*).

Живые клетки тканей и органов растения нуждаются в общении с атмосферой. В процессе дыхания они используют кислород, в процессе ассимиляции—углекислый газ. Воздуходоносные межклетники вместе с выводными отверстиями в наружных слоях покровных тканей составляют особую систему со специфическими функциями, которая называется **системой проветривания**. Элементами системы проветривания являются: 1) воздухоносные межклетники, 2) устья листьев и стеблей, 3) своеобразные пневматоды воздушных корней некоторых растений и 4) чечевички.

СИСТЕМА ПРОВЕТРИВАНИЯ

Живые клетки тканей и органов растения нуждаются в общении с атмосферой. В процессе дыхания они используют кислород, в процессе ассимиляции—углекислый газ. Воздуходоносные межклетники вместе с выводными отверстиями в наружных слоях покровных тканей составляют особую систему со специфическими функциями, которая называется **системой проветривания**. Элементами системы проветривания являются: 1) воздухоносные межклетники, 2) устья листьев и стеблей, 3) своеобразные пневматоды воздушных корней некоторых растений и 4) чечевички.

Межклетники выполняют существенную роль в жизненных процессах живых клеток растений. Через них осуществляется облегченный газовый обмен между клеткой и окружающей средой при ассимиляции и при дыхании. Такому облегченному газовому обмену способствует то обстоятельство, что стенки клеток, соприкасающиеся с межклетниками, обыкновенно тонкие. Обычно все межклетные пространства образуют связную сеть ходов, по которым воздух может легко проникать во все части растения. Особенно сильно развиты межклетники у водяных и болотных растений, у которых при отсутствии значительных межклетных

пространств был бы сильно затруднен кислородный обмен, так как в стоячих водах болот всегда бывает мало растворенного кислорода.

Межклетные ходы идут по всему растению от кончиков корней до ветвей, они проникают и в листья, и в части цветков и плодов. Их нет только в меристеме. Таким образом, внутри растения образуется замкнутое пространство, в котором происходит газовый обмен.

Поглощение растением воздуха из атмосферы осуществляется через устьица.

Таким образом, основным органом системы проветривания являются замыкающие клетки устьиц, все время находящиеся в движении. Это движение связано с биологическими процессами—с образованием углеводов, процессом осмоса и процессами обмена веществ в протоплазме.

Следующим органом системы проветривания являются *чечевички*. Они заменяют собой устьица при образовании вторичной покровной ткани.



МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Термин «морфология» происходит от греческого слова «морфе» — форма и «логос» — учение. Этот термин был предложен в конце XVIII века известным поэтом Гёте, занимавшимся также естественными науками, в том числе и морфологией растений.

Морфология возникла из естественной необходимости в описании внешней формы растений. С развитием учения о метаморфозе, т. е. превращении одних органов растений в другие, и с выяснением некоторых общих закономерностей в строении растений морфология получила более теоретическое направление. Позднее, в связи с исследованиями истории индивидуального развития в различных группах растений и выяснением некоторых общих закономерностей этого развития, возникла сравнительная морфология, позволяющая устанавливать возможность перехода от одних групп растений к другим и дающая основу для выяснения хода эволюции растительного мира. Морфология растений тесно связана с систематикой; с одной стороны, она является подсобной дисциплиной при изучении последней, с другой стороны — морфология влияет своими выводами о происхождении и тождестве тех или иных органов растений в различных их группах на построение научной филогенетической системы растений, отражающей их родственные отношения между собой.

К области морфологии растений относится изучение формы, строения и истории индивидуального развития растений.

Вегетативными органами у растений называют органы, служащие для поддержания их индивидуальной жизни. У высших растений основными вегетативными органами будут корни, стебли и листья. Вегетативное тело низших растений, не расчлененное на стебель и листья, называют т а л о м о м, или с л о в н и с м.

КОРЕНЬ

ПРИЗНАКИ КОРНЯ

Корень — это один из основных вегетативных органов высших растений. Главнейшими функциями корня являются прикрепление растения к почве и всасывание из нее воды и растворенных в ней минеральных веществ.

Корень закладывается в зародыше семени в виде первичного корешка, который при прорастании семени выходит наружу, и, развиваясь дальше, дает г л а в н ы й к о р е н ь, обладающий способностью расти своей верхушкой только вниз. Это свойство главного корня называется положительным геотропизмом. Некоторые корни являются отрицательно геотропичными. Эти два свойства главного корня и обуславливают углубле-

ние его вертикально в землю. Участок на границе между главным корнем и стеблем называется **корневой шейкой**; у молодых проростков в этом месте бывает заметен переход от более толстого стебля к тонкому корню. Участок стебля от корневой шейки до первых зародышевых листьев (семядолей) называют **подсемядольным коленом**, или **гипокотилем** (от греч. гипо—внизу, под, котиледон—сосальце, присоска, переносно—семядоля).

По мере роста корень ветвится. От главного корня отходят в разных направлениях боковые корни первого порядка, от которых в свою очередь

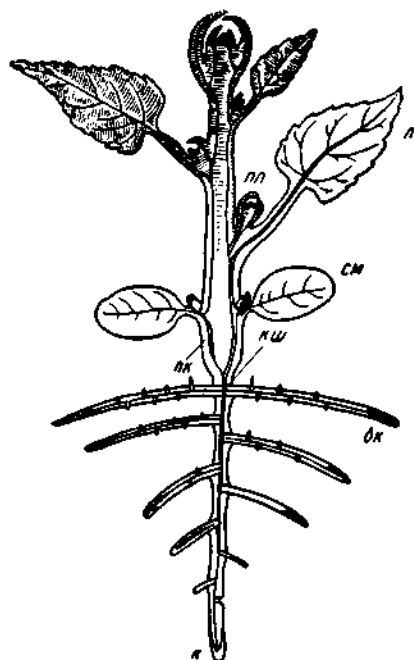


Рис. 62. Схема расположения вегетативных органов у двудольного растения.

к—главный корень; бк—боковые корни; кш—корневая шейка; ПК—подсемядольное колено; см—семядоля; л—лист; п—пазушная почка; в—верхушечная почка и конус нарастания стебля.

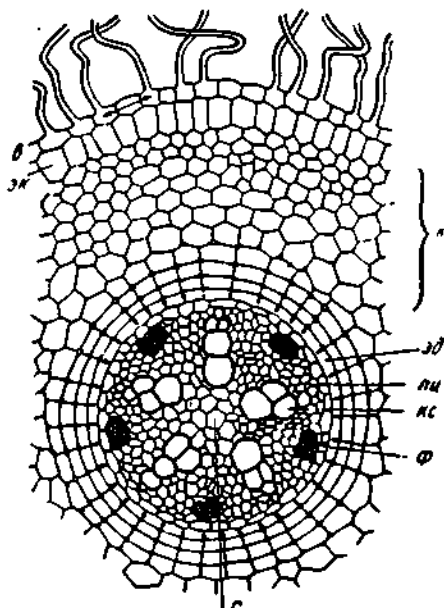


Рис. 63. Поперечный разрез корня в воле корневых волосков.

э—волосконосный слой с корневыми волосками; эк—экзодермис; пц—паренхима и внутренняя кора; эд—эндодерма; пц—перicycle; ф—флоема; кс—ксилема; с—серцевина.

могут отходить корни второго порядка, а от них корни третьего и следующих порядков. Корни первого порядка являются слабо геотропичными, а корни второго и следующих порядков совершенно безразлично относятся к действию силы земного притяжения и могут расти в разных направлениях (рис. 62).

Разветвления главного корня и его ветвей называют **боковыми** корнями. Боковые корни у семенных растений происходят эндогенно, т. е. из внутренних частей корня (рис. 63 и 64). У большинства семенных растений боковые корни образуются против пучков первичной древесины, у злаков, осок—против луба и в связи с этим располагаются не беспорядочно, а правильными продольными рядами, так называемыми **ортостами** (от греч. ортос—прямой, стихос—ряд, линия). Эта правильность иногда нарушается появлением боковых корней и из других участков перидермы. Ветвление корней происходит от основания к верхушке. Существенным отличием корня является то, что он никогда не образует листьев.

ПРИДАТОЧНЫЕ КОРНИ

Кроме главного и боковых корней, у многих растений образуются так называемые придаточные корни. По своему строению и функциям придаточные корни таковы же, как главные и боковые корни. Основным отличием придаточных корней от других является то, что они развиваются не из корней, а из других частей тела растений—стеблей и листьев (рис. 65). Придаточные корни играют большую роль в жизни растений, так как они увеличивают корневую систему, а там, где нет главного и боковых корней, заменяют их. У однодольных растений главный корень часто довольно скоро останавливается в развитии, а вся корневая система образуется из придаточных корней, развивающихся из нижней части стебля. У многих хлебных злаков главные (зародышевые) корни хотя и сохраняются до конца жизни, но все же главная масса корней образуется за счет придаточных корней.

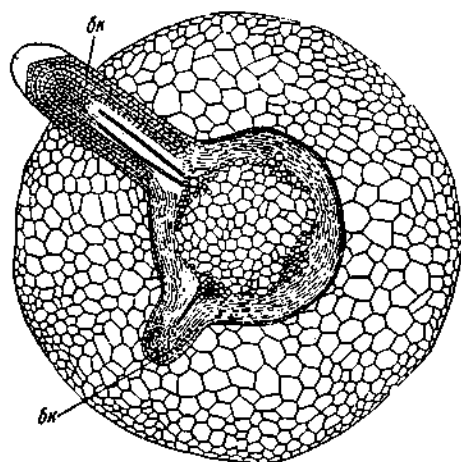


Рис. 64. Заложение боковых корней у *Phaeolus multiflorus*. Поперечный разрез.
бк—молодые боковые корни.

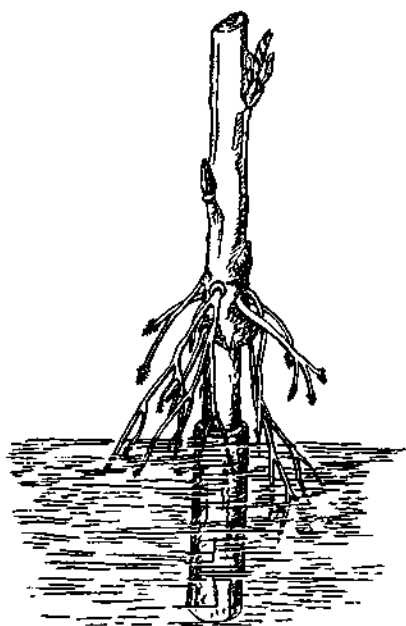


Рис. 65. Образование наплыва и придаточных корней над местом кольцеобразной вырезки коры и стволе лвы.

Придаточные корни возникают из подсемядольного колена и нижних частей стебля также у многих двудольных растений. Присыпка и окучивание растений вызывают образование из стебля, засыпанного землей, придаточных корней, способствующих большей устойчивости и лучшему питанию растений. Придаточные корни образуются также на ползучих стеблях (обычно под черешками листьев на узлах), на подземных стеблях, так называемых корневищах, имеющихся у подавляющего большинства многолетних трав, на луковицах из донца их, которое является укороченным стеблем. Поэтому можно считать, что корневая система не только однодольных, но и многолетних травянистых двудольных растений состоит главным образом из придаточных корней.

ФОРМА КОРНЕЙ

По форме большинство подземных корней бывает нитевидными. Однако бывают более или менее конусовидные корни, как у моркови, репчатые, как у репы, свеклы, клубневидные, продолговатые, утолщенные,

как у георгин, чистяка. Если главным корень хорошо развит и превосходит остальные по длине и толщине, то корневая система называется **с т е р ж н е в о й**. Такая система характерна для бобовых. Если стержневой корень ветвится в верхних слоях почвы, то он называется **в е т в и с т ы м**. В тех случаях, когда ветвление начинается на значительной глубине, то такой корень считается **н е в е т в и с т ы м**. Боковые тонкие ответвления, которые обычно отрываются при извлечении корня из почвы, назы-

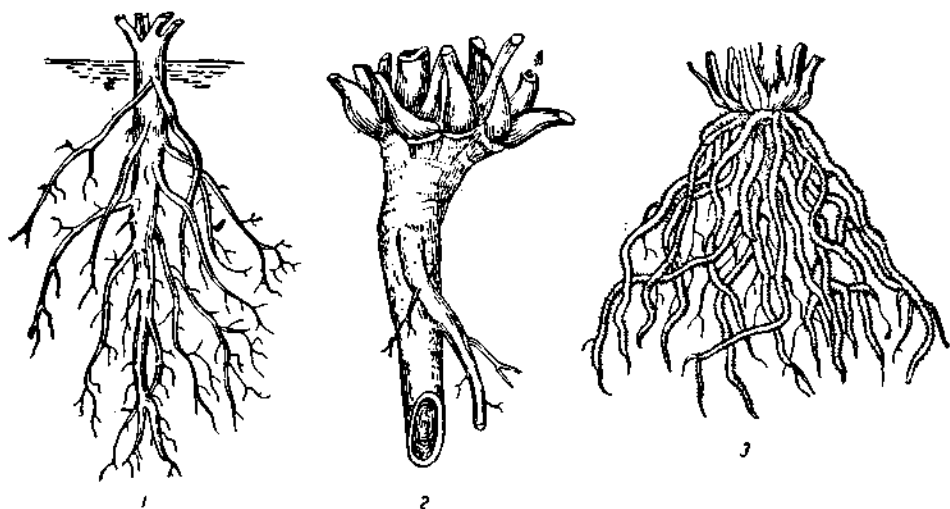


Рис. 66. Характерные особенности корней.

1—стержневой ветвистый корень мальвы; 2—стержневой неветвистый корень одуванчика; 3—мочковатый корень ячменя.

ваются **м о ч к а м и**. Если же главный корень слабо развит и не выделяется в массе боковых и придаточных корней, то такая корневая система называется **м о ч к о в а т о й**, или **п у ч к о в а т о й**. Подобная корневая система у злаков (рис. 66).

ЗОНЫ КОРНЯ

Строение корня по длине оси не однородно. Кончик корня представляет самую молодую часть и целиком состоит из меристемы. Снаружи кончик корня прикрыт корневым чехликом, который защищает нежные клетки меристемы от повреждений при углублении корня в землю. Клетки корневого чехлика возникают чаще всего из обособленного участка меристемы, находящегося у основания чехлика. Этот слой меристемы, или иначе **калиптрогенный слой**, образует клетки в направлении, диаметрально противоположном образованию новых клеток корня, почему кончик чехлика является самой старой его частью. Клетки кончика чехлика обладают высоким тургором и при продвижении корня вглубь раздвигают частицы почвы, прокладывая путь корню. Значительная часть клеток при этом гибнет от механических повреждений, но быстро заменяется новообразующимися клетками. В клетках осевой части корневого чехлика содержатся крахмальные зерна, которым приписывается роль **статолитов**, т. е. органов, воспринимающих действие силы тяжести. Этот орган дает корням ориентировку в направлении силы тяжести, после чего наступает положительная геотропическая реакция.

Когда корень находится в нормальном для него положении, т. е. обращен вертикально вниз, то крахмальные зерна лежат, сгрудившись на

определенных стенках клеток, которые являются нормально нижними. Если же корень положить горизонтально, то крахмальные зерна перевалятся на стенки, которые раньше были боковыми, и окажут раздражение на протоплазму на новом, необычном месте. Это раздражение передается дальше, в так называемую зону роста. Там наступит и з г и б а н и е корня, которое будет продолжаться до тех пор, пока верхушка корня с корневым чехликом опять не обратится вертикально вниз, а крахмальные зерна не попадут снова на свое нормальное прежнее место.

В настоящее время установлено, что более близкой причиной геотропических (реакций) изгибов у растений является неравномерное распределение особых ростовых веществ, которое наступает под действием силы тяжести.

В боковых корешках, лишенных геотропической чувствительности, крахмальные зерна, играющие роль статолитов, не встречаются.

Кончики или верхушки корней представляют точку роста. Точка роста состоит из первичной образовательной ткани; здесь происходит усиленное размножение клеток делением.

За точкой роста следует зона роста, в которой клетки сильно вытягиваются в длину: эта зона представляет собой область, где и самый корень сильно растет. Сильный рост корня в этой зоне можно заметить: если на концах корней нанести тупью тонкие черточки на равном расстоянии и близко друг от друга

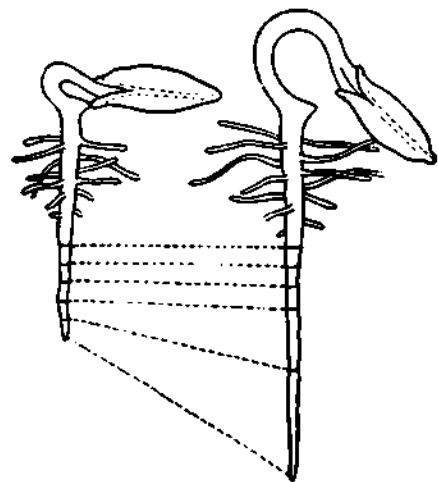


Рис. 67. Проростки тыквы.

то скоро выделится зона роста, так как в ней черточки будут сильно раздвинуты вследствие удлинения корня (рис. 67).

Растяжением клеток их рост еще не заканчивается, а происходит внутренняя дифференцировка, т. е. изменение в составе и строении оболочки и т. д., в соответствии с положением и значением клетки в общей системе организма.

Таким образом, в росте корней, как и вообще в росте растений, надо различать следующие три этапа: 1) рост—деление клеток; 2) рост—растяжение; 3) рост—дифференцировка.

За зоной роста—растяжения—на небольшом расстоянии от кончика начинается очень важная для всего организма зона всасывания: в этой зоне корень густо покрыт многочисленными корневыми волосками (рис. 68), являющимися выростами клеток кожицы. Эти волоски легко наблюдать на корнях от семян, которые прорастивались во влажной камере на пропускной бумаге. Очень хороши для таких наблюдений проростки кресс-салата и тыквы.

Корневые волоски представляют собой длинные выросты поверхностных клеток корня. Волосок не отделяется стенкой от породившей его клетки, а имеет с нею общую полость. Клетки всасывающей ткани обладают очень тонкими внешними стенками. В силу этого вся их поверхность, соприкасающаяся с внешней средой и покрытая корневыми волосками, способна поглощать воду. Вследствие этого воспринимающая поверхность корня значительно увеличивается. Длина корневых волосков колеблется

от нескольких сотых миллиметра до 1,5 мм, что во много раз превышает величину клеток, от которых они отходят. Волоски имеют вид очень тонких цилиндрических нитей с чрезвычайно тонкими оболочками, облегчающими поступление веществ в клетку. Корневые волоски так плотно облегают отдельные частицы почвы и так прочно к ним прилипают, что отделить их без повреждения бывает невозможно. Такое прочное соединение волосков

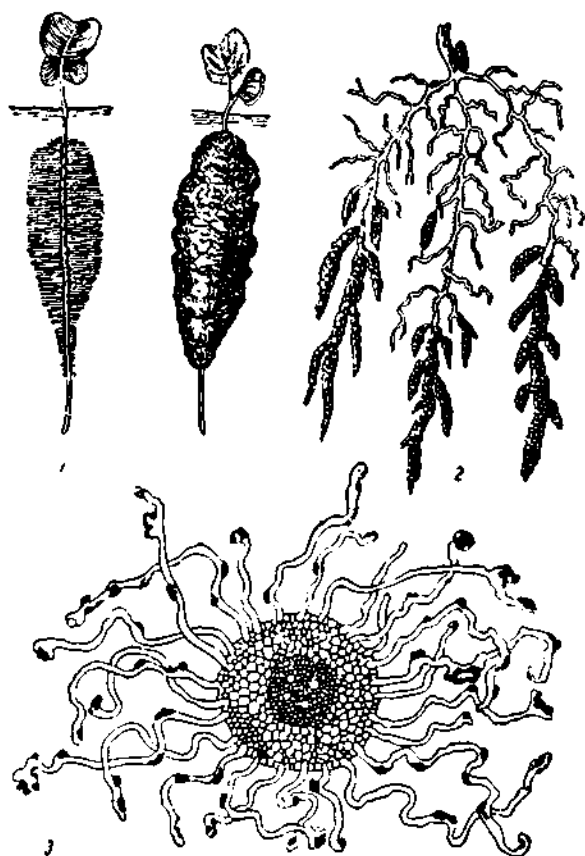


Рис. 68. Корневые волоски в зоне всасывания.
1—у рапса; 2—на корнях алфавов; 3—срастание корневых
волосков с частицами почвы.

с частицами почвы обусловлено тем, что наружные слои оболочки волосков подвергаются иногда ослизнению и частицы почвы как бы приклеиваются к волоскам. Корневые волоски не только пассивно всасывают уже имеющиеся в почве водные растворы различных веществ, но сами выделяют угольную кислоту, способствующую растворению минеральных веществ почвы.

Хотя корневые волоски занимают очень ограниченную зону по отношению к длине всего корня, но если учесть, что они находятся на всех многочисленных мочках корня, пронизывающих значительную толщу почвы, то их суммарная всасывающая поверхность оказывается очень значительной. Благодаря образованию корневых волосков поглощающая поверхность корня увеличивается в 5—10—20 и даже 40 раз.

Многие водные и болотные растения, например калужница (*Caltha*), трифоль или вахта, белая кувшинка и др., почти не имеют корневых волосков. Нет корневых волосков также у паразитных растений, на многих воздушных корнях у орхидей и др.

КОРНИ С ОСОБЫМИ ФУНКЦИЯМИ

У многих многолетних растений с розетками прикорневых листьев, несмотря на отмирание старых листьев и развитие новых на несколько удлиняющемся стебле, розетки листьев всегда оказываются плотно прижатыми к земле. Такое прижимание происходит в результате функции особого типа корней, которые называются *втягивающими корнями*. Эти корни на некотором, сравнительно небольшом участке укора-

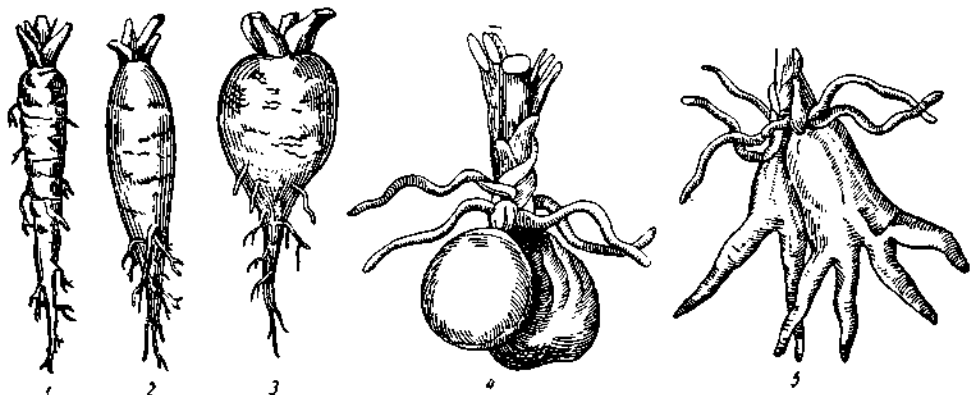


Рис. 69. Метаморфозы корней.

1—2—веретеновидные корни; 3—реповидный корень; 4—шишковидный, или клубневидный, корень ятрышника; 5—пальчаторазветвленный корень кокушника.

чиваются на 10—70% первоначальной длины. Благодаря деятельности этих корней луковицы у луков, пролесок (*Scilla*), гадючего лука (*Muscari*) и др., клубнелуковицы и клубни у шафранов (*Crocus*), безвременника (*Colchicum*), многих орхидей и др., корневища у водосбора, касатиков и др. втягиваются под землю. Втягивающие корни имеют поперечную морщинистость и тем отличаются от обычных корней.

У некоторых растений корни служат как *вместилища запасных питательных веществ*, в связи с чем в процессе роста и развития растений они становятся толстыми и мясистыми (рис. 69). Такому превращению могут подвергаться как главный, так и боковые и придаточные корни. У многих двулетников в первый год жизни образуется лишь розетка прикорневых листьев и сильно утолщается главный корень; на второй год из почки, находящейся среди розетки отмерших листьев, развивается цветущий и плодоносящий стебель, после чего все растение погибает. Таковы культивируемые так называемые корнеплоды: морковь, петрушка, репа, брюква, редька, свекла и др. То, что называют у этих растений корнем, в морфологическом смысле представляет не только корень: верхняя часть—головка, несущая листья, является укороченным стеблем; под ней находится гладкая, без корешков шейка, являющаяся подсемядольным коленом, а нижняя часть с отходящими от нее боковыми корешками есть собственно корень.

Подобные же мясистые, утолщенные главные корни бывают у некоторых многолетников, например у цикория, козельца (*Scorzonera hispanica*) и др.

В тех случаях, когда утолщенные мясистые вместилища запасных питательных веществ образуются на боковых или придаточных корнях, их называют **к о р н е в ы м и к л у б н ы м и**, или **к о р н е в ы м и ш и ш к а м и**. Такие корневые клубни имеются у георгиин и некоторых лютиковых. Они несут на вершине придаточные почки. Такие корневые клубни служат не только для перезимовки, но и для вегетативного размножения. В молодом состоянии корневые клубни имеют корневые волоски и чехлик, которые позднее сбрасываются. От подземных стеблевых клубней они отличаются полным отсутствием редуцированных чешуйчатых листьев.

Запасные питательные вещества в мясистых корнях могут откладываться в различных частях.

У многих тропических древесных растений из стволов и ветвей развиваются придаточные воздушные корни, растущие вниз к земле, они служат и для опоры, и для питания. В тех случаях, если они отходят от нижней части ствола и растут косо, под некоторым углом вниз, их называют **х о д у л ь н ы м и**. Такие корни развиты главным образом у деревьев, растущих в воде, в мелких илистых морских лагунах, в устьях и в нижних течениях рек. Растительность таких мест, встречающаяся в тропиках обоих полушарий, носит название мангровой.

Функции питания и подпорок выполняют также придаточные воздушные корни, отходящие вниз в землю от горизонтальных или косых ветвей многих тропических деревьев и эпифитных древесных растений. Эпифитами (от греч. эпнес—над и фитон—растение) называют растения, которые поселяются на других растениях, главным образом на стволах и ветвях, и используют их лишь как место прикрепления, но не для питания. Такие корни можно наблюдать у монстеры (*Monstera deliciosa*), разводимой часто в комнатах под неправильным названием филодендрона. У некоторых тропических деревьев подобные корни образуются в большом числе, достигают 5—10 м в окружности, поддерживают и питают окружающую крону. Такие корни получили название **с т о л б о в и д н ы х к о р н е й**. Примером такого типа корней является индийский баньян (*Ficus bengalensis*), который развивается вначале из семян, занесенных птицами, как эпифит на других деревьях. В процессе этого развития образуется огромная крона, покоящаяся только на таких столбовидных корнях. Крона такого баньяна может занимать площадь больше полгектара и издали кажется целой рощей.

У лазящих лиан, кроме нормальных питающих корней, из стеблей развиваются еще придаточные **к о р н и - п р и ц е п к и**, которыми они прикрепляются к другим растениям, скалам, стенам и поднимаются вверх. Такие корни-прицепки имеют плющ, ваниль, некоторые фикусы (*Ficus radicans*, *F. stipulata*), североамериканская текома (*Tecoma radicans*), разводимая часто у нас на юге, и др.

У некоторых тропических эпифитов из семейства орхидных, ароидных, бромелиевых, кроме корней, прикрепляющих их к с у б с т р а т у и питающих, образуются еще придаточные корни, свешивающиеся в воздух, так называемые **в о з д у ш н ы е к о р н и**. В сухом состоянии эти корни серебристо-белого цвета; с поверхности они покрыты несколькими слоями мертвых клеток, лишенных содержимого, со спиральными утолщениями и с порами в оболочках. Клетки эти легко поглощают воду из атмосферных осадков, а также из водяных паров атмосферы (рис. 70).

Особенно сильно уклоняются в своем строении корни многих тропических орхидей, имеющих плоские лентовидные корни, свободно висящие в воздухе наподобие шнурков. В связи с тем, что эти корни освещены, в них не только имеется хлорофилл, в отличие от обыкновенных корней, но они

могут даже заменять настоящие листья. Настоящие же листья низводятся у этих растений до маленьких чешуй (рис. 71).

У таких плоских лентовидных корней на нижней стороне, прилегающей к субстрату, образуются корневые волоски, служащие для прикрепления и поглощения воды и солей, а верхняя сторона содержит хлорофилл и ассимилирует углерод. Из наших растений зеленые ассимилирующие корни имеет водяной орех, у которого они выходят из подсе-

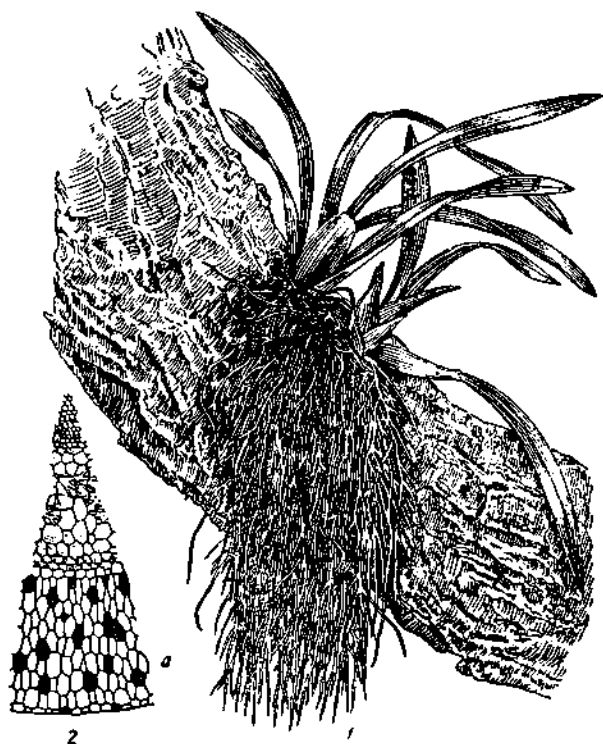


Рис. 70.

1—эпифитная орхидея с воздушными корнями; 2—часть поперечного разреза воздушного корня орхидеи; а—наружные слои мертвых клеток, поглощающих воду.

мядольного колена и стебля в виде перисто рассеченных нитей, плавающих в воде. У водяного ореха эти корни в фотосинтезе играют небольшую роль, так как у него имеются и хорошо развитые нормальные листья.

Многие растения, живущие на болотах, а также на почвах, бедных кислородом, образуют особые, так называемые дыхательные, или вентилиационные, корни—пневматофоры (от греч. пневма—дыхание и форео—несу). Эти корни растут из подземных корней или корневищ вертикально вверх (они отрицательно геотропичны) и выступают из воды или почвы. Такие корни имеют многие мангровые деревья, американский болотный кипарис (*Taxodium distichum*) и др.

Дыхательные корни имеют ряд анатомических особенностей, облегчающих газообмен.

У белой омелы (*Viscum album*), полупаразита различных древесных пород, образуются длинные цилиндрические или слегка сплюснутые, со-

державшие хлорофилл корни, растущие в коре растения, на котором они паразитируют; от этих корней отходят присоски в древесину; из придаточных почек на этих корнях образуются побеги, пробивающиеся через кору наружу.

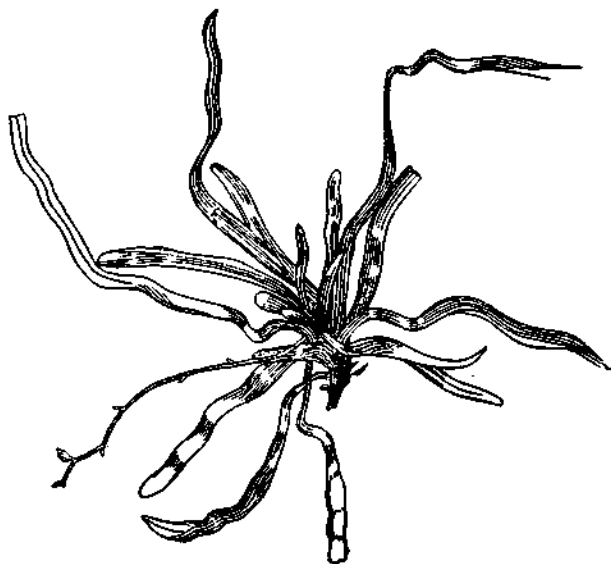


Рис. 71. Орхидное *Taeniophyllum zollingeri* с листовидными воздушными корнями.

МИКОРИЗА И КЛУБЕНЬКИ НА КОРНЯХ

У многих травянистых и древесных растений, преимущественно лесных, кончики корня густо опутаны грибницей, которая образует настоящий белый чехол. Такое сожительство корней высших растений с грибами известно под названием микоризы (от греч. микес—гриб и риза—корень).

Микоризы бывают двух типов: 1) наружные, или эктотрофные (экзотос—снаружи, эндон—внутри, трофо—питаю), когда грибок оплетает нитями наружные части корней и проникает в межклетники самых наружных слоев коры, но не внедряется в полости клеток; 2) внутренние, или эндотрофные, когда нити гриба внедряются внутрь клеток и в массе протопласта образуют разветвления.

Эктотрофные микоризы распространены у древесных растений: видов клена, дуба, хвойных пород, березы, тополя, орешника, сливы, груши, липы и др. Эндотрофная микориза установлена на корнях очень большого числа видов растений как древесных, так и травянистых. К последним относятся лихостов, костер, овсяница, овес, ячмень, рожь, пшеница, кукуруза, лук, герань (*Geranium*), калужница болотная (*Caltha palustris*), ирис, земляника, колокольчик, виноград и др.

В присутствии микоризы обыкновенно корневые волоски не развиваются, так что веточки грибницы как бы заменяют их. Предполагают, что грибок не только заменяет высшему растению корневые волоски, служащие для получения из почвы воды и минеральных солей, но доставляет ему неминерализованные органические азотистые соединения, которые высшее растение самостоятельно не может усваивать. Опытами установлено, что некоторые растения на почве, богатой органическими веществами, с микоризой растут лучше, чем без нее. В свою очередь от высшего растения грибок берет углеводы.

Способ питания растений, пользующихся микоризой, называется **микотрофным**. По-видимому, нити микоризного гриба обладают способностью передавать в корни растворы таких веществ, которые не могут поступать при посредстве корневых волосков.

В корнях растений семейства бобовых поселяются особые бактерии, проникающие туда из почвы и вызывающие появление на них разрастаний паренхимной ткани корня в виде наростов и клубеньков, хорошо видных простым глазом. Бактерии эти усваивают свободный азот из воздуха почвы. Так как часть бактерий отмирает и усваивается бобовыми растениями, то эти растения косвенно питаются за счет азота атмосферы, недоступного другим растениям. Бактериям этим дают общее название *Bacterium radicicola*. Заражение корня происходит через корневые волоски таким образом: сначала эти бактерии собираются около корневых волосков, а затем выделяют общий покров и целой массой в виде тяжа врастают через корневой волосок в ткань корня. Корень реагирует на проникновение бактерий разрастанием ткани, в результате чего и возникает клубенок, как бы нарост вокруг бактериального скопления. Впоследствии покров клубенька подвергается растворению, последний разрушается, а бактерии попадают в почву и заражают новые корни бобовых растений. Остатки бактериальной ткани используются растением для питания. При помощи клубеньковых бактерий бобовые растения получают возможность использовать для своих нужд свободный азот атмосферы.

ПРИДАТОЧНЫЕ ПОЧКИ НА КОРНЯХ

На корнях многих растений возникают эндогенно, как и боковые корни, так называемые придаточные почки, которые развиваются впоследствии в надземные о листовные побеги, называемые часто корневыми отпрысками или корневой порослью. К таким растениям, называемым часто **корнеотпрысковыми**, относятся осина, тополь, серая ольха, ивы, сирень, белая акация, барбарис, малина, ежевика, вишня, слива, молочай, вьюнок, щавель, одуванчик, хрен и многие другие.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОРНЯ

В различных частях корень несет различные функции, а потому и строение его неодинаково.

В структуре корня выделяется всасывающий аппарат—кора и аппарат, объединяющий в себе механическую и проводящую функции, а именно **осевой цилиндр**, т. е. совокупность радиально расположенных проводящих пучков.

Первичное строение корня. В пределах всасывающей зоны, т. е. зоны, покрытой корневыми волосками, на поперечном разрезе резко выделяются две обособленные части: наружная, сравнительно рыхлая,—кора и внутренняя, более плотная—центральный цилиндр, причем кора развивается значительно сильнее, чем внутренняя часть. Такое строение корня известно под названием первичного. Первичное строение корня сохраняется у многих однодольных растений в течение всей жизни. У двудольных растений оно свойственно только очень молодым корням, а затем быстро подвергается изменению.

Коровая часть корня состоит из паренхимных клеток с тонкими стенками, располагающихся более или менее правильными концентрическими слоями. Поверхностный слой клеток **кору** с корневыми волосками составляет волосконосный слой (см. рис. 63). Второй слой коры состоит из

более крупных многогранных клеток, более вытянутых по радиусу по сравнению с клетками волосконосного слоя и тесно соединенных друг с другом радиальными стенками. Большое значение этого слоя, называемого э к з о д е р м и с о м, выступает тогда, когда корневые волоски отмирают; к этому времени стенки экзодермиса пропитываются пробковым веществом и образуют защитный для корня слой клеток с опробковевшими стенками. Вся же кора состоит из живых, тонкостенных паренхимных клеток. Иногда в коре различают наружную и внутреннюю части. В наружной части клетки лежат концентрическими слоями без ясных радиальных рядов и почти без межклетников; клетки увеличиваются в размере в глубь корня. Внутренняя часть коры с межклетниками состоит иногда из более округлых клеток, иногда из четырехгранных, расположенных радиальными рядами, в которых размер клеток уменьшается внутрь корня. По углам клеток имеются межклетные пространства, тоже уменьшающиеся внутри корня.

Внутри коря заканчивается слоем клеток, называемых эндодермой, которая на поперечном разрезе корня представляет кольцо, окружающим центральный цилиндр. Клетки эндодермы тесно соединены между собой (рис. 72), несколько вытянуты по длине корня. У них часто внутренние и радиальные стенки бывают сильно утолщенными и опробковевшими, тогда как наружная стенка остается тонкой. У некоторых растений в эндодерме пробковеют только радиальные тонкие стенки, и тогда на поперечных

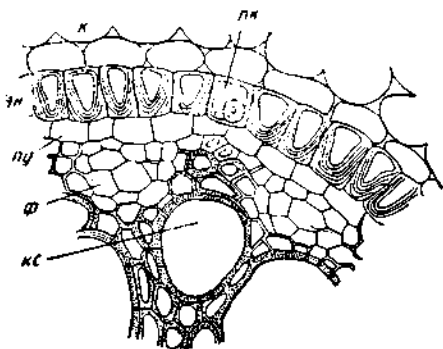


Рис. 72. Часть поперечного среза корня *Iris florentina*.

к—кора; эн—эндодерма; пк—перикцикл; ф—пропукные клетки; ф—флоэма; кс—полость сосуда в ксилеме.

разрезах от утраченного тургора сокращаются стенки, состоящие из клетчатки, а опробковевшие стенки как менее эластичные образуют складки, которые видны как бы в форме вздутий на радиальных стенках клеток эндодермы; такие вздутия называют пятнами Каспари. В пятнах Каспари оболочка иногда окрашивается и суданом, и флороглюцином, что указывает как будто на одновременное и одревеснение, и опробковение. Эндодерма с опробковевшими внутренними стенками отделяет непроницаемым слоем первичную кору от центрального цилиндра. Для прохода воды, поступающей через корневые волоски и кору в сосуды, находящиеся в центральном цилиндре, среди клеток эндодермы в местах, где к ней подходит ксилемная часть сосудисто-волокнистого пучка, остаются п р о в о д я щ и е, или п р о п у с к н ы е, клетки. Пропускные клетки имеют стенки из клетчатки и сохраняют живое содержимое (см. рис. 72).

Если кора отмирает, а пробка еще не образуется, эндодерма может служить покровной тканью центрального цилиндра, охраняя его от высыхания и от сдавливания почвой. В месте отмирания коры корень становится значительно тоньше, чем более молодая часть кончика корня.

Центральный цилиндр корня начинается слоем паренхимных клеток с тонкими стенками из клетчатки, богатых плазмалитическим содержимым. Этот слой называется п е р и к а м б и е м или п е р и ц и к л о м. В этом слое закладываются боковые корни. Перикамбий на поперечном разрезе легко отличить от эндодермы, так как его радиальные стенки не продолжают радиальных стенок эндодермы (см. рис. 63).

К периферии на равных расстояниях по периферии примыкают ксилемные группы радиального сосудисто-волокнистого пучка. В этих группах первыми появляются самые наружные кольчатые и спиральные мелкие сосуды, а дальше в глубину более крупные сетчатые, лестничные, пористые, точечные; элементы ксилемы в корне расположены обратно их расположению в стебле. Группы клеток древесины, состоящей только из сосудов и трахейд, расширяются к центру и суживаются к периферии, они похожи на заостряющиеся лучи.

Чередуясь с лучами древесины, расположены группы луба, состоящего из ситовидных трубок с сопровождающими клетками-спутницами и лубяной паренхимы. Ситовидные трубки выражены часто не столь типично, как в стебле, и число их гораздо меньше, но зато они несколько крупнее. Пучки ситовидных элементов отличаются от окружающих их паренхимных клеток более блестящими стенками из клетчатки и более густым содержимым. Эти пучки не заходят так глубоко к центру корня, как сосуды. В лубяных пучках более молодые ситовидные трубки лежат внутри корня, как и в стебле.

Между пучками древесины и луба находится тонкостенная паренхима, клетки которой увеличиваются к центру, где образуются между ними межклеточные пространства. У некоторых растений центр всего центрального цилиндра корня занят паренхимой. Только у некоторых растений, например у бобовых, в центральном цилиндре возникают настоящие склеренхиматические элементы. Вообще специальная механическая ткань в корне не развита. Прочность корню придают толстостенные трахеи и трахеиды, а также утолщающиеся и одревесневающие стенки паренхимных клеток как в коре, так и в центральном цилиндре, особенно там, где паренхима отделяет древесину от луба.

Если же в корне имеются механические волокна, то они большей частью сосредоточиваются в центральном цилиндре. Корень сопротивляется на разрыв продольной тягой. В последнем случае сопротивление тем больше, чем поперечное сечение механических элементов больше и чем плотнее они связаны друг с другом. Спайвание всех волокон в один центральный тяж делает корень более устойчивым на сопротивление тяге.

Развитие корня. У хвощей и у многих папоротников происхождение всех тканей корня обусловлено деятельностью одной верхушечной клетки. Эта начальная материнская клетка имеет форму трехгранной пирамиды, выпуклое основание которой обращено к кончику органа. Деление верхушечной клетки усложняется тем, что, кроме дочерних клеток, идущих на образование самого корня, временами появляется четвертая перегородка параллельно основанию. Эта клетка, отделяющаяся наружу от кончика корня, идет на образование корневого чехлика.

У двудольных растений в меристеме точки роста находится не одна верхушечная клетка, а целая группа инициальных клеток, у которых можно установить определенную последовательность в появлении перегородок. Эти клетки лежат по четыре в три этажа. Клетки одного этажа дают начало корневому чехлику и волосконосному слою. Из клеток второго этажа развивается кора корня, а клетки самого внутреннего этажа дают начало центральному цилиндру с перикамбием. Сначала в этом этаже образуются однородные клетки меристемы, потом, отступя немного от конца корня, начинают дифференцироваться элементы проводящей ткани—кольчатые и спиральные сосуды.

У однодольных растений также имеется группа начальных клеток, но расположены они иначе и последовательность деления их иная, чем у двудольных. Корневой чехлик (калиптра) у них имеет собственную меристематическую ткань—к а л и т р о г е н, поэтому граница между корневым чехликом и собственно вершиной корня весьма отчетливая.

Вторичное строение корня. По мере отмирания волосков корень утрачивает функцию всасывания, покрывается экзодермой, укрепляет эндодерму и сохраняет только функцию проведения воды. Таким корень остается до конца жизни у однодольных, у остальных же растений он вскоре перестраивается и дает **вторичное строение**, сходное со строением стебля. При этом корень выполняет три функции: проводящую, механическую и запасающую.

У большинства двудольных растений и у хвойных происходит вторичное изменение корня, которое ведет к его утолщению. Новообразования в корне происходят от деятельности вторичной меристематической ткани, возникающей в центральном цилиндре; со временем эта ткань принимает характер настоящего камбия. Но камбий в корне появляется как вторичное образование, а не из первичной меристемы.

В паренхимных клетках, расположенных внутри от первоначальных лубяных пучков, возникают тангентальные, параллельные поверхности перегородки. От такого деления возникают под каждым пучком луба сначала дугообразные прослойки камбия, изогнутые на поперечном разрезе концами наружу в соответствии с формой лубяного пучка (рис. 73). Появившийся камбий начинает произво-

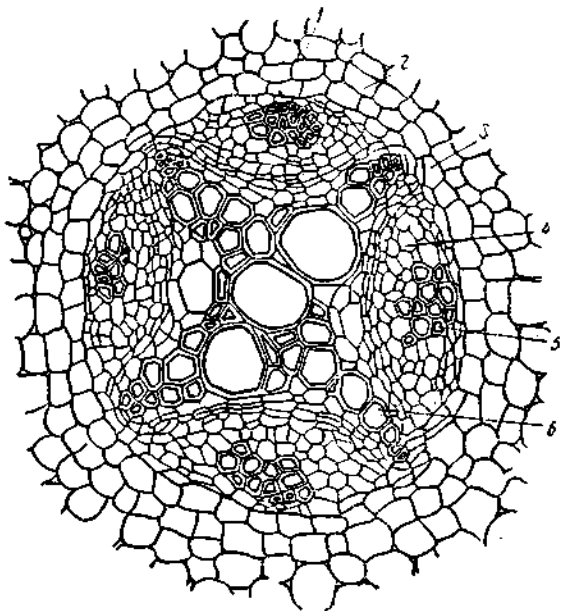


Рис. 73. Образование камбиального кольца в корне.
1 и 2—внутренние слои первичной коры; 3—эндодерма; 4—перифид; 5—камбий; 6—первичная флоэма; 6—первичная ксилема.

дывать внутрь вторичную древесину, а наружу—вторичный луб. Отложение древесины идет быстрее, чем луба, и развивающаяся древесина отодвигает прослойки камбия кнаружи. От этого отодвигания дугообразные прослойки камбия выпрямляются и к ним присоединяются новые камбиальные клетки, образующиеся при делении паренхимных клеток, лежащих между лучами первичной древесины и первичного луба.

В дальнейшем в корнях деревьев возникает сплошное кольцо утолщения, совершенно сходное с камбиальным кольцом ствола.

В развивающейся вторичной древесине возникают также и вторичные сердцевинные лучи; только в корне они немного шире, чем в стебле. Первичные же сердцевинные лучи корня развиваются из клеток камбия, которые появляются при формировании камбиального кольца над лучами первичной древесины радиального сосудисто-волокнистого пучка. В этих местах камбий откладывает паренхимные клетки сердцевинных лучей. Весьма широкие первичные лучи в центре корня доходят не до сердцевин, как в стебле, а упираются в остающиеся лучи первичной древесины. Эти места в центре корня позволяют различать корень и стебель. В сердцевинных лучах корня откладываются запасные питательные вещества на зиму.

К вторичным изменениям корня, не считая изменений в экзодерме, относится образование на старых его частях п е р и д е р м ы, феллоген которой возникает из любого слоя коры, но чаще всего из перидикла. При значительном утолщении корня у деревьев образуется так же, как и на стволе, корка.

У некоторых растений происходит чрезмерное разрастание тех или иных вторичных элементов корня. У многих двулетних растений корень становится мясистым, в нем накапливаются питательные вещества в первый год жизни, когда растение еще не дает семян.

Корням, выполняющим функции хранилищ запасных веществ, присущи некоторые анатомические особенности. По особенностям анатомического строения и месту отложения запасных питательных веществ корнеплоды разделяются на три типа: тип свеклы, тип моркови и тип редиса.

У проростков сахарной свеклы в стадии двух семядольных листьев первичное строение корня имеет нормальный характер. После появления у проростка первых настоящих листьев в корне и подсемядольном колене начинаются вторичные изменения. В паренхимной ткани под флоэмой возникают камбиальные полоски, загибающиеся к концам по направлению к перидиклу и смыкающиеся с ним в виде овального кольца делящихся клеток. Деятельность камбия, вызвавшая вторичные изменения, вскоре прекращается, но вслед за этим проявляется интенсивная деятельность всего пояса перидикла. Клетки перидикла начинают делиться тангентальными и радиальными перегородками, откладывая кнаружи клетки основной ткани. Под радиальным давлением первичная кора изнутри корня разрывается и затем сбрасывается, а на месте ее образовавшийся в наружных слоях вторичной коры феллоген дает пробковую покровную ткань. В толще вторичной коры, образованной перидиклом, появляется новое камбиальное кольцо, дающее начало новым сосудисто-волокнистым пучкам, чередующимся с межпучковой паренхимой. Спустя некоторое время этот камбий, отложивший пучки и новые слои паренхимы, замедляет. После этого в новых слоях коры образуется новое камбиальное кольцо. Последовательно, концентрически возникают новые слои паренхимы, а в них — новые камбиальные кольца, образующие новые сосудисто-волокнистые пучки. Всего образуется от 7 до 12 последовательных колец. Число колецкратно числу листьев прикорневой розетки, но уменьшено в 3—6 раз. А отсюда вытекает, что деятельность перидикла и возникновение новых камбиальных колец в корнеплоде свеклы есть результат деятельности прикорневой розетки листьев.

На поперечном срезе корнеплода сахарной свеклы видно, что главная масса корнеплода состоит из широких прослоек паренхимы между рядами пучков и между самими пучками в каждом ряду. К периферии корня эти прослойки между рядами становятся более узкими. В этой массе основной ткани корня вокруг сосудисто-волокнистых пучков и накапливается сахароза. Обычно мелкоклеточная паренхима более богата сахаром, чем крупноклеточная.

В процессе развития корнеплода у моркови образуется мощный слой коровой крупноклеточной паренхимы. Этот слой у моркови имеет яркорозрачную окраску и является основным местом отложения питательных веществ. За ней идет хорошо заметная на тонких срезах полоска камбия. За камбием располагается бледно окрашенная древесина, состоящая из небольшого числа сосудов и недревесневших клеток древесной паренхимы.

У редиса основная масса корня состоит из вторичной древесины, радиально пересекаемой многочисленными сердцевинными лучами. Сосудов в ксилеме очень мало, основная масса ее состоит из недревесневших кле-

ток древесной паренхимы, которые служат местом отложения питательных веществ. В редисе коровая часть остается недоразвитой, и под хранилище запасных веществ приспособливается ксилема.

Переход сосудистых пучков из корня в стебель. Место перехода стебля в корень называют **корневой шейкой**. В корневой шейке сосудисто-волокнистые пучки стебля, расположенные кольцом, сближаются к оси органа, и стеблевые пучки древесины

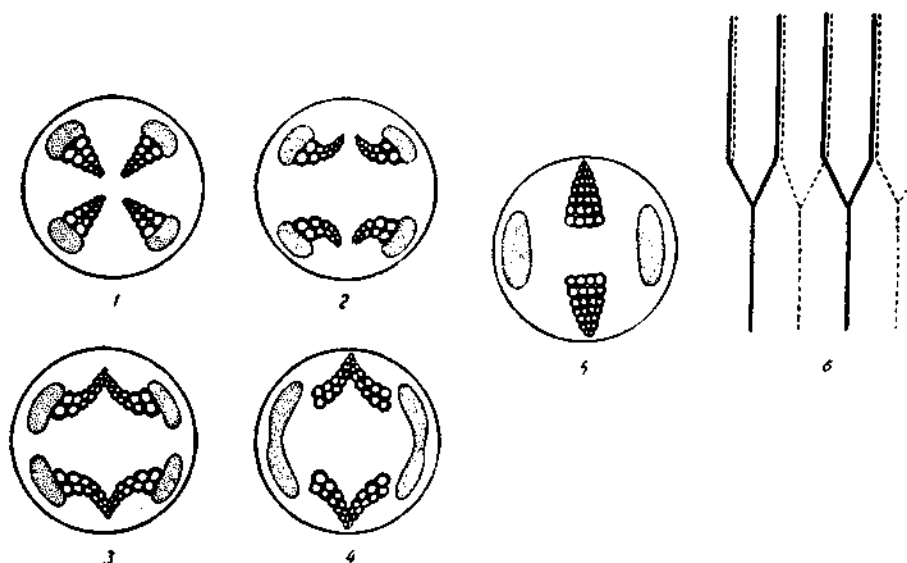


Рис. 74. Схема перехода строения стебля в строении корня.

Нормальное строение стебля (1) и корня (3); 2, 3 и 4—последовательные разрывы в корневой шейке, показывающие перемещение ксилемы и флоэмы; 6—продольное прохождение пучков в корневой шейке; сверху—строение стебля, снизу—корня: ксилема—черная линия, флоэма—пунктирная.

при переходе к корню повертываются около пучков луба, смещаясь на 90° (рис. 74). В результате такого смещения пучки древесины чередуются по радиусам с пучками луба, т. е. получается их размещение, как в радиальном пучке корня; число древесных лучей корня соответствует числу сосудисто-волокнистых пучков в стебле.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ КОРНЯ

Всасывание воды

Вода является главной по количеству составной частью растения. Количество ее в некоторых частях растения в несколько раз превосходит общую массу сухого вещества. Так, например, листья большинства наземных растений содержат от 65 до 85% воды; еще больше воды находится в мясистых околоплодниках, в которых доля воды составляет 87% у яблок, 95% у арбузов и 97% от общего веса в плодах огурца. Только в семенах процент воды колеблется от 10 до 15. Наземные растения обеспечивают себя водой через корни. На кончиках корней, где еще нет пробки, в зоне корневых волосков и ниже этой зоны клетки могут поглощать воду из почвы. Остальные части корня только проводят принятую воду.

Поступление воды в растение из почвы осуществляется по законам осмоса и обуславливается разностью осмотических давлений клеточного

содержимого и внешнего раствора. Поэтому, чем больше преобладает осмотическое давление в клетках корневой системы над осмотическим давлением почвенного раствора, тем легче может засасываться вода внутрь растения. Однако более точное изучение этого вопроса показало, что энергия поступления воды в клетки зависит не только от разности осмотических давлений, но и от степени насыщения клеток водой. Установлено, что чем больше воды поступило в клетку, тем сильнее растянуты ее стенки и тем большее, следовательно, сопротивление оказывают они дальнейшему растяжению. Поэтому поступление воды в клетки зависит не столько от их

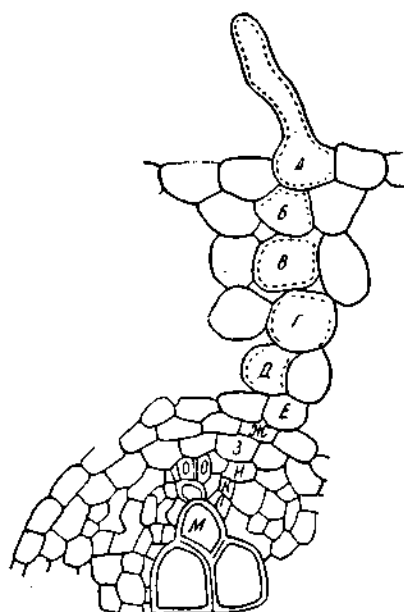


Рис. 75. Путь воды от корневого волоска (А) до сосудов корня (М) через клетки паренхимы коры (В—Е), эндодерму (Ж), перицикл (З) и паренхиму осевого цилиндра (И—Л).

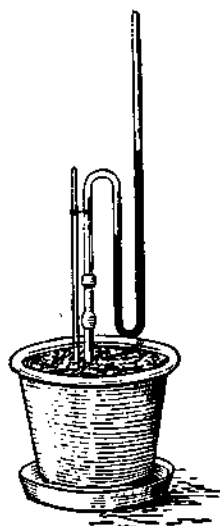


Рис. 76. Измерение корневого давления ртутным манометром.

осмотических давлений, сколько от разности между осмотическим давлением и напряжением, которые испытывают клеточные стенки при данном содержании воды. Эта величина названа *сосущей силой* и может быть выражена формулой:

$$S = P - T,$$

где S —сосущая сила клеток, P —разность между осмотическим давлением клеточного содержимого и внешнего раствора, а T —упругая сила, или напряжение клеточных стенок при данном содержании воды.

Из этого уравнения видно, что сосущая сила клеток корня тем выше, чем меньше напряжение клеточных стенок. Эта сила достигает своего максимума, когда T становится равным нулю, т. е. когда клетки теряют свой тургор. В таких случаях сосущая сила целиком обуславливается осмотическим давлением, т. е. величиной P . Во всех остальных случаях сосущая сила составляет лишь часть осмотического давления и при том тем меньшую, чем выше напряжение клеточных стенок. В тот момент, когда упругая сила клеточных стенок сделается равной осмотическому давлению,

сосущая сила упадет до нуля, т. е. поступление воды в клетки прекратится.

Однако корневая система растения располагает еще и чисто физиологическим способом для направления воды внутрь растения по сосудистой системе. Активное выдавливание воды идет в совершенно определенном направлении, именно через клетки коры корня в находящиеся в его центральном цилиндре сосуды древесины. Путь водного тока в корне растения представляется таким (рис. 75): через снабженную корневым волоском клетку *A* вода всасывается из почвы, затем передается клеткам *B*, *B*, *Г* и т. д. до клетки *Л*, непосредственно прилегающей к сосуду *М*, выталкивается в сосуд и затем по сосуду поднимается вверх.

Активное выдавливание воды корневыми клетками легко наблюдать, если срезать какое-либо растение под корень и на оставшийся пенек насадить резиновую трубку, а в нее вставить вертикальную стеклянную трубку. В стеклянной трубке при этом будет подниматься вода. Силу, поднимающую воду вверх по сосудам, называют корневым давлением.

Корневое давление можно измерить, если соединяющую воду трубку присоединить к ртутному манометру (рис. 76). Иногда корневое давление удается наблюдать и без специальных опытов. Так, например, ранней весной, когда после оттаивания почвы функция корней возобновляется, а испарения воды с поверхности еще нераспустившихся почек почти не происходит, корневое давление создает в стеблях деревьев такой высокий напор, что вода легко вытекает из случайных повреждений стебля. Это явление известно под названием «плача растений».

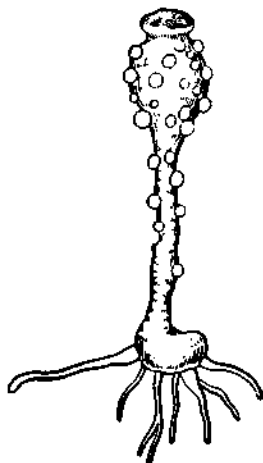


Рис. 77. Гуттация спорангиеносца гриба *Pilobolus*.

Явление «плача» свойственно различным растениям в неодинаковой степени: у фуксии, крапивы, подсолнечника его легко обнаружить; у хвойных деревьев оно почти незаметно. Сильнее всего это явление проявляется весной, особенно у таких пород, как береза, клен, виноград и др.

Наиболее распространенным объяснением причин, заставляющих воду из клеток корневой паренхимы, обладающих высоким осмотическим давлением, фильтроваться в сосуды является объяснение, развитое Лепешкиным, согласно которому выделение воды из клеток корневой паренхимы в сосуды происходит благодаря неодинаковой проницаемости плазменного слоя в различных частях клетки. Предполагается, что участки плазмы, граничащие со стенками сосудов, обладают повышенной проницаемостью по сравнению с остальными частями, вследствие чего вода вместе с некоторым количеством растворенных в ней веществ под влиянием тургора выдавливается через эти участки в сосуды.

Подобное явление различной проницаемости плазменного слоя удается наблюдать у более простых растительных организмов. Удобным объектом для этой цели служат спорангиеносцы мукорового гриба *Pilobolus*, у которого нижние части, разветвленные в тонкие корнеподобные нити, засасывают воду, в то время как через верхние, утолщенные части жидкость выдавливается наружу (рис. 77).

Если отпрепарировать спорангиеносец, опустить его морфологически в е р х н и м концом в воду, а нижний оставить на воздухе, то выделения воды не наблюдается. Этот опыт явно указывает на неодинаковость плазматической перепонки на двух противоположных концах клетки.

Корневое давление клеток корня, проявляющееся в явлениях «плача» растений и гуттации (выделение капелек воды из листьев) является результатом деятельности живых клеток, сохраняющих осмотические свойства.

Типы растений, обитающих в различных условиях влажности

Степень обеспеченности водой оказывает огромное влияние на внешний облик растения и структуру его внутренних тканей, а также на группировку растений по отдельным климатическим зонам в зависимости от их требовательности к влаге. Эта требовательность сложилась в процессе исторического развития растений, в процессе их эволюции. Сама же эволюция шла под влиянием взаимодействия многих природных факторов среды и природы самих растительных организмов. По требовательности к влаге все растения можно разделить на три следующие группы.

1. **Гигрофиты**, т. е. растения, живущие во влажных местах и не обладающие специальными приспособлениями для экономии воды. Обычно гигрофитные растения имеют крупные листья, не покрытые волосками, без толстой кутикулы и других приспособлений, могущих защищать их от чрезмерного испарения. В то же время растения влажных мест имеют слабо развитую корневую систему, которая выполняет у них скорее задачу прикрепления к почве, чем снабжения водой. Такие растения оказываются мало приспособленными для сохранения своего водного запаса.

2. **Мезофиты**, т. е. растения среднего типа в отношении требовательности к влаге. Эти растения приспособились к обитанию в местностях с переменной влажностью, способны выдерживать временное избыточное увлажнение почвы и временное ее высыхание. Мезофитные растения нередко обладают приспособлениями, защищающими их от чрезмерной траты воды, например имеют волосной покров, толстый кутикулярный слой на поверхности листьев и т. д., а также хорошо развитую корневую систему, способную доставлять воду из более глубоких слоев почвы. К мезофитам относится большая часть растений земного шара, в том числе почти все сельскохозяйственные растения.

3. **Ксерофиты**, т. е. растения, которые приспособились к обитанию в сухих местностях с постоянным или длительным недостатком воды. Приспособление к этим условиям у разных растений этой группы шло разными путями. Одни из них эволюционировали в направлении приобретения приспособлений для экономного расходования воды, запасаемой в клетках в кратковременные дождливые периоды. Листовые пластинки таких растений по большей части редуцировались до твердых колючек, а стебли раздулись в мясистые зеленые органы, исполняющие одновременно роль ассимилирующих частей и запасных водохранилищ. К этой группе относятся многочисленные виды кактусов, обитающих в пустынях и полупустынях жаркого климата. Такие растения получили название **суккулентов**. К суккулентам относятся также и агавы, у которых роль запасных водовместилищ выполняют мясистые листья, расположенные в виде розетки у основания укороченного стебля.

В процессе изучения водного обмена у суккулентных растений установлено, что у них расходование воды очень сильно понижено. Корневая система у этих растений располагается в верхних слоях почвы и развита довольно слабо. Большую часть года она бездействует и только в период дождей приходит в действие.

Другие растения, приспособившиеся к обитанию в засушливых районах, развивались в направлении совершенствования своей корневой системы, которая достигает у этих растений огромных размеров, проникая иногда на 10—15 м и более в глубь почвы и добывает оттуда воду, недоступ-

ную растениям с менее развитой корневой системой. К таким растениям относятся виды полыни, верблюжья колючка (*Alhagi camelorum*) и многие другие обитатели пустынь и полупустынь. Листья у этих растений мягкие и характеризуются высокой интенсивностью транспирации.

Усвоение растением минеральных веществ и азота

Вода, извлекаемая корнями растений из почвы, всегда содержит некоторое количество растворенных минеральных веществ, которые проникают внутрь растения и распространяются по всем его органам. Необходимо было выяснить, являются ли эти вещества действительно необходимыми или лишь случайной и излишней примесью, попадающей в растения из почвы вместе со всасываемой корнями водой. Ответ на этот вопрос был дан Кнопом. Проводя серию опытов с исключением из питательной среды отдельных элементов, он установил, какие именно элементы являются безусловно необходимыми для нормальной жизни и развития растений. Этими исследованиями было установлено, что нормальное развитие растений возможно при наличии в питательной среде следующих 7 элементов: калия, кальция, магния, железа, серы, фосфора и азота.

Группируя перечисленные элементы попарно в виде кислотных и основных окислов, Кноп составил весьма простой раствор, который впоследствии был назван его именем и получил широкое распространение в практике искусственного выращивания растений.

Раствор Кнопа содержит в 1 л воды или 1 кг песка следующее количество солей: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ —1 г; KH_2PO_4 —0,25 г; MgSO_4 —0,25 г; KCl —0,125 г; Fe_2Cl_6 —следы.

Широко применяется также и раствор Гельригеля, имеющий такой состав на 1 л воды или 1 кг песка: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ —0,492 г; KH_2PO_4 —0,136 г; MgSO_4 —0,062 г; KCl —0,075 г; Fe_2Cl_6 —следы.

При выращивании растений в водных, а также в песчаных культурах весьма важное значение имеет поддержание надлежащей реакции питательного раствора, которая характеризуется концентрацией водородных ионов и выражается формулой pH. Для большинства растений наиболее желательная реакция раствора должна быть нейтральной или слабокислой. Обычно при выращивании на искусственных средах растения по мере роста потребляют анионы и катионы солей в различных соотношениях и поэтому в той или иной степени смещают реакцию питательного раствора. По характеру смещения реакции раствора различают две группы солей: физиологически кислые и физиологически щелочные. К физиологически кислым относится большинство аммонийных солей, например сернокислый аммоний— $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. У этих солей катион аммония поглощается растением более интенсивно, чем анион серной кислоты, так как растения имеют большую потребность в азоте, чем в сере. Поэтому по мере роста растений на искусственном растворе, содержащем эту соль, увеличивается содержание серной кислоты, вредно действующей на корни растений. Соли азотной кислоты, в особенности натриевая селитра, принадлежат к физиологически щелочным солям. При внесении в питательный раствор NaNO_3 катион Na^+ потребляется значительно слабее, чем анион NO_3^- , что вызывает подщелачивание раствора по мере роста растений. Из всех солей азотной кислоты наименее смещает реакцию питательного раствора азотнокислый аммоний— NH_4NO_3 , у которого анион и катион потребляются с одинаковой интенсивностью.

Особое внимание подбору таких солей, которые бы возможно меньше смещали реакцию питательных растворов в процессе роста, уделял в своих работах Д. Н. Прянишников, усовершенствовавший методику выращива-

ния в искусственных условиях и предложивший раствор такого состава: на 1 л воды или 1 кг песка NH_4NO_3 —0,24 г; MgSO_4 —0,06 г; $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ —0,172 г; KCl —0,16 г; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ —0,344 г; $\text{Fe}_2\text{Cl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ —0,025 г.

При выращивании растений на искусственных питательных средах вредное действие физиологической кислотности можно устранить более частой сменой питательного раствора. В природных почвенных условиях излишнюю кислотность устраняют внесением в почву углекислой извести, которая нейтрализует освобождающуюся при питании растений кислоту. Прием этот известен в агрономической практике под названием известкования почв и широко применяется в передовых совхозах и колхозах.

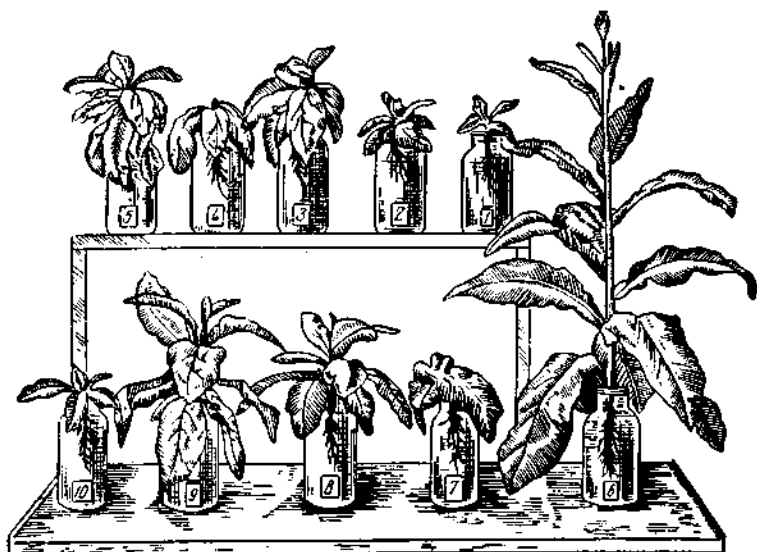


Рис. 78. Культура табака в водной среде на полном питательном растворе и в отсутствие отдельных элементов.

1—без азота; 2—без фосфора; 3—без калия; 4—без кальция; 5—без магния; 6—на полном питательном растворе; 7—без бора; 8—без хлора; 9—без марганца; 10—без железа.

Учение о необходимости для нормального роста и развития растений наряду с четырьмя органогенами (углеродом, кислородом, водородом и азотом) всего шести минеральных элементов (калия, кальция, магния, железа, фосфора и серы) довольно долго держалось в науке. Однако в процессе развития наших знаний стали накапливаться факты, что и многие другие минеральные элементы играют весьма важную роль в жизни растений.

Особенные успехи в развитии этого вопроса связаны с усовершенствованием методов очистки химических реактивов от примесей, считавшихся ранее неизбежными. При выращивании растений на питательных растворах, приготовленных из химически чистых солей, выяснилось, что на одних только признанных необходимыми элементах нельзя получить нормальных растений. Для получения хорошего роста и нормального развития оказалось необходимым вводить в питательные растворы еще ряд добавочных элементов, хотя и в очень малых количествах. Такими добавочными элементами оказались марганец, цинк, медь, бор, алюминий, йод, фтор, молибден и др. В отличие от общепризнанных ранее составных элементов питательных смесей, которые нужно вводить в смеси в больших количествах, эти дополнительные элементы, необходимые растениям

в очень малых дозах, почти не обнаруживаемых анализом, получили название м и к р о э л е м е н т о в.

К числу микроэлементов можно отнести также и железо, которое дается растениям в очень незначительных дозах (следы).

Все элементы, входящие в состав питательного раствора, являются абсолютно необходимыми для развития растений, исключение хотя бы одного из них задерживает рост и развитие и вызывает гибель последних (рис. 78). Почти безразлично, какой элемент исключить из питательной смеси, так как все они одинаково необходимы. Если и получается некоторая разница при выключении разных элементов, то она зависит не от степени необходимости этого элемента, а от того, какой запас этого элемента был в семени и в каком количестве он нужен растению.

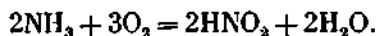
Усвоение растениями азота

Несмотря на огромные запасы азота в природе, добывание его растениями происходит не всегда с достаточной легкостью. В результате в естественных условиях часто наблюдается задержка в развитии растений из-за недостатка азота. Причиной этого является то, что далеко не все формы азота могут быть использованы растениями. Большинство форм азота совершенно недоступно растениям и остается неиспользованным. Неиспользованным является в первую очередь весь газообразный азот атмосферы, составляющий главную массу азота на земле; практически не доступен зеленым растениям и азот органических соединений, находящийся в почве. Только в тех случаях, когда органические вещества почвы подвергаются предварительному превращению микроорганизмами в соли аммония или азотной кислоты, растения в состоянии использовать эти соединения азота. Этот же процесс имеет место в почве и при внесении в нее навоза. При помощи бактерий органические формы навоза превращаются в форму неорганических соединений, которые и становятся доступными для вышних растений источниками азота.

Азот из органических веществ в результате деятельности микроорганизмов освобождается в виде свободного аммиака, который частично улетучивается, частично же остается в почвенном растворе и образует соответствующие соли аммония. Свободный аммиак является мало пригодным для растений, так как даже в малых дозах вредно влияет на жизнедеятельность клеток, а в более сильных концентрациях оказывает губительное действие. В виде солей аммония азот легко усваивается растениями и не причиняет им вреда. Аммонийные удобрения, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 , широко применяются как источник азота для растений.

Процесс разложения органических веществ почвы с образованием аммиачных солей получил название н и т р и ф и к а ц и и. Этот процесс распадается на две стадии, каждая из которых осуществляется различными группами микроорганизмов.

Первая стадия нитрификации осуществляется представителями группы *Nitrosomonas* и приводит к образованию азотистой кислоты (HNO_2). Реакция образования азотистой кислоты может быть представлена такой формулой:



Вторая стадия нитрификации осуществляется представителями группы микроорганизмов *Nitrobacter*, которые производят дальнейшее окисление азотистой кислоты в азотную по такой формуле:



Обе группы бактерий действуют в почве совместно, вследствие чего в нормальных условиях азотистая кислота не накапливается, а превращается в азотную кислоту. Эта последняя, нейтрализуясь основаниями почвы, образует соли, которые накапливаются в почве и служат прекрасным источником азотного питания для высших растений.

Установлено, что нитратный азот, проникая в ткани корней, не испытывает в них никакого превращения, а направляется вместе с восходящим током воды к листьям и там, в присутствии достаточного количества углеводов, перерабатывается в органическую форму, входя в состав белков и других сложных веществ. Аммонийный же азот, попадая в клетки корней, переходит там в органически связанную форму, образуя а с п а р а г и н — $\text{COOH} \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)$, представляющий собой кристаллическое тело, хорошо растворимое в воде. В форме аспарагина аммонийный азот перемещается к листьям, где претерпевает дальнейшие превращения в белки и другие вещества. Благодаря тому, что аммонийный азот в клетках корней переходит в органически связанную форму, растения не испытывают ядовитого действия аммиака (NH_3), так как связанный в форме аспарагина аммиачный азот лишается своего специфического ядовитого действия и без всякого вреда для растения может перемещаться и накапливаться в нем.

Наряду с азотсобирающими в природе существуют и некоторые другие микроорганизмы, вызывающие обратный процесс, т. е. разлагающие нитратный и нитритный азот до свободного азота. Процесс этот получил название д е н и т р и ф и к а ц и и. Он может вызываться рядом микроорганизмов, которые особенно усиленно развивают свою деятельность в отсутствие или при малом содержании кислорода. В качестве представителя денитрифицирующего микроба может служить *Bacterium denitrificans*.

Для высших растений и для сельскохозяйственного производства процесс этот крайне нежелателен, так как уменьшает запасы связанных форм азота. Его всячески необходимо ограничивать системой правильной обработки почвы.

Азотистое питание бобовых растений

Практики сельского хозяйства и агрономы уже давно заметили, что бобовые растения, в особенности клевер, могут хорошо произрастать на почвах, бедных связанным азотом, и в противоположность другим растениям не истощают азотистого запаса почвы, но часто обуславливают его увеличение.

Гельригелю удалось показать, что усвоение азота происходит через особые вздутия или клубеньки, образующиеся на корнях. Клубеньки бобовых растений образуются вследствие разрастания паренхимной ткани коры корня. Она состоит из крупных клеток, густо заполненных бактериями. По мере разрастания ткани клубенька бактерии начинают вырабатывать азотистые вещества в таком избытке, что хватает для удовлетворения собственных потребностей, а также и для снабжения растения. Часть вырабатываемых клубеньковыми бактериями азотистых веществ диффундирует даже из корня в почву и может быть использована корнями других растений.

Клубеньковые бактерии были выделены в чистой культуре и получили название *Bacterium radicola*. Различают несколько рас этих бактерий, каждая из которых может заражать корни определенной группы бобовых. Так, например, расы бактерий бобов могут заражать вику, но не заражают люцерны.

По вычислениям Д. Н. Прянишникова, 200 000 га клевера или 100 000 га люцерны дают в год столько же связанного азота, сколько может выработать крупный химический комбинат. Кроме того, культура трав, в том числе и бобовых, способствует улучшению и восстановлению почвенной структуры и, следовательно, повышению плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

СТЕБЕЛЬ

Морфология стебля. Стебель является одним из основных вегетативных органов растения, в функции которого включается образование листьев (органов ассимиляции), поддержание и размещение их в пространстве таким образом, чтобы им обеспечивалось наибольшее количество света и углекислого газа. Стебель является промежуточным звеном между корнем и листьями. Через него идут два тока веществ: нисходящий с органическими веществами, приготовляемыми в листьях и спускающимися в корни, и восходящий с водой и растворенными в ней минеральными веществами, всасываемыми корнями. Стебель обладает верхушечным ростом, который потенциально является неограниченным, фактически же зависит от ряда внешних и внутренних условий. Он характеризуется отрицательным геотропизмом и положительным гелиотропизмом. В темноте стебель растет вверх по направлению от силы тяжести, при этом он сильно вытягивается в длину, а листья на нем отстают в развитии. Эта особенность стебля помогает ему выбраться на свет и вынести туда ассимилирующие органы. Как осевой орган стебель имеет характерное радиальное внутреннее строение. В тканях стебля закладываются боковые почки, вследствие чего он способен к ветвлению и образованию большего числа листьев, т. е. к увеличению общей ассимиляционной поверхности. В начальных стадиях жизни, а у некоторых видов и позже, стебель выполняет также и функции ассимиляции и служит для отложения запасных питательных веществ. На стебле закладываются и развиваются генеративные органы растения.

ПОБЕГ

Стебель вместе с расположенными на нем листьями называется побегом. То место стебля, где возникают листья, именуется узлом: такое название закрепилось потому, что у многих растений в местах возникновения листьев бывает небольшое вздутие. Участок стебля от одного узла до другого называется междоузлием.

Развитие междоузлий в длину обуславливает внешний вид побега, большую или меньшую скученность листьев. Соответственно развитию междоузлий различают два типа побегов: обыкновенные, или длинные, с длинными междоузлиями, и укороченные, с короткими междоузлиями (рис. 79).

Пространство между листом и идущим вверх от него участком стебля называется пазухой листа.

В верхней части стебля большинства растений междоузлия становятся короче, а листья — мельче и скученнее; на самой же вершине находится верхушечная почка, представляющая собой зачаток побега, состоящий из слабо развитого стебля с тесно сближенными зачаточными листьями. В пазухах листьев у семенных растений находятся пазушные, или боковые, почки, обычно по одной, а иногда по несколько. Несмотря на то, что в пазухах большинства листьев закладываются такие почки, далеко не все из них получают дальнейшее развитие, что зависит

от способности растения к ветвлению и наличия благоприятных внешних условий. У многолетних растений такие почки могут сохранять способность к дальнейшему развитию в течение многих лет. Они находятся в состоянии покоя, поэтому их называют спящими почками, или глазками. Обычно при прекращении роста верхушки стебля начинают развиваться пазушные почки. Эту особенность часто используют в садоводстве, и для того чтобы вызвать ветвление, обрезают верхушки растений. После обрезки верхушки быстро начинают развиваться побеги из боковых почек.

У древесных растений образуются зимующие почки, которые развиваются под осень, перезимовывают и прорастают в побеги следующей весной.

У многих растений могут возникать придаточные почки на различных органах растения: стебле, корнях и даже листьях. Их образование иногда можно усилить повреждением растений, чем широко пользуются в садоводческой практике. На способности растений образовывать придаточные почки основано вегетативное размножение растений черенками и отводками.

Если в пазухе листа находится несколько почек и они расположены одна над другой, то их называют **с е р и а л ь н ы м и** (от лат. *серис*—ряд, линия). Такие почки имеются у жимолости, грецкого ореха, белой акации и др. Если же они расположены рядом, друг около друга, то их называют **к о л л а т е р а л ь н ы м и** (от лат. *кум, ком*—вместе, *латералис*—боковой). Такие почки есть у сливы, многих злаков и др.

Кроющим листом называется такой лист, в пазухе которого находится почка или развившийся из нее побег.

РОСТ СТЕБЛЯ

Рис. 79. Удлиненные и укороченные побеги.

1—удлиненный однолетний побег осины с 4 листовыми почками; 2—укороченный 4-летний побег осины с 2 листовыми и 3 цветочными почками; 3—удлиненный (ростовой) побег яблони; 4—многолетний укороченный (плодовый) побег яблони.

Рост стебля происходит многоклеточной верхушкой. Зона роста на вершине стебля значительно длиннее, чем на кончике корня, и распространяется на участок от нескольких до десятков сантиметров. Нарастание в длину осуществляется, как и в корне, не на самой вершине, где происходят усиленные деления клеток, а несколько ниже ее, где вытягиваются в длину уже ранее образовавшиеся клетки. Быстрота роста даже в благоприятных условиях достигает в среднем около 0,005 мм в минуту. У некоторых растений быстрота роста большая и равна, например, у некоторых бамбуков, при особо благоприятных условиях почти 0,6 мм в минуту; за сутки стебель таких бамбуков вырастает в длину на 30—50 см и даже 90 см. Значительно реже верхушечного роста наблюдается также рост на протяжении стебля—так называемый **и н т е р к а л я р н ы й** (от лат. *интеркаляре*—вкладывать, вставлять), **в с т а в о ч н ы й** рост, который происходит чаще всего у основания междоузлий. Такой интеркалярный рост в основаниях междоузлий наблюдается у злаков. При рассмотрении верхушки стебля при более сильном увеличении (рис. 80) установлено,

что она имеет обыкновенно коническую форму (конус нарастания) и покрыта бугорками или поперечными валиками—зачатками будущих листьев. Чем дальше от точки роста, тем бугорки делаются больше и тем форма их ближе к форме листьев. Так как разделяющие их промежутки первоначально очень малы, то зачатки листьев тесно сближены, причем наружные, более крупные и сильнее развитые прикрывают внутренние. Общая совокупность их образует уже упоминавшуюся выше **п о ч к у**. Таким образом, **с т е б е л ь о к а н ч и в а е т с я п о ч к о й**. Вследствие роста междоузлий почка постепенно разворачивается: в то время как в точке роста стебля образуются новые бугорки, старые, уже принявшие форму листьев, отодвигаются друг от друга.

На верхушке стебля закладываются его разветвления, или **б о к о в ы е о с и**, в виде таких же бугорков, как и листья, но на них вскоре обособляется своя собственная верхушечная точка роста и образуется новая почка.

В порядке заложения листьев и боковых осей на стебле наблюдается весьма постоянное соотношение, которое проявляется в том, что зачатки боковых осей возникают позднее зачатков листьев и притом почти всегда в пазухе последних, т. е. в углу, образуемом листом со стеблем, в виде пазушных почек.

У деревьев и кустарников холодного и умеренного климата рост в длину побегов прекращается к концу лета, а на вершине побегов и в пазухах их листьев образуются зимующие, или покоящиеся, почки, называемые часто **г л а з к а м и**, из которых на следующий год разовьются новые побеги. Наружные листья их превращаются в короткие, плотные, бурые почечные чешуи, защищающие внутренние части почки. Защитные функции почечных чешуй увеличиваются вследствие образования на них волосистого покрова или смолистых, клейких выделений, плотно склеивающих их.

При распускании почек наружные чешуи их опадают, оставляя у основания вытягивающегося побега долго сохраняющиеся рубчики—так называемые **п о ч е ч н ы е к о л ь ц а**, которые образуют границы годичных приростов.

Кроме почек, из которых образуется облиственный побег, бывают еще цветочные почки, из которых развиваются цветки (видоизмененные побеги) или соцветия; у многих растений они отличаются несколько более крупными размерами. Бывают и так называемые смешанные почки, из которых развиваются облиственные побеги с цветками.

Не развивающиеся в побеги пазушные почки древесных пород обычно не опадают, а остаются на ветви, превращаясь в так называемые **с п я щ и е п о ч к и**. Они все время нарастают своей осью (стеблевой частью) внутри ствола на толщину ежегодного годичного прироста древесины. При обрезке или обмерзании кроны эти спящие почки могут давать побеги. Если такие побеги из спящих почек появляются на старых толстых стволах или ветвях, то листья на них обычно бывают более крупные и развитые самих побегов идет значительно быстрее, чем на обычных нормальных частях стебля. У плодовых деревьев такие побеги называют **в о л ч к а м и**. Их обыкновенно уничтожают, так как они уменьшают количество цветочных или плодовых почек.

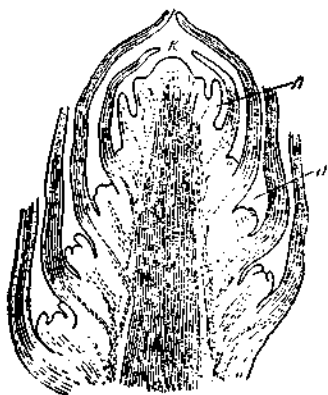


Рис. 80. Верхушка побега.

к—конус нарастания; л—зачатки листьев; п—зачатки пазушных почек.

Значительную роль в жизни многих растений играют п р и д а т о ч н ы е п о ч к и. Они могут образовываться на корнях, стеблях и даже листьях. На корнях и в нижних частях стебля они возникают эндогенно, а в верхних частях стебля и на листьях—экзогенно. В корнях и в нижних частях стебля они начинают развиваться из клеток перидикла или камбия. Они развиваются после вырубki многих древесных пород на их пнях, образуя так называемую п н е в у ю п о р о с л ь; она бывает у дуба, вяза, березы, липы, ясеня, лещины и др. В образовании пневой поросли участвуют также и пробуждающиеся спящие почки. Пневая поросль характеризуется более быстрым ростом побегов и более крупными листьями, чем на обычных ветвях. Это объясняется тем, что для развития побегов и листьев имеются уже готовые запасные вещества и хорошо развитая корневая система. Однако деревья, развившиеся из пневой поросли, обычно отличаются меньшей долговечностью, менее прочной древесиной и менее высоким ростом.

ФОРМА, РАЗМЕРЫ И ТИПЫ СТЕБЛЯ

По ориентировке в пространстве различают стебли п р я м о с т о я ч и е, п о л з у ч и е, в ь ю щ и е с я и л а з а ю щ и е.

В поперечном разрезе стебли имеют различные очертания. У большинства растений, особенно у деревьев и кустарников, стебли обладают более или менее цилиндрической формой. Однако встречаются стебли с трехгранной, четырехгранной, сплюснутой, плоской и другими формами. Широкие, плоские стебли, нередко представляющие собой ненормальное разрастание тканей, известны под названием ф а с ц и а ц и и й. Такие фасцированные стебли наблюдаются у многих диких и культурных растений, как соя, боб. Некоторые характерные формы стебля свойственны целым семействам, например четырехгранная форма—губоцветным, трехгранная—осокам, многогранная—кактусам, конопле и пр. У некоторых кактусов стебель сильно вздувается, принимая иногда почти шаровидную форму. В виде исключения встречаются плоские, совершенно листообразные стебли, как у айра. У злаков надземная часть стебля носит название соломины. Она обычно полая в середине (кроме узлов).

Размеры стебля колеблются в чрезвычайно широких пределах. В то время как некоторые мелкие травы, например наши весенние однолетники (*Draba verna*, *Ranunculus orthoceras*), в начале цветения имеют стебли, не превышающие нескольких сантиметров, знаменитые американские секвойи достигают 140 м, а австралийские эвкалипты (*Eucalyptus amygdalina*) даже 155 м. Еще длиннее стебель у некоторых вьющихся растений: у тростниковой пальмы (*Calamus rotang*) он равен 200 м и даже 300 м. В нашей стране ель достигает около 50 м, сосна—40—50 м, дуб—40 м.

Не менее широкие колебания имеются и в ширине стебля разных типов растений. У отмеченных травянистых растений диаметр стебля не превышает 1 мм, а диаметр африканского баобаба равен 10 м, ствол же секвойи (*Sequoia gigantea*)—10—11 м.

Большинство растений имеет достаточно крепкий стебель, который стоит совершенно прямо и не сгибается под тяжестью своих ветвей и листьев. В случае же слабого развития механических элементов стебель стелется по земле (стебель лежачий) или ложится на окружающие предметы, находя в них опору. Лежачий стебель превращается в ползучий, если на его узлах образуются придаточные корни, при помощи которых происходит укоренение отдельных участков стебля. Такие стебли с короткими междоузлиями называются плетями. Этот тип стеблей свойствен тыкве, огурцу. Стелющиеся по земле стебли с длинными междоузлиями называются уса-



Рис. 81. Ползучий стебель земляники.

ми. При этом на каждом укореняющемся узле появляется почка, из которой развивается новое растение. Позднее ус перегнивает, связь между молодым растением и материнским, образовавшим ус, прерывается, и дальше оно развивается самостоятельно. Усы являются приспособлением для вегетативного размножения растений (рис. 81). Слабые стебли могут приподниматься кверху, цепляясь за стебли других растений или какую-либо иную опору, при помощи разнообразных вторичных приспособлений стебля—усиков (у гороха), зацепок (у подмаренника) или присосок (у плюща). Такие стебли называются цепляющимися. Известны также растения, которые образуют стебли, обвивающиеся вокруг других стеблей или предметов (рис. 82). Вьющиеся стебли имеются у вьюнка, хмеля и др. Благодаря всем этим приспособлениям растения даже со слабым стеблем получают возможность подниматься вверх и развивать большую листовую поверхность.

Лазящие или цепляющиеся и вьющиеся стебли различным способом удерживаются за опору. У лазящих растений стебель может опираться на своих соседей распростертыми ветвями, может прикрепляться придаточными корнями—присосками, повисать на особых хватательных органах—усиках. Вьющиеся же растения опираются всем своим стеблем. У этой группы растений верхняя часть стебля все время находится в поступательном вращательном движении и вследствие этого более или менее спирально закручена (см. рис. 82). Направление вращения для каждого вида растений постоянно: так, у хмеля вращение происходит в направлении часовой стрелки, а у вьюнка—в обратном направлении по отношению к часовой стрелке. При благоприятных условиях роста у то-

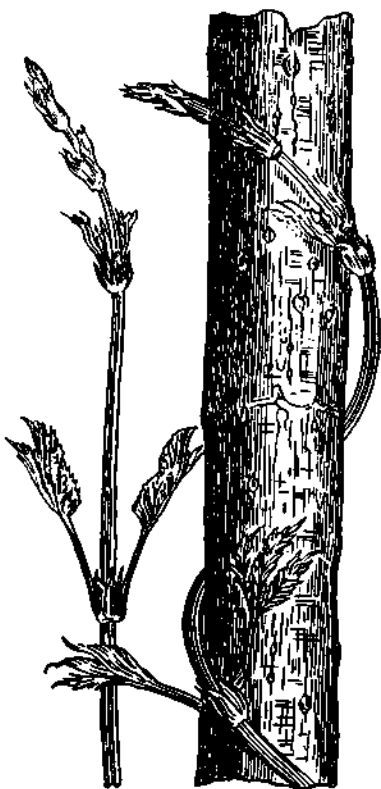


Рис. 82. Стебель хмеля, обвивающийся вокруг опоры.

го и другого растения верхушка совершает полный оборот в течение приблизительно двух часов. В результате этого движения верхушка стебля вьющегося растения обыкновенно натывается на какую-нибудь опору и начинает заворачиваться вокруг нее, образуя оборот за оборотом.

Лианамп (от исп. лиар—связывать, обвивать, виться) называют группу растений, которые поднимаются наверх, к свету, цепляясь за соседние растения (или другую опору) при помощи различных приспособлений или обвиваясь вокруг них. Они особенно часто встречаются в тропических лесах и значительно реже—в умеренном климате.

Отличительными особенностями лиан являются тонкие, гибкие, быстро растущие стебли с длинными междоузлиями. При слабом развитии механических тканей стебля эти растения не могли бы держаться прямо и выбраться наверх, к свету, из леса или травянистой заросли, где они обычно растут, если бы они не могли опираться на соседние растения. Их характерными свойствами являются: 1) небольшая масса всего растения и незначительный вес, что зависит от небольшой толщины стебля; 2) большая гибкость и растяжимость, зависящие от качества механических элементов; 3) у деревянистых лиан позднее одревеснение верхушек побегов и усиков; 4) у вьющихся лиан очень слабое развитие листьев и боковых ветвей, которые препятствовали бы движению растущих верхушек; 5) очень крупные размеры сосудов и ситовидных трубок, что связано с незначительным количеством их вследствие малой толщины стеблей. Эти особенности лиан облегчают им борьбу за свет при малой затрате пластического материала на построение стебля.

ВЕТВЛЕНИЕ СТЕБЛЯ

Рост стебля обычно сопровождается ветвлением его. Последнее особенно свойственно двудольным и голосемянным растениям. Главный стебель с резко выраженным положительным гелиотропизмом и отрицательным геотропизмом растет вверх и составляет ось первого порядка. Ветви развиваются из пазушных почек.



Рис. 83. Схемы ветвления стебля.

Боковые ветви, развивающиеся из главного стебля, растут так же, как и главный стебель, т. е. каждая из них представляет собой побег с верхушечной и пазушными почками, и образуют оси второго порядка. Ветви, возникающие из пазушных почек боковых ветвей, составляют оси третьего порядка и т. д.

Ветвление стебля имеет свои закономерности. Определенным систематическим группам растений свойствен тот или иной тип ветвления.

Различают три основных типа ветвления: 1) моноподальное, 2) симподальное и 3) дихотомическое (рис. 83).

М о н о п о д а л ь н о е ветвление—это такое ветвление, когда главный стебель растет своей верхушкой в течение многих лет, а иногда и в течение всей жизни растения. При таком способе роста главный стебель является по своему происхождению одним естественным целым. Боковые ветви, развивающиеся из боковых почек главного стебля, также обнару-

живают моноподиальный рост. Но главный стебель растет и утолщается значительно сильнее боковых. В результате у деревьев образуется высокий прямой ствол, а крона имеет конусовидный характер. Такой тип ветвления наблюдается у ели, сосны, лиственницы, кедра.

Симподиальное ветвление — это такое ветвление, когда верхушечная почка главного стебля растет лишь короткое время, а затем замирает и останавливается в росте, на смену ей выступает ближайшая боковая почка, заложившаяся непосредственно под верхушечной и несколько отклоняющая главную ось. Она также растет в вертикальном направлении, как бы продолжая рост главного стебля. Затем эта боковая ветвь прекращает свой верхушечный рост и под конусом нарастания начинает развиваться новая боковая почка второго порядка и т. д. В конечном итоге из ряда последовательных побегов получается более или менее длинная стеблевая ось, но уже составного характера — симподий. Так как боковые почки стоят под некоторым углом к несущей ее оси, то и симподий в молодом возрасте имеет несколько зигзагообразную форму. Однако по мере утолщения стебля углы мало-помалу сглаживаются, вследствие чего во взрослом состоянии симподиальная ось стебля мало чем отличается от моноподиальной. Боковые ветви также развиваются по типу симподиев, и в результате крона дерева имеет раскидистый тип. Симподиальное ветвление свойственно березе, липе, иве, вязу и др.

Из травянистых растений симподиальное ветвление свойственно картофелю, томату и др.

Иногда у одного и того же растения наблюдаются оба типа ветвления. Так, у хлопчатника имеет место и моноподиальное, и симподиальное ветвление на одном растении; при этом моноподиальные ветви его остаются только ростовыми и не несут цветков, а симподиальные несут цветки и впоследствии плоды.

Дихотомическое ветвление свойственно некоторым водорослям, у которых точка роста расщепляется на две новых, что в дальнейшем повторяется. Этот тип ветвления свойствен также некоторым высшим споровым, как плауны и др.

При супротивном расположении листьев на смену прекратившей свой рост верхушечной почке могут сразу развиваться две боковые из пазух ближайшей пары листьев. В этом случае стебель каждый раз под верхушкой как бы делится на две ветви, а само ветвление носит название вильчатого, или ложнодихотомического. Такое ветвление встречается у омелы, гвоздики, конского каштана, сирени и др.

Систему ветвления на безлистных ветвях деревьев и кустарников можно определить по расположению конечных почек. При моноподиальном ветвлении на верхушке ветви находится настоящая верхушечная почка, под которой нет листового следа. При симподиальном ветвлении под почкой, занимающей верхушку ветви, находится листовая рубец, а на противоположной ему стороне небольшой, в несколько миллиметров, одревесневший кончик или чаще другой, меньший рубец; в этом случае настоящая верхушечная почка отпала, оставив маленький рубчик, или засохла и осталась в виде маленького кончика; ее место заняла придвинутая к ней наружная почка; под ней виден рубец на месте листа, в пазухе которого она сидела.

При ложнодихотомическом ветвлении на вершине ветви находятся две супротивные почки с листовыми рубцами под ними, а между почками — засохшая маленькая верхушечная почка или рубец на месте ее.

Тип ветвления сильно видоизменяется и усложняется при образовании соцветий. Если безлистный стебель заканчивается цветком, то он называется цветочной стрелкой.

При развитии почки очень часто междоузлия стебля остаются укороченными, вследствие чего листья и в окончателном состоянии тесно между собой сближены. Это явление наблюдается постоянно при образовании цветков. Но оно отмечается также и в вегетативных почках, особенно у травянистых растений с одними прикорневыми листьями.

ПОРЯДОК РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛИСТЬЕВ НА СТЕБЛЕ

В расположении листьев на стебле обнаруживается определенная закономерность. Благодаря этой закономерности достигается равномерное распределение листьев и ветвей вокруг стебля и в значительной мере исключается взаимное затенение листьев.

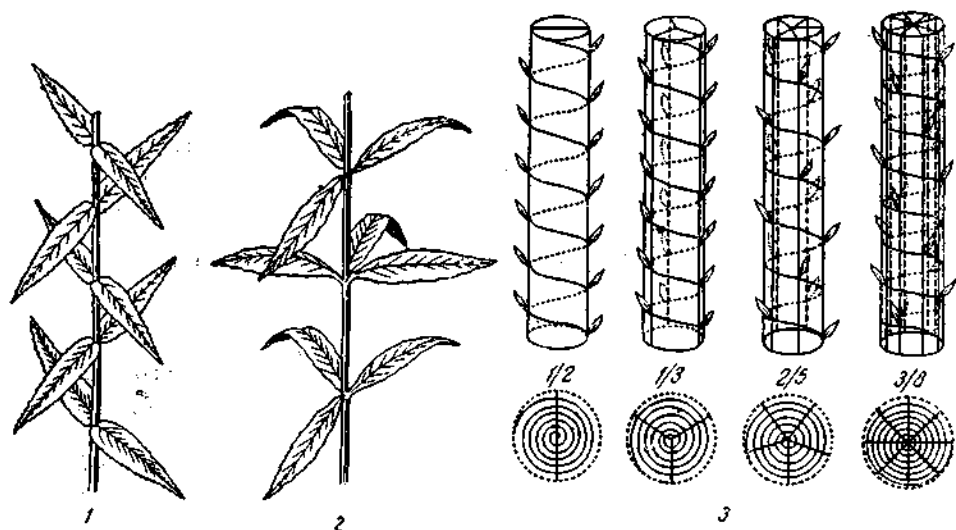


Рис. 84. Листорасположение.

1—супротивное; 2—мутовчатое; 3—спиральное: а $1/2$, $1/3$, $2/5$ и $3/8$.

Как известно, листья отходят от стеблевых узлов. Если каждый узел побега несет только по одному листу, то такое расположение листьев называется *о ч е р е д н ы м*. В тех случаях, когда на узле имеется два листа, они обычно располагаются напротив друг друга; такое расположение называется *с у п р о т и в н ы м*. Если же на стеблевом узле имеется три, четыре и более листьев, то такое листорасположение называется *м у т о в ч а т ы м*.

Наиболее часто встречается очередное, или спиральное, расположение листьев, которое имеет различные варианты. Обычно очередные листья сидят поодиночке, через определенные расстояния друг от друга, по ходу правильной *с п и р а л и*, огибающей несколько раз стебель. Спираль получается, если соединить непрерывной линией основания смежных листьев, начиная от самого нижнего, являющегося в то же время самым старым. Величина угла спирали зависит от длины междоузлий. Если следить за оборотами спирали, то можно обнаружить на разных отрезках ее два листа, расположенных один над другим по вертикальной прямой. Эта линия, соединяющая два одинаково расположенных на стебле листа, называется *о р т о с т и х о й* (ортос—прямой, стихос—ряд, линия). Остальные листья между концами ортостихи располагаются по спирали через известные промежутки. Совокупность листьев в ней, не считая последнего, сидящего на одной ортостихе с первым, называется *л и с т о*

вым циклом. Угол окружности, на который отстоит один лист от другого, расположенного над ним или под ним, называется углом расхождения или — дивергенции (от лат. диверgere—отходить друг от друга, расходиться).

Спиральное листорасположение можно выразить дробью, в числителе которой обозначают число оборотов по стеблю основной спирали одного листового цикла, а в знаменателе—число листьев в данном цикле. Дробь вместе с тем будет указывать и угол расхождения между соседними листьями, выраженный в долях окружности. При листорасположении, обозначенном дробью $\frac{1}{3}$, основная спираль делает один оборот по стеблю, листовый цикл состоит из трех листьев, а угол расхождения равен 120° . Листорасположение, обозначенное дробью $\frac{2}{5}$, свидетельствует о том, что основная спираль делает два оборота по стеблю, в листовом цикле содержится 5 листьев, а угол расхождения составляет 144° (рис. 84). Наиболее частым листорасположением являются $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$ и $\frac{5}{13}$.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ СТЕБЛЯ

В зависимости от внутреннего строения тканей растения делят на деревья, кустарники, полукустарники и травы. Наибольшей живучестью и прочностью отличаются деревья и кустарники, стебли которых в течение жизни одревесневают, а у трав стебли в основном сочные и нежные.

Деревьями называют такие крупные растения, у которых главный стебель, называемый стволом, особенно сильно развивается по сравнению с отходящими от него ветвями.

Кустарники отличаются от деревьев тем, что главный стебель у них слабо выражен, а сильное развитие получают ветви, отходящие от основания стебля у самой почвы. К кустарникам относятся шиповник, малина, смородина, крыжовник, сирень, кизильник, барбарис и др.

Полукустарники занимают как бы промежуточное положение между кустарниками и травами. У этой группы растений побеги в нижней части остаются многолетними и пробковеют, в верхней части являются однолетними и зимой отмирают или засыхают. К полукустарникам относятся многие виды полыни, черника, голубика, зверобой, астрагал и др.

Травы характеризуются тем, что наземные стебли у них в конце вегетационного периода отмирают. По продолжительности своего существования травы делятся на однолетники, двулетники и многолетники.

Однолетники начинают и завершают свой жизненный цикл в течение одного вегетационного периода. К однолетникам относится большинство культурных растений: горох, фасоль, соя, арахис, подсолнечник, лен, конопля, яровые злаки и др.

Двулетники в первый год жизни развивают только розетку прикорневых листьев. Вырабатываемые растением питательные вещества отлагаются обыкновенно в корнях (представляет исключение только капуста), которые используются в следующем году для образования цветущего стебля и плодов, после чего эти растения отмирают. К двулетникам относятся свекла, морковь, цикорий, петрушка, некоторые лекарственные растения, как белена, тмин, наперстянка, ряд сорных растений и многие другие.

Промежуточную группу между однолетниками и многолетниками составляют озимые хлебные злаки: рожь, пшеница, ячмень и др., которые начинают развиваться осенью, на зиму замирают и на следующий год продолжают рост и развитие и образуют семена. Эти растения в начальной

стадии жизни нуждаются в пониженных температурах, которые они находят поздней осенью и ранней весной.

Многолетники—это такие растения, которые живут в течение ряда лет. К ним относится значительное большинство видов.

К этой группе, помимо деревьев и кустарников, принадлежат многие культивируемые кормовые и лекарственные травянистые растения, как-то: клевер, люцерна, тимopheевка, земляная груша, валерьяна, красавка и многие другие.

Большинство многолетних травянистых растений в первый год развития при посеве их семенами не цветет и не плодоносит. Однако есть и такие многолетники, которые цветут и плодоносят в первый год жизни (хлопчатник, клецевина) и могут разводиться как однолетники в странах более холодных, чем их родина.

Чрезвычайно оригинальную и интересную группу представляют некоторые многолетние растения, которые цветут за всю свою жизнь только один раз, после чего отмирают. К этой группе относятся агавы (*Agave*) и фукрой (*Fourcroya*) и некоторые бамбуки.

Наибольшим долголетием отличаются древесные растения. К числу самых долговечных деревьев принадлежат африканские баобабы и драконы (*Dracaena draco*), возраст которых определяется в 6000 лет.

Возраст более известных пород определяется следующими приближительными цифрами:

Секвойя (<i>Sequoia gigantea</i>)	до 5000 лет
Кипарис (<i>Cupressus fastigiata</i>)	» 3000 »
Тис (<i>Taxus baccata</i>)	» 3000 »
Каштан (<i>Castanea sativa</i>)	» 2000 »
Можжевелник (<i>Juniperus communis</i>)	» 2000 »
Дуб (<i>Quercus pedunculata</i>)	» 1000 »
Ель (<i>Picea excelsa</i>)	» 1200 »
Кедр ливанский (<i>Cedrus Libani</i>)	» 2000 »
Кедр сибирский (<i>Pinus sibirica</i>)	» 1200 »
Липа (<i>Tilia grandifolia</i>)	» 1000 »
Листовенница (<i>Larix europaea</i>)	» 600 »
Сосна (<i>Pinus silvestris</i>)	» 570 »
Бук (<i>Fagus silvatica</i>)	» 600—900 лет
Маслина (<i>Olea europaea</i>)	» 700 »
Тополь белый (<i>Populus alba</i>)	» 600 »
Орех грецкий (<i>Juglans regia</i>)	» 300—400 »
Шиповник (<i>Rosa canina</i>)	» 400 »
Груша (<i>Pirus communis</i>)	» 300 »
Яблоня (<i>Malus baccata</i>)	» 200 »
Виноград (<i>Vitis vinifera</i>)	» 80—100 »

РАЗЛИЧНЫЕ МЕТАМОРФОЗЫ СТЕБЛЯ

В процессе роста и развития у многих растений стебель может очень сильно видоизменяться в своем развитии. Одной из форм метаморфоза побегов являются укороченные побеги, которые несут у многих растений (яблони, груша и др.) цветки и плоды. Укороченные побеги отличаются от обычных тем, что они имеют очень короткие междоузлия с небольшим числом тесно сжатых листьев.

Укороченными побегами являются и стебли, развивающие розетки прикорневых листьев у таких растений, как примула, одуванчик, свекла и др., в первый год жизни.

У некоторых древесных и травянистых растений укороченные побеги превращаются в колючки (рис. 85), которые могут нести в нижней части листья или быть совершенно безлистными. Такие колючки встречаются у дикой груши, дикой яблони, терновника, крушины, гледичии,

некоторых разновидностей боярышника, английского дрока (*Genista anglica*) и др.

У некоторых лиан, культурных и диких разновидностей винограда, многих тыквенных и др. побеги превращаются в у с к и, при помощи которых растения находят себе опору и поднимаются вверх. Происхождение усиков из побегов узнается по их положению на стебле и по редуцированным листьям на них.

Широко распространены превращения побегов в образования, служащиеместилищами запасных питательных веществ для перенесения неблагоприятного времени года (зимней стужи, летней засухи), а также для вегетативного размножения этих растений. К таким образованиям относятся корневища, клубни и луковицы.

Корневищем называется видоизмененная часть стебля, находящаяся под землей и несколько похожая на корень. Морфологически корневище отличается от корня присутствием буроватых чешуйчатых или пленчатых зачаточных листьев, у многих растений рано опадающих и оставляющих после себя небольшие рубцы, а также наличием маленьких почек в виде глазков и отсутствием чехлика (рис. 86).

Различают два типа корневищ: вертикальный и горизонтальный. Корневища вертикального типа являются продолжением надземного стебля. Такой тип характерен для валерьяны, чемерицы и некоторых зонтичных растений. Горизонтальное же корневище растет параллельно поверхности почвы, оно характерно для пырея, ландыша, аира и многих других растений.

В корневищах многих растений накапливаются различные вещества, используемые в промышленности и медицине: дубильные (лапчатка), красящие (марена), эфирные масла и летучие кислоты (валерьяна), сапонины (мыловник) и др.

Клубнями называют утолщенные, мясистые части стебля, состоящие из одного или нескольких междоузлий. Таким образом, клубень представляет собой то же корневище, но сильно укороченное и более или менее шаровидно утолщенное. Листья на подземных клубнях редуцируют до очень мелких, рано опадающих чешуек, в пазухах которых находятся почки, называемые «г л а з к а м и» (рис. 87), из которых в определенной последовательности развиваются надземные побеги.

Клубни могут быть надземными или подземными, желтоватыми или буроватыми. Надземные клубни представляют местное утолщение главного стебля, например у кольраби (рис. 88), или боковых побегов, например у некоторых эпифитных тропических орхидей (рис. 88, 2), и несут обычно нормальные листья.

У некоторых растений надземные клубни представляют собой видоизмененные пазушные почки с зачаточными листьями, опадающие с материнского растения и служащие для вегетативного размножения. Такой тип надземных клубней образует «живородящая» гречиха (*Polygonum viviparum*).

Подземные клубни являются или утолщениями подземного колена (у редиса, цикламена, эрантиса), или утолщениями на ветвях

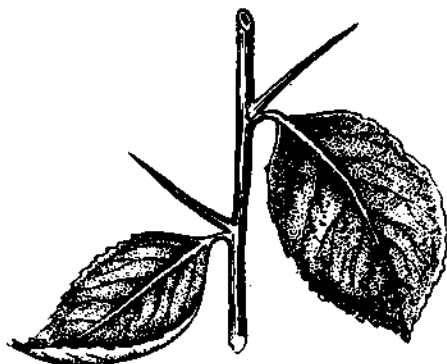


Рис. 85. Колочки стеблевого происхождения у боярышника.

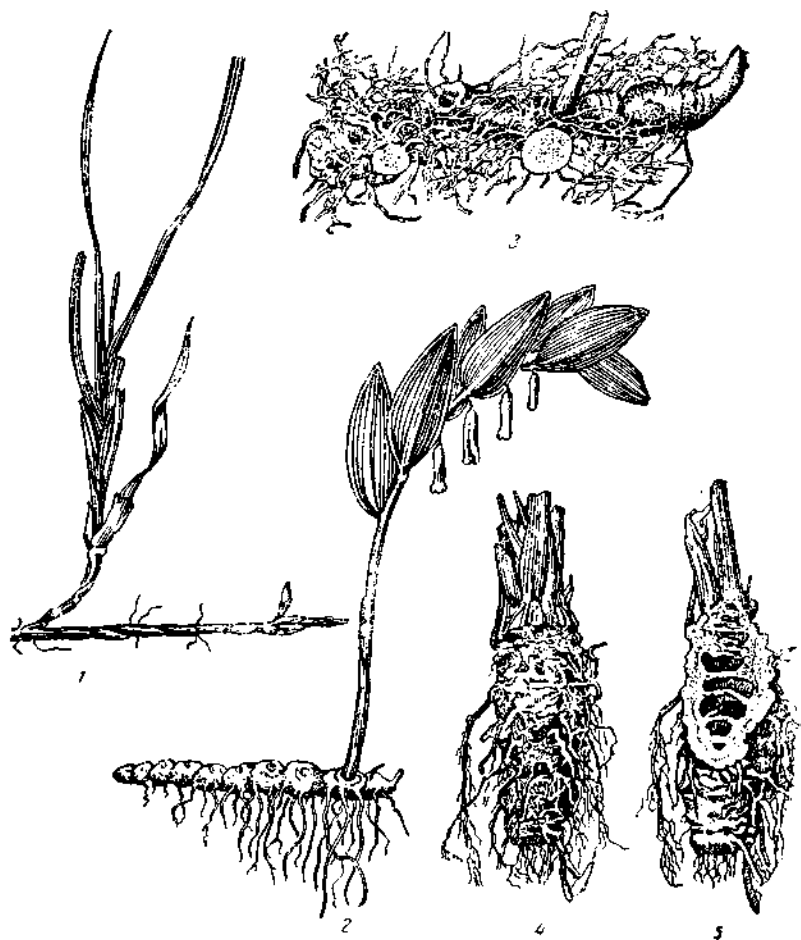


Рис. 86. Корневища.
1—осоки; 2—нуисны 3—касатика (ириса); 4 и 5—цикуты (4—цельное и 5—
в продольном разрезе).

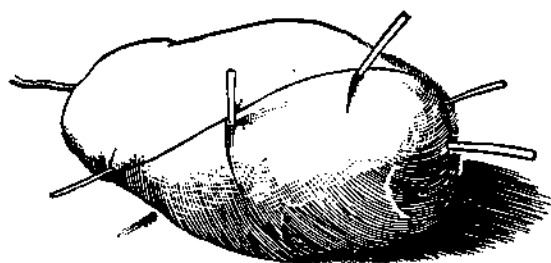


Рис. 87. Клубень картофеля. При помощи воткну-
тых спичек показано спиральное расположение
«глазков».

корневища, называемых **с т о л о н а м и** (у картофеля, земляной груши и др.). У многих сортов картофеля почки образуются в углублениях клубня, а у земляной груши (топинамбура)—на возвышениях его.

Клубни содержат запасы питательных веществ (особенно крахмала и сахара), потребляемых растением при образовании надземных частей с наступлением следующего вегетационного периода. На этом основывается и широкое употребление их в пищу и корм животным.

Клубни являются также органами вегетативного размножения растений.

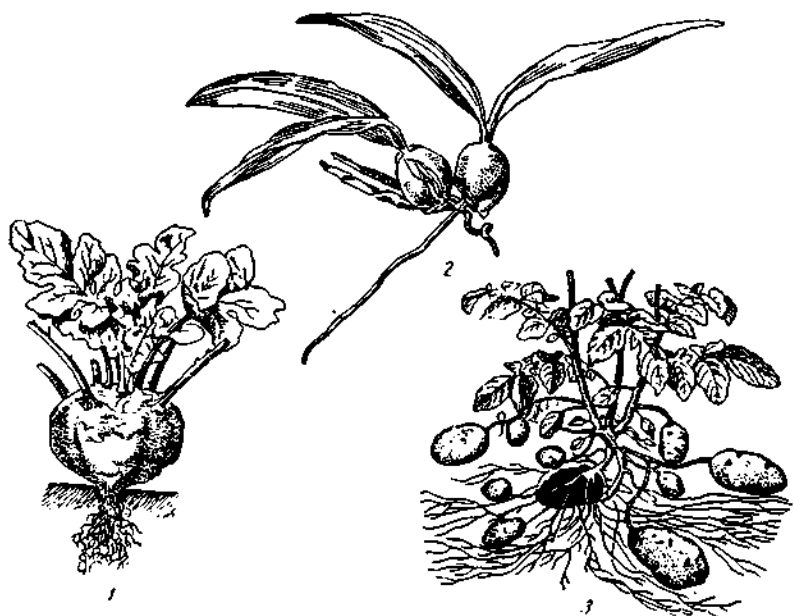


Рис. 88. Клубни стеблевого происхождения.

1—надземный у нольраби; 2—надземный у эпифитной орхидеи 3—подземные у картофеля.

Луковица также представляет собой подземный, укороченный и видоизмененный побег. Луковица служит для перенесения неблагоприятного времени года и для вегетативного размножения, и состоит она из недоразвитого сильно укороченного стебля (донца), несущего многочисленные, тесно сближенные листья. Большинство листьев, образующих луковицу, являющиеся нижними листьями побега, видоизмененными в мясистые сочные чешуи, в которых отлагаются запасные питательные вещества (рис. 89, 1 и 2). На вершине донца находится почка, развивающаяся далее в цветonoсный побег. Наружные чешуи луковиц у многих растений бывают сухие, пленчатые, выполняющие лишь защитную функцию для внутренних мясистых. У лука, гиацинта, рябчика наружные чешуи широкие, плотно охватывающие друг друга. Такой тип луковиц носит название пленчатых или плотных. Наряду с этим встречаются так называемые черепитчатые, или чешуйчатые, луковицы, наружные чешуи которых мельче и не покрывают всю луковицу (рис. 89, 3 и 4). Такой тип луковиц имеет лилия. У чеснока в пазухах луковичных чешуй развиваются из почек дочерние луковицы, называемые **д е т к а м и**, или **з у б к а м и**. Такую группу луковиц именуют сложной (рис. 89, б). Укореняется луковица придаточными корешками, выходящими по окружности донца.

Помимо подземных, известны также и надземные луковицы, развивающиеся у некоторых растений вместо обыкновенных почек. Вследствие малых размеров надземных луковиц их обыкновенно называют *у к о в и ч к а м и*. Такие луковички характерны для луковичной зубянки (*Dentaria bulbifera*) и некоторых видов лилий. Надземные луковицы представляют собой видоизмененные листовые или цветочные почки; впоследствии они опадают и служат для вегетативного размножения.

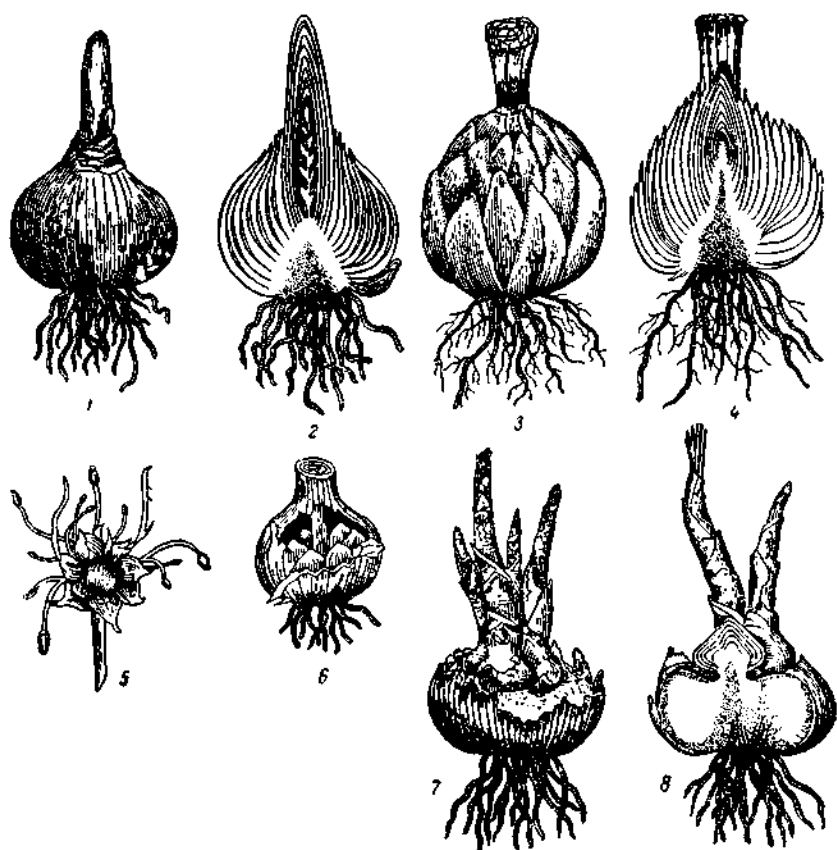


Рис. 89. Луковицы.

1—пленчатая луковица гиацинта; 2—продольный разрез ее; 3—чешуйчатая луковица лилии; 4—она же в разрезе; 5—луковички в соцветии лука (дикого); 6—луковички-детки луковички; 7—клубнелуковица шафрана; 8—она же в разрезе.

Промежуточными формами между клубнями и луковицами являются так называемые *к л у б н е л у к о в и ц ы*. Такие клубнелуковицы характерны для шафрана и других видов рода крокусов, шпажников или гладиолусов. По внешности клубнелуковицы похожи на луковицы и обычно их называют луковицами. Однако морфологически они ближе к клубням, так как все листовые чешуи у них сухие, пленчатые, а запасные питательные вещества откладываются в мясистой части стебля—донце (рис. 89, 7).

Многие луковичные растения введены в культуру и используются как пищевые растения (лук, чеснок, порей), декоративные (тюльпан, гиацинт, нарцисс), лекарственные (морской лук, безвременник и др.).

Стебли, выполняющие ассимиляционные функции. Примером ассимилирующих стеблей являются прутьевидные безлистные стебли, свойственные многим растениям, живущим при недостатке влаги в пустынных и по-

пустынных районах земного шара. Листья у них могут быть или очень мелкими, малочисленными, или рано опадать. Кустарники этого типа весьма обычны в Среднеазиатских районах СССР. На сухих каменистых почвах юга и юго-востока произрастают виды такого кустарника, называемого хвойником (*Ephedra* sp. sp.) (рис. 90). Прутьевидные кустарники весьма

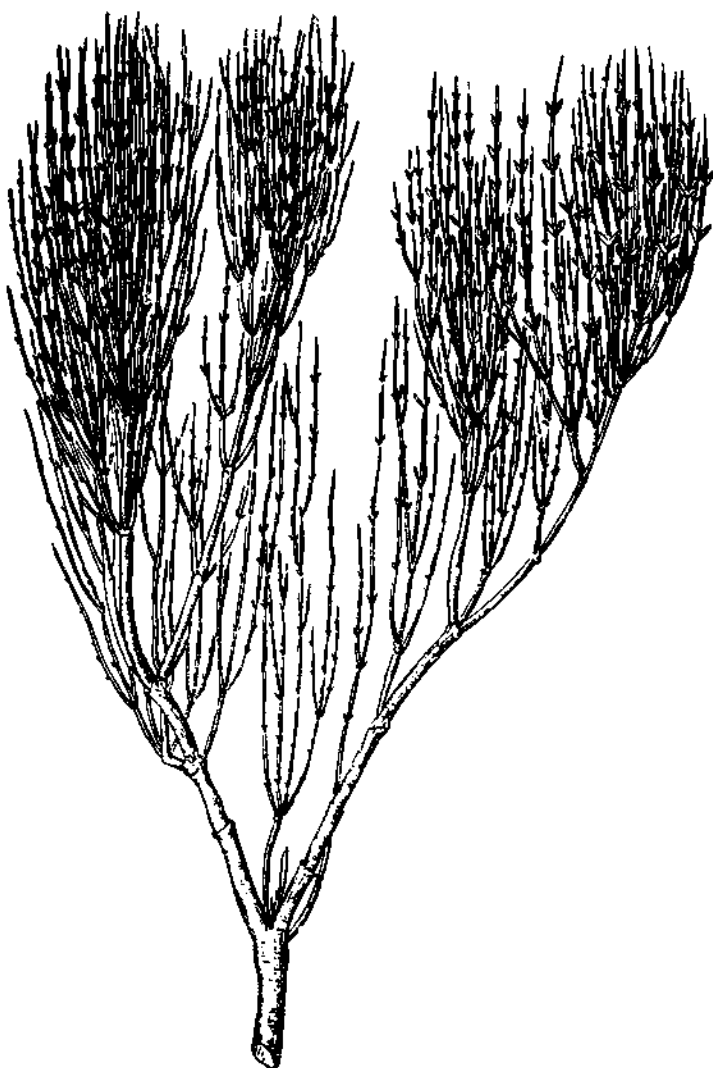


Рис. 90. *Ephedra equisetina*.

характерны для областей с сухим климатом. Один из таких почти безлистных кустарников с желтыми мотыльковыми цветами под названием испанского дрока (*Spartium juseum*) встречается на Южном берегу Крыма.

Классическим примером метаморфоза стеблей могут служить американские кактусы, африканские кактусовидные молочай, южноафриканские стапелии, живущие в засушливых областях с малым количеством осадков. У этих растений функцию листьев, которые редуцированы в колючки или чешуйки, выполняют стебли, содержащие большое количество водоносной паренхимы. Растения с такими толстыми сочными стеблями, в паренхиме



Рис. 91. Кладодии у *Ruscus*.

которых большие запасы воды, называют стеблевыми суккулентами.

Наиболее замечательным случаем метаморфоза стебля является превращение его в плоский орган, по внешнему виду не отличный от листа. Подобные образования называют **кладодиями**, или **филлокладиями**. Таков, например, маленький, вечнозеленый кустарник *Ruscus aculeatus* из семейства лилейных (рис. 91), распространенный на Южном берегу Крыма и на Кавказе. Этот кустарник состоит из резко обособленного, ветвящегося стебля и обильно покрывающих его жестких яйцевидных «листьев». Последние, однако, представляют собой не что иное, как высокоорганизованные кладодии, т. е. ветви стебля, выполняющие ассимиляционные функции. Настоящие же листья у *Ruscus aculeatus* низведены до

маленьких чешуек, сидящих на средних жилках кладодий. Из пазухи этих чешуек рано весной выходят мелкие цветки, а позднее—крупные красные ягоды. Склонность к образованию кладодиев наблюдается и у некоторых других лилейных. Так, нитевидные или шиловидные «листья» спаржи (*Asparagus*) представляют собой точно так же кладодии.

Стеблевая природа филлокладиев легко доказывается положением их в пазухах листьев—чешуек, а также нахождением на них цветков, которые в виде только очень редкого исключения у некоторых растений развиваются и на настоящих листьях.

Филлокладии представляют прекрасный пример **аналогичных** органов, вполне сходных по форме и функциям с листьями, но имеющих совершенно иное происхождение.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ

При изучении анатомического строения стебля у однодольных растений в продолжение всей их жизни, а у двудольных в молодом возрасте обнаруживаются следующие области: 1) кожа, 2) первичная кора, 3) центральный цилиндр (рис. 92). Кожица является одним из типов покровной ткани и почти всегда состоит только из одного слоя клеток. Первичная кора состоит из сравнительно немногих слоев живых паренхимных клеток с целлюлозными оболочками. В клетках наружных ее слоев находятся хлорофилловые зерна. В наружных же частях часто расположена колленхима в виде отдельных тяжей, реже сплошным кольцом. Иногда в первичной коре бывают участки склеренхимы и каменные клетки. Местами через первичную кору проходят отдельные сосудисто-волокнистые пучки, идущие из стебля в листья. У многих растений первичная кора резко отделяется от центрального цилиндра (стели) слоем эндодермы или так называемым крахмалоносным влагалищем. Эндодерма состоит из паренхимных клеток, слегка вытянутых в длину по оси стебля.

Крахмалоносное влагалище соответствует по положению эндодерме, являясь самым внутренним слоем клеток первичной коры. Оно бывает ясно выражено в молодых, еще не закончивших роста участках стеблей многих растений и тоже состоит из одного слоя паренхимных клеток, слегка вытянутых по длине стебля, в которых находятся крахмальные зерна,

более многочисленные, чем в прилегающих клетках первичной коры и центрального цилиндра.

Внутри от коры всю осевую часть стебля занимает **центральный цилиндр**, или **стель**. Снаружи от первичной коры он начинается слоем **перика**. Он отличается от граничащей с ним эндодермы тем, что радиальные стенки клеток перика не совпадают с радиальными стенками клеток эндодермы. Перика в стеблях часто бывает многослойным. Он состоит из паренхимных клеток или нередко (весь или частично) из склеренхимных волокон, целлюлозных или одревесневающих. Если перика состоит из паренхимных клеток и в то же время ни крахмаленосное влагалище, ни эндодерма не выделяются, то первичная кора незаметно переходит в основную ткань центрального цилиндра

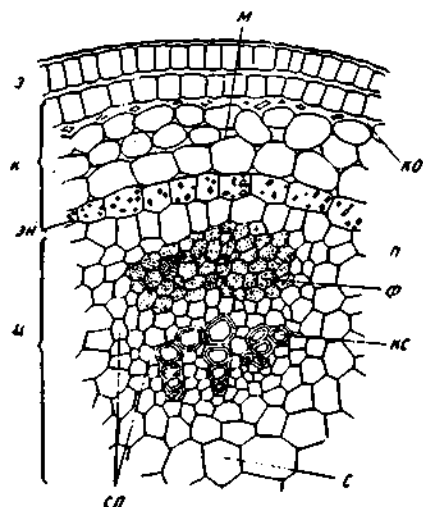


Рис. 92. Первичное строение стебля пророска однодольной (*Merguialis annua*).

э—эпидермис; к—кора; ц—центральный цилиндр; ко—колленхима в один слой клеток; эн—эндодерма; п—перика; сл—сердцевинный луч; ф—флоэма; кс—ксилема; м—межклетники; с—сердцевина.

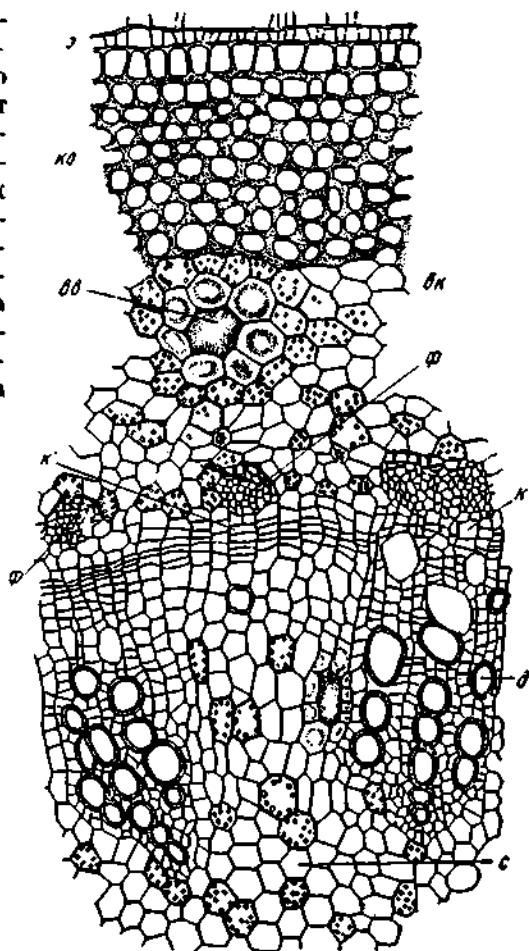


Рис. 93. Поперечный разрез части стебля в междоузлии.

э—эпидермис; ко—колленхима; эк—внутренняя коровая часть; эк—вместилище выделений; к—пучковый камбий; к'—камбий, образовавшийся позднее из кольца утолщения; ф—флоэма; д—ксилемная часть первичного сосудистого пучка; ф'—флоэма, возникшая из междупучкового камбия; с—сердцевина.

и тогда стебель кажется как бы состоящим из эпидермиса и основной ткани, в которой расположены проводящие системы (ткань).

Однодольные и двудольные растения резко различаются по расположению проводящих тканей в центральном цилиндре. У однодольных в центральном цилиндре располагаются без какого-либо видимого порядка отдельные закрытые проводящие пучки, состоящие из луба (кнаружи) и древесины (кнутри). У двудольных первичное строение стеблей может

быть двух типов: пучковое и непучковое. При пучковом строении имеются тоже отдельные, но открытые проводящие пучки, состоящие также из луба (кнаружи) и древесины (кнутри), но располагаются они среди основной ткани правильно, образуя один, реже два круга (рис. 93).

Середина центрального цилиндра носит название *сердцевины*. Граница сердцевины намечена линией, соединяющей самые внутренние части сосудистых пучков. Слагается она из крупноклеточной паренхимы с большими межклетными пространствами. Клеточные стенки чаще остаются тонкими, но иногда утолщаются и состоят то из клетчатки, то одревесневают. У некоторых растений сердцевина бывает развита очень сильно. Такой тип сердцевины характерен для мясистых стеблей. У других же она бывает совсем незаметна, так что древесинная часть сосудисто-волокнистых пучков доходит до центра стебля. У многих растений сердцевина в своих наружных частях, соприкасающихся с сосудистой частью, состоит из более мелких клеток, остающихся живыми, в то время как другие клетки, более крупные и лежащие ближе к центру стебля, отмирают. В этих случаях сердцевина разрушается и совсем пропадает, оставляя полое пространство. Так возникают полые стебли зонтичных, губоцветных, сложноцветных и др.

Паренхимные клетки основной ткани, находящиеся между пучками, образуют так называемые первичные сердцевинные лучи. Позднее у многих растений в паренхимных клетках сердцевинных лучей, расположенных примерно на одной круговой линии с камбием в проводящих пучках (пучковый камбий), начинается деление тангентальными перегородками, параллельными окружности стебля. Таким образом возникает новая меристематическая ткань, образующая так называемый межпучковый камбий, который соединяется с пучковым камбием в одно сплошное камбиальное кольцо. Клетки этого камбиального кольца, делясь тангентальными перегородками, обуславливают рост стебля в толщину. При этом участки камбия, находящиеся в проводящих пучках, образуют к периферии клетки луба, а к центру — элементы древесины. Участки же межпучкового камбия образуют главным образом паренхимные клетки, причем клетки, отлагающиеся к центру стебля, со временем одревесневают. Местами из межпучкового камбия образуются новые проводящие пучки, которые отличаются от первичных меньшей величиной. Каждый такой пучок является тоже древесинно-лубяным; древесина в нем расположена по направлению к центру, а луб — к периферии стебля. Между ними сохраняется камбий, обеспечивающий дальнейший рост пучка в толщину. Строение, возникающее в результате деятельности камбия, называют *вторичным*, в отличие от *первичного*, существовавшего на более ранних стадиях развития стебля, когда камбий еще не функционировал.

Непучковый тип строения стебля характеризуется тем, что в центральном цилиндре и на ранних стадиях развития не бывает отдельных проводящих пучков. Уже в очень молодых верхушках стеблей закладывается прокамбиальное кольцо, из которого сразу образуются сплошные кольца древесины (внутри) и луба (кнаружи) с прослойкой камбия между ними. В дальнейшем в результате деятельности камбия происходит постепенное нарастание в толщину древесины (центростремительно) и луба (центробежно). Древесины обычно образуется гораздо больше, чем луба. Кроме элементов древесины и собственно луба, у многих растений возникают еще и *сердцевинные лучи*, которые состоят из живых паренхимных клеток, образующих узкие полосы, пересекающие радиально луб и древесину. По сердцевинным лучам происходит передвижение веществ в радиальном направлении. В древесине клетки сердцевинных лучей тоже одревесневают, а в лубе они целлюлозные.

При непучковом типе строения стебля различие между первичным и вторичным строением стебля гораздо менее резкое, чем при пучковом. Непучковое строение стебля наблюдается гораздо чаще, чем пучковое. На поперечном срезе старых стеблей непучкового строения древесина не вдаётся в сердцевину крупными секторами, как при пучковом строении, а граничит с ней довольно ровным краем по всей периферии сердцевины; сосуды первичной древесины бывают разделены лишь очень узкими радиальными прослойками неодревесневшей мелкоклеточной перимедуллярной паренхимы.

У древесных растений деятельность камбия продолжается в течение всей их жизни с перерывами на периоды прекращения вегетации (на зиму). В первой половине вегетационного периода в древесине образуются клетки со сравнительно крупной полостью и тонкими клеточными стенками, а в конце лета и начале осени — клетки с узкой полостью и толстыми клеточными стенками. Первые кажутся более светлыми, а вторые — более темными. Клетки, отложившиеся в течение одного вегетационного периода, образуют один годичный слой. По числу годичных слоев можно определить возраст дерева или возраст ветви. Граница между годичными слоями бывает видна и невооруженным глазом или в лупу вследствие различий между более темной, поздней древесиной предыдущего года и светлой, весенней древесиной следующего за ним года. У хвойных древесина состоит только из трахеид с окаймленными порами. У лиственных древесина складывается из более разнообразных элементов — сосудов, трахеид, либриформа, древесной паренхимы и др.

У многих древесных пород более старые слои древесины отличаются по своей темной окраске от более молодых, тогда в древесине обнаруживается ядро — более темная, срединная, старая часть — и заболонь, или оболонь, — более светлая, молодая часть, окружающая ядро. Луб у древесных растений всегда бывает развит слабее древесины.

Благодаря развитию и функционированию феллогена (пробкового камбия) у древесных растений развивается в поверхностных частях стеблей перидерма, а позднее — несколько перидерм или корка. Перидерма или перидермы (или корка) вместе с остатками первичной коры и лубом образуют так называемую кору. Эта кора, отделенная от древесины слоем камбия, весной легко срывается с древесины, так как нежные, тонкие стенки камбиальных клеток легко рвутся.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СТЕБЛЯ ОДНОДОЛЬНЫХ

Особенности анатомического строения однодольных растений отчетливо выступают на поперечных срезах. Для примера можно привести анатомическое строение ржи (*Secale cereale*).

Рассматривая препараты поперечных срезов стебля ржи, можно обнаружить следующую картину строения стебля (соломины) ржи (рис. 94). На периферии находится однослойный эпидермис (кожица), клеточные оболочки которого одревесневают. Непосредственно под кожицей лежит довольно толстое кольцо одревесневших клеток с толстыми стенками. Оно состоит из склеренхимных волокон. Между отдельными клетками хорошо видны спаивающие их межклеточные пластинки, а в толще клеточных стенок — поры. У растений, росших в условиях загущенного посева, оболочки склеренхимных волокон бывают слабо утолщены, что обуславливает полегание при избыточном увлажнении.

Внутри склеренхимного кольца находятся участки более рыхлой тонкостенной паренхимы с неодревесневшими клеточными стенками. На срезах из свежего материала в клетках паренхимы видны хлорофилловые зер-

на. Участки хлорофиллоносной паренхимы граничат непосредственно с кожей. В коже против этих участков можно заметить кое-где устьица.

Внутри от кольца склеренхимы находится крупноклеточная паренхима с более тонкими неодревесневшими клеточными стенками. Клетки ее в вполне сформировавшихся стеблях мертвые, лишенные содержимого. Паренхима эта окружает центральную крупную пустую полость, занимающую по диаметру большую часть стебля и характерную для стеблей (соломин) большинства злаков.

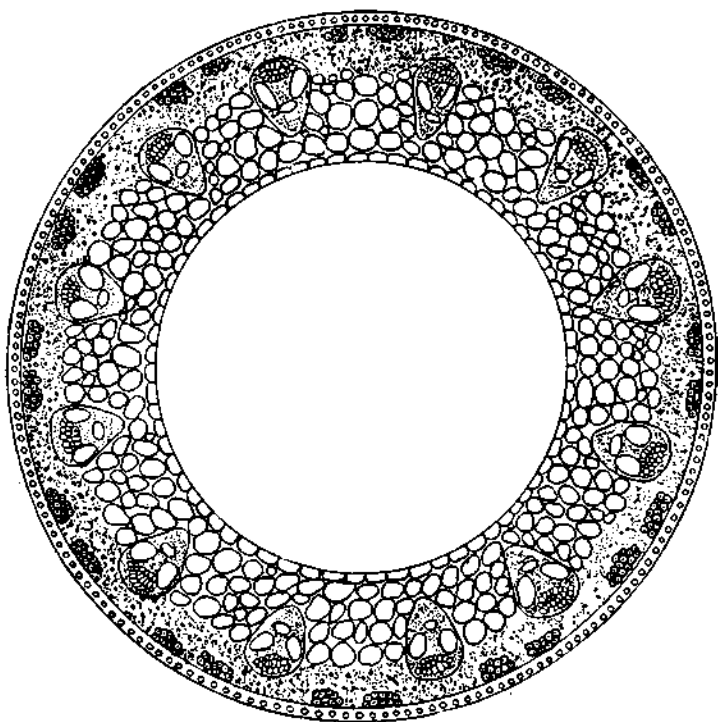


Рис. 94. Поперечный разрез соломинки ржи на середине одного из верхних междоузлий; пучки образуют одно правильное кольцо.

Проводящие ткани расположены в два круга. Наружные из более мелких пучков расположены у внутренней границы склеренхимного кольца и находятся обычно между сближенными попарно участками хлорофиллоносной паренхимы. Внутренние пучки из более крупных сосудов находятся среди внутренней крупноклеточной паренхимы.

Проводящие пучки, закрытые, коллатеральные, окруженные склеренхимным влагалищем, более сильно развиты на наружной и отчасти на внутренней стороне пучка. На наружной стороне каждого пучка находится луб, состоящий из более крупных, почти всегда пустых ситовидных трубок и расположенных между ними небольших клеток-спутниц, наполненных содержимым. В древесине хорошо видны два крупных боковых пористых сосуда. Между ними расположена мелкоклеточная древесинная паренхима. Внутри от последней находится 2—3 спиральных и кольчатых сосуда, более узких, чем пористые. На внутренней же стороне древесинной части пучка, на месте разрушенных первичных сосудов древесины, находится небольшая воздушная полость. Эту полость окружают клетки с тонкими целлюлозными оболочками.

Анатомическое строение стебля (соломины) у пшеницы, овса, ячменя и др. подобно описанному.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СТЕБЛЯ ДВУДОЛЬНЫХ

Особенности анатомического строения двудольных травянистых растений могут быть изучены на стебле подсолнечника (*Helianthus annuus*).

На поперечном срезе (рис. 95) можно видеть первичную кору и центральный цилиндр. Первичная кора отделена от центрального цилиндра тонким крахмалоносным влагалящем, выступающим в виде клеток с черными точками внутри. В коре с наружной стороны обнаруживается: 1) тонкая кожица с жесткими, щетинистыми и мелкими, мягкими волосками. 2) колленхима, лежащая непосредственно под кожицей, 3) паренхима из крупных и мелких клеток с тонкими стенками.

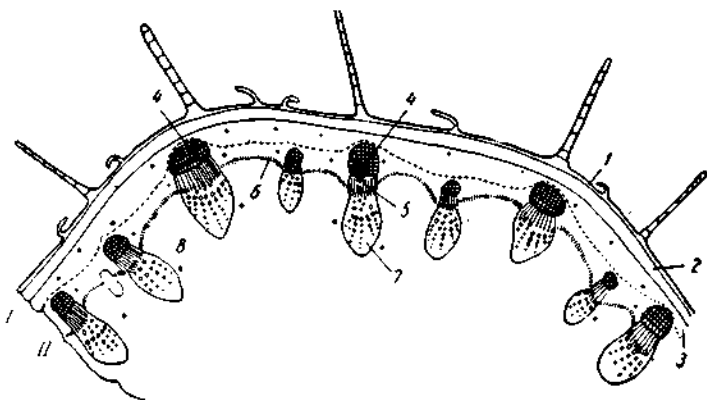


Рис. 95. Поперечный разрез стебля подсолнечника (*Helianthus annuus*).

1—эпидермис; 2—колленхима; 3—крахмалоносное влагаляще; 4—склеренхима; 5—луб; 6—межпучковый камбий; 7—древесина; 8—смоляные ходы; I—первичная кора; II—центральный цилиндр.

В центральном цилиндре под крахмалоносным влагалящем располагаются правильно в один ряд по кругу сосудисто-волокнистые, коллатеральные, открытые пучки, направленные древесиной к центру, а лубом к периферии стебля. По величине пучки неодинаковы: крупные чередуются с мелкими (крупные пучки—первичные, появившиеся в стебле с самого начала из прокамбия, а мелкие—вторичные, образовавшиеся позже из межпучкового камбия). Снаружи, перед крупными пучками развита склеренхима в виде полукруглых участков. В древесине характерно пальчатое расположение проводящих сосудов.

Камбий представляет темноватую волнистую полосу, состоящую из выпуклых и вогнутых дуг. Благодаря работе камбия стебель утолщается.

Клетки сердцевинки крупные; около сосудистых пучков они расположены лучисто. В центральном цилиндре и первичной коре попадают смоляные каналы в виде единичных темных пятен.

Примером непучкового строения стебля двудольных может служить стебель мыльнянки (*Saponaria officinalis*). На поперечных срезах стебля мыльнянки снаружи можно обнаружить однослойную кожицу с довольно толстой кутикулой (рис. 96). На коже кое-где встречаются редкие волоски. Внутри от кожицы расположена первичная кора из 7—10 слоев тонкостенных паренхимных клеток. Наружные 1—2 слоя первичной коры иногда представлены в виде колленхимы. За первичной корой внутрь идет

кольцо каменных клеток с утолщенными стенками (склеренхимы) из 3—8 и более слоев клеток. Склеренхима по происхождению уже относится к центральному цилиндру. Клетки ее многоугольные, с толстыми одревесневшими оболочками и с порами, пронизывающими оболочки. Оболочки внутренних слоев склеренхимы становятся тоньше. Далее внутрь идет кольцо тонкостенной неодревесневшей паренхимы, а за ним—кольцо более мелко-клеточного луба со слегка блестящими, светлыми клеточными стенками. Затем идет кольцо камбия, более широкое весной и узкое в конце лета. Клетки камбия живые, с тонкими стенками и целлюлозными оболочками. Собственно камбием считают лишь один слой меристематических клеток; остальные же, лежащие от него кнаружи и внутрь, являются уже постепенно формирующимися клетками луба и древесины. За камбием внутри расположена в виде сплошного, довольно широкого кольца древесина, которая состоит в значительной степени из либриформа с гладкими, непористыми клеточными стенками. В древесине находятся сосуды и трахеиды—пустые клетки с пористыми клеточными стенками—и древесинная паренхима с содержимым в клетках. Эту древесину можно считать вторичной, развившейся из камбия. На границе древесины с сердцевинной находится первичная древесина, состоящая из кольчатых и спиральных сосудов и трахеид, выделяющихся своими довольно толстыми, непористыми клеточными стенками. Они не образуют сплошного кольца, а вдаются небольшими выступами внутрь их вторичной древесины и расположены очень тесно друг к другу; их раздвигают лишь немногие тонкостенные, неодревес-

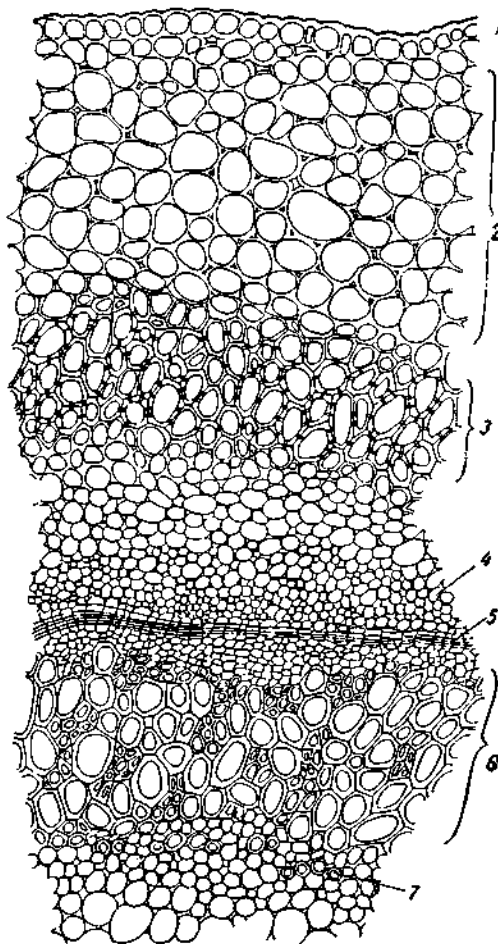


Рис. 96. Поперечный разрез стебля мыльнянки (*Salix officinalis*).

1—эпидермис; 2—первичная кора; 3—склеренхима; 4—луб; 5—камбий; 6—древесина; 7—первичная древесина.

невшие клетки. Далее внутрь идет кольцо тонкостенной неодревесневшей паренхимы, а за ним—кольцо более мелко-клеточного луба со слегка блестящими, светлыми клеточными стенками. Затем идет кольцо камбия, более широкое весной и узкое в конце лета. Клетки камбия живые, с тонкими стенками и целлюлозными оболочками. Собственно камбием считают лишь один слой меристематических клеток; остальные же, лежащие от него кнаружи и внутрь, являются уже постепенно формирующимися клетками луба и древесины. За камбием внутри расположена в виде сплошного, довольно широкого кольца древесины, которая состоит в значительной степени из либриформа с гладкими, непористыми клеточными стенками. В древесине находятся сосуды и трахеиды—пустые клетки с пористыми клеточными стенками—и древесинная паренхима с содержимым в клетках. Эту древесину можно считать вторичной, развившейся из камбия. На границе древесины с сердцевинной находится первичная древесина, состоящая из кольчатых и спиральных сосудов и трахеид, выделяющихся своими довольно толстыми, непористыми клеточными стенками. Они не образуют сплошного кольца, а вдаются небольшими выступами внутрь их вторичной древесины и расположены очень тесно друг к другу; их раздвигают лишь немногие тонкостенные, неодревес-

невшие клетки. В данном случае, как вообще при непучковом строении стебля, в меристеме конуса нарастания выделяется сплошное прокамбиальное кольцо, из которого образуются почти сплошные кольца древесины и луба, а остающаяся между ними прослойка меристематических клеток становится камбием, обеспечивающим дальнейшее нарастание в толщину древесины и луба.

Сердцевина состоит из крупных паренхимных клеток. В более старых участках стебля на месте сердцевины образуется полость и сохраняются лишь наружные клетки сердцевины, прилегающие к первичной древесине.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СТЕБЛЯ ДРЕВЕСНЫХ

Типичным примером анатомического строения стебля древесных может служить липа (*Tilia cordata* Mill.). На поперечных срезах молодых стеблей липы можно обнаружить следующую картину: снаружи находится тонкий слой желтовато-бурой перидермы, наружная граница которой темнее,

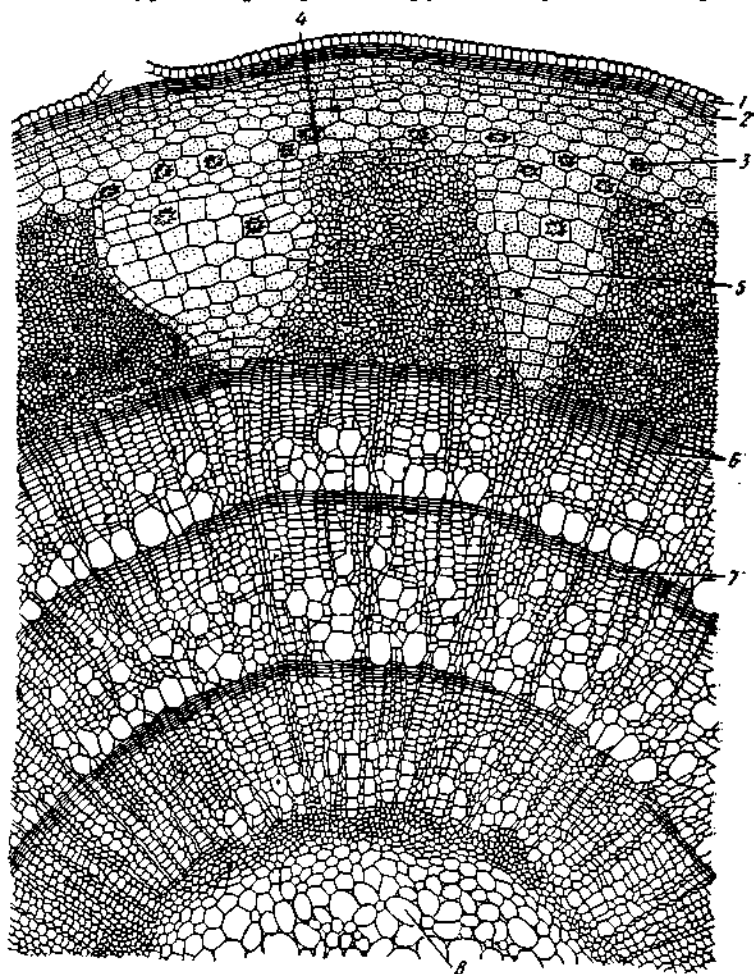


Рис. 97. Поперечный разрез трехлетней ветви липы.

1—эпидермис; 2—пробка; 3—друзы; 4—лубяные волокна; 5—сердцевинный луч, который в коре у липы расширяется снаружи, переходя в клетки первичной коры; 6—камбий; 7—граница осенней и весенней древесины; 8—сердцевина.

чем внутренняя, и неровная (рис. 97). За перидермой идет первичная кора, начинающаяся тонким слоем зеленой колленхимы, состоящей из клеток с утолщенными блестящими белыми стенками и с хлорофилловыми зернами. За колленхимой следует тонкостенная паренхима первичной коры, клетки которой частично пустые, а частично содержат хлорофилловые зерна в друзы. К коровой паренхиме прилегают треугольно расширенные (лубяные) части первичных (главных) сердцевинных лучей. Они идут от сердцевины, пересекают годичные кольца древесины, камбий, конусообразно расширяясь кнаружи, сливаются с первичной корой. Между расширенными частями сердцевинных лучей заключены участки вторичного луба,

имеющие форму трапеций, узким основанием направленных наружу, а широким—к центру стебля, т. е. обратно направлению расширенных частей сердцевинных лучей. В лубе мы различаем темную тонкостенную ткань (мягкий луб) и блестящую, белую или желтоватую толстостенную ткань (твердый луб); эти ткани расположены чередующимися, прерывистыми, тангентальными полосками. Луб отделяется от древесины тонким, темным кольцом камбия.

Древесина состоит из удлинённых узких тяжей, упирающихся более узкой стороной в сердцевину; тяжи древесины отделены друг от друга сердцевинными лучами и в свою очередь подразделены на мелкие секторы более узкими, не доходящими до сердцевины, вторичными сердцевинными лучами, продолжающимися в луб.

Камбий производит новые элементы только во время весеннего и летнего вегетационного периода; зимой деятельность камбия прерывается.

Годичные слои в лубе различать нельзя. Однако можно разделить твердый луб на отдельные полоски и подсчитать число их. Этот подсчет позволяет установить, что у липы ежегодно образуется по две полоски твердого луба.

В центре стебля расположена сердцевина, состоящая из неодинаковых клеток: периферические клетки, образующие сероватое кольцо вокруг внутреннего края древесины, более мелкие и наполнены мелкозернистым содержимым; срединные же клетки двух родов—одни более крупные и пустые, а другие более мелкие, с желто-бурым содержимым; мелкие клетки рассеяны по одной или по несколько между крупными клетками.

РАЗВИТИЕ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАМБИЯ

С возрастом у дерева возрастает листовая поверхность и увеличивается продуктивность питающей кроны. Одновременно с этим происходит увеличение и корневой системы, на построение которой идет все больше и больше питательных веществ из листьев. Соответственно в стволе прибавляются новые проводящие пути, что ведет к утолщению ствола. В нем развиваются добавочные сосуды и трахеиды, доставляющие листьям необходимую воду и минеральные вещества. У большинства однодольных величина листовой поверхности в течение всей жизни после окончания первичного утолщения ствола остается без изменений, в связи с чем стебли не утолщаются и остаются цилиндрическими от вершины до основания (ствол пальм, соломина злаков и др.).

У двудольных, у хвойных и некоторых однодольных стебель продолжает утолщаться. Наиболее сильно это вторичное утолщение выражено у деревьев. Первичное утолщение стебля завершается при переходе меристематической ткани конуса нарастания в постоянные элементы и зависит от разрастания уже заложившихся клеток; вторичное же утолщение происходит от появления новых элементов и возникновения новых тканей. Процесс образования новых тканей идет в результате деятельности вторичной меристемы—к а м б и я.

Камбий лежит в стволе дерева между корой и древесиной. Непрерывный слой камбия, расположенный кольцом вокруг древесины, возникает по-разному. В стеблях травянистых растений с резко обособленными открытыми сосудисто-волокнистыми пучками прослойки камбия находятся в сосудистых пучках и образуют так называемый п у ч к о в ы й к а м б и й. Пучковый камбий является прямым производным первичной меристемы, находящейся в конусе нарастания стебля (рис. 98). Пучковый камбий обособляется в то время, когда клетки прокамбиального пучка превращаются в клетки постоянных тканей сосудисто-волокнистого пучка. Все

меристематические клетки прокамбия сначала делятся продольными перегородками во всех направлениях, но потом деление это ограничивается средней частью прокамбиального пучка и только тангентальными перегородками. В результате такого деления в середине сосудистого пучка возникают прослойки меристематических камбиальных клеток, лежащих радиальными рядами. Радиальное кольцо камбия состоит из одного слоя клеток.

По мере того как в сосудисто-волокнистых пучках, разделенных рядами паренхимных клеток, обособляются прослойки камбия в клетках первичных сердцевинных лучей, лежащих как раз по линии, соединяющей камбиальные участки двух соседних сосудисто-волокнистых пучков, начинают образовываться тангентальные перегородки. В результате формируются настоящие камбиальные клетки, которые продолжают делиться тангентальными перегородками по мере роста стебля в толщину. Эти вновь возникшие прослойки межпучкового камбия соприкасаются с камбиальными прослойками сосудисто-волокнистых пучков и образуют вместе сплошное камбиальное кольцо.

У многих деревьев сплошное камбиальное кольцо возникает иначе: в меристеме не обособляются отдельные прокамбиальные пучки, а прокамбий закладывается сразу узким кольцом мелких клеток во всем конусе нарастания. Это кольцо производит затем элементы древесины внутрь и луба наружу, а между ними остаются меристематические клетки, образующие сплошное кольцо камбия.

Слой камбия имеет весьма типичное строение. Меристематические клетки, составляющие камбий, вытянуты прямоугольными призмами по длине органа; на поперечном срезе они представляются сплюснутыми в радиальном направлении. Стенки их тонкие. Клетки содержат мелкозернистую протоплазму с удлинением ядром.

Весной, во время усиленного роста, камбий развивает мощное кольцо дифференцировавшихся клеток. От этого кора весной легко снимается с дерева, так как тонкие стенки камбия и вновь образовавшиеся клеток легко разрываются.

Схематическую деятельность камбиального кольца можно представить следующим образом. Клетка камбия растет и делится тангентальной перегородкой. Из двух возникших в результате такого деления клеток внутренняя начинает превращаться в какой-либо постоянный элемент ксилемы, прилегающий к старым элементам ксилемы; клетка же камбия, отодвинутая наружу, сохраняет способность к дальнейшему делению. После сле-

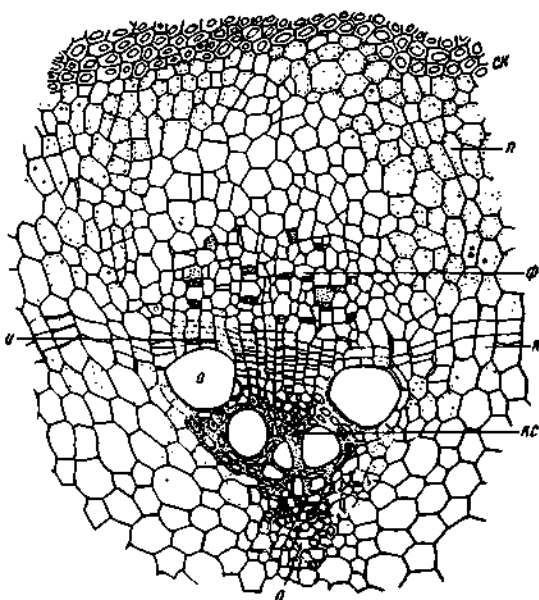


Рис. 98. Поперечный разрез через сосудисто-волокнистый пучок *Aristolochia sipho*.

ск—склеренхима; n—молодая паренхима; ф—флоэма, ситовидные трубки и сопровождающие клетки; к—камбий пучковый; х—камбий межпучковый; а—пористый сосуд, окруженный паренхиматическими клетками; о—мелкоклеточная паренхима.

дующего появления в ней тангентальной перегородки наружная дочерняя клетка начинает развиваться в постоянную клетку флоэмы, а внутренняя дочерняя клетка остается камбиальной (рис. 99). Эта камбиальная клетка вновь производит клетку ксилемы, а потом флоэмы. Таким образом, камбий последовательно отлагает клетки: внутрь—ксилему, а наружу—флоэму. Нарастание новых клеток древесины идет снаружи, а клеток флоэмы—изнутри. Камбий же сохраняет свое правильное положение кольцом вокруг древесины стебля.

На самом деле процесс деятельности камбия несколько сложнее, чем представлено схемой. Камбий обыкновенно откладывает клеток ксилемы больше, чем флоэмы; в среднем на одну клетку флоэмы приходится четыре клетки ксилемы, причем последние иногда не сразу превращаются в постоянный элемент ксилемы, а иногда в свою очередь делятся еще раз. От этого древесина нарастает быстрее коры.

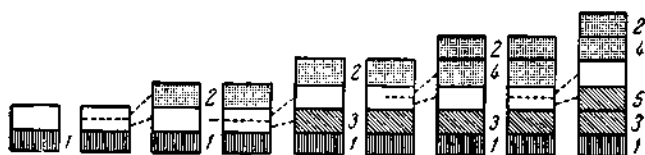


Рис. 99. Схема последовательных делений камбиальной клетки, которая изображена светлой. Клетки ксилемы, отлагающиеся внутрь, отмечены штрихами; клетки флоэмы—точками; прерывистая черта намечает деление клетки камбия. Цифры обозначают последовательность появления клеток.

Образованием древесины кольцо камбия все время отодвигается кнаружи и окружность его все увеличивается. При таком вытягивании окружности происходит увеличение размеров клеток в тангентальном направлении, но до некоторого предела. Время от времени в клетках камбия образуются радиальные перегородки, увеличивающие число клеток камбия; от этого радиальные ряды клеток, образованных камбием, раздваиваются.

Межпучковый камбий в результате деления клеток производит клетки первичного сердцевинного луча. При дальнейшем утолщении стебля из межпучкового камбия начинают возникать элементы древесины и луба, вполне сходные с производимым пучковым камбием. Кроме того, в толще древесины, развивающейся при вторичном утолщении, появляются ряды паренхимных клеток, тянущихся в радиальном направлении, среди продольно вытянутых элементов ксилемы. Они называются вторичными сердцевинными лучами и получают в результате того, что одна или несколько клеток камбия образуют поперечные и наклонные перегородки и превращаются от этого в группу инициальных клеток камбия для нового радиального ряда клеток, подобных первичному сердцевинному лучу. Вторичные сердцевинные лучи, возникая в камбии на границе между корой и древесиной, не доходят до сердцевины, а упираются где-либо внутри в клетки древесины. Кнаружи они внедряются во вторичную кору тем дальше, чем раньше они образовались. По сердцевинным лучам происходит перемещение питательных веществ в радиальном направлении, от коры в древесину и обратно.

Серцевинные лучи в древесине служат также местами, где скопляются на зиму питательные вещества, как и в древесной паренхиме. Чем шире сердцевинные лучи, тем их меньше. Клеточные стенки их, более или менее утолщенные, одревесневают и несут простые поры. Между паренхимными

клетками сердцевинных лучей часто остаются межклеточные пространства, через них межклетники сердцевины сообщаются с межклетниками коры и через чечевички—с атмосферным воздухом. Сердцевинные лучи в древесине разных пород древесных растений различны по величине. У сосны, например, узкие лучи, а у дуба они многослойные и широкие. Такие широкие лучи, отличаясь по цвету от остальной массы древесины, придают характерный рисунок продольным разрезам древесины.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ СТЕБЛЯ

Важнейшей физиологической функцией стебля является передвижение воды и растворенных в ней минеральных и органических веществ из одних органов растения в другие.

Точными исследованиями установлено, что по древесному стволу происходит передвижение веществ по двум основным направлениям. Один ток идет от корней к листьям и несет воду и растворенные в ней минеральные вещества. Так как общее направление этого тока снизу вверх, то его называют *восходящим током*, хотя в отдельных случаях в свешивающихся вниз ветвях деревьев он может идти и сверху вниз. Главное направление восходящего тока—это направление от основания стебля к верхушкам наземных органов растения.

Другой ток несет с собой органические вещества. Он берет начало в вырабатывающих эти вещества листьях и направляется вниз по стеблю к корням, где эти вещества потребляются в процессе роста и дыхания или откладываются в запас. Он носит название *нисходящего тока*. Направление этого тока не является столь определенным, как восходящего, так как он может направляться от листьев к морфологической верхушке, к распускающимся цветкам и созревающим семенам. Поэтому его часто называют просто *током пластических веществ*, не предпреляя его направления.

Восходящий ток движется по сосудам древесины, т. е. по *мертвым*, пустым внутри трубочкам, возникшим из вертикальных рядов клеток, утративших свое содержимое и поперечные перегородки. Главнейшими элементами, по которым движутся пластические вещества, являются ситовидные трубки и вообще флоэмные части проводящих пучков. Ситовидные трубки представляют собой сильно вытянутые в длину *живые* клетки, не утратившие своего содержимого (протоплазмы), снабженные на поперечных перегородках многочисленными отверстиями. В соответствии с таким различием в характере проводящих элементов отличны и закономерности движения восходящего и нисходящего токов.

Во время весеннего сокодвижения и восходящий ток также может нести органические вещества. Это происходит потому, что накопленные с осени в древесине и коре как корня, так и стебля запасные вещества быстро растворяются и в большом количестве поступают в сосуды древесины, а по ним уже продвигаются вверх, к распускающимся почкам, под влиянием корневого давления, особенно сильного весной. В остальное же время года сосуды древесины заключают в себе очень мало пластических веществ и все движение их осуществляется по ситовидным трубкам.

Из изложенного ранее известно, что корни способны нагнетать воду с силой в 2—3 ат и что при малой транспирации избыток воды может даже выдавливаться наружу в капельно-жидком виде. Однако этот нижний двигатель далеко отступает по своему значению перед верхним концевым двигателем, которым являются транспирирующие клетки листовой паренхимы.

Элементарные опыты показывают, что одного верхнего двигателя достаточно для поднятия воды по растению. Так, например, если срезать стебель растения и поставить его в воду, то он очень долго сохраняет свою свежесть и при благоприятных условиях потребляет ежедневно значительное количество воды. Механизм верхнего двигателя основан на том факте, что всякая клетка, не насыщенная водой, обладает сосущей силой, достигающей нескольких атмосфер. Такая клетка при соприкосновении с водой будет всасывать ее с соответственной силой из того приемника, в котором вода находится, причем сила эта будет тем больше, чем больше клетка будет терять в процессе транспирации. В листьях древесных пород она достигает 10—15 ат. Таким образом, верхний концевой двигатель представляет собой мощный автоматический работающий механизм, который сосет воду тем сильнее, чем быстрее он ее расходует в процессе испарения. Верхний концевой двигатель имеет ряд преимуществ перед нижним, в частности, он может развивать более значительную силу. Кроме того, он обладает известной автоматичностью и работает за счет внешней энергии солнечных лучей, нагревающих лист и повышающих испарение из него воды, тогда как нижний двигатель работает за счет притекающих в него из листьев питательных веществ. Вот почему верхний двигатель работает обычно значительно энергичнее нижнего и большая часть потребляемой растением воды насасывается при его содействии.

Роль нижнего двигателя отчетливо выступает ранней весной, пока листья еще не распустились, а также в атмосфере, насыщенной влагой, когда транспирация падает до минимума. Большое значение имеет корневое давление и для восстановления тургора у завядших растений, которые гораздо скорее и легче оправляются от завядания, если их полить на корню, чем если их срезать и поставить в воду, хотя при срезании, как кажется, доступ воды к листьям облегчается. Поднятие воды на большую высоту возможно благодаря силе сцепления между частицами воды. Это та сила, которая заставляет одни частицы воды следовать за другими. Сила сцепления частиц воды достигает чрезвычайной величины и выражается величинами порядка 300—350 ат. Этой силы вполне достаточно, чтобы не дать разорваться водным нитям, заполняющим полости сосудов в древесине высокого дерева, так как поднятие воды на высоту в 100 м соответствует всего лишь 10 ат.

ЛИСТ

ЧАСТИ ЛИСТА И ИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

Лист является одним из существеннейших вегетативных органов растений, выполняющий функции ассимиляции, газообмена и транспирации. Зеленый лист синтезирует органические вещества, участвующие в построении всех органов растения и во всех химических превращениях. Вместе с тем в своих метаморфозах (превращениях) лист становится органом генеративного (полового) размножения растений. У цветковых растений листья образуются из клеток меристемы конуса нарастания побега и расположены на побегах.

Наиболее существенной и заметной частью типичных листьев является пластинка листа, которую обычно и рассматривают в качестве собственно листа. Пластинка листа у многих растений прикрепляется к стеблю при помощи черешка, по внешнему виду похожего на стебель, но по происхождению являющегося частью листа. Пластинка играет основную роль органа ассимиляции. Черешок же служит для лучшего регулирования положения пластинки по отношению к источнику света. У пр

с т ы х л и с т ь е в черешок несет все-го одну цельную или различно над-резанную пластинку, у сложных на-одном общем черешке могут сидеть две, три и более совершенно самостоя-тельных пластинок, или л и с т о ч к о в. Листья с черешками называются че-р е ш к о в ы м и, без черешков—с и-д я ч и м и. Сидячий лист иногда охва-тывает стебель своим основанием и по-лучается с т е б л е о б ъ е м л ю щ и й лист. Сидячий лист иногда своим осно-ванием переходит на междоузлие стебля и образует так называемый н и з б е-г а ю щ и й лист. Иногда сидячий лист в нижней части «пронзен» стеблем, та-кой лист носит название п р о н з е н-н о г о. У некоторых растений два суп-противных сидячих листа срастаются своими основаниями и тогда их назы-вают с р о с ш и м и с я.

У многих растений лист тянется от места прикрепления у стеблевого узла и в виде трубки более или менее охва-тывает часть междоузлия стебля, а даль-ше разворачивается в пластинку, от-клоняющуюся от стебля под некоторым углом. Эта часть листа носит название листового в л а г а л и щ а и характер-на для злаков, осок, многих зонтич-ных, орхидных и др. (рис. 100). У не-которых зонтичных влагалище образует еще ложный р а с т р у б, как у дудни-ка (*Angelica silvestris*). У злаков в ме-сте перехода влагалища в пластинку отмечается маленький пленчатый бес-цветный вырост, который называется язычком (*ligula*), а края листовой пластинки в этом листе часто образуют так называемые ушки (*auriculae*), более или менее обвивающие стебель. Особенно сильно развиты ушки у яч-меня. Язычок является органом, предохраняющим от проникновения влаги и паразитов в трубку листа, где имеется над узлами эмбриональная ткань стебля. Однако существуют некоторые разновидности и расы злаков, кото-рые не имеют язычка и ушек. Влагалище листа защищает пазушные почки и молодые, долго растущие основания междоузлий (у злаков) и повышает прочность стебля при сгибании. У бананов влагалища листьев, охватывая друг друга, образуют ложный высокий стебель. У некоторых растений нижние листья бывают редуцированы до одних только влагалищ.

У многих растений из основания листа образуются особые выросты, имеющие различную форму. Обыкновенно они являются парными, име-ющие вид пленочек, чешуек, маленьких листочков, которые называются п р и л и с т ь н и к а м и. Крупные листоподобные прилистники имеются у гороха, мелкие треугольные прилистники—у хлопчатника. У белой ака-ции (*Robinia pseudoacacia*) прилистники имеют вид колючек. Иногда при-листники срастаются вместе, образуя настоящий раструб, как у некоторых видов гречишных (рис. 101).

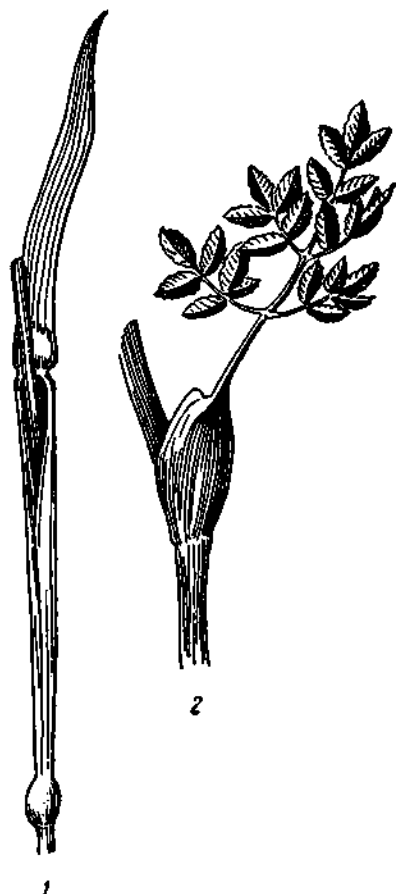


Рис. 100. Влагалище листа.

1—у злака; 2—у зонтичного.

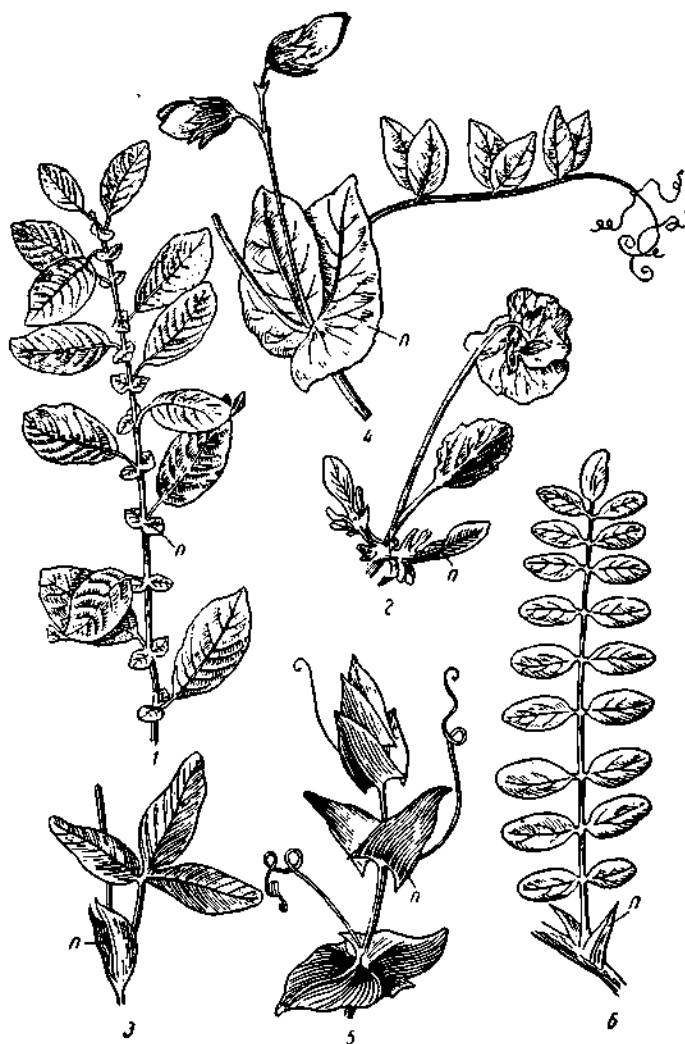


Рис. 101. Прилистники (п).
1—у ивы; 2—анютиных глазок; 3—клевера; 4—гороха; 5—чины
(*Lathyrus aphaca*); 6—белой акации.

ФОРМЫ ПЛАСТИНКИ ЛИСТА

Наиболее существенной частью листа, стоящей в теснейшей связи с ассимиляторной деятельностью, является его пластинка. Имея значительную поверхность при небольшой толщине, пластинка прекрасно приспособлена к использованию солнечного света.

Пластинка листа очень разнообразна по форме, величине, структуре и другим признакам у разных растений. По форме листовая пластинка может быть круглой, эллиптической, яйцевидной, продолговатой, ланцетной, сердцевидной, почковидной, треугольной, многоугольной, ромбической, стреловидной и пр. (рис. 102).

Круглый лист имеет приблизительно одинаковый поперечник по всем направлениям. Линейный лист ограничен параллельными краями; длина его значительно больше ширины. Ланцетный лист постепенно суживается от основания к верхушке, причем длина его также в несколько раз превы-

шает ширину. У продолговатого листа длина превышает ширину всего в 3—4 раза. Яйцевидный лист имеет еще большую относительную ширину, чем продолговатый. Широкояйцевидный заостренный лист с выемкой при основании называется сердцевидным. Совершенно тупой сердцевидный лист, ширина которого больше длины, называется почковидным. Стреловидный и копьевидный листья имеют более или менее треугольную пластинку с острыми лопастями при основании.

В зависимости от характера края листовой пластинки листья бывают цельнокрайными или разнообразно зубчатыми. Если выемки по краю листа

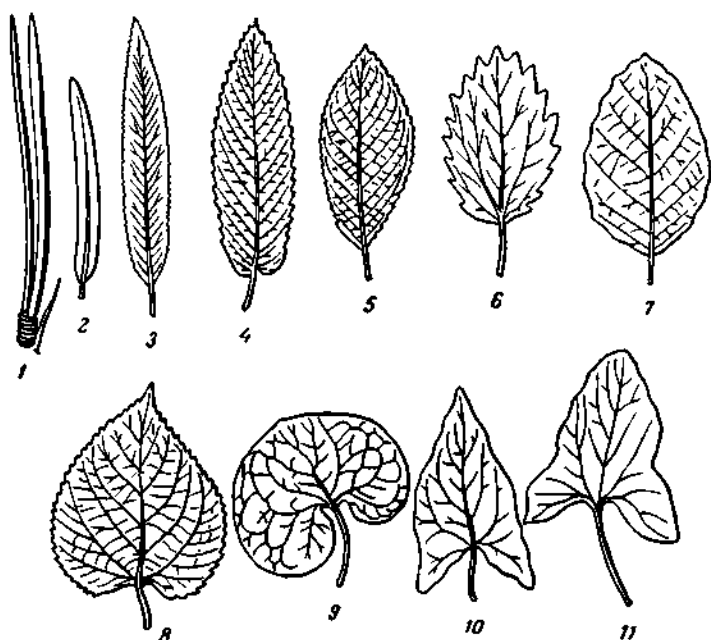


Рис. 102. Различные формы цельных листьев.

1—игольчатые листья сосны; 2—линейный лист тиса; 3—ланцетный лист ивы; 4—продолговатый лист настоящего наптана; 5—эллиптический лист черемухи; 6—овальный лист крапивы (*Urtica urens*); 7—яйцевидный лист бука; 8—сердцевидный лист липы; 9—почковидный лист копытня (*Azadirachta*); 10—стреловидный лист полевой выюнки; 11—копьевидный лист щавеля.

неглубокие, то лист называется цельным. У цельных листьев пластинка листа может иметь различные поверхностные углубления и выступы в виде зубцов. Тип и форма этих зубцов придают характерные очертания листьям. Так, листья с округлыми зубцами называются городчатыми, с острыми, наклоненными в одну сторону — пильчатыми, с тонкими щетиновидными зубцами — реснитчатыми, с тонкозаостренными, колючими зубцами — остистыми и шиповатыми и пр. Листья с очень крупными зубцами при небольшой пластинке могут быть названы также и лопастными (рис. 103).

Если пластинка листа бывает глубоко надрезана, то листья называются лопастными, или надрезанными, при глубине надрезов на $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ ширины пластинки; если же надрезы доходят приблизительно до середины ее, такие листья называются раздельными; при глубине надрезов, доходящих до основания пластинки, листья называются рассеченными. Соответственно глубине надрезов и участки листа между последними носят название лопастей, долей и сег-

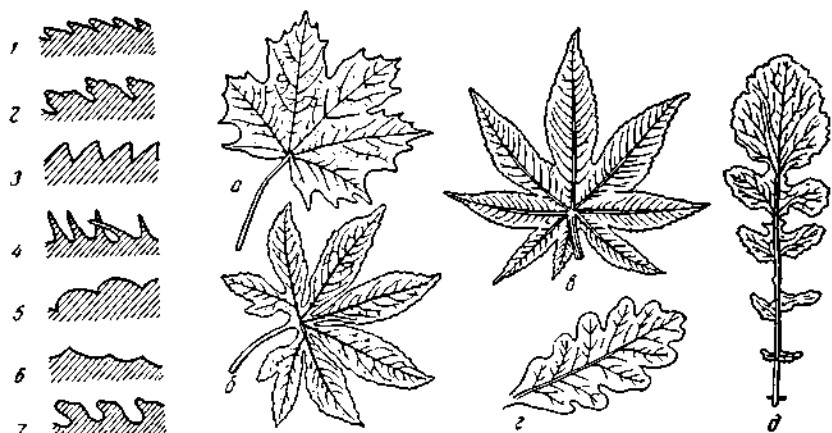


Рис. 103. Очертания листовой пластинки.

1—пильчатый; 2—двойкопильчатый; 3—зубчатый; 4—колючезубчатый, или шпороватый; 5—городчатый; 6—выемчатый; 7—извилистый; а—пальчатолопастной; б—пальчаторассеченный; в—пальчатораздельный; г—перистолопастной; д—лировидный.

ментов. Листья с глубоко рассеченной, до самого основания, пластинкой сходны со сложными листьями.

Сложными листьями называются такие, у которых общий черешок несет значительное число совершенно самостоятельных листочков, соединенных обычно с общим черешком при помощи частных черешков. Такие листья имеются у акации, клевера, гороха, фасоли, люпина и др. При опадении сложного листа отдельные листочки обычно отваливаются независимо друг от друга. Вместе с тем благодаря сочленениям они могут в широких пределах изменять свое положение относительно общего черешка.

Сложные листья бывают тройчато-сложными, пальчато-сложными и перисто-сложными (рис. 104). Если сложный лист состоит из трех листочков, то он называется тройчато-сложным (у клевера, люцерны, сои и др.). Если черешки листочков прикрепляются к главному черешку как бы в одной точке, а сами листочки расходятся радиально, лист называется пальчато-сложным (у люпина, конопля, конского каштана). Перисто-сложным является такой сложный лист, у которого на главном черешке боковые листочки расположены с обеих сторон по длине черешка. Если перисто-сложный лист заканчивается наверху непарным одиночным листочком, получается непарноперистый лист (у эспарцета, рябины, вики и др.). При отсутствии конечного листочка лист является парноперистым (у арахиса).

Если у перисто-сложного листа имеет место чередование крупных листочков с мелкими, лист называется прерывчато-перисто-сложным (у картофеля).

Перисторасчлененные листья, у которых верхушечная доля очень крупная, а остальные малочисленные и мелкие, называются лировидными.

Рассматривая пластинку листа на свет, можно обнаружить, что жилки образуют целую систему разветвлений. По способу ветвления и прохождения жилок различают следующие типы листьев: параллельнонервные (злак, осоки) и дугонаервные (ландыш), пальчато-тонаервные, или дланевиднонервные (клен), перисто-нервные и сетчатонервные. В параллельнонервных и ду-



Рис. 104. Сложные листья.

1—тройчатосложный; 2—пальчатосложный; 3 и 4—парноперистосложный; 5—прерывчатоперистосложный; 6—двоядыперистосложный; 7—триждыперистосложный.

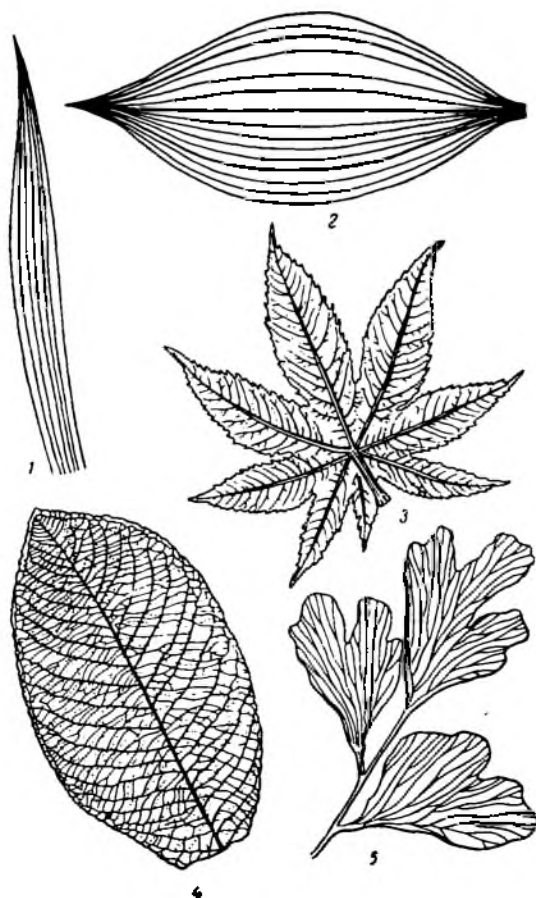


Рис. 105. Жилкование листьев.

1—параллельнонервное у злаков; 2—луговерное у липы; 3—пальчатонервное у клёна; 4—решетчатонервное у ивы; 5—дихотомическое у *Ginkgo biloba*.

гонервных листьях многочисленные жилки проходят от основания пластинки к ее верхушке, оставаясь параллельными друг к другу или (при дугонаервном) расходясь дугообразно посередине. При этом боковые жилки почти не заметны. Параллельнонервные и дугонаервные листья характерны для однодольных. Перистонервное и дланевиднонервное строение жилок господствует у двудольных. При перистонервном и дланевиднонервном строении жилки сильно и разнообразно ветвятся (рис. 105).

В перистонервных листьях посередине листа проходит одна главная жилка, резко отличающаяся от остальных своей толщиной и длиной. По длине главной жилки через определенные промежутки в той или иной последовательности отходят боковые разветвления первого порядка. В дланевиднонервных листьях от основания листа расходятся лучисто (или наподобие пальцев руки) несколько почти равносильных главных жилок, которые затем разветвляются.

ГЕТЕРОФИЛИЯ

Термином гетерофилия обозначают явление разнолистности у многих растений. Лист является весьма пластичным и легко реагирующим на изменение внешних условий органом растения. Под влиянием условий питания, освещения, влажности, тепла и т. п. форма и размер листа могут резко изменяться в пределах одного и того же растения,

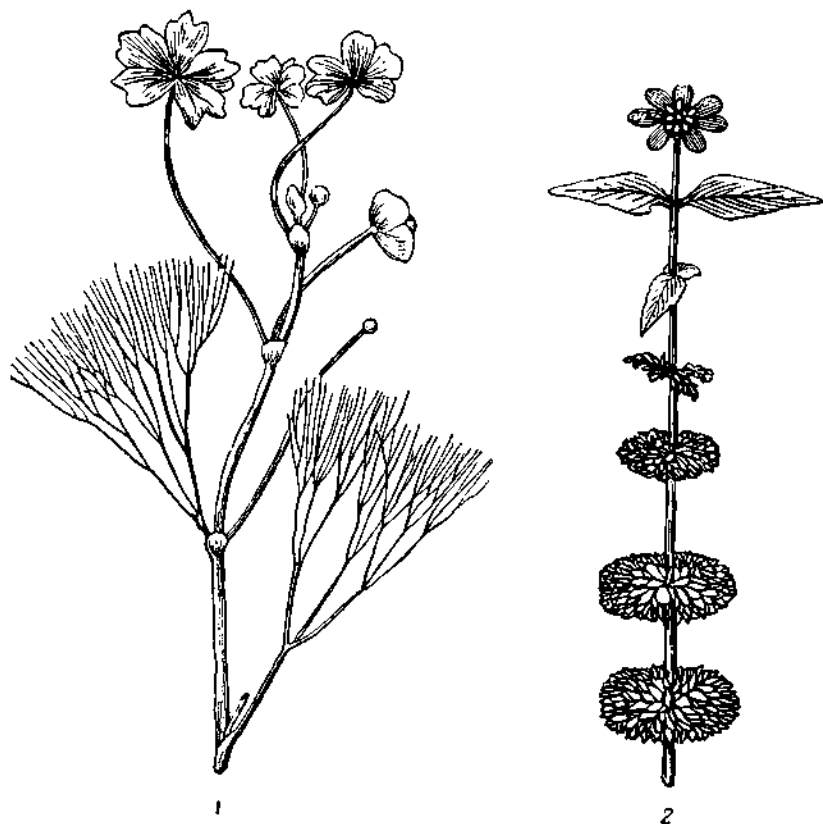


Рис. 106. Разнолистность.

1—подводные и надводные листья водного лютика (*Ranunculus aquatilis*);
2—у *Bidens Beckii*.



Рис. 107. Колокольчик круглолистный (*Campanula rotundifolia*).
1—при слабом освещении; 2—при сильном освещении в начале вегетации
и слабом в конце.

Изменчивость формы и размеров листа в зависимости от условий среды в очень резкой форме выражена у некоторых водных растений, образующих часть листьев под водой, а часть—над поверхностью воды. Примером сильной изменчивости формы листовой пластинки в зависимости от условий среды может служить *Sagittaria aquatica*, разводимая часто в аквариумах. Подводные листья у этого растения рассечены на многочисленные волосовидные дольки; над водой же образуются простые, цельнокрайные, щитовидные листья. Подобное же резкое различие между подводными и надводными листьями наблюдается у некоторых разновидностей водяного лютика (*Ranunculus aquatilis*), у череды (*Bidens Beckii*) и других растений, у которых подводные листья также рассечены на многие дольки, а надводные цельные (рис. 106).

Форма и некоторые другие особенности листа могут зависеть также и от возрастных изменений. В частности, например, при выращивании стрелолиста из семян на суше обычно первые листья оказываются лпнейными, затем почковидными и на верхушке—стреловидными. У многих

растений различают три группы листьев: низовые, срединные и верхушечные. Эта дифференциация определяется еще в почке. Низовые листья у некоторых растений представляют собой твердые почечные чешуи бурого или беловатого цвета и являются защитными чешуями почки; они имеются также на корневищах и клубнях. При развитии почки низовые листья обычно опадают. Срединные листья являются наиболее типичными для данного вида растения и создают общий вид побега. Верхушечные листья расположены в области цветков или соцветия.

На форму листьев очень сильное влияние оказывают условия освещения. Это влияние особенно хорошо можно проследить на круглолистном колокольчике (*Campanula rotundifolia*), который получил свое название от того, что нижние листья его цветочных стеблей сравнительно широкие и округлые. В средней же части стебля листья этого колокольчика имеют ную, вытянутую линейную форму (рис. 107).

ЗАЛОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЛИСТЬЕВ

Развитие листа начинается на конусе нарастания в точке роста стебля. Под дерматогеном конуса нарастания, немного отступя от самой вершины, клетки конуса нарастания делятся, разрастаются и дают бугорок или валик в виде бокового выроста, покрытого дерматогеном. Бугорок сначала состоит из однородных клеток и называется первичным листом, но потом в нем намечаются прокамбиальные пучки, из которых разовьются жилки листовой пластинки. Из верхней части первичного листа развивается пластинка листа и несколько позже черешок. Развитие листовой пластинки протекает обычно так, что сначала формируется вершина, а затем основание. Позже других частей листа развивается черешок благодаря интеркалярному росту между верхней и нижней частью первичного листа. На молодом листе устьица еще не развиты. Впоследствии в коже, состоящей еще из однородных клеток, местами начинается деление клеток, которое и ведет к образованию устьиц.

Сложные листья вначале закладываются также, как простые, и лишь в дальнейшем начинают различаться.

Семядоли. Семядолями, или семянодолями, называются первые листья зародыша, пока последний находится в семени. Семядоли образуются на теле зародыша в ранней стадии дифференциации, но не на конусе нарастания побега, как остальные листья. Число семядолей является характерным признаком крупных групп высших семенных растений: у однодольных — одна семядоля; у двудольных — две; у голозерных — от 2 до 15. В семядолях многих растений (бобовых, тыквенных, крестоцветных, сложноцветных и др.) сосредоточены запасы питательных веществ для развития зародыша. При прорастании семя таких растений легко разделяется на две доли, откуда и произошло название семядоли. У многих растений (фасоль, люпин, соя и др.) при прорастании семени в почве семядоли выносятся на поверхность земли, заметно увеличиваются в размерах, приобретают зеленую окраску и являются первыми листьями молодого растения, отличающимися от следующих листьев меньшими размерами и более простой формой.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТА

Лист закладывается в конусе нарастания побега из бугорка меристемы, и ткани листа, развивающиеся из этой первичной эмбриональной ткани, являются окончательными. В построении листа обнаруживается принцип большей поверхности. Увеличение поверхности листа обуслов-

лишает увеличение количества поступающих питательных веществ и поглощение большего количества света. При анатомическом изучении листа в нем обнаруживаются следующие ткани: покровные, ассимиляционные, проводящие и механические.

Если сделать поперечный разрез через главную жилку плоского листа, захватив и зеленую мякоть листа по обеим сторонам жилки, то обнаружится следующая структура: снаружи листовая пластинка покрыта тонкой кожей, за ней идет рыхлая зеленая ассимиляционная ткань — мезофилл (мезос — средний); в средней части, там, где разрез прошел через жилку листовой пластинки, нет зеленых клеток, а располагаются ткани проводящие и механические (рис. 108).

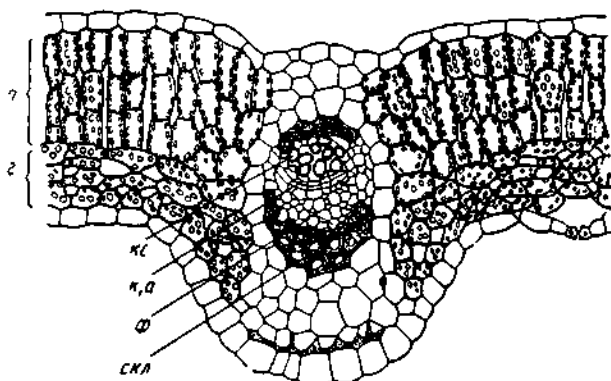


Рис. 108. Поперечный разрез через лист редьки (*Rappanus sativus*). По середине перерезана главная жилка. п — палисадная паренхима с хлорофилловыми зернами; г — губчатая ткань; кс — ксилема; ка — камбий; ф — флоэма; скл — склеренхима.

Покровная ткань. Кожица, или эпидермис, развивается непосредственно из поверхностного слоя клеток эмбриональной ткани точки роста. Эпидермис стебля прямо переходит на черешок и пластинку листа. Она состоит из одного слоя плотно соединенных клеток с наружной утолщенной стенкой, покрытой кутикулой. На поперечных разрезах кожицы кутикула выделяется благодаря своему блеску в виде обособленной, пограничной линии. У растений, живущих в сухом климате или на сухой почве, кутикула развита сильнее и занимает значительную часть толщи наружной стенки клеток кожицы.

Непроницаемость клеток кожицы листа нередко усиливается выделением на ее поверхности воска, который в виде сизого налета покрывает нижнюю сторону листьев многих растений.

Клетки кожицы живые, но большей частью не содержат хлорофилловых зерен. Форма клеток кожицы на верхней и нижней стороне часто различна: на верхней стороне клетки кожицы листа менее извилисты, чем на нижней. Эта извилистость зависит также от условий, в которых развивается растение. Обычно чем влажнее воздух, тем более извилисты клетки эпидермиса листа. Местами на нижней стороне листовой пластинки клетки кожицы прерываются устьицами.

Устьица в кожице листа являются именно теми приспособлениями, через которые устанавливается непосредственное сообщение внутренних межклеточных полостей с атмосферным воздухом и регулируется водный и газовый обмен (рис. 109). Устьица могут автоматически раскрываться и закрываться в зависимости от количества воды в клетках. Устьице

представляет собой щелевидное отверстие между двумя видоизмененными клетками кожицы, носящими название *з а м ы к а ю щ и х*. Замыкающие клетки, как клетки всего эпидермиса, всегда живые, содержат ядро, протоплазму, но резко отличаются от других клеток кожицы тем, что содержат хлорофилловые зерна и имеют характерную полулунную или почковидную форму. При достаточном количестве влажности на свету щель широко открыта между замыкающими клетками, причем самые клетки дугообразно согнуты выпуклостью наружу.

Под устьицами находятся большие полости, называемые *д ы х а т е л ь н ы м и*. Эти дыхательные полости соединены с системой межклетников, пронизывающих весь лист.

Размер отдельного устьица} крайне мал (так, открытая щель *Agaphanthus umbellatus* равна всего 0,000047 мм²), но малый размер устьиц

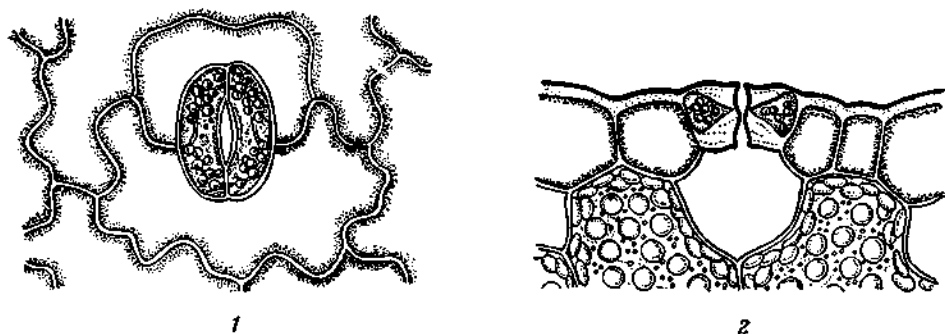


Рис. 109. Устьице.

1—вид сверху; 2—в поперечном разрезе.

компенсируется их числом. На 1 мм² приходится от 40 до 100 устьиц, а у некоторых растений — 300—600 и даже больше. Число устьиц на 1 мм² сильно варьирует в зависимости от положения листа на стебле и от других внешних условий. Обычно наблюдается увеличение числа устьиц в листьях, расположенных по стеблю, начиная от основания к вершине. Особенно заметно это обнаруживается у древесных пород, где расстояния между листьями могут быть весьма значительными. Так, у дуба на нижней стороне листа на 1 мм² на высоте 4 м имеется 313 устьиц, на высоте 10 м — 374 и на высоте 16 м — 423; на верхней стороне листьев у дуба устьиц нет.

Устьица часто развиты преимущественно на нижней стороне листа, верхняя же сторона беднее ими или совсем не содержит устьиц. У злаков и плавающих водяных растений устьица развиваются с обеих сторон листьев.

У растений сухих местообитаний, вынужденных соблюдать строжайшую экономию в расходовании воды, имеются различные приспособления, направленные к тому, чтобы уменьшить проницаемость устьиц. У таких растений устьица часто бывают скрыты под густым волосистым покровом или же находятся в узких углублениях кожицы, благодаря которым испарение воды замедляется. Число устьиц у ксерофитных растений также может заметно уменьшаться и доходить до 10—20 на 1 мм² (*Sedum acre*, *Sempervivum tectorum*).

Кроме устьиц, через которые происходит выделение паров воды и газовый обмен, в коже листа есть еще *в о д я н ы е у с т ь и ц а*, или *г и д а т о д ы*, через которые выделяется } капельножидкая вода, которую обычно называют росой. Образуются водяные устьица так же, как

и воздушные, из одной материнской клетки и расположены на конце листа или на зубцах, выдающихся по бокам листовой пластинки. Замыкающие их клетки сильно изогнуты и часто имеют полукруглую форму. Они все время остаются открытыми. Под ними находится воздушная полость, соприкасающаяся с очень рыхлой, почти бесцветной живой тканью (эпитемой), примыкающей в свою очередь непосредственно к окончаниям водоносных сосудов, из которых просачивается вода в виде капель (см. рис. 36).

На кожице листа очень часто образуются выросты в виде волосков. Строение этих волосков отличается большим разнообразием. Простейшим типом волосков являются тонкие выпячивания отдельных клеток кожицы, представляющие непосредственное продолжение их полости. К этому типу относятся имеющие вид сосочков, короткие одноклеточные **волокни** густо покрывающие листья многих растений и сообщающие последним бархатистость. Более сложно устроены **многоклеточные** волоски, образующиеся путем одностороннего роста клеток кожицы и повторного деления их (см. рис. 37). Иногда волоски сидят на особом утолщенном основании, в образовании которого принимают участие и лежащие ниже слои клеток (у крапивы). Более мощно развитыми выростами кожицы являются шипы (у розы, малины). Такие выросты состоят из многочисленных клеток, содержащих хлорофилл и дифференцированных на ткани.

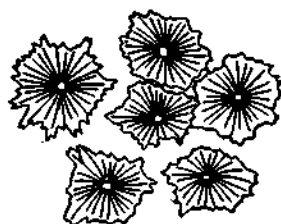


Рис. 110. Чешуйки с листа маслины (*Olea europaea*).

Волоски иногда имеют извилистую или ветвистую форму и тесно переплетаются друг с другом, образуя на поверхности листа или стебля более или менее густой войлок. У некоторых растений поверхность листьев бывает покрыта несколькими типами волосков: густым пушком и более редкими, но более длинными и жесткими щетинками. Такой тип опушения свойствен некоторым видам сложноцветных, розоцветных, крестоцветных и др. Иногда встречаются **волокни**, утолщенные на концах. Утолщенная часть волоска часто выделяет разнообразные вещества: смолу, эфирные масла и пр. Такие волоски называют головчатыми или железистыми.

Своеобразное видоизменение волосков представляют **чешуйки**, образующиеся путем разрастания волосков при самом основании их. Чешуйки состоят из клеток, расходящихся лучисто от общей ножки. Такие чешуйки придают листьям серебристо-белый цвет. Подобный тип чешуек встречается на листьях настоящей маслины (*Olea europaea*), лоха (*Elaeagnus*) и др. (рис. 110). У насекомоядных растений железистые волоски выделяют пищеварительный сок. Своеобразный тип выделяющих волосков представляют **жгучие** волоски крапивы. Они состоят из длинной одноклеточной заостренной клетки, расширенное основание которой погружено в многоклеточный бугорок. Кончик его утолщен и снабжен ниже утолщения очень хрупкой шейкой, легко переламывающейся уже при самом незначительном давлении. Острый край излома, проходящий наклонно к длинной оси волокна, легко вонзается в тело и выпускает туда содержимое волоска, производящего ожог. Жгучие волоски, по-видимому, выполняют функцию защиты растений.

Под эпидермой нередко находится водоносный слой — **гиподерма**. Гиподерма листа чаще всего развивается у растений, обитающих в сухих местностях. Клетки, служащие запаснымиместилищами для воды, не только лежат под эпидермой, но иногда целыми группами или

отдельными клетками вдаются в глубь мезофилла. В водянистом клеточном соке гиподермы бывают растворены дубильные вещества, которые понижают испарение и тем защищают растение от засухи, а также служат защитой листа от повреждения его улитками.

Ассимиляционная ткань. Между верхней и нижней кожей находится наиболее характерная для листа ткань, известная под названием мякоти листа или мезофилла. Ткань эта является собственно ассимиляционной, с которой связаны основные функции листа как органа ассимиляции. В листьях многих растений верхняя часть мезофилла значи-

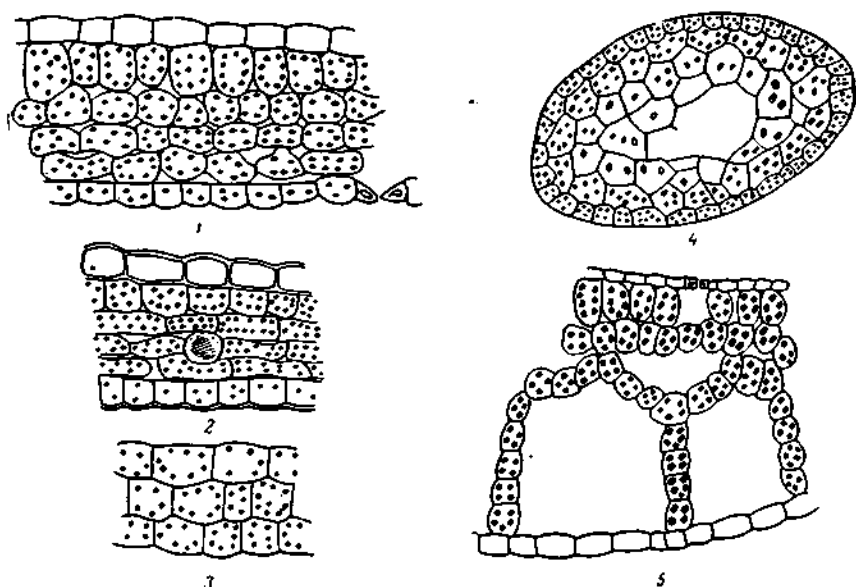


Рис. 141. Разрез листьев растений, обитающих в лесу и в воде.

1—сочевичник весенний (*Lathyrus vernus*); лесное; 2—ясменник пахучий (*Asperula odorata*); лесное; 3—рдест (*Potamogeton* sp.); погружен в воду; 4—роголистник (*Ceratophyllum demersum*); погружен в воду; 5—ряска (*Lemna polyrrhiza*); плавающее на поверхности.

тельно отличается по строению от нижней. Верхний слой мезофилла, обращенный к свету, является более плотным. Межклеточные пространства в нем развиты слабее, чем в нижнем слое. Верхний слой состоит из паренхимных клеток, удлинённых перпендикулярно к поверхности листа, и носит название столбчатой, или палисадной, ткани. Нижний слой мезофилла состоит из клеток более округлых, между которыми сильно развиты межклеточные пространства, и носит название губчатой паренхимы. В клетках столбчатой и губчатой паренхимы находятся хлорофилловые зерна, но в клетках первой их больше, чем во второй. Поэтому на поперечном разрезе столбчатая ткань более темно-зеленая, чем губчатая. В столбчатой ткани межклеточные пространства гораздо уже, чем в губчатой, а иногда совсем не заметны.

Степень развития столбчатой и губчатой паренхимы в мякоти листа зависит от условий освещения. Чем сильнее освещение, тем больше развита столбчатая паренхима, и наоборот.

В листьях водяных лилий и кувшинок, плавающих на поверхности воды, открытых с одной стороны для полного солнечного света, а с другой стороны — находящихся при условиях избыточного увлажнения, довольно хорошо представлена столбчатая и губчатая паренхима, хотя по-

следняя пронизана большими воздухоносными полостями. В листьях, вполне погруженных в воду, наблюдается полное отсутствие дифференцировки тканей, которые состоят из однородной паренхимы, располагающейся тонким слоем (рис. 111).

Под слоем палисадных клеток часто расположены клетки, которые собирают питательные вещества из нескольких палисадных клеток и направляют их к лубяным элементам проводящих пучков. Наиболее заметны такие собирающие клетки в листьях, у которых палисадная ткань расположена в несколько слоев.

Губчатая ткань состоит в большинстве листьев из округлых клеток с тонкими стенками. В губчатой ткани сильно развиты межклетники, так что клетки кажутся соединенными наподобие цепочек среди воздушных полостей. Воздушные полости сообщаются через отверстия устьиц с атмосферным воздухом.

Механические ткани. Механические ткани особенно сильно развиты в жестких листьях растений сухих местообитаний, а также у вечнозеленых растений, сохраняющих листья на зиму. У однодольных растений механическая система листа представлена длинными склеренхимными волокнами, а у двудольных, кроме того, — колленхимой и каменными клетками. Склеренхима и колленхима обыкновенно находятся вместе с сосудистыми пучками в жилках и делают их особенно прочными. Каменные же клетки придают жесткость самой мякоти листа, но встречаются у растений наших широт редко. Каменные клетки, в частности, имеются в листьях настоящего чая. Поэтому фальсификацию чая листьями других растений можно легко обнаружить по отсутствию в них каменных клеток. Жилки листа благодаря наличию в них механических тканей поддерживают нежную мякоть листа распростертой в воздухе.

Главную и необходимую часть жилок листа составляют проводящие элементы. Разветвляясь, жилки могут оканчиваться прямо в мякоти или в зубчиках листа или же образовывать замкнутую сеть. Чем гуще сеть жилок, тем лучше обслуживается проводящими тканями находящаяся между ними мякоть. Особенно хорошо развита сеть жилок у ксерофитов и световых листьев. Каждая жилка состоит из одного или нескольких сосудистых пучков. В жилках листа луб всегда располагается внизу, а древесина — сверху. Такое расположение этих элементов зависит от того, что луб и древесина листа представляют собой продолжение луба и древесины стебля. Элементы луба, расположенные снаружи, загибаясь в лист, помещаются на нижней стороне последнего, а находящаяся глубже древесина оказывается сверху. Сосудисто-волокнистые пучки жилок окружены по всей длине плотным футляром из живых паренхимных клеток, которые часто содержат крахмальные зерна. Этот футляр называют **п а р е н х и м н ы м в л а г а л и щ е м**. Благодаря этому футляру проводящие ткани разобщаются от межклетников, которыми так богата мякоть листа. Паренхимному влагалищу приписывают также роль проводника органических веществ к черешку.

Проводящий пучок листа соединяется с проводящими частями стебля следующим образом. У однолетнего листа проводящий пучок, получающийся в черешке камбий и сердцевину, входит в первичную кору и пересекает ее, резко отграничиваясь от ее тканей эндодермой. Эта стеблевая часть листового проводящего пучка называется листовым следом. При вступлении его в флоэму эндодерма исчезает и флоэмные элементы пучка загибаются вниз на соединение с такими же элементами стебля. Так как заложение листового следа происходит очень рано, то соединяются с ним собственно первичные части ксилемы и флоэмы побега. При дальнейшем нарастании древесины и луба стебля листовой след растягивается и ра-

диальном направлении и даже может разорваться у деревьев с многолетними листьями (хвойные). Однако в этом случае сообщение обеспечивается новой древесиной, возникшей из камбия стебля и листового следа, куда камбий загибается.

Строение черешка

Сосудисто-волокнистые пучки в черешке обыкновенно в непарном числе расположены неполным кольцом; пучок, переходящий из черешка в главную жилку листовой пластинки, крупнее других. Сосудисто-волокнистые пучки в разных местах черешка расположены неодинаково: в месте перехода пучков в стебель они идут одним, немного изогнутым рядом, а выше к пластинке — полукольцом. При самом основании черешка у бобовых и некоторых других растений развиваются с о ч л е н о в н ы е к о л е н а, которые являются разрастанием первичной коры в черешке. Сочленовные колена играют важную роль в перемещении листовых пластинок в связи со сменой дня и ночи. Сосудистоволокнистые пучки в сочленовном колене сближаются и занимают центральную часть, т. е. идут по оси черешка.

Строение хвои

Хвоя представляет собой игольчатый лист таких хвойных деревьев, как сосна, ель, кедр, пихта и др.

Поперечный разрез листа (хвои) сосны имеет форму неправильного полукруга (рис. 112). Выпуклая сторона соответствует нижней поверхности, обращенной к наружной стороне ветви, плоская или слегка вогнутая сторона — верхней. Лист сосны состоит из таких образований: кожица, добавочная механическая ткань из лубяных волокон, хлорофиллоносная паренхима и центральный проводящий цилиндр.

Кожица состоит из клеток с очень толстыми стенками и очень маленькой центральной полостью, от которой идут к углам клетки узкие щели пор. Снаружи кожица прикрыта довольно толстой кутикулой, особенно сильно развитой на ребрах (углах) хвои. Вследствие этого кожица хвои сосны является очень твердой и непроницаемой для воды; колебания температуры также значительно умеряются толщиной целлюлозы, являющейся плохим проводником тепла. Устьица расположены в углублениях, защищающих их от ветра и от прямого действия солнечных лучей; все это сильно задерживает испарение.

Под эпидермой находится слой особой защитной ткани — так называемой г и п о д е р м ы (подкожицы), состоящей из небольших клеток со слабо утолщенными и одревесневшими стенками. Эти неживые элементы усиливают значение эпидермы, охраняют глубже лежащие живые ткани листа от резких воздействий извне и придают листьям стойкость, с которой они противостоят холоду и иссушающему действию зимних ветров. Под гиподермой находится листовая мякоть листа, состоящая из однообразных паренхимных клеток с хлорофилловыми зернами. Стенки у этих клеток тонкие, целлюлозные, образуют внутрь клетки выросты, складки, отчего и сама ткань называется с к л а д ч а т о й п а р е н х и м о й. Такая складчатость объясняется тем, что твердые поверхностные ткани рано заканчивают свой рост и сжимают паренхиму. Вследствие сильного механического сопротивления при росте паренхимы оболочки дают складки внутрь клетки. Эти внутренние выросты клеточных стенок покрыты изнутри слоем протоплазмы с хлорофилловыми зернами и, таким образом, увеличивают поверхность расположения и число этих зерен.

В листовой мякоти хвои расположены прерывистыми кольцами смоляные ходы, окруженные элементами из лубяных волокон; число смоля-

ных ходов в средней части хорошо развитых игл может достигать до 15. Полости смоляных каналов выстланы мелкими, тонкостенными живыми клетками (эпителием). Замыкающие клетки устьиц имеют одревесневшие стенки и помещаются гораздо ниже эпидермиса, иногда даже под гиподермой. Устьице ведет в воздушную полость, окруженную узкими, своеобразно изогнутыми клетками мякоти.

За хлорофиллоносной паренхимой хвои находится эндодерма, которая состоит из слоя паренхимных клеток, содержащих зерна крахмала. За эндодермой лежит паренхимная ткань, клетки которой имеют тонкие

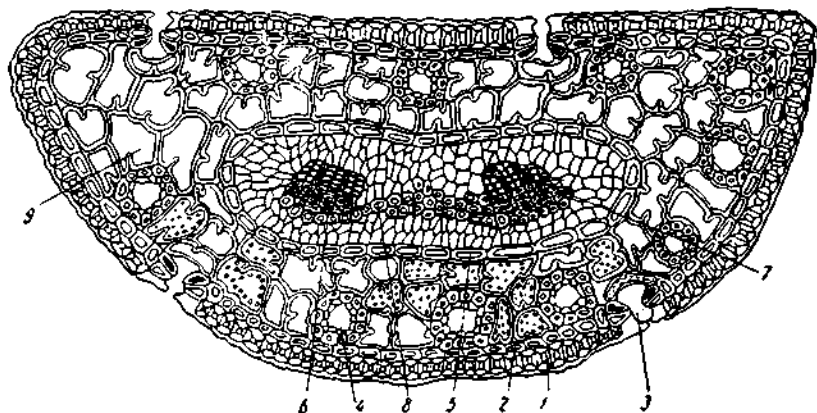


Рис. 112. Поперечный разрез листа (хвои) сосны.

1—эпидермис; 2—гиподерма; 3—устьице; 4—смоляной ход; 5—механическое кольцо проводящего цилиндра; 6—ситовидные трубки; 7—трахеиды; 8—толстостенные пучковые волокна; 9—хлорофиллоносная паренхима со складчатыми стенками.

одревесневшие стенки. В самом центре хвои находится группа толстостенных склеренхимных волокон, а по бокам ее, справа и слева, расположено по сосудисто-волокнистому пучку. В пучке можно обнаружить древесину, обращенную к плоской стороне хвои, и луб, обращенный к выпуклой стороне ее, иногда их прорезывают сердцевинные лучи.

МЕТАМОРФОЗЫ И РЕДУКЦИЯ ЛИСТЬЕВ

Одним из примеров метаморфозов листа является превращение его в колючку. У многих растений весь лист или часть, обычно окончания жилок, выступающие по краям и на вершине, превращаются в твердые колючие иглы. Таковы, например, колючие листья у различных чертополохов (*Carduus*, *Cirsium*, *Silybum*, *Onopordum*, *Carlina*), многих кактусов и др.

У барбариса на удлинённых побегах листья превращены в колючки (рис. 113).

Колючки листового происхождения свойственны многим видам бобовых, особенно растущих в сухих местностях юго-востока и Центральной Азии.

Превращение листьев в усики часто наблюдается у лазящих и вьющихся растений. Таковы усики у гороха, многих видов чины, вики и др.

У многих австралийских акаций пластинка листа не развивается, а черешок превращается в плоское листовидное образование, называемое филлодием (от греч. филлон — лист, эйдос — наружный вид) и выполняющее функции листа.



Рис. 113. Колючки листового происхождения у барбариса.

Из растений нашей флоры филлодии имеют-ся у одной из южных чин—ниссолии (*Lathyrus nissolia*).

У некоторых водяных растений — водяного ореха (*Trapa natans*), *Eichornia crassipes* и др. — черешок вздувается наподобие плавательного пузыря. Листья, образующие собой полости, напоминающие бокальчики, кувшинчики и прочие формы, свойственные многим насекомоядным растениям, в которых удерживаются и перевариваются пойманные насекомые. У некоторых тропических лиан бокаловидные листья играют роль запасных резервуаров для воды, в которые погружены придаточные корни.

Широко распространена также редукция (упрощение) листьев до разнообразных чешуек, покрывающих корневища, луковицы и образующих кроющие чешуи почек. При распускании почек у многих растений можно видеть иногда переход между почечными чешуйками и типичными листьями.

Прилистники также могут принимать различные формы — от совершенно незначительных и малозаметных образований до хорошо развитых, одинаковых с нормальными листьями. Крупные прилистники имеются у трехцветной фиалки (*Viola tricolor*), гороха (*Pisum*), некоторых видов чины (*Lathyrus*) и др. У чины безлисточковой (*Lathyrus aphaca*), встречающейся в Крыму и на Кавказе, собственно лист низведен до усика, а ассимиляторные функции выполняют крупные прилистники (см. рис. 101).

Нередко прилистники совсем теряют зеленый пигмент и делаются перепончатыми. У гречишных (гречиха, щавель) такие прилистники сростаются в трубочку (так называемый раструб), окружающую на некотором протяжении междоузлие стебля. У белой акации прилистники превращены в колючки, у лилейного сассапарили (*Smilax*) — в усики.

Все части цветка, а также спорофиллы папоротников, хвощей, плаунов представляют собой также метаморфозы листьев.

ПОНЯТИЕ ОБ АНАЛОГИЧНЫХ И ГОМОЛОГИЧНЫХ ОРГАНАХ

Дарвином было введено понятие об аналогичных и гомологичных органах.

Аналогичными органами у растений называют такие органы, которые сходны по внешнему виду и выполняют одинаковые физиологические функции, но имеют различное происхождение. Примером аналогичных органов могут быть колючки у многих растений, которые выполняют функции защиты растений от поедания их животными. Происхождение их бывает различно. Так, колючки у гледичии, боярышника, дикой груши, дикого лимона представляют собой видоизмененные побеги, у барбариса — видоизмененные листья, у белой акации при основании листа — видоизмененные прилистники, у некоторых видов астрагалов — измененные черешки и т. д.

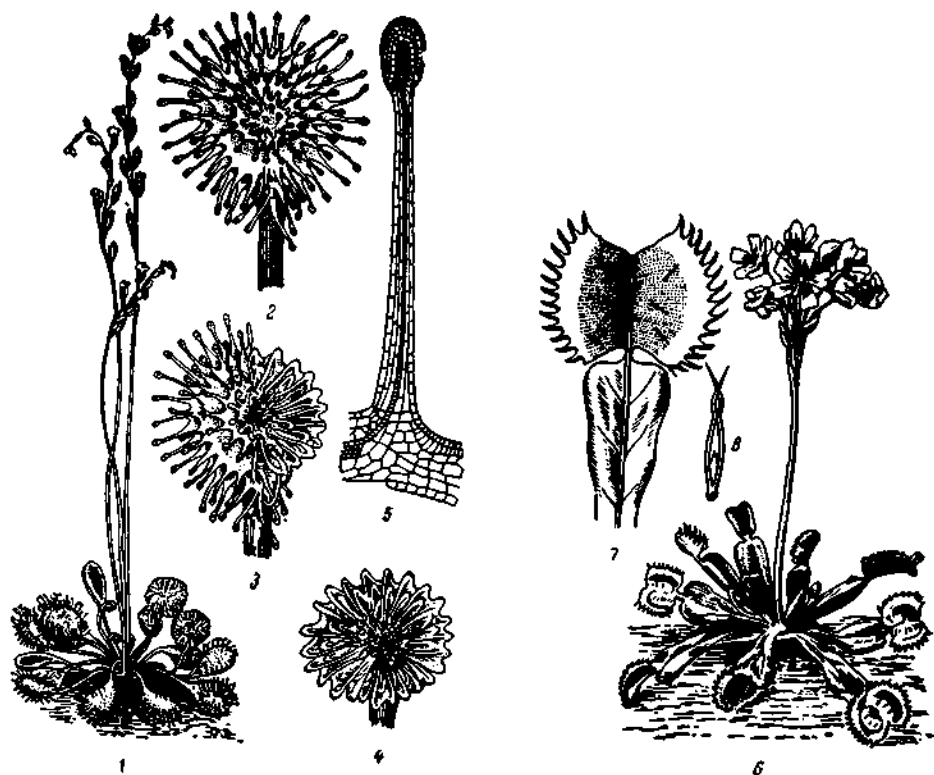


Рис. 114. Листья насекомоядных растений.

1—росянка; 2—4—листья с расправленными и загнутыми железистыми волосками (схема); 5—железистый волосок в продольном разрезе; 6—венерина мухоловка; 7—раскрытый лист; 8—схематический разрез через сложенный лист.

Гомологичными органами называют такие, которые имеют одинаковое происхождение, но выполняют различные физиологические функции. Примером гомологичных органов могут быть клубень картофеля, луковица чеснока, корневище пырея, колючка гледичии и пр., все они являются видоизменениями побега. Еще более наглядный пример — колючка у барбариса, усик или лист у гороха, ловчие аппараты у мухоловки, пыльники и тычинки у многих растений. Эти органы глубоко различны по внешнему виду и по своим физиологическим функциям, но имеют общее происхождение, так как являются видоизменениями части листа.

ЛИСТЬЯ НАСЕКОМОЯДНЫХ РАСТЕНИЙ

Наиболее изученным представителем насекомоядных растений является росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*) (рис. 114), произрастающая на торфяных болотах. Это небольшое растеньице, образующее распростертую на земле розетку листьев, из середины которой выходит стебелек несущий мелкие белые цветки. Характерную особенность листьев росянки составляют многочисленные, покрывающие их сверху головчатые реснички, более длинные по краям. Эти реснички выделяют на концах капельки прозрачной, клейкой жидкости, блестящие на солнце и напоминающие капельки росы, подавшей повод к названию растения. На самом же деле эти капельки представляют собой вязкую, липкую, прозрачную слизь, выделяемую железистыми головками ресничек. Если на

верхнюю сторону листа сядет какое-либо насекомое, то оно сразу же прилипает к нему. В то же время реснички листа, наподобие щупалец, начинают загибаться со всех сторон и сходятся железистыми концами над тем местом, где находится насекомое, в результате чего добыча целиком обволакивается выделениями ресничек и медленно растворяется в них, за исключением не поддающихся действию фермента частей. По окончании процесса переваривания реснички снова принимают первоначальное положение.

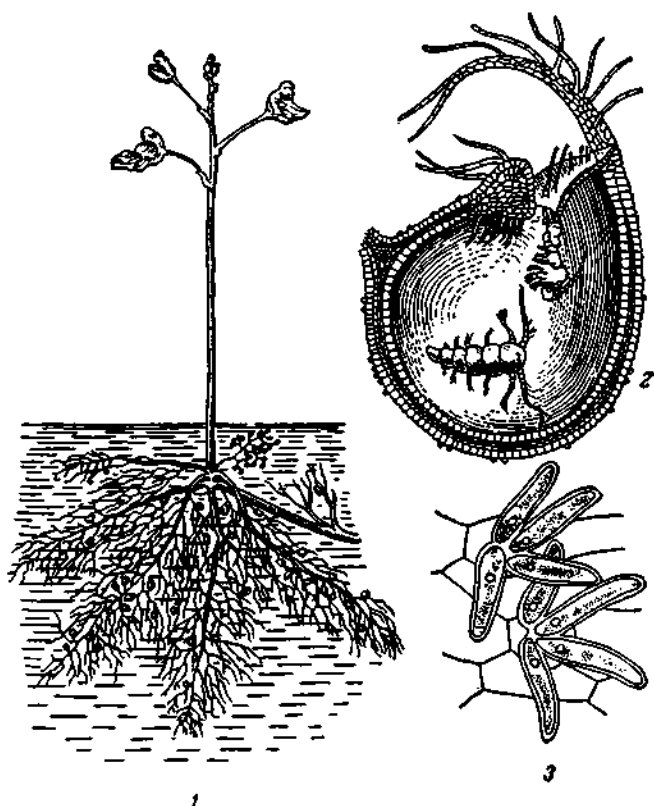


Рис. 115. Пузырчатка (*Utricularia*).

1—общий вид; 2—пузырек в оптическом разрезе; 3—железистые клетки на внутренней стенке пузырька.

Интересным насекомоядным растением является также мухоловка (*Dionaea muscipula*), встречающаяся на болотах Северной Америки, у которой листья, как и у росянки, образуют розетку у земли. Листья у мухоловки крупнее и устроены гораздо сложнее; двигательная раздражимость их достигает высокой степени и позволяет в буквальном смысле слова захватывать добычу. Пластинка листа очень подвижно соединяется с расширенным черешком, являющимся своеобразным филлодием, и состоит из двух половинок, наклоненных друг к другу под углом в $60-90^\circ$; на краях каждой пластинки находятся длинные острые зубцы в количестве 10—20. На поверхности каждой половинки листа имеется по 3 упругих чувствительных щетинки. В кожице же верхней стороны находятся многочисленные, почти сидячие головчатые железки. Как только на лист садится насекомое и чуть-чуть прикасается к чувствительным щетинкам, половинки листа моментально захлопываются, наподобие клапана, захватывая насекомое. При этом краевые зубцы одной половинки заходят за зубцы

другой и совсем замыкают щель. Одновременно из железок листа начинает выделяться кислый сок, содержащий растворяющий белки фермент. Весь процесс переваривания мелкого насекомого у мухоловки занимает 8—12 дней.

У изящной болотной жирянки (*Pinguicula vulgaris*), часто встречающейся на болотах, края широких язычковых листьев, расположенных в виде прикорневой розетки, подняты кверху, а середина их углублена в продольный желобок. Вся поверхность листа усажена огромным количеством мелких желез, выделяющих клейкую слизь. Мелкое насекомое, севшее на такой лист, пристает к нему, а железки продолжают выделять все больше и больше слизи. Края листа вследствие раздражения, причиняемого барахтающимся насекомым, еще сильнее заворачиваются, насекомое совершенно утопает в слизи и, в конце концов, растворяется в ней.

Пузырчатка (*Utricularia*), живущие в стоячих водах болот (рис. 115), представляют собой настоящие пловучие растения без корня, с длинными, горизонтальными раскидистыми усиковидными побегами, густо покрытыми пучками мягких игольчатых листьев. Эти растения имеют отдельные листочки своеобразного строения в виде полого пузырька, сидящего на стебельке. На вершине этого листового пузырька находится узкий вход, доступ в который для более крупных животных закрыт длинными, торчащими, щетинообразными волосками. Мелкие же животные, как водяные блохи (*Daphniidae*), циклопы (*Cyclops*), ракушковые рачки (*Ostracoda*), проплывают между щетинками и ударяются в особый клапан, легко открывающийся внутрь. Оттолкнув его, они попадают внутрь пузырька и остаются там, так как клапан не открывается наружу. Животные вскоре задыхаются и погибают, после чего они разлагаются. Продукты разложения всасываются особыми клетками и поступают на питание растения.

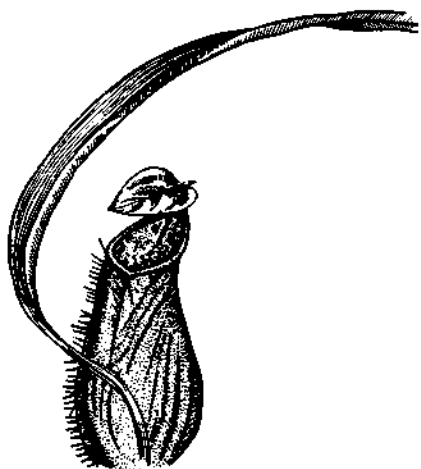


Рис. 116. Отдельный кувшинчик *Nepenthes*.

Еще более совершенные ловчие аппараты выработались у некоторых видов рода *Nepenthes*, встречающихся по опушкам тропических лесов. Виды этого рода принадлежат к числу вьющихся растений. Они взбираются посредством своих длинных и тонких усиков на деревья и свешиваются вниз. Длинные черешки *Nepenthes*, на которых сидят листья, первоначально загнуты вниз, затем лист, прикрепленный к стеблю, оборачивается вверх, причем обращенный вверх участок листа превращается в ловчий аппарат наподобие кувшина (рис. 116), на дне которого собирается жидкость кислого вкуса, содержащая ферменты пищеварительного действия. Насекомые, попадающие в такой ловчий аппарат, быстро умерщвляются пищеварительной жидкостью и растворяются в ней.

ГАЛЛЫ

У многих растений под влиянием паразитирования насекомых происходит ненормальное разрастание участков тканей, чаще всего листьев, а иногда и других органов. Получающиеся образования носят название

галлов, или цедидий. Внешний вид галлов очень разнообразен (рис. 117). Довольно часто встречаются шаровидные галлы или свернутые, слегка утолщенные листья, становящиеся более или менее хрупкими и меняющие окраску на желтоватую или красноватую. Иногда галлы имеют вид бесформенных наростов.



Рис. 117. Галлы.

1—галл на листе ивы; 2—галлы на листьях розы; 3—на листе вяза; 4—на дубе; 5—на ели; 6—галлы в разрезе.

Так, для семейства **гвоздичных** характерны совершенно цельные, ланцетные, эллиптические или яйцевидные листья, расположенные всегда попарно, для **зонтичных** (морковь, петрушка) — очередные с круглыми, редко плоскими черешками, сильно повторно рассеченные листья. **Розовые** (роза, земляника, малина) и **мотыльковые** (горох, бобы, акация) имеют, как правило, листья сложные и снабженные прилистниками.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИСТА. ФОТОСИНТЕЗ

Основными физиологическими функциями листа являются синтез органических веществ и транспирация (испарение). Лист является органом, который доставляет главную в количественном и качественном отношении пищу растению. В жизни и физиологической функции листа

ОСОБЕННОСТИ ЛИСТЬЕВ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУППАХ

Для определенных систематических групп растений характерен один какой-нибудь тип листьев. Господствующие формы листа хвойных — это **уколинейная**, **игльчатая** или **чешуевидная**.

Листья **однодольных** имеют хорошо развитую и нередко очень крупную пластинку. Значительно более разнообразны листья **двудольных**. Однодольные почти всегда имеют цельные и цельнокрайные, параллельнонервные и дугонервные листья с простыми очертаниями. Деление листа на пластинку и черешок у однодольных выражено слабо. У двудольных лист более разнообразен по форме, отдельные части разрезанных и сложных листьев намечаются очень рано. В отдельных семействах двудольных обыкновенно оказывается преобладающим какой-нибудь морфологический тип листа.

(гвоздика, куколь) характерны эллиптические или яйцевидные листья, расположенные всегда попарно, для **зонтичных** (морковь, петрушка) — очередные с круглыми, редко плоскими черешками, сильно повторно рассеченные листья. **Розовые** (роза, земляника, малина) и **мотыльковые** (горох, бобы, акация) имеют, как правило, листья сложные и снабженные прилистниками.

выражается самая сущность растительной жизни. К. А. Тимирязев отмечает, что растение — это лист.

Какие же вещества доставляет лист? Ответить на этот вопрос можно, если определить наличный состав веществ растения и вычесть все те, которые доставляются корнем. Из предыдущего мы знаем, что фосфор, сера, хлор, калий, кальций, магний, железо и азот поступают через корни. Через корни поступает также водород и кислород в виде воды. Остается у г л е р о д, являющийся основой всякого органического вещества и составляющий количественно самую важную часть растения (около 45%). Главный источник углерода для растения, как известно, находится в воздухе. Поэтому ассимиляция углерода осуществляется воздушным органом растения — листом.

Атмосферный воздух содержит очень небольшое количество углекислоты (около 0,03%). Углекислота находится также и в воде, соприкасающейся с атмосферным воздухом; там она служит источником углеродистого питания для подводных листьев растений.

Исследованиями Буссенго было установлено, что зеленые части растения на свету усваивают углекислоту воздуха и разлагают ее на углерод и кислород. При этом кислород выделяется наружу в объеме, приблизительно равном объему поглощенной углекислоты, а углерод остается в растении и вовлекается в дальнейший химический кругооборот. Разложение углекислоты происходит даже при весьма незначительном содержании ее, как это имеет место в нормальном воздухе.

В результате ассимиляции углекислоты в клетках листа появляются в качестве продуктов усвоения органические вещества — чаще всего крахмал. Совершенно обязательными условиями ассимиляции являются свет и присутствие в клетках зеленого пигмента — хлорофилла. Зеленые зерна хлорофилла являются как раз теми органами, в которых совершается процесс разложения углекислоты. Вне его в растении не происходит усвоения углерода.

Процесс разложения углекислоты и образования крахмала — один из важнейших процессов жизнедеятельности листа и всего растения. В результате этого процесса простые неорганические вещества — углекислота и вода — превращаются в органические — крахмал. Это есть наиболее естественный процесс образования органического вещества на нашей планете. Главная масса органических веществ формируется в листьях. Только крайне незначительная часть органического вещества создается особыми бактериями в процессе хемосинтеза, т. е. синтеза органического вещества за счет химических реакций окисления.

Разложение углекислоты и выделение из нее углерода происходят только при затрате энергии. Известно, что разложение углекислоты совершается на свету. Деятельность листа начинается лишь тогда, когда на него падает луч солнца. Этот луч представляет собой ту энергию, которая вызывает разложение углекислоты.

Процесс образования углеводов из неорганических веществ, добываемых из окружающей среды, получил название ф о т о с и н т е з а. Это название процесса произошло оттого, что он происходит только при участии световых лучей.

Элементарными веществами для фотосинтеза является углекислота и вода, а весь процесс может быть выражен следующей формулой:



Эта формула показывает, что из 6 молекул углекислоты и 6 молекул воды с поглощением 674 Кал. в процессе фотосинтеза создается одна молекула углевода — $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Побочным продуктом при фотосинтезе яв-

ляется свободный кислород, который выделяется в окружающую атмосферу. Процесс фотосинтеза с выделением свободного кислорода имеет огромное значение для жизни природы, так как благодаря этому процессу ежедневно возобновляются запасы кислорода в земной атмосфере и она остается пригодной для дыхания, несмотря на непрерывное потребление кислорода живыми организмами, а также в процессе горения.

Приведенная выше суммарная формула фотосинтеза ясно показывает, что процесс усвоения углерода представляет собой одно целое с процессом усвоения воды и что основным его продуктом являются углеводы. Среди углеводов наиболее легко наблюдать образование в растениях крахмала вследствие того, что он накапливается в виде непосредственно видимых под микроскопом зерен и может быть легко обнаружен при помощи йодной реакции, когда он окрашивается в темно-синий цвет. На прямом солнечном свете для образования крахмала достаточно 3—5 минут.

Хотя крахмал является легче всего открываемым продуктом фотосинтеза, однако он не является самым первым продуктом фотосинтеза, так как имеет слишком сложную молекулу. Предполагают, что первоначально в листе образуются более простые органические соединения в виде сахаров, а в форме крахмала откладывается не более 30—50% всех продуктов ассимиляции. Накопление крахмала рассматривается как вторичный процесс, значение которого состоит в том, что из первичной ассимиляционной реакции выводятся растворимые продукты сахара, накопление которых задерживает ход реакции.

Процесс ассимиляции есть не только процесс накопления органического вещества, но и процесс накопления потенциальной энергии в виде способных быть окисленными соединений углерода и водорода. Эта потенциальная энергия в количестве 674 Кал. на 1 грамм-молекулу, т. е. на 180 г образующегося при фотосинтезе сахара, накапливается за счет притекающей к листу энергии солнечного света, улавливаемого хлорофиллом и перерабатываемого из лучистой формы в форму химическую.

На процессе фотосинтеза основывается важнейшая отрасль народного хозяйства — земледелие, представляющее род производства, при котором из углекислоты, воды, почвенных минералов и солнечного света создаются необходимые для существования человека пищевые вещества, а также материалы, идущие на изготовление одежды. Фотосинтез является важнейшим процессом на нашей планете.

Значение световой энергии для процесса фотосинтеза

Значение световой энергии в процессах фотосинтеза было разработано в исследованиях К. А. Тимирязева. К. А. Тимирязев впервые установил, что световые лучи, поглощаемые хлоропластами, затрачиваются не на нагревание, а на процесс восстановления углекислоты, разложение воды и создание углеводов: «Силе исчезающих солнечных лучей соответствуют появляющиеся в то же время запасы химической силы». Как показал К. А. Тимирязев, световая энергия может быть использована в процессах фотосинтеза только в том случае, если она поглощена каким-либо экраном, а затем переведена в энергию химическую. Таким веществом, поглощающим световую энергию, и является хлорофилл, который направляет поглощенную им световую энергию на процесс восстановления углекислоты и разложение воды.

Процесс создания органического вещества из углекислоты и воды схематически можно изобразить в виде такой формулы: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H} \cdot \text{COH} + \text{O}_2$, где $\text{H} \cdot \text{COH}$ представляет собой ту элементарную единицу

из которой в дальнейшем возникают углеводы. Эта реакция может идти только при условии затраты свободной энергии в количестве 132 Кал. на создание каждой элементарной единицы, так как именно такое количество свободной энергии выделяется в виде тепла при обратном соединении этой единицы с кислородом. Эта энергия заимствуется из поглощаемого хлорофиллом и затем направляемого на эту реакцию света. Процесс фотосинтеза представляет собой довольно длинную цепь последовательно идущих реакций. В этой цепи наряду с реакциями, осуществляющимися только на свету, имеются еще и реакции чисто химические, не требующие участия света и получившие название реакций темновых.

Соотношение между получаемой и накапливаемой растением энергией

Исследованиями различных авторов установлено, что не вся падающая на листовую поверхность лучистая энергия поглощается пигментами листа: значительная часть ее отражается и рассеивается в пространстве или же проходит сквозь лист без поглощения. Количество отраженного и прошедшего без поглощения света у различных растений различно; оно зависит от свойств отражающей свет кутикулы, а также от толщины листа и интенсивности его зеленой окраски. Установлено, что лист поглощает около 75% падающей на него энергии, а около 25% отражается от его поверхности или проходит без поглощения. Однако и поглощенная хлорофиллоносными тканями растения световая энергия не вся используется в процессе синтеза. Точными определениями установлено, что больше 90% этой энергии переходит в тепловую форму и потребляется в процессе транспирации, способствуя ускорению перехода воды в парообразное состояние. Коэффициент использования лучистой энергии в фотосинтезе выражается всего 1—5% и лишь в исключительных случаях достигает 10% всей поглощенной листом энергии. Различные культурные растения, утилизируют близкие количества световой энергии. Так, поле кукурузы утилизирует около 2,3% всей падающей на него солнечной энергии, яровой пшеницы — 3,26%, яровой ржи — 2,6%, овса — 3,31%, картофеля — 3,02%, свеклы — 2,12%. В общем коэффициент использования лучистой энергии растениями не превышает 3—5%.

Зависимость фотосинтеза от количества света

Установлено, что не у всех растений зависимость фотосинтеза от количества света выражается кривой одинаковой формы. У растений, свойственных открытым солнечным местообитаниям, ассимиляция может возрастать до тех пор, пока интенсивность света не сравняется с интенсивностью полного солнечного освещения. У растений же, произрастающих в затененных местообитаниях (кислица), ассимиляция увеличивается при повышении интенсивности света до $\frac{1}{10}$ полного освещения, дальнейшее усиление света уже остается безрезультатным или даже может вызвать угнетение ассимиляционного процесса вследствие чрезмерной потери воды, приводящей к закрыванию устьиц. В зависимости от разной степени реагирования на интенсивность света все растения можно разделить на световые и теневые, или светолюбивые и тенелюбные.

Зависимость фотосинтеза от количества углекислоты

Исследованиями многих авторов установлено, что естественное содержание углекислоты в атмосфере является для растения не наиболее благоприятным, а лишь минимальным, поэтому повышение этого содержа-

ния углекислоты оказывается для растения выгодным. За последнее время стали применять для повышения урожая удобрение углекислотой. Особенно благоприятные результаты получены в оранжереях, где в дневные часы в воздухе нередко не остается даже следов углекислоты. При искусственном ее прибавлении удается увеличивать урожаи на 100 и 150%. Более быстрое развитие растений в набитых навозом парниках также объясняется более обильным снабжением углекислотой.

Потребление углекислоты различными растениями выражается следующими цифрами. Поле овса потребляет в процессе фотосинтеза в 1 час около 15 кг углекислоты на 1 га; 5 кг из них доставляется почвой, а остальные 10 кг получаются из атмосферы. Летом, когда наиболее интенсивная ассимиляция продолжается около 8 часов, за день растения потребляют на 1 га 120 кг углекислоты, из которых 40 кг доставляется почвой, а 80 кг заимствуется из атмосферы. Если учесть, что в слое воздуха высотой в 100 м на площади в 1 га содержится около 550 кг углекислоты, ежедневное потребление растениями составит около 15% всей углекислоты в этом слое.

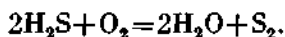
Зависимость фотосинтеза от температуры

Температура оказывает очень большое влияние на процесс фотосинтеза, как и на все другие жизненные процессы. Основное отличие жизненных процессов заключается в том, что вследствие сложности и нестойкости протоплазмы, в которой осуществляются жизненные процессы, они могут протекать в сравнительно узких температурных пределах — от 0° до 30—35°. При дальнейшем повышении температуры жизненные процессы приостанавливаются, а затем могут и совсем прекратиться.

Хемосинтез и его значение в природе

Органические вещества образуются в основном в процессе фотосинтеза. Однако существуют растительные организмы, принадлежащие к классу бактерий, у которых источником энергии для синтеза являются экзотермические процессы окисления некоторых неорганических веществ — сероводорода, водорода, аммиака и др. Эту энергию окисления они используют для восстановления углекислоты и постройки тех веществ, которые составляют их тело. Синтетическую деятельность таких бактерий, основанную на превращениях химической энергии, называют хемосинтезом. Процесс хемосинтеза на земле во много тысяч раз уступает процессу фотосинтеза. Общая масса создаваемого путем хемосинтеза органического вещества является крайне незначительной. Однако теоретическое значение хемосинтеза весьма большое. В общем круговороте веществ на земной поверхности деятельность бактерий-хемосинтетиков занимает соответствующее место.

Процесс хемосинтеза идет в воде морей и пресноводных водоемов, на дне которых скопляются большие массы растительных и животных остатков, разлагающихся с образованием сероводорода. В этих водоемах встречаются серобактерии, которые производят окисление сероводорода по следующей формуле:



Продуктом этого окисления является сера, которая отлагается в теле серобактерий. При недостатке сероводорода капельки серы окисляются до серной кислоты: $\text{S}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SO}_4$. Окисление серы этими микроорганизмами может быть выражено формулой: $\text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4$.

При этом процессе на каждую окисленную молекулу сероводорода выделяется 115 Кал. энергии, т. е. процесс этот является экзотермическим. Освобождаемая при этом энергия может быть использована для построения органического вещества за счет восстановления углекислоты. Как показал русский ученый С. Н. Виноградский, эти бактерии для своего роста и развития не нуждаются в готовых органических веществах, а могут довольствоваться бикарбонатами. Таким образом, серобактерии наряду с высшими зелеными растениями являются а у т о т р о ф н ы м и организмами, самостоятельно строящими необходимое для их жизни органическое вещество. Эти бактерии отличаются от высших зеленых растений тем, что они не зависят от света как источника энергии для протекающих в них процессов синтеза органического вещества, но нуждаются в наличии свободного кислорода, так как основным источником энергии у них служат окислительные процессы.

Чрезвычайно важную группу хемосинтетиков представляют бактерии н и т р и ф и ц и р у ю щ и е, живущие в почве и осуществляющие переход аммиака, образующегося в процессе перегнивания органических остатков, в соли азотной кислоты. Этот процесс совершается повсеместно, и вся азотная кислота почв и водоемов образуется в результате деятельности этих бактерий.

С. Н. Виноградскому (1889) удалось выделить из почвы микроорганизмы, производящие эту реакцию. Оказалось, что эти бактерии не нуждаются для своего питания в органических веществах, а могут сами создавать их. Поэтому их можно культивировать на растворах, содержащих в себе только минеральные и аммиачные соли; именно таким путем С. Н. Виноградскому и удалось отделить их от всех остальных почвенных бактерий, нуждающихся для своего развития в готовых органических соединениях. Этими выдающимися исследованиями С. Н. Виноградского было впервые доказано существование аутотрофных незеленых организмов.

Значение нитрифицирующих бактерий в общем круговороте азотистых веществ в природе чрезвычайно велико, так как они присутствуют во всех почвах, кроме сильно заболоченных, и вся селитра, какая имеется в природных условиях, образована этими бактериями.

Кроме нитрифицирующих и сернистых бактерий, имеется еще ряд микроорганизмов, получающих энергию за счет окисления минеральных веществ. Важнейшими из них являются изученные тоже С. Н. Виноградским и акад. Н. Г. Холодным ж е л е з о б а к т е р и и, которые соли закиси железа переводят в окисные соединения. Их роль в природе также весьма велика.

Транспирация и ее значение в жизни растений

Транспирацией называется процесс испарения воды листовой поверхностью. Транспирация по существу представляет собой процесс перехода воды из капельножидкого в парообразное состояние в не насыщенную водяным паром атмосферу. В целом транспирация является биологическим процессом, так как величина ее регулируется живыми клетками растения и зависит от анатомического строения и физиологических особенностей последних.

Для сравнения между собой результатов различных опытов по учету транспирации их необходимо относить к каким-либо определенным величинам. Чаще всего количество всей потерянной растением воды перечисляют на единицу листовой поверхности. Полученная таким образом величина называется и н т е н с и в н о с т ь ю т р а н с п и р а ц и и и вы-

ражается в граммах в час на квадратный метр или на квадратный дециметр. Часто вместо поверхности листьев берут вес свежих или сухих листьев. Сравнивая количество потерянной в единицу времени воды с общим количеством всей содержащейся в растении воды, получают быстроту расходования водного запаса, выражаемую в процентах. Наконец, сравнивая количество воды, потерянной растением за значительный промежуток времени или даже за весь вегетационный период, с количеством накопленного за это же время сухого вещества, получают продуктивность транспирации, выражаемую в граммах на килограмм израсходованной воды. Обратная величина, число граммов воды, израсходованной при накоплении одного грамма сухого вещества, носит название транспирационного коэффициента.

Весьма наглядное представление о величине транспирации получается, если сравнивать скорость отдачи воды единицей листовой поверхности со скоростью испарения с единицы открытой водной поверхности. Полученная величина называется относительной транспирацией и показывает, как сильно задерживается отдача воды листом по сравнению с испарением воды с открытых водоемов.

Все эти величины у разных растений и при различных внешних условиях очень сильно варьируют. Так, интенсивность транспирации у большинства растений колеблется от 15 до 250 г на 1 м² в час днем и от 1 до 20 г ночью, быстрота расходования воды — от 10 до 80%, продуктивность транспирации — от 1 до 8 г на 1 кг воды, транспирационный коэффициент — от 1000 до 125 (чаще всего около 300). Относительная транспирация выражается обыкновенно цифрами около 0,1—0,5, поднимаясь иногда до 1 и спускаясь у некоторых, хорошо защищенных от потери воды растений до 0,01 и ниже.

Зависимость транспирации от внешних условий

Весьма большое влияние на транспирацию оказывает ветер, который уносит с испаряющей поверхности листа влажные слои воздуха и заменяет их более сухими, а также вызывает некоторое разрежение атмосферы на подветренной стороне листа, в силу чего усиливается выделение влажного воздуха из его межклетников.

Другим фактором, сильно влияющим на транспирацию, является свет. Вследствие энергичного поглощения световых лучей хлорофиллом температура листа на свету поднимается. Это немедленно ведет к повышению транспирации. Но повышение транспирации несколько снижает температуру листа. В результате получается, что на свету благодаря сильной транспирации при достаточной влажности растения не перегреваются.

Установлено, что даже рассеянный свет повышает транспирацию на 30—40%, прямой же солнечный свет усиливает ее в несколько раз.

Свет усиливает транспирацию не только в связи с непосредственным тепловым действием, но и потому, что способствует раскрытию устьичных щелей и повышает проницаемость протоплазмы испаряющих клеток.

Комплекс внешних факторов определяет и общий суточный ход транспирации. В ранние утренние часы транспирация слабая, но по мере поднятия солнца над горизонтом и вместе с повышением температуры возрастает и достигает своего максимума после полудня, а затем быстро снижается. Это указывает, что основным фактором, определяющим интенсивность транспирации, является солнечный свет.

ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ

Дыхание представляет собой процесс, теснейшим образом связанный с жизнью. В своей основе дыхание представляет окислительный распад сложных органических соединений, в первую очередь углеводов, до простейших конечных продуктов углекислоты и воды и может быть выражено такой суммарной формулой:



Приведенная формула показывает, что в этом окислительном процессе участвует поглощаемый из воздуха кислород и что продуктом распада углеводов является углекислый газ, выделяемый в окружающую атмосферу взамен поглощенного кислорода. Обмен газов, кислорода и углекислоты является наиболее ясно обнаруживаемым и легко поддающимся изучению внешним признаком дыхания. Однако физиологическое значение дыхания обуславливается не внешними его проявлениями в виде определенного обмена газов, а связано с окислительным распадом органических веществ и добыванием свободной энергии. Для всех своих жизненных процессов, для роста, для различного рода эндотермических реакций, связанных с синтетическими процессами и т. д., организм нуждается в свободной энергии. Эта энергия и получается при окислении углеводов и других органических веществ. В протоплазме химическая энергия окисления непосредственно переходит в другие формы химической же энергии и лишь в отработанном виде выделяется в виде тепловой энергии.

При окислении крахмала до углекислоты и воды, т. е. до первоначальных продуктов, из которых он был построен, в процессе фотосинтеза освобождается вся та энергия, которая была вложена в указанный синтез, т. е. 674 Кал. на каждую грамм-молекулу крахмала. Следовательно, дыхание является процессом, как бы обратным ассимиляции (диссимиляция). При фотосинтезе из минеральных веществ создаются органические питательные вещества, при дыхании они вновь разрушаются до веществ минеральных. При фотосинтезе затрачивается энергия на синтез веществ, а при дыхании она освобождается в процессе разрушения веществ. При фотосинтезе увеличивается вес сухого вещества, а при дыхании запасы расходуются и вес снижается. Фотосинтез протекает только в хлорофиллоносных клетках и только на свету, в то время как дыхание происходит во всех живых клетках как на свету, так и в темноте.

По своей направленности дыхание является процессом, противоположным фотосинтезу, так как приводит к потере части органического вещества, образующегося во время фотосинтеза. Разность между фотосинтезом и дыханием характеризует успешность накопления органического вещества растением. В нормальных условиях у взрослых листьев дыхание приблизительно в 10 раз слабее фотосинтеза, т. е. путем фотосинтеза в 10 раз больше синтезируется углеводов, чем окисляется их в процессе дыхания. Однако следует учитывать, что дыхание происходит постоянно и оно свойственно всем живым клеткам, в то время как фотосинтез проявляется только на свету и в зеленых частях растения. Поэтому общий перевес фотосинтеза над дыханием не всегда достаточно большой. Особенно это заметно у ксерофитных растений с сильной развитой корневой системой и малой ассимилирующей поверхностью, результатом чего является чрезвычайно медленное накопление органических веществ и медленный рост.

Интенсивность процесса дыхания в различных частях растения и у разных растений неодинакова. Так как дыхание тесно связано с ростом, то чем энергичнее рост, тем интенсивнее идет и дыхание. При быстром росте

дыхание у растений иногда бывает более интенсивным, чем дыхание у животных. Прорастающие семена, например, при температуре 37° теряют в процессе дыхания за 24 часа около 1,2% своего веса, т. е. примерно такое же количество, как и человек. Еще сильнее дышат плесневые грибы, выделяющие на единицу их веса около 6—10% углекислоты в сутки.

Весьма интенсивно дышат распускающиеся цветки. Интенсивность их дыхания приближается к интенсивности дыхания прорастающих семян. Интенсивность процесса дыхания с возрастом растения значительно ослабевает.

Процесс дыхания растений ограничен определенными температурными границами. Нижний температурный предел дыхания растений лежит ниже —10°. Приостановка дыхания при низких температурах происходит, вероятно, вследствие глубокого промерзания растительных тканей. У зимующих частей растений нижний предел дыхания значительно ниже указанной температуры: в почках лиственных деревьев и в иглах хвойных дыхание можно наблюдать даже при —20—25° (Н. А. Максимов). При повышении температуры интенсивность дыхания быстро возрастает. После 50° наблюдается резкое падение интенсивности дыхания и одновременно отмирание растения.

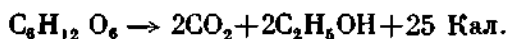
Большое влияние на интенсивность дыхания оказывает степень набухания коллоидов протоплазмы, степень насыщенности ее водой. Сухие семена, заключающие в себе 10—12% гигроскопической воды, не обнаруживают никаких признаков жизнедеятельности. При таком низком содержании воды 1 кг семян ячменя выделяет за сутки всего 0,3—0,4 мг углекислоты. Повышение содержания воды до 14—15% обуславливает повышение дыхания в 3—4 раза. По мере дальнейшего повышения влаги дыхание быстро возрастает. При 33% воды, т. е. при полном набухании, дыхание увеличивается в 10 000 раз. При этой влажности выделяется 2 г углекислоты на 1 кг семян ячменя в сутки. С началом прорастания дыхание еще более возрастает.

Прямая зависимость дыхания от влажности семян должна учитываться при хранении зерна. Только совершенно сухое зерно, имеющее не свыше 12—14% влаги, может храниться без порчи и без потери всхожести. Более влажное зерно теряет в процессе дыхания часть своих запасов, а будучи сложено большими массами, нагревается от выделяющейся теплоты и может потемнеть и потерять всхожесть.

БРОЖЕНИЕ

Дыхание растений представляет собой окислительный процесс, протекающий за счет поглощения кислорода из воздуха. В среде, лишенной кислорода, происходит полная гибель растений. Однако отмирание растений при отсутствии свободного кислорода происходит не сразу, некоторое время жизнь растительных клеток поддерживается при помощи процесса анаэробного дыхания. Этот процесс имеет то общее с нормальным дыханием, что при нем выделяется углекислота и идут окислительные процессы, однако за отсутствием свободного кислорода последний отнимается от его соединений — воды и гидроксильных групп окисляемой молекулы сахара.

Весь процесс протекает по такой формуле:



Количество свободной энергии, которое выделяется при анаэробном дыхании, крайне незначительно по сравнению с получаемым при полном окислении молекулы глюкозы (674 и 25 Кал.) и его не хватает для поддер-

жания жизни, поэтому большинство растений в бескислородной среде гибнет.

Однако процесс анаэробного дыхания, который у высших растений является лишь временным заменителем нормального кислородного дыхания, у некоторых микроорганизмов служит основным процессом добывания необходимой энергии. Анаэробное дыхание этих микроорганизмов носит название б р о ж е н и я. Среди этих микроорганизмов на первом месте стоят дрожжевые грибки. Процесс брожения есть проявление жизнедеятельности дрожжей, необходимое для поддержания их существования в бескислородной среде. По определению Пастера, «брожение есть жизнь без кислорода».

Дыхание и брожение служат организму для того, чтобы освобождать энергию, скрытую в органическом веществе, и использовать ее для жизненных процессов. Но если дыхание идет по формуле $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$ и приводит к полному окислению и к получению сравнительно простых минеральных веществ, уже не обладающих запасами скрытой энергии, то брожение осуществляется по формуле $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$ и сопровождается распадом сложных веществ на более простые без участия свободного кислорода. При брожении скрытая энергия освобождается не до конца: получающийся при брожении спирт еще содержит в себе значительный запас скрытой энергии.

Брожение широко применяется человеком для своих нужд не только при приготовлении спиртных напитков, когда используется выделяемый дрожжами спирт, но и при хлебопечении, когда используется другая сторона этого процесса — выделение углекислоты, «поднимающей» тесто. Хлеб из такого теста имеет мелкочаечистое строение, что облегчает его усвоение.

В целях использования различных типов брожения разводятся различные типы дрожжевых грибов, имеющие свои особые и важные для практики особенности.



РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

РОСТ РАСТЕНИЙ

Одним из важнейших проявлений жизни растений является их рост. Под ростом понимают увеличение в размерах растения, которое происходит вследствие превращения усвоенных и переработанных питательных веществ в состав тела растения. Увеличение размеров растения тесно связано с возникновением новых клеток тканей и органов растения, т. е. с увеличением общего количества живой протоплазмы и других структурных элементов клеток, а также с увеличением объема клеток при их разрастании. Обычно рост связан с увеличением общей массы и веса растения, но наблюдается и такое явление, когда рост сопровождается тратой вещества и уменьшением веса. Это имеет место при прорастании семян и клубней на первых стадиях, пока еще не развернулась достаточная листовая поверхность. На первых этапах прорастания семян и клубней наблюдается значительная потеря органического вещества вследствие дыхания. Поэтому при высушивании проростков и определении их веса обнаруживается потеря сухого вещества по сравнению с весом семян. При длительном проращивании семян в темноте потеря сухого вещества может достигать 50% и выше от первоначального веса семян. Общее же увеличение размеров проростков идет за счет впитывания воды. Органические вещества семени частью потребляются на создание новой протоплазмы и других структурных элементов клетки, а частью расходуются на процессы дыхания.

Семя всякого растения содержит такие элементы: 1) наружные покровы; 2) эмбриональные структуры, состоящие из сформировавшихся зачатков листьев, корешков и стеблевой части, представляющих собой зародыш будущего растения; 3) запасные питательные вещества, служащие для питания развивающегося зародыша на первых этапах роста и развития до формирования самостоятельных органов ассимиляции.

Запасные вещества могут откладываться в морфологически различных частях семени. Очень часто они откладываются в семядолях, являющихся первыми листьями зародыша, которые сильно увеличены в объеме и заполняют собой почти все семя. Такие семена имеются у гороха, фасоли и многих других двудольных растений (рис. 118). У большинства однодольных растений запасы питательных веществ откладываются в особой части семени, называемой эндоспермом, который представляет собой однородную паренхимную ткань, заполняющую собой почти все семя и сдвигающую зародыш к одному краю. Такие семена имеются у пшеницы и других злаков (рис. 119).

Прорастание семени начинается с его набухания. Затем разрастаются его эмбриональные структуры. Рост эмбриональных тканей приводит

к разрыву покровов семени и идет за счет запасных веществ. Эти запасные вещества под воздействием ферментов гидролизуются и становятся доступными для питания зародыша. Запасные вещества семян с эндоспермом почти целиком растворяются и потребляются зародышем. Что же касается запасных веществ семядолей, представляющих собой первые листья, то их судьба несколько иная. В тех случаях, когда они выносятся из почвы, они обычно зеленеют, значительно разрастаются и функционируют как настоящие листья. Если же они остаются под землей, то их питательные вещества потребляются.

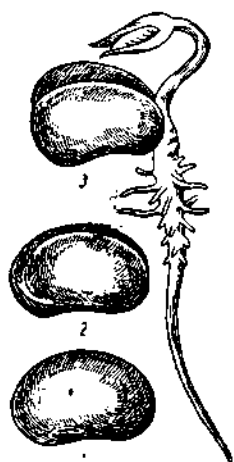


Рис. 118. Семя фасоли.

1—снаружи; 2—с внутренней стороны семядолей; 3—разрастание эмбриональных частей.

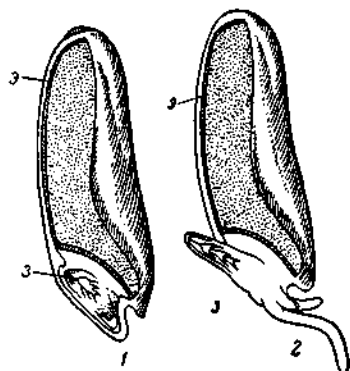


Рис. 119. Зерновка пшеницы в продольном разрезе.

1—до прорастания; 2—в самом начале прорастания; 3—зародыш; 4—эндосперм.

Последующий рост зародыша, а затем проростка проявляется в увеличении размеров зачатков корешков, листочков и стебелька. Затем, по мере роста и развития молодого растения, на нем непрерывно появляются все новые части, новые листья, стебли и корни.

Рост растений в отличие от роста высших позвоночных животных продолжается в течение всей их жизни. В результате процессов роста в старом дереве всегда имеются молодые части, образовавшиеся в последние недели и месяцы. Но эти молодые части старого столетнего или тысячелетнего растения все же несут в себе качества и свойства, связанные с возрастом всего растения в целом.

Таким образом, рост растения представляет собой сложный процесс и не может рассматриваться как простое увеличение объема или веса всего растения или его отдельных частей. Сложность явления роста увеличивается еще и тем, что он связан с формообразовательными процессами. При росте не только увеличиваются размеры органов растения, но и появляются новые части. Так, например, в процесса роста возникают новые листья, причем и сама форма листьев значительно видоизменяется даже на одном и том же побеге от основания до верхушки; стебель и корни при росте ветвятся, т. е. на них образуются новые боковые ветви и корни с несколько иными гео- и гелиотропическими реакциями. Следовательно, на рост растения влияют качественные возрастные изменения, совершающиеся в каждом растущем органе растения. Поэтому рост растения всегда

связан с прохождением им определенных стадий индивидуального (онтогенетического) развития, сопровождающихся необратимыми качественными изменениями и приводящими к воспроизведению себе подобных, к образованию новых растений, вновь начинающих свой индивидуальный рост и развитие.

Существенной частью клетки, которой присущи жизненные свойства, является протоплазма, поэтому в основе процессов роста всех частей клетки лежит рост протоплазмы. Всякому росту предшествует питание. Растение добывает себе пищу для построения своего тела в результате синтеза органических веществ из поглощаемых веществ окружающей среды. Но поступившие в клетку вещества не просто накапливаются в ней, а преобразуются в конституционные вещества протоплазмы клетки. При этом происходит глубокая и интенсивная перестройка питательных веществ. Протоплазма каждого растительного и животного организма строит свои специфические комплексы, свойственные данному виду, отличающиеся как от составных частей получаемой ею пищи, так и от протоплазмы других видов. Белки протоплазмы каждого вида растений имеют свой собственный химический состав, обуславливающий специфические отличия их от белков других видов растений. В этой способности протоплазмы каждого вида живых организмов воспроизводить себя со всеми своими химическими и физиологическими особенностями и состоит сущность наследственной передачи признаков от одного поколения к другому, в результате которой дочерние клетки повторяют свойства материнской клетки.

Создание новых масс живой протоплазмы из пластических веществ, поступающих в клетку и не обладающих жизненными свойствами, можно иллюстрировать данными о процессах развития вирусов.

Вирусом называют заразное начало, не являющееся организмом и построенное значительно проще. Некоторые вирусы в последнее время удалось получить в кристаллическом виде и установить, что они являются белковыми веществами; так именно получен вирус, вызывающий мозаичную болезнь табака. Вне организма растения-хозяина этот вирус не обнаруживает особых отличий от обычных белковых веществ. Но стоит ему попасть в клетки табачного растения, как он начинает «размножаться», т. е. его количество быстро увеличивается за счет белковых веществ растения-хозяина, которые перестраиваются с образованием все новых и новых молекул вируса. Этот процесс напоминает кристаллизацию, с той разницей, что при кристаллизации кристалл состоит из того же вещества, которое имеется и в маточном растворе, а при «размножении» вируса происходит глубокая перестройка «ассимилируемых» им веществ. По-видимому, сходным путем происходит образование все новых и новых частей протоплазмы за счет притекающих в клетку пластических веществ, возникающих в процессе фотосинтеза. Существенное же отличие роста протоплазмы от роста любого кристалла состоит в том, что протоплазма создает новые частицы из веществ, химически отличных от нее. Образовавшиеся вновь частицы протоплазмы должны при этом войти в определенное сочетание с существовавшими ранее.

Рост отдельных органов происходит путем размножения и роста клеток их эмбриональных тканей. Клетки эмбриональных тканей имеют очень тонкие оболочки и сплошь заполнены протоплазмой с крупным ядром посредине (рис. 120). Нарастание эмбриональной ткани идет следующим путем. Количество плазмы в отдельных клетках увеличивается, и сами клетки тоже увеличиваются. Затем происходит деление ядра и плазмы, и из одной материнской клетки получаются две дочерние. После этого снова происходит накопление живого вещества в дочерних клетках

и новое деление клеток и т. д. В эмбриональных тканях процессы роста связаны с увеличением числа клеток и общей массы живого вещества. Размеры же клеток остаются более или менее постоянными, так как по достижении дочерними клетками величины материнской они сразу приступают к новому делению.

В непрерывно растущих органах, молодых стеблях и корнях общее количество эмбриональной ткани остается более или менее постоянным. Это происходит потому, что в нижней части конуса нарастания стебля эмбриональные клетки переходят в следующую стадию роста, которая носит название **с т а д и и** **р а с т я ж е н и я**. Эта стадия характеризуется тем, что в протоплазме появляются вакуоли, наполняющиеся водянистым клеточным соком, которые быстро разрастаются и оттесняют протоплазму в пристенную область клетки. Полость же клетки оказывается заполненной одной большой центральной вакуолей. При этом увеличивается также весь объем клетки и разрастается оболочка.

Увеличение объема клетки в стадии растяжения вызывается увеличением количества клеточного сока и размеров клеточной оболочки, в то время как стадия эмбрионального роста характеризуется увеличением количества протоплазмы.

Рост клетки в стадии растяжения складывается из следующих процессов: увеличения объема клеточного сока и увеличения массы оболочки. Оба эти процесса тесно связаны друг с другом. Увеличение объема клетки идет в основном за счет поступления в клетку воды извне. А так как клеточный сок представляет собой более или менее концентрированный раствор сахаров, растительных кислот и других веществ, то он обладает определенными осмотическими свойствами и обуславливает тургорное напряжение и сосущую силу в клетках, способствующую поступлению в клетки все новых масс воды.

Тургорное напряжение играет важную роль в росте клеточной оболочки. Опыт показывает, что оболочка может расти лишь при условии соприкосновения ее с протоплазмой, а тургорное напряжение как раз и удерживает протоплазму в соприкосновении с оболочкой.

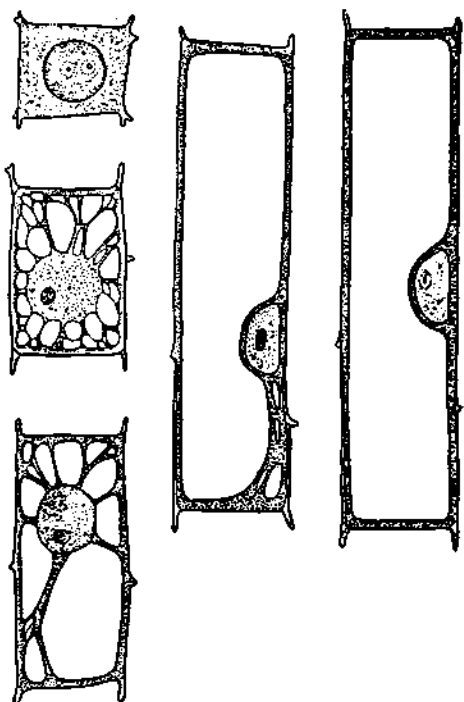


Рис. 120. Последовательные стадии роста клеток корня.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА

Детальные исследования процессов роста позволили установить некоторые существенные различия в характере роста отдельных органов растения. В частности, установлено, что стебли и корни нарастают своей верхушкой, а в листьях ростовые процессы сосредоточены у основания. Различие в росте этих органов проявляется еще и в том, что стебли и кор-

ни продолжают свой рост в длину в течение всей жизни растения, а листья обладают ограниченным ростом, т. е. довольно скоро достигают окончательных размеров и прекращают свой рост. Отличием роста корней от стеблей является то, что у корней рост сосредоточен на очень коротком участке (около 1 см) у самого кончика, тогда как у стеблей длина растущей зоны достигает свыше 10 см.

Малые размеры растущей зоны корня имеют важное значение для корней, которые растут в почве. Здесь корню приходится преодолевать сильное механическое препятствие и поэтому для него выгоднее иметь нежную растущую зону небольшой протяженности. У корней, растущих в воздухе, не встречающих механических препятствий, зона роста гораздо длиннее и у отдельных растений (например, у *Cissus*) достигает 7—10 см.

Зона роста стебля находится на верхушке, причем у однолетних и некоторых многолетних растений рост продолжается непрерывно. У растений же, впадающих в состояние зимнего покоя, зона роста сохраняется в почке в эмбриональном состоянии. Подобный зачаток побега по окончании периода покоя затем быстро разрастается.

В некоторых случаях зоны энергичного роста находятся в междоузлиях. Например, у конского каштана в почке намечается столько же зон роста, сколько междоузлий.

Что касается листа, то он закладывается в виде бугорка на конусе нарастания стебля и у более высокоорганизованных растений растет своим основанием вследствие образования интеркалярной точки роста. И только у некоторых папоротников лист растет своей верхушкой, подобно стеблю, образуя все новые и новые листочки.

Одновременно с удлинением органа обычно происходит и его утолщение. Различают первичное утолщение органа, которое получается простым разрастанием клеток, как в стволе пальм, и утолщение вторичное, которое является результатом деятельности камбиального кольца и может продолжаться много лет.

Мерилом роста растений может служить увеличение их веса. Чаще всего пользуются определением сухого веса. Определяя увеличение веса определенного количества растений, выращенных на однородном участке, можно наблюдать за ходом прироста в его количественном выражении.

Если таким способом наблюдать за ходом увеличения сухого вещества у каких-либо однолетних растений, начиная со всходов и до полной зрелости, то можно обнаружить такую закономерность: вначале отмечается незначительный ежедневный прирост сухого вещества, затем прирост заметно увеличивается и достигает своего максимума перед цветением. После цветения наступает постепенное уменьшение прироста сухого вещества, а затем он совсем прекращается. К концу созревания семян наблюдается даже некоторая потеря сухого веса вследствие того, что листья к этому времени засыхают и прекращают фотосинтез, а трата сухого вещества на дыхание еще продолжается.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА РОСТ

Влияние температуры на рост. Рост растений в очень большой степени зависит от температуры. Для роста наиболее благоприятна средняя температура. Зависимость роста от температуры выражается кривой с тремя кардинальными точками: минимум, оптимум и максимум. Минимум и максимум — это те температуры, при которых останавливается рост, а оптимум — это такая температура, при которой наиболее энергично протекают процессы роста. Абсолютная величина этих точек неодинакова у различных растений. В зависимости от величины температур

ных показателей различают растения то более, то менее теплолюбивы.

Некоторое представление о процессах роста наиболее известных растений при разных температурах может дать табл. 1.

Таблица 1

Растения	Минимум	Оптимум	Максимум
Пшеница	0—5°	25—31°	31—37°
Рожь	0—5°	25—31°	31—37°
Гречиха	0—5°	25—31°	37—44°
Конопля	0—5°	37—44°	44—50°
Подсолнечник	5—10°	31—37°	37—44°
Кукуруза	5—10°	37—44°	44—50°
Тыква	10—15°	37—44°	44—50°
Дыня	15—18°	31—37°	44—50°
Огурец	15—18°	31—37°	44—50°

Табл. 1 показывает, что у разных растений различно не только абсолютное положение кардинальных температурных точек, но и интервалы между этими точками. Из сопоставления этих показателей видно, что интервал между минимумом и оптимумом значительно больше, чем между оптимумом и максимумом. Это указывает, что после оптимума очень быстро начинает сказываться действие высокой температуры.

Минимум для жизни растений лежит несколько ниже минимума для роста их, а максимальные температуры для жизни несколько выше, чем для роста. В интервалах между этими последними точками процессы роста приостанавливаются и наступает своеобразное оцепенение организма. Это оцепенение растениями переносится без особого вреда, если оно продолжается не особенно долго.

В состоянии оцепенения отсутствует рост, но другие жизненные процессы — дыхание, ассимиляция, превращение веществ — могут продолжаться. Различные процессы в разной степени изменяются с изменением температуры. В частности, дыхание возрастает с повышением температуры и для него максимум совпадает с оптимумом, тогда как фотосинтез ослабевает гораздо раньше. Поэтому при температурах выше оптимальной для фотосинтеза расход веществ на дыхание превышает их накопление и растение погибает от истощения.

Оптимальная для роста температура часто не является наиболее благоприятной для общего развития растения. Оптимальная температура для роста — это такая температура, при которой рост идет наиболее быстро. Однако не всегда наибольшая быстрота роста является лучшей для получения крепкого и здорового растения. Наоборот, очень часто оказывается, что растения, выросшие при более высокой температуре, оказываются более слабыми, чем развившиеся при умеренных и низких температурах. В отличие от физиологического оптимума некоторые авторы вводят понятие гармонического оптимума, при котором получают наиболее крепкие растения. Гармонический оптимум не является величиной постоянной для всего периода роста и развития растения, но изменяется по стадиям и фазам развития растений. Для большинства однолетних растений установлена та общая закономерность, что на более ранних фазах развития, гармонический оптимум лежит ниже, чем на более поздних. Это совпадает и с природным изменением температуры от весны до конца лета. Такое явление можно рассматривать как есте-

ственное приспособление к условиям окружающей среды, возникшее в течение всей истории жизни растений. При отсутствии соответствующих условий для прохождения отдельных стадий развитие останавливается, и растение не достигает нормального плодоношения. Особенно резко проявляется влияние температуры на прохождение начальной стадии развития, получившей название стадии яровизации. При этом озимые и яровые растения характеризуются различными требованиями к температуре. У озимых растений стадия яровизации может проходить только при температурах немного выше 0° , поэтому при весеннем посеве они попадают на первых стадиях развития в условия более высокой температуры и не могут образовать урожай в первое лето. Для нормального течения всех процессов развития озимым растениям необходимо пребывание на первых стадиях их развития при пониженных температурах в течение 50—60 дней. Таким образом, озимые растения обнаруживают ясную потребность в пониженных температурах на ранних стадиях развития. Прохождение следующих стадий может идти уже при более высоких температурах, при определенном световом режиме. Обычно для прохождения процессов роста и развития растения нуждаются не в одной какой-либо оптимальной температуре, а в последовательной смене температур в зависимости от их возраста.

Температура влияет не только на рост, но и на форму растений. Низкая температура в течение длительного времени неблагоприятна для роста растений. Этим объясняется, что на высоких горах, в полярных областях земного шара, где сравнительно мало тепла, растения бывают очень низки, стелются по земле, как бы прижимаются к ней. Наблюдения показывают, что на высоких горах почва сравнительно теплее воздуха и растения, прижимаясь к земле, как бы ищут более теплых мест. Кроме этого, стелющиеся по земле растения на зиму покрываются более толстым слоем снега, предохраняющим их от вымерзания.

На высоких горах климат отличается резкими колебаниями суточной температуры. Это обстоятельство является фактором, обуславливающим оригинальные особенности альпийской флоры: задержанный рост, короткие междоузлия, малые, но твердые листья и более раннее цветение.

Прямыми опытами установлено, что достаточно одних изменений температуры, чтобы получить растения различного внешнего вида.

З а в и с и м о с т ь р о с т а и ф о р м ы р а с т е н и й о т с в е т а. Свет сильно влияет как на скорость роста растений, так и на образование отдельных органов. В отношении реакции на свет имеются существенные отличия у высших и низших растений. Низшие растения — бактерии и многие грибы — могут все стадии развития пройти в темноте без существенного изменения характера роста. У высших же растений и их зеленых органов без света обычно обнаруживаются довольно значительные отклонения от нормальной формы. В то же время эти растения оказываются липкими зеленой окраски. Такие растения называются этиолированными.

Этиолированные растения отличаются от нормальных тем, что их стебли оказываются чрезмерно вытянутыми, а листья недоразвитыми. Эта способность растений вытягивать свои органы в темноте имеет большое значение в жизни растения и является полезной биологической приспособительной реакцией на внешние воздействия. Оказавшись слишком глубоко под землей, растение вытягивает свои побеги до тех пор, пока они не достигнут дневной поверхности, и только тогда начинает разворачивать свои листья. Этиолированные растения характеризуются некоторыми особенностями в анатомическом строении: их ткани малодифференцированы и состоят из основной паренхимы.

Этиолирование, по-видимому, не связано с недостатком питания, так как известно, что побеги у картофеля в темноте очень сильно вытягиваются, хотя клубни содержат большое количество питательных веществ.

Новейшими исследованиями выяснено, что даже самого кратковременного ежедневного освещения, всего в течение 5—10 минут, уже достаточно для того, чтобы этиолированные растения начали принимать нормальную форму. Естественно, что за столь короткий промежуток освещения фотосинтез не успевает начаться. Предполагается, что свет влияет на выработку растением веществ типа гормонов, которые и обуславливают изменение характера роста стеблей и листьев.

Изменение формы растений происходит не только при полном отсутствии света, но и при недостаточном освещении. У выращиваемых в притенении растений также обнаруживаются явления частичного этиолирования. В этих условиях стебли вытягиваются, а листья имеют уменьшенные размеры. Кроме того, недостаток света вызывает и ряд изменений в анатомическом строении. В частности, задерживается развитие механических тканей и одревеснение клеточных стенок, в листьях не развивается палисадная паренхима. Вытянутые стебли с недоразвитыми механическими тканями оказываются менее устойчивыми и легко полегают. Поэтому слишком густые посевы сельскохозяйственных растений склонны к полеганию вследствие затенения растений друг другом.

Условия освещения растений влияют на рост и развитие не только надземных частей, но и корней. У растений, произрастающих в тени или в загущенных посевах, корневая система развита значительно слабее, чем у получающих достаточно света, хотя корни находятся в земле и непосредственного действия света не испытывают. Последнее объясняется тем, что у затененных растений фотосинтез ослаблен и корни не получают достаточного количества пластических веществ для своего роста, а также стимулирующих веществ синтез которых ослабевает при недостатке света.

Большое влияние оказывает свет и на скорость роста: свет задерживает скорость роста и притом тем сильнее, чем больше его интенсивность. Растения днем растут медленнее, чем ночью.

Различным растениям нужны различные количества света. В частности, наши древесные породы делятся на теневыносливые и светолюбивые. К первой группе относятся ель (*Picea*), пихта (*Abies*), тис (*Taxus*), бук (*Fagus*), липа (*Tilia*) и др., ко второй группе — сосна (*Pinus*), лиственница (*Larix*), акация (*Robinia*), береза (*Betula*) и др.

Растения первой группы (например, ель) даже в густом лесу сохраняют нижние ветви. Растения второй группы (например, сосна) в густом лесу имеют крону только на верхушке, а ствол лишен боковых ветвей.

Способность растений приспосабливаться к различной интенсивности света доказывается также прямыми опытами. Изменяя интенсивность света, можно изменить форму растения. В этом отношении очень хорошим объектом является колокольчик круглолистный (*Campanula rotundifolia*) (рис. 121). У этого растения листья двоякого рода. Нижние прикорневые листья имеют округлые, почковидные листовые пластинки, сидящие на длинных черешках. Эти листья образуются весной в тени окружающих растений и приспособлены к слабому освещению. Стеблевые листья, которые развиваются в условиях лучшего освещения, являются сильно вытянутыми. Если же растение, у которого уже начали возникать на стебле длинные листья, поместить в условия затенения, то из боковых почек на верхушке стебля начнут образовываться снова почковидные листья, которые при нормальных условиях развиваются только при основании стебля.

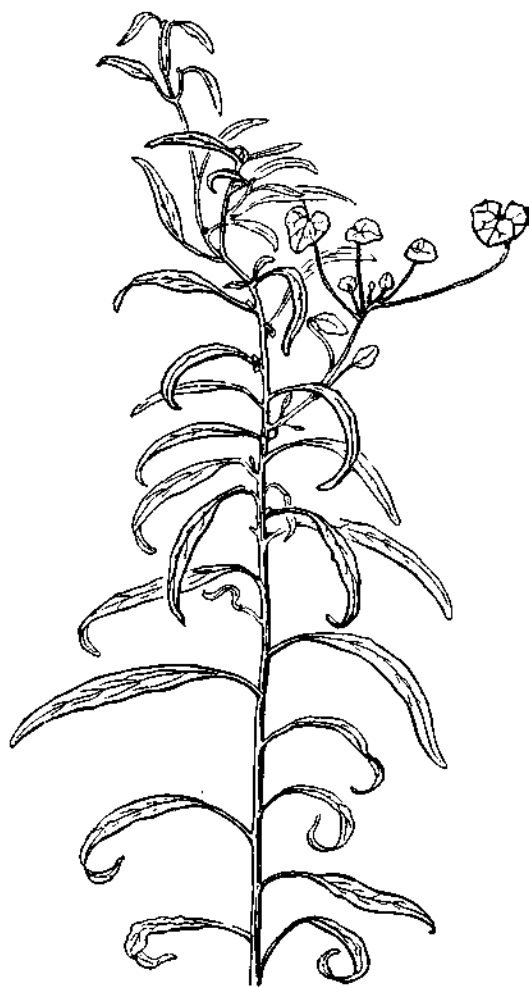


Рис. 121. Ветвь колокольчика (*Campanula rotundifolia*) с почковидными листьями на верхушке.

Вместе с формой листа изменяется также их анатомическое строение. Теневые листья всегда тоньше. Палисадная паренхима в теневых листьях недоразвита или даже полностью отсутствует.

Фототропизм (гелиотропизм). Под влиянием одностороннего освещения растения склоняются к свету, а иногда отклоняются от него. В естественных условиях произрастания это явление вызывается только солнечным светом, поэтому его называют гелиотропизмом. В лабораторных условиях пользуются разнообразными источниками света, поэтому данному явлению дают более общее название — фототропизм.

Фототропизм называется положительным, когда растение наклоняется к источнику света, и отрицательным, когда растение отклоняется от него.

В стеблях наблюдается положительный фототропизм. Примером растений, особо чувствительных к разнице в освещении, могут служить этиолированные ростки *Vicia sativa*. При помощи этих ростков можно обнаружить такую ничтожную разницу в силе света двух источников, которая не обнаруживается даже фотометром.

Если поместить этиолированные

ростки *Vicia sativa* на равном расстоянии между двумя источниками света, то они всегда будут искривляться в сторону большего источника света.

В листьях также резко проявляется своеобразная фототропическая реакция. Листья обыкновенно располагаются перпендикулярно к падающему свету. В течение дня листья все время поворачиваются в сторону наибольшего освещения. После восхода солнца листья наклоняются к востоку, в полдень они принимают почти горизонтальное положение и к вечеру склоняются к западу. Во всех этих изменениях положения плоскость листа располагается перпендикулярно к падающим лучам. Для расположения пластинки листа в таком положении по отношению к источнику света листовые черешки сгибаются или закручиваются, а иногда изгибаются и закручиваются одновременно.

В жарких странах листья многих растений не выносят сильного нагревания солнцем и поэтому ставят свои пластинки не перпендикулярно к падающему свету, а под некоторым углом.

Цветки многих растений также обладают резко выраженной фототропической реакцией. Различные виды *Tragopogon pratensis*, *T. orientalis* и др. имеют цветки, поворачивающиеся за солнцем. Перед восходом солнца еще закрытые головки повертываются к востоку и раскрываются с восходом солнца. В продолжение дня цветки идут за солнцем, и к вечеру все они обращаются на запад и закрываются. После захода солнца они выпрямляются и всю ночь стоят прямо; утренняя заря снова наклоняет их на восток.

Отрицательный фототропизм распространен значительно менее. Он свойствен прицепкам и усикам лазящих растений, а также воздушным корням.

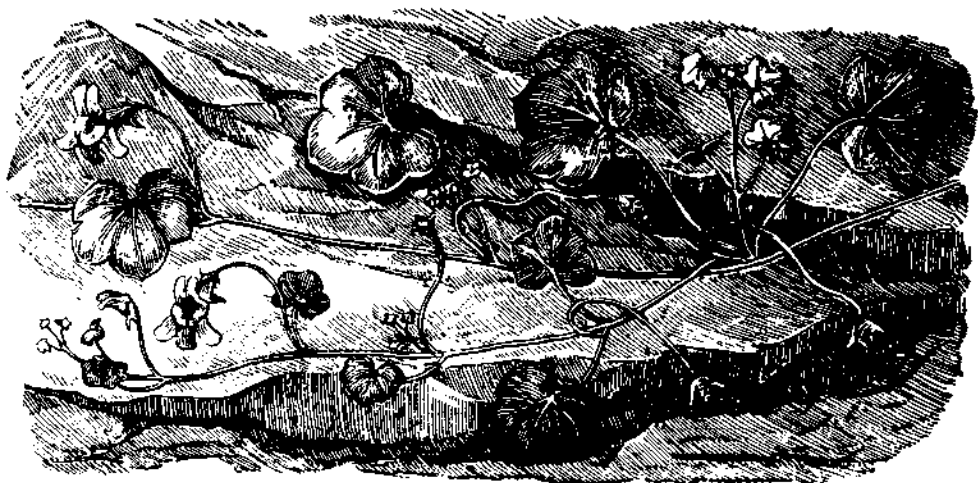


Рис. 122. *Linaria cymbalaria* высыпает свои семена в трещину скал.

Положительный фототропизм (гелиотропизм) с возрастом растения может замениться отрицательным. Очень интересным растением в этом отношении является живущее по склонам растение *Linaria cymbalaria*. Его цветоножки, пока растение цветет, стремятся к свету, но как только на них начинают созревать плоды, они начинают поворачиваться от света и стараются укрыться в трещинах скал (рис. 122). Созревшие коробочки в этих трещинах лопаются, и из них высыпаются семена. При такой положительной реакции семена попадают в условия более благоприятные для прорастания, так как в трещинах имеется некоторое количество земли и влаги.

Явления фототропизма (гелиотропизма) суть явления роста. Фототропические реакции искривления происходят только в области растущей зоны. Эти явления имеют большое биологическое значение. Положительный фототропизм помещает растение в условия, наиболее благоприятные для освещения. Вследствие отрицательного фототропизма прицепки и воздушные корни отталкиваются к месту, где они находят более благоприятные условия.

Фототаксис. На низших растениях, способных перемещаться, можно наблюдать явления, сходные с гелиотропизмом. Зеленые организмы, помещенные в опыте в стеклянный сосуд, переходят на освещенную сторону сосуда. Такое явление называется положительным фототаксисом. Если же падающий свет слишком силен, то растения переходят в ме-

нее освещенную часть сосуда. Такое перемещение в сторону меньшего источника света называется отрицательным фототаксисом.

Влияние влажности на рост. Для нормального роста растений совершенно необходима высокая степень насыщенности протоплазмы водой, так как только в насыщенной водой протоплазме могут протекать сложные процессы создания конституционных веществ протоплазмы из поступающих в клетки пластических веществ и другие сопровождающие деление клеток процессы. В большой степени зависит от условий водоснабжения стадия растяжения, так как увеличение объема клетки идет целиком за счет притока в нее воды. Примером того, насколько необходима вода для роста, могут служить семена. Семена, содержащие в себе лишь гигроскопическую влагу (10—12% от абсолютно сухого веса), могут сохраняться в течение многих лет, не обнаруживая признаков жизни. Но как только их намочат в воде, они при наличии благоприятной температуры и доступа воздуха начнут прорастать. Однако, если им дадут воды не полное количество, которое они могут поглотить, а примерно половинное от полного насыщения, то прорастание семян будет идти крайне медленно и ограничится одним лишь наклеиванием, т. е. пробиванием кожуры ростком семени. Если же количество воды будет еще меньшее, то в семенах начнется дыхание, а также гидролитический распад запасных веществ.

Следовательно, для различных жизненных процессов необходима разная степень насыщенности водой, наибольшая — для роста и построения новых масс живого вещества; при меньшей насыщенности проявляются процессы дыхания и распада пластических веществ.

Никакой другой фактор не кладет такого глубокого отпечатка на внешнее и внутреннее строение растений, как количество воды в воздухе и почве.

Зависимость роста от кислорода воздуха. Все высшие растения при нормальных условиях растут только при наличии кислорода. С прекращением доступа кислорода рост останавливается. По мере увеличения скорости роста, во время прорастания семян увеличивается также количество поглощаемого растением кислорода.

Количество кислорода в окружающей растения атмосфере также влияет на скорость их роста. Избыток кислорода, а также его недостаток в атмосфере замедляют рост.

Геотропизм. При посеве семян в почву они оказываются в различном положении. Однако развивающиеся проростки всегда направляют свой корень вниз, а стебель вверх. Эта ориентировка органов по отношению к линии горизонта является важным биологическим приспособлением и сохраняется в течение всей жизни растения. Благодаря этому приспособлению корень углубляется в почву и начинает поглощать воду и растворенные в ней питательные элементы, а стебель выходит из почвы и выносит листья на поверхность. Обычно главная ось, стебель и корень располагаются вертикально, боковые ветви и корни первого порядка — под некоторым углом, листья — по преимуществу горизонтально. Если под влиянием какого-либо внешнего воздействия растения выводятся из этого правильно ориентированного положения, то они совершают соответствующие изгибы в своих молодых растущих частях и вновь оказываются правильно ориентированными.

Осуществление этих изгибов, приводящих к восстановлению правильной ориентировки растительных органов в пространстве, теснейшим образом связано с ростом, а потому эти изгибы растущих органов получили название **ростовых движений**. Ростовые движения осуществляются путем разрастания тканей с неодинаковой быстротой на раз-



Рис. 123. Термонастическое раскрытие цветков шафрана.



Рис. 124. Фотонастическое раскрытие соцветий одуванчика.

личных сторонах изгибающихся органов. Та сторона, которая начинает расти быстрее, становится выпуклой, та же сторона, которая отстает в своем росте, становится вогнутой. В результате растущий орган искривляется в ту сторону, рост которой замедлен. Такого рода движения могут наблюдаться только у растущих органов.

Правильную ориентировку в пространстве осевых органов растений приписывают действию силы земного тяготения, или силы тяжести. Поэтому способность принимать определенное положение по отношению к земле получило название **геотропизма** (от греч. ге — земля). При этом различают положительный геотропизм растущих вниз корней, отрицательный геотропизм растущих вверх стеблей и поперечный, или диагеотропизм, располагающихся горизонтально листьев.

Никтинастические движения. Энергичные процессы роста, идущие в распускающихся цветках, проявляются не только в общем увеличении размеров отдельных частей цветка, но и в своеобразных ростовых движениях, носящих общее название **никтинастических движений**, или **настий**.

Настические движения от тропизмов отличаются тем, что они вызываются раздражителями, не имеющими определенного направления. Необходимым условием для настических движений является двустороннесимметричное строение изгибающихся органов.

При более быстром росте морфологически верхней стороны органа такое явление называют **эпинастией**: подобный рост приводит к раскрытию почки и бутонов. Более быстрый рост морфологически нижней стороны носит название **гинонастии**; она приводит к смыканию цветочных покровов при отцветании некоторых цветов.

Наиболее распространенными являются никтинастические движения, вызываемые сменой дня и ночи. Очень многие цветы открываются утром и закрываются на ночь, точно так же многие листья меняют свое положение при смене дня и ночи, особенно сложные листья семейства мотыльковых.

Ближайшей причиной никтинастических движений могут быть перемены температуры или интенсивности света, а иногда и те, и другие вместе. В первом случае мы имеем **термонастию**, во втором — **фотонастию**. Примером термонастии может служить раскрытие цветов шафрана или тюльпана, которое можно наблюдать, если внести эти растения с холода в теплую комнату: через 3—5 минут закрытые до того цветы быстро раскрываются (рис. 123). Механизм этого движения заключается в том, что при повышении температуры рост внутренней (морфологически верхней) поверхности лепестков обгоняет рост нижней поверхности, лепестки изгибаются наружу и цветок раскрывается. При

длительном пребывании в тепле нижняя сторона также через некоторое время ускоряет свой рост и цветок снова закрывается.

Примером фотонастии могут служить движения лепестков кувшинки и цветочных головок одуванчика. У этих растений движения вызываются изменениями интенсивности света, и закрывание наблюдается не только вечером, но и в пасмурную погоду (рис. 124). Некоторые растения, например садовый табак, ночная красавица (*Mirabilis jalapa*) и др., обнаруживают обратную реакцию, т. е. закрывают цветы при усилении света и открывают при ослаблении.

Приспособительное и эволюционное значение никтинастических движений цветов состоит в том, что они облегчают опыление в благоприятную погоду и защищают внутренние органы цветка в неблагоприятных условиях.

РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ. ВЗАИМООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ РОСТОМ И РАЗВИТИЕМ

Жизнь всякого растения проявляется не только в простом накоплении органической массы путем обмена веществ с окружающей средой, но и в непрерывной постройке растительного индивидуума по определенному плану. Различные виды и роды растений поражают нас своим разнообразием, однако каждый вид и род растений имеет ряд вполне постоянных внешних и внутренних черт, по которым мы легко можем отличить их от других видов и родов. В основе такого постоянства внешних и внутренних признаков лежит постоянство в организации ядра и протоплазмы, передающейся по наследству.

Жизненный цикл высшего растения начинается с первого деления оплодотворенной яйцеклетки и кончается отмиранием достигшего предельного возраста индивидуума. Но построение индивидуума заключается не только в увеличении числа клеток. У многоклеточных форм это построение совершается путем дифференцировки, которая приводит к тому, что первоначально однообразные меристематические клетки принимают весьма разнообразную форму, группируются в определенные ткани и органы. В процесс вступает новый фактор, который из однообразного материала меристематических клеток создает некоторое гармоничное сочетание путем подавления деятельности одних наследственных зачатков и усиления деятельности других.

Следовательно, процессы роста и развития не тождественны. Однако нельзя полностью разграничивать рост и развитие. Обычно процесс роста растений сопровождается идущими в них возрастными изменениями, а развитие невозможно в отсутствие роста.

С чисто внешней стороны развитие растительного индивидуума сводится к непрерывному изменению формы, которое сопровождается определенными внутренними изменениями в соотношениях различных частей.

Жизнь каждого вида растений по существу является непрерывным появлением и исчезновением индивидуумов, следующих друг за другом непрерывной цепью поколений. Жизнь же каждого индивидуума имеет два кардинальных пункта — начало и конец, которые и ограничивают полный цикл развития индивидуума. Под развитием понимается ряд последовательных качественных изменений, которые претерпевают растения в процессе индивидуальной жизни. Изменения эти сводятся к различным процессам превращения формы и начинаются уже в эмбриональный период, когда молодые растения в виде созревающих семян находятся еще на материнском растении. Важным переломным

моментом в развитии растений является переход к образованию репродуктивных органов, т. е. к цветению и плодоношению.

Таким образом, в пределах полного цикла развития растения от семени до образования семян данным растением и его гибели различают отдельные фазы и стадии развития.

Переход к половому размножению и затем к образованию зрелых семян является важнейшим признаком развития. Для жизненного цикла растений характерна не столько его общая продолжительность, которая может варьировать от немногих недель до нескольких сот и даже тысяч лет, сколько взаимоотношение между вегетативным ростом и плодоношением. В соответствии с этим все растения делятся на две большие группы: монокарпические и поликарпические, т. е. на однократно плодоносящие и многократно плодоносящие. К первой группе принадлежат растения, у которых весь жизненный цикл заканчивается в течение одного вегетационного периода (если считать начало цикла не с момента образования зародыша, а с момента прорастания семени). При прорастании семени образуется молодое растение, которое быстро разворачивает свои вегетативные органы, а затем приступает к цветению, на нем завязываются и созревают плоды, после чего все органы растения стареют и отмирают и растение засыхает. Хотя период засыхания часто совпадает с наступлением осеннего времени и создается впечатление, что отмирание вызывается внешними условиями, но на самом деле оно обусловлено внутренними причинами, связанными с процессами плодоношения. О том, что это так, свидетельствуют многочисленные факты созревания и засыхания скороспелых однолетников задолго до окончания вегетации. У некоторых растений цветение и плодоношение начинается лишь на втором году жизни, как у моркови, свеклы и других корнеплодов, у которых жизненный цикл продолжается два года. Но и у этих растений отмирание наступает после цветения и плодоношения. Наконец, встречаются и такие растения, которые много лет обнаруживают лишь вегетативный рост, как агавы, пальмы, некоторые виды бамбука и др., а затем цветут и плодоносят. После же цветения и плодоношения отмирают.

Таким образом, из этих примеров видно, что между плодоношением и отмиранием существует тесная причинная связь. Можно продлить жизнь многих растений, удаляя цветочные почки и задерживая цветение и плодоношение, или сократить время жизни растений, искусственно понуждая их к плодоношению раньше срока (цветуха у свеклы и др.).

Совершенно иной тип развития имеют многократно цветущие, поликарпические, растения, которые цветут и плодоносят каждый год, что не мешает ежегодному возобновлению у них вегетативного роста. К этой группе принадлежит большинство многолетних и древесных растений. Продолжительность жизни у этих растений является в сущности неограниченной, если учесть, что многие из них размножаются вегетативно.

На скорость развития растения, а также на время наступления цветения и плодоношения огромное влияние оказывает свет. Первыми научно поставленными опытами по влиянию различной продолжительности суточного освещения на развитие растений были опыты Гарнера и Алларда, опубликованные в 1920 г. и положившие начало новому направлению в изучении биологии растений. На основе своих опытов указанные авторы пришли к выводу, что различные виды растений и даже сорта в пределах данного вида нуждаются для своего нормального развития в определенном соотношении длины дня и ночи. Это явление было названо ими фотопериодизмом. Позднее советский ученый В. Н. Любименко отметил, что это определение указывает на смену периодов света и темноты, но не затрагивает

зависимости развития растений от этой смены, и предложил новый термин «фотопериодическая адаптация».

Гарнер и Аллард сделали вывод, что половое размножение растений может происходить только в том случае, если растение находится в условиях специфически благоприятной длины дня; длина дня, неблагоприятная для размножения, но благоприятная для роста, способствует развитию гигантизма (появлению гигантских растений) или бесконечному продолжению вегетативного роста, а длина дня, одинаково благоприятная как для полового размножения, так и для вегетативного роста, вызывает удлинение периода полового размножения и срока плодоношения.

Термин «фотопериодизм» был введен для обозначения реакции организма на относительную длину дня и ночи.

Опыты Гарнера и Алларда проводились на 4 сортах сои, резко различающихся по длине вегетационного периода в условиях нормального освещения в средних широтах. Данные о числе дней от прорастания до цветения у этих сортов сои представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сорт	Выращивание при нормальном дне	Выращивание при коротком дне
«Мандарин»	27	21
«Пекин»	56	21
«Токио»	70	28
«Билокси»	105	28

Цифровые показатели продолжительности периода от прорастания до цветения свидетельствуют о том, что при коротком дне период вегетации у раннеспелого сорта «Мандарин» сокращается незначительно. Однако по мере удлинения вегетационного периода укорочение становится более заметным. Так, у позднеспелого сорта «Билокси» сокращение достигает почти $\frac{3}{4}$ времени, требуемого от прорастания до цветения в условиях нормального освещения.

Эти факты позволяют сделать вывод, что все сорта сои становятся одинаково скороспелыми при выращивании в условиях короткого дня. Различия же выявляются только при выращивании их в условиях длинного дня. Отсюда следует, что сорт «Мандарин» приспособлен к выращиванию в условиях длинного дня, а сорт «Билокси» является сортом короткого дня. Следовательно, в пределах одного и того же вида имеются сорта, различно реагирующие на один и тот же фактор внешней среды — длину дня.

Изучив большое количество растений, Гарнер и Аллард установили, что некоторые растения, как, например, многие виды табака, сои, хлопчатника, астр, сорго, проса, риса и др., зацветают тем скорее, чем короче день и длиннее ночь. Такие растения получили название растений короткого дня. Эти растения свойственны более южным широтам, где летний день относительно короче, чем в северных широтах. В то же время такие растения, как пшеница, овес, ячмень и др., зацветают тем скорее, чем длиннее день и короче ночь. Эти растения соответственно считаются растениями длинного дня (рис. 125). Растения этого типа имеют более короткий вегетационный период в северных широтах, где летний день длинный.

* Учет явлений фотопериодизма имеет очень большое значение для районирования сельскохозяйственных культур и для продвижения их



Рис. 125. Растения длинного дня—ячмень, развивавшийся одинаковое количество дней при 18-, 12- и 9-часовом дне.

из одного района в другой. Растения длинного дня, например пшеница, ячмень и др., при продвижении на север не встречают препятствий, так как летний день на севере более длинный, что ускоряет развитие данных растений. Растения короткого дня, например просо или хлопчатник, труднее продвигать на север, где лето короткое, а день длинный. Для продвижения на север таких культур необходимо отбирать сорта, которые меньше реагируют на длину дня, т. е. обладают меньшей фотопериодической чувствительностью. При продвижении растений северных широт на юг, в субтропики и тропики, многие из них вовсе не зацветают, хотя температура там более благоприятная для роста, так как короткий день затрудняет прохождение световой стадии. Поэтому точное знание фотопериодической реакции отдельных сортов весьма важно. А фотопериодическая реакция разных сортов даже в пределах одного и того же вида растений далеко не одинакова. Выше уже было отмечено, что разные сорта сои характеризуются резко различной фотопериодической реакцией. Такие же различия установлены и у пшеницы, являющейся растением длинного дня, причем удалось выяснить, что фотопериодическая реакция у различных сортов пшениц связана с географическим происхождением этих сортов. Как показали исследования А. В. Дорошенко и В. И. Разумова (1925), сорта пшеницы северных районов сильно удлиняют вегетационный период при выращивании их в условиях короткого дня, а индийские пшеницы слабо реагируют на сокращение дня.

Значительный интерес представляют явления локализации фотопериодической реакции. Соответствующими опытами установлено, что если одни ветви одного и того же растения подвергать действию длинного светового дня, а другие затенять, то можно наблюдать, что каждая из этих ветвей воспринимает фотопериодические воздействия независимо от других и что это восприятие строго локализовано. Такой опыт был проведен с садовой хризантемой, которая является типичным растением короткого дня. Повреждая на ранних стадиях роста точку роста, можно получить



Рис. 126. Локализация фотопериодической реакции у хризантемы.
1—растение, выращиваемое при коротком, 10-часовом, дне, 2—растение, левый побег которого рос при укороченном дне, а правый—при длинном дне, 3—при длинном дне.

два и больше одинаковых побегов. Подвергая один побег действию короткого дня, а другой воздействию длинного дня, можно обнаружить, что время цветения их резко изменяется: побег короткого дня зацветает, а длинного дня остается в состоянии вегетативного роста (рис. 126).

Подобные же опыты над дурнишником (*Xanthium pensilvanicum*) дали другие результаты. При воздействии на одну ветвь с листьями коротким световым циклом зацветает как эта ветвь, так и другая, хотя на нее действует иной световой цикл. Если же действовать затенением на ветвь без листьев, то это воздействие не вызывает ускорения зацветания. Световое воздействие на одно растение может оказывать соответствующее влияние на другое растение, не подвергавшееся такому воздействию, через прививку сближенным.

Из этих опытов вытекает, что воздействие воспринимается листьями и передается в точки роста.



РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ РАЗМНОЖЕНИЯ

Размножение есть основное свойство живых организмов. Опыт повседневной жизни учит нас, что способы размножения растений весьма разнообразны. Все способы размножения растений можно свести к двум основным группам: 1) половому размножению и 2) бесполому размножению. В пределах бесполого размножения различают еще собственно бесполое размножение и вегетативное размножение.

Сущность полового размножения состоит в том, что новый организм зарождается лишь при соединении физиологически различных мужской и женской половых клеток (гамет) в единое целое (зиготу). Мужская и женская гаметы могут образовываться на разных растениях или на одном и том же. В результате слияния мужской и женской гаметы получается единая клетка, из которой развивается новый организм. Так как при половом размножении образуется совершенно новый организм, с новыми качествами и свойствами, обусловленными обоими гаметами, то этот тип размножения называют **п о л о в ы м в о с п р о и з в е д е н и е м**.

Бесполое размножение характеризуется тем, что новый организм развивается из одной или нескольких клеток материнского организма. Бесполое размножение подразделяют на два типа: собственно бесполое размножение при помощи спор и вегетативное размножение. Сущность вегетативного размножения состоит в том, что развитие новых растений осуществляется из различных вегетативных органов: побегов, луковиц, клубней, корневищ, корней и пр. В конечном итоге вегетативное размножение состоит в отделении от материнского растения некоторой части его, которая развивается в самостоятельную особь. При вегетативном размножении развивающаяся дочернее растение может сначала оставаться в связи с материнским растением и обособляться от него лишь позднее. В хозяйственной практике широко распространено искусственное вегетативное размножение с отделением от растений отдельных частей последнего, которые способны к дальнейшему самостоятельному развитию.

При бесполом размножении на растении или внутри его образуются специальные клетки или небольшие группы клеток, носящие общее название спор (от греч. спора — сеяние, посев), которые отделяются от материнского растения и разносятся водой, ветром, животными и, попав в благоприятные условия, развиваются в самостоятельные новые растения. У некоторых растений (водорослей, грибов), размножающихся в воде, образуются подвижные з о о с п о р ы, способные к самостоятельному движению благодаря наличию выростов цитоплазмы — жгутиков.

У большинства растений споры образуются на определенной стадии индивидуального развития организма.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

Вегетативное размножение растений основывается на способности растения восстанавливать весь организм из какой-либо части его, например отрезка побега, корня, листа и пр. Эта способность растения восстанавливать целое растение из части известна под названием *регенерации* (от лат. регенерацио — возрождение, обновление), или *реестигуции*. Среди животных способность регенерации сильно выражена у тех групп, которые стоят ниже в эволюционном ряду.

У низших групп растений, имеющих меньшую дифференциацию клеток, способность регенерировать выражена чрезвычайно сильно. Вегетативное размножение у одноклеточных растительных организмов осуществляется путем простого деления материнской клетки на две дочерние и последующего *увеличения последних* до размеров материнской. Многоклеточные водоросли, грибы, лишайники размножаются вегетативно путем отделения от их тела отдельных участков, которые развиваются в новые растения. У многих мхов почти любые клетки их тела способны образовать новое растение. У папоротников, хвощей вегетативное размножение проявляется в том, что происходит отмирание старых участков подземных корневищ и обособление молодых с развившимися из них надземными побегами.

Среди семенных растений почти все многолетние травянистые и многие древесные растения способны к вегетативному размножению. Сравнительно у немногих семенных растений вегетативное размножение происходит путем отделения от материнского растения *побегов*, развивающихся в новую особь. Более распространенным типом естественного вегетативного размножения у этих групп растений является размножение при помощи метаморфизированных (видоизмененных) специализированных вегетативных органов растений: корневищ, надземных ползучих и укореняющихся побегов (плетей, усов, столонов), луковиц, придаточных почек на корнях и пр.

Размножение корневищами

Корневищами размножаются многие многолетние травянистые растения. Хотя корневища по своему внешнему виду сходны с корнями, морфологически они являются стеблями, снабженными питательными веществами. На корневищах возникают чешуйчатые листья, в пазухах которых развиваются почки.

Корневищами размножаются многие многолетние травянистые культурные и дикие растения, как бабан, бамбук, сахарный тростник, ирис, ревень, ландыш, мята, спаржа и др.

Разрастаясь во все стороны, длиннокорневищные травы быстро заселяют большие площади. По мере сгнивания старых корневищ новые побеги становятся вполне самостоятельными растениями. Быстрота размножения корневищных растений зависит от быстроты роста корневищ. Ежегодный прирост корневищ у разных растений неодинаков. Так, например, длина ежегодного прироста корневищ у тысячелистника, полевого хвоща и др. достигает 10—15 см, пырея ползучего — 25—30 см, сахаринской гречихи — 150—300 см.

Некоторые корневищные растения с большой энергией роста корневищ представляют интерес для закрепления песков и оврагов. Сорные

полевые растения, размножающиеся при помощи корневищ, чрезвычайно трудно уничтожаются обычными агротехническими приемами и являются большим злом культурных полей.

Размножение клубнями

Различают клубни стеблевого происхождения и корневого; первые представляют собой видоизмененные побеги, а вторые — клубневидные корни. Примером стеблевого клубня является картофель, а примером корневого клубня — георгина (*Dahlia*). Морфологическим различием между стеблевыми клубнями и корневыми клубнями определяется и разница



Рис. 127. Образование клубней на надземных частях картофеля.

в способе размножения. В то время как клубни картофеля и даже части их при наличии глазков легко развивают стебель и корень, клубни георгина могут дать начало новому растению только в том случае, когда на клубне имеется часть прикорневой шейки с почкой. Без почек клубни георгина, посаженные в землю, образуют корневую систему, но не дают стебля, и, в конце концов, по истощении запасов материнского клубня погибают.

В свою очередь стеблевые клубни по их физиологическим особенностям делятся на две группы: одну группу составляют клубни, являющиеся постоянными образованиями, способные продолжительное время жить и развиваться (у бегонии, цикламена и др.); клубни другой группы обладают ограниченной продолжительностью жизни и отмирают обычно после развития из них растения (у картофеля, земляной груши и др.).

Обычно клубни образуются на подземных побегах, однако искусственно можно вызвать образование клубней и на надземных органах. Особенно легко это удастся у некоторых сортов картофеля. Для этого картофель выращивают из черенков и следят за тем, чтобы в почве не было почек, способных образовывать столоны (рис. 127). Для опытов с образованием надземных клубней выбирают побег с длинными междоузлиями, перере-



Рис. 128. Надземные луковичи (бз) у луковичной зубянки (*Dentaria bulbifera*), развившиеся в пазухах листьев вместо обыкновенных почек.

закот его над узлом и помещают в почву; при благоприятных условиях у поверхности среза появляются придаточные корни. Вырабатываемые листьями на свету ассимиляты остаются в надземных частях и откладываются в пазушных почках надземных частей растений.

Размножение луковичами

Луковица морфологически представляет собой также метаморфоз стебля, у которого происходит сильное разрастание листьев. Луковичами размножаются многие травянистые однодольные растения из семейств лилейных и амариллисовых (лук, тюльпаны, лилии, чеснок, нарцисс и др.).

Кроме подземных, бывают также и надземные луковичи, развивающиеся у некоторых растений вместо обыкновенных почек (рис. 128). Вследствие малых размеров надземных лукович их обычно называют луковичками. Надземные луковички встречаются у некоторых лилий (*Lilium bulbiferum*, *L. tigrinum*, *L. sulfureum*), зубянки (*Dentaria bulbifera*), мятлики (*Poa bulbosa*), гречихи (*Polygonum viviparum*) и др. У лилий луковички развиваются в пазухах листьев на побегах, а у видов лука — на цветоножках в соцветиях.

Такие растения иногда называют ж и в о р о д я щ и м и. Это название произошло оттого, что раньше эти растения считали за проростки семян, которые якобы прорастают на материнском растении. На самом деле эти побеги являются вегетативными образованиями. Распространены такие растения главным образом в полярных и высокогорных местностях, а также в степных районах с коротким периодом вегетации, где вследствие краткости вегетационного периода семена не могут вызреть, и у растений в процессе эволюции возник этот оригинальный и своеобразный способ размножения.

Многие растения, у которых развиваются луковичи, или совершенно не образуют семян, или эта способность у них крайне подавлена. Это объясняется тем, что у этих растений семязпочка не является центром, куда притекают пластические вещества в большом количестве, так как последние направляются к луковичам и луковичкам как органам бесполого размножения. Если же искусственными приемами удастся изменить направление потока пластических веществ и направить последние не к луковичам, а соцветиям, то удастся получить семена и у тех растений, которые в обычных условиях их не дают. Таким приемом может быть срезание стебля и выращивание его на питательной смеси в водной среде. В частности, есть указание, что если срезать стебель *Lilium candidum* и *Lachenalia luteola* непосредственно над луковичей и поставить его в воду, то можно получить семена этих растений. Последнее можно объяснить тем, что у срезанного стебля пластические вещества остаются в нем и могут быть использованы для образования семян, в то время как у целого растения с наступлением периода покоя питательные вещества оттекают вниз и откладываются в луковичах.

Методы размножения луковицами очень простые. Обычно посадку производят луковицами, которые развиваются в новые растения, образующие к концу вегетации новые луковицы.

У большей части луковичных растений образуются естественные луковицы — детки. Такие естественно развившиеся луковицы берутся для размножения. Обычно при выращивании в грунте тюльпанов около материнских луковиц образуется около 4—5 штук молодых луковиц различной величины. Их после уборки отбирают и сохраняют отдельно до посадки. При высадке в грунт эти луковицы дают растения, которые зацветают в зависимости от величины через 1—2 года после посадки.

Кроме тюльпанов (*Tulipa*), таким способом размножают нарциссы (*Narcissus*), крокусы (*Crocus*), амариллисы (*Amaryllis*), гладиолусы (*Gladiolus*), туберозы (*Polyanthes tuberosa*) и др.

Размножение усами, или плетями

Усами, или плетями, называются ползучие побеги, имеющие длинные междоузлия и низовые листья. Такие надземные ползучие побеги являются переходными формами от типичных вертикальных стеблей к корневищам. Стелясь по поверхности земли, в узлах они образуют придаточные корни, при помощи которых укореняются. После этого начинает развиваться стеблевая почка, вырастающая в вертикальный, облиственный побег, являющийся по существу новым растением. Междоузлия ползучих побегов отмирают, и новые растения теряют связь с материнским растением.

Наиболее типичными растениями, размножающимися при помощи надземных стелющихся побегов, являются земляника (*Fragaria*), барвинок (*Vinca sempervivum*), ястребинка (*Hieracium pilosella*), малина, ежевика, лютик ползучий (*Ranunculus repens*), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*) и др.

Скорость размножения при помощи усов зависит от быстроты роста этих образований и числа узлов на них. Обычно длина годовичного прироста каждой плети у разных растений колеблется от 5 до 150 см и выше. Из одного растения земляники через 2 года может образоваться около 200 растений, которые займут довольно значительную площадь.

Способы размножения растений усами, или плетями, весьма просты. Обычно усы материнского растения направляются на свободные места в разные стороны и узлами плотно прижимаются к почве. Из узлов развиваются придаточные корни.

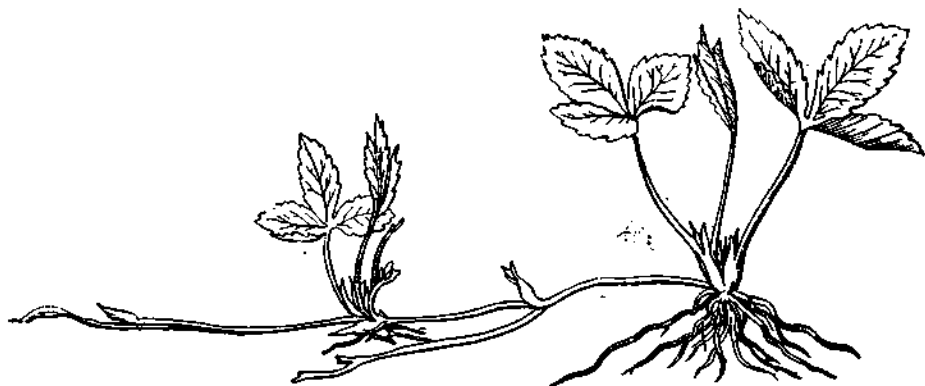


Рис. 129. Размножение земляники усами.

После укоренения усы могут быть отделены от материнского куста и пересажены на новые постоянные места (рис. 129). Так именно и размножают многие культурные растения этой группы.

Другие способы естественного вегетативного размножения растений

У некоторых растений водных местообитаний, главным образом плавающих, под осень образуются на верхушках стеблей или на боковых побегах особые зимующие почки, которые наполняются крахмалом и опускаются на дно водоема или вместе с материнским растением, или отделившись от него. Такие почки служат для вегетативного размножения и для перезимовки. Весной после сгнивания остатков материнского растения они всплывают наверх при помощи воздухоносных полостей и развиваются в новые растения. Так осуществляется перезимовка и вегетативное размножение у пузырчатки, телореа, лягушатника и др.

ИСКУССТВЕННОЕ ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

Искусственное вегетативное размножение растений целиком основывается на естественных приспособлениях растений к этому способу размножения. Условно его называют искусственным потому, что в природе оно не имеет места, так как связано с хирургическим отделением от материнского растения частей его, применяемых для размножения. Размножение разводимых растений клубнями или луковичками-детками занимает промежуточное положение между естественным и искусственным размножением, так как при нем используются естественные образования самого растения без особого хирургического вмешательства самого человека. В хозяйственной практике и в научных целях к искусственному вегетативному размножению прибегают в тех случаях, когда растения в данных условиях не образуют семян в достаточном количестве или при размножении семенами теряются свойства ценного сорта, что обычно бывает у гибридов, а также если нужно быстрее размножить ценное растение или ценный сорт.

Имеется несколько способов искусственного вегетативного размножения. Среди этих способов главнейшими являются размножение делением кустов, размножение отпрысками, размножение отводками, размножение черенками и размножение прививкой, или трансплантацией.

Размножение делением кустов

Этот способ состоит в том, что куст материнского растения делится на отдельные части, содержащие стебель и корни, и каждая такая часть пересаживается на отдельный участок. Пересаженная на новое место часть куста разрастается там в мощное растение и может быть дополнительно разделена. Таким делением достигается получение от одного растения большого количества семян. Последнее имеет большое значение при размножении ценных гибридных растений и ценных элитных растений на первых стадиях селекционного процесса. Этот способ размножения можно применять у многолетних и даже у однолетних травянистых растений: примулы, маргаритки, рудебекии, шавелия, ревения, озимой и яровой пшеницы, ржи и многих других растений.

Размножение отпрысками

Этот способ основывается на способности многих растений образовывать на своих корнях придаточные почки, а на стеблях — придаточные

корни. Он близко стоит к способу деления кустов, но только при нем отделение частей от материнского растения не сопровождается выкапыванием его из земли, а производится без существенного нарушения целостности самого материнского растения. Размножение отпрысками применяется у различных кустарников и деревьев, у которых образуются из придаточных почек на корнях корневые отпрыски, корневая поросль. Эту поросль, развивающуюся вокруг материнских растений, выкапывают и пересаживают на новые места. Так размножают малину, ежевику, вишню, сливу, черемуху, облепиху и многие другие растения. Стеблевыми отпрысками (усами) размножают землянику. У этих растений отделяют и пересаживают на новые места части материнского растения, образовавшие придаточные корни из ползучих частей стебля.

Размножение отводками

Существенной особенностью вегетативного размножения отводками является то, что отводки подвергают различным внешним воздействиям с целью их укоренения еще до отделения от материнского растения.

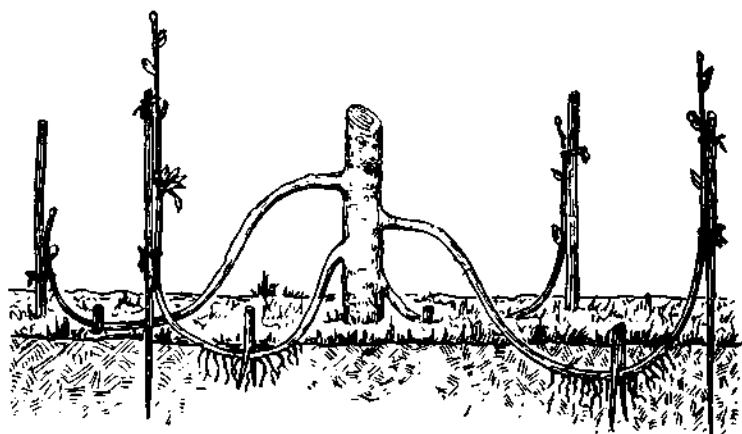


Рис. 130. Размножение отводками, пригнутыми к земле.

Обычно ветви растения пригибают дугообразно к земле и присыпают их влажной землей с таким расчетом, чтобы верхушка побега все время оставалась над землей. Через некоторое время под влиянием притенения землей и почвенной влаги на том участке ветви, которая присыпана землей, развиваются придаточные корни. После образования корней отводок можно отделить от материнского растения и пересадить на другое место (рис. 130). Сильно содействует образованию придаточных корней у отводков кольцевая надрезка коры на отводимой ветви; вырезки задерживают отток ассимилятов от отводимой ветви.

Размножение черенками

Черенками называются любые части растений, отрезаемые от них и используемые для вегетативного размножения; черенками могут быть части стебля, корней или листьев.

При этом способе вегетативного размножения образование недостающих органов происходит после отделения части стебля, корня или листа от материнского растения. В случае размножения отводками и отпрысками все органы развиваются до отделения от материнского растения.

При вегетативном размножении растений частями стебля, корня или листьями восстанавливается полностью целое растение с собственными корнями. Этим размножение черенками существенно отличается от размножения растений прививкой и окулировкой; при прививке размножаемое растение пользуется корнями другого растения. В практике очень часто более желательно иметь корнесобственные и вегетативно размноженные растения, чем полученные при помощи прививок, так как при прививках всегда может сказываться физиологическое влияние чужого подвоя.

Размножение растений прививкой, или трансплантацией

Прививкой, или трансплантацией (от лат. транс — на другую сторону, планта — растение), называют пересадку части одного живого растения на другое с последующим срастанием обоих компонентов. Пере-

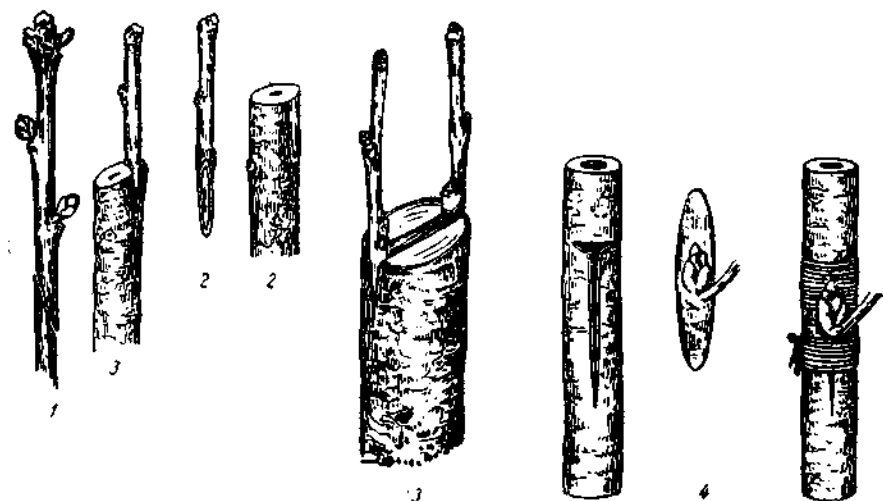


Рис. 131. Различные способы прививки.

1—обыкновенная копулировка; 2—прививка в прикладку; 3—в расщеп; 4—окулировка.

саживаемое растение называют п р и в о е м, а то, на которое пересаживают (прививают) — п о д в о е м. Отличительным свойством размножения прививкой является то, что привой не образует собственных корней, а получает воду и минеральные неорганические соли за счет избирательной способности корней подвоя; подвой же не имеет своего ассимиляционного аппарата и живет за счет синтеза органических веществ ассимиляционным аппаратом привоя.

Размножение прививкой применяется главным образом у плодовых деревьев, которые с трудом дают придаточные корни и не могут размножаться черенками и отводками и которые, будучи сложными гибридами, при размножении семенами расщепляются и не воспроизводят сортовых особенностей материнского растения. Кроме того, взаимное влияние подвоя и привоя обуславливает ряд других положительных особенностей.

Метод размножения растений прививкой был давно опенен практикой, и история его применения насчитывает несколько тысячелетий. Практика выработала большое число самых разнообразных способов прививки. Наиболее распространенными способами прививки являются прививка обливанием, прививка копулировкой, прививка в расщеп, прививка между древесиной и корой, прививка окулировкой и пр. (рис. 131).

Для успешного срастания прививочных компонентов необходимым условием является совпадение камбиев подвоя и привоя. Обычно после прививки между подвоем и привоем вначале образуется прослойка желто-бурого цвета из отмерших при поранении тканей. Впоследствии эта прослойка постепенно разрушается путем рассасывания и путем прорывов ее новообразующимися паренхимными клетками того и другого компонента, которые вырастают друг в друга и смыкаются (рис. 132). Основная роль в образовании дающих сращение клеток принадлежит камбию. Несколько позже происходит соединение проводящих тканей подвоя и привоя особыми проводящими тяжами, возникающими или из паренхимных клеток, или из вновь образующегося камбия.

Имеется значительное количество примеров влияния подвоя на привой в направлении изменения мощности развития, урожайности, смещения сроков цветения и плодоношения, изменения качества плодов, зимостойкости и пр. Так, например, сильно растущие формы, привитые на слабо растущие с плохо развитой корневой системой (груша на айве, обыкновенная яблоня на райской яблоне или парадизке, вишня и черешня на степной вишне и т. д.), получают менее рослыми, менее выносливыми, недолговечными, рано плодоносящими и часто с более сладкими плодами. Меньший рост привоев объясняется недостаточным корневым питанием от слабой корневой системы подвоя. Более раннее плодоношение и большая сахаристость плодов может быть обусловлена более быстрым и значительным накоплением органических веществ листьями, не потребленными менее развитой корневой системой подвоя и др.

При надлежащем выборе подвоя можно повышать морозостойкость привоя. В частности, это обнаружено при прививке обыкновенных сортов яблонь на морозостойкую сибирскую яблоню, мандаринов на трехлистковый померанец (*Citrus trifoliata*), дынь на тыквы, вишни на другие виды того же рода и т. п. При некоторых из этих прививок увеличивается не только морозостойкость корней, но и побегов.

Есть также много примеров влияния привоя на подвой. При прививке табака на картофель в клубнях последнего накапливается некоторое количество алкалоидов, свойственных табаку. Поздно зацветающие и поздно плодоносящие растения ускоряют цветение и плодоношение при прививке к ним ветки с цветочными почками, взятой с хорошо цветущего плодоносящего экземпляра.

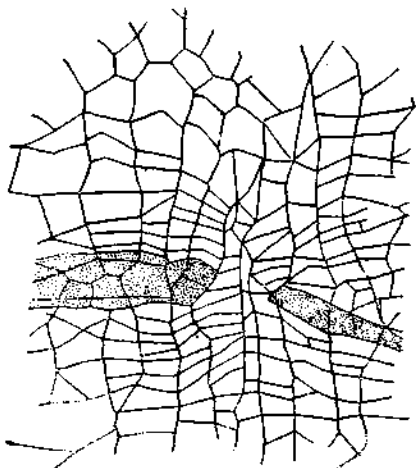


Рис. 132. Срастание подвоя с привоем.

Темный слой — прослойка из отмерших тканей; посередине ее — прорыв прослойки и врастание тканей нижнего компонента в верхний.

ПОНЯТИЕ О ХИМЕРАХ

Иногда при прививках возникают такие типы растений, которые состоят из тканей обоих компонентов — привоя и подвоя. Подобные растения, состоящие из наследственно разнородных тканей, называются

химерам (химерами в древнегреческой мифологии называли такие чудовища, которые рисовались с головой льва, туловищем козы и задней частью тела дракона).

Химеры по расположению тканей одного и другого компонента делят на: 1) секториальные, 2) периклиналильные и 3) мериклиналильные. По происхождению химеры бывают естественные и искусственные (рис. 133).

Секториальными химерами называются такие химеры, которые состоят по всей глубине своего стебля из тканей различных видов. Примером секториальных химер может служить химера между томатом и пасленом, у которой с одной стороны образуются листья паслена, а с другой — листья томата.

Периклиналильная химера отличается расположением тканей разных видов. Обычно в периклиналильной химере внутренние слои тканей принадлежат одному виду растений, а 1—2 наружных — другому виду. В зависимости от числа наружных слоев периклиналильные химеры делят на монохламидные (при одном слое) и дихламидные (при двух слоях).

Мериклиналильные химеры по внешнему виду напоминают секториальные, однако они отличаются тем, что в них участок с иным наружным слоем занимает небольшой сектор тела растения.

Таким образом, мериклиналильные химеры — это неполные (не занимающие всю поверхность растения) периклиналильные химеры. Это буквально промежуточный тип химер между секториальными и периклиналильными.

К естественным химерам относят такие растительные химеры, которые возникают без особых искусственных воздействий

человека: они получаются в результате изменений части клеток какой-либо почки, дающей начало новому побегу. Примером естественных химер может служить белокрайняя форма пеларгонии (*Pelargonium zonale*) и многие другие пестролистные растения (*Arabis albida*, *Mesembryanthemum cardifolium*, *Glechoma hederacea* и др.). Встречающиеся в природе пестролистные формы перечисленных растений обычно рассматриваются как периклиналильные химеры.

Весьма интересное явление наблюдается при размножении черенками некоторых садовых бувардий (*Bouvardia*) и пеларгоний (*Pelargonium*). Корневые черенки белоцветных форм бувардий дают растения с красными цветами, а черенки из надземных частей — растения с белыми цветами. Сходное явление наблюдается и при размножении некоторых садовых сортов пеларгоний. Это объясняется тем, что данные формы бувардий и пеларгоний представляют собой периклиналильные химеры.

Химерные растения имеются и в других семействах. В частности, у отдельных сортов мягких пшениц (*Triticum vulgare*) встречаются химеры, которые называют спельтоидами в связи со сходством их колоса с колосом другого вида пшеницы (*Tr. spelta*). На некоторых колосках пшеницы колосковые и цветочные чешуи по форме и размеру с одной стороны колоса напоминают *Tr. vulgare*, а с другой — *Tr. spelta*. При посеве семян из обыкновенной части колоса и спельтоидной потомство

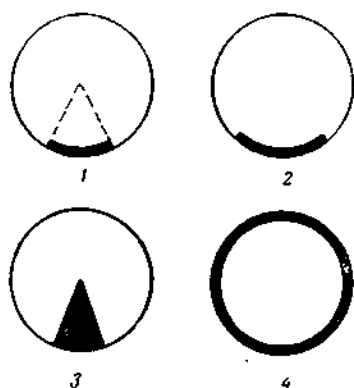


Рис. 133. Схема поперечного разреза химер различных типов.

1 — мериклиналильной; 2 — секториальной; 3 — периклиналильной.

оказалось *Tg. vulgare*. Такой результат позволяет сделать вывод, что *Tg. vulgare* принадлежит вся внутренняя часть колоса и часть ее поверхности, а спелтонду — лишь верхний слой с одной стороны колоса. Удалось найти также и такой тип химер, которые в небольшом числе давали измененные формы и при семенном размножении в цифровом отношении 5 : 1. Очень часто у сложных гибридов пшениц встречаются и другие типы химер: одна сторона колоса может быть опущена, а вторая не иметь опущения. Все химерные формы возникают в результате изменения части клеток в конусе нарастания колоса или другой части побега.

Искусственные химеры обычно получают в результате прививок. Первые химеры были получены при прививках в садоводстве случайно. Наиболее известной и распространенной искусственной химерой является ракитник Адама (*Cytisus Adami*, или *Laburnum Adami*), который был получен в 1825 г. в окрестностях Парижа садовником Адамом при прививке черенка пурпурового ракитника (*Cytisus purpureus*) на ствол обыкновенного желтоцветного ракитника (*Cytisus laburnum*). Из каллюса места срастания появился побег, который имел промежуточные листья и цветы между обоими видами. При размножении черенками химера сохраняла свою промежуточную форму между обоими прививочными компонентами и иногда давала отдельные ветки как чисто пурпурового, так и чисто желтого ракитника. Если же с химеры черенковали ветку с чисто желтыми или чисто пурпуровыми цветами, то получались не химеры, а чистые формы ракитника. При размножении химерного ракитника Адама семенами, которые появляются крайне редко и в небольшом количестве, из них получается не химерное растение, а какой-нибудь один вид ракитника.

Кроме этой химеры, описан ряд химерных растений у других видов: между померанцем (*Citrus bigaradia*) и цедратом (*C. media*), названная биззария (*Bizzaria orange*), между окрашенной розой (*Rosa devoniensis*) и белой розой (*Banksiac*), объединяющей в себе признаки исходных компонентов, между мушмулой (*Mespilus germanica*) и боярышником (*Crataegus monogyna*) и др. Наиболее хорошо известными формами являются *Crataegomespilus asnieresii*, *Crataegomespilus dardari*. Эти формы состоят из внутренней части, принадлежащей боярышнику (*Crataegus germanica*), окруженной тканями *Mespilus germanica*. Полагают, что *Crataegomespilus asnieresii* — является монохламидной периклиальной химерой, а *C. dardari* — дихламидной.

Известно также несколько химер между томатом (*Solanum lycopersicum*) и черным пасленом (*S. nigrum*). Подобные химеры можно получать и искусственно, для чего рекомендуется в одном горшке выращивать два растения: одно томата и одно паслена. Когда растения образуют 6—7 листьев, их верхушки срезают выше четвертого листа. Затем верхушку томата прививают к паслену, а верхушку паслена — к томату. Применяют прививку клином. Место прививки плотно обматывают шерстяной ниткой. Когда произойдет прочное срастание, привой отрезают поперечным срезом посредине места прививки с таким расчетом, чтобы на подвое осталась вставка нижнего конца клина привоя. Срезанная прививка, оставшаяся на корню, ставится в светлое теплое и влажное помещение. Через 15—20 дней на срезе образуется каллюс. В образовавшемся каллюсе закладываются придаточные почки, развивающиеся затем в побеги. Среди этих побегов могут появиться и химерные побеги, соединяющие ткани обоих прививочных компонентов. Их следует выделить и получить целое растение, которое дальше может быть размножено вегетативным путем.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ

Биологическая особенность вегетативного размножения состоит в получении целого растения из его части. При этом способе размножения потомство сохраняет все особенности и свойства материнского организма. Эта особенность и определяет громадное значение вегетативного размножения в практике различных отраслей растениеводства.

Способность многих растений размножаться вегетативно сильно упрощает работу селекционеров, так как позволяет получать совершенно однородный материал в нужных количествах. Даже в тех случаях, когда способность растения размножаться вегетативно не может быть широко использована в больших масштабах в практике, уже частичное использование этой особенности растений играет важную роль. В частности, это имеет место в тех случаях, когда необходимо получить большое число однородных растений какого-либо поколения, чаще всего первого.

БЕСПОЛОЕ И ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

У некоторых групп низших растений — бактерий, водорослей, многих так называемых несовершенных грибов, некоторых лишайников — размножение происходит делением клеток или нитей или спорами, образующимися бесполом путем. В остальных группах растений наряду с бесполом размножением существует и половое размножение, совершающееся более сложным способом.

Хотя известно большое число видов растений, которые размножаются почти исключительно бесполом путем, тем не менее у большинства высших растений имеется и половое размножение. Это дает основание предполагать какие-то существенные преимущества полового размножения перед бесполом. Как видно из предыдущего, при вегетативном (или бесполом) размножении новое растение наследует полностью все свойства материнского растения, в том числе и наступающие возрастные изменения. При этом способе размножения растение не получает никаких новых свойств и способно жить лишь в тех же границах внешних условий, в которых жило и материнское растение. При половом размножении происходит соединение отцовских и материнских свойств и потомство получается более разнообразное, с новыми сочетаниями отцовских и материнских признаков, а иногда и с совершенно новыми свойствами и признаками. Такое более разнообразное по наследственным особенностям потомство обладает и более широкой приспособляемостью к внешним условиям; отдельные потомки могут выживать в условиях, где бы их родители погибли.

Таким образом, возникновение полового способа размножения было крайне полезным для живых существ, так как это позволило им изменяться в своих основных жизненных свойствах, приспосабливаться к существованию в новых условиях среды и занимать новые районы. В этом и состоит положительное и эволюционное значение полового размножения. Виды, размножающиеся половым путем, явились победителями, заняли большие ареалы и поднялись в эволюционном развитии на более высокую ступень.

ЧЕРЕДОВАНИЕ БЕСПОЛОГО И ПОЛОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ

Половое размножение осуществляется слиянием (копуляцией) двух половых клеток, гамет. Получающаяся в результате копуляции зигота у многих водорослей и низших грибов одевается толстой оболочкой и пре-

вращается в так называемую покоящуюся спору, которая лишь после некоторого периода покоя прорастает и дает новое растение. У большинства же растений зигота немедленно начинает делиться и образует новое растение или его зародыши; у семенных растений зародыш несколько задерживается в развитии.

У многих видов растений возникшие новые потомки способны размножаться вегетативно; у других же образуются бесполом путем специальные клетки, служащие для размножения, носящие название спор бесполого размножения. Эти споры отделяются от материнского растения и прорастают в новые растения, тождественные или похожие на материнскую форму. В дальнейшем опять наступает половое размножение. При этом у одних растений имеется правильное чередование полового и бесполого размножения, а у других это зависит от внешних условий.

При слиянии половых ядер в результате полового процесса получается так называемое к о п у л я ц и о н н о е я д р о, имеющее двойной набор хромосом ($2n$) и называемое д и п л о и д н ы м; ядра гамет называются г а п л о и д н ы м и. Каждый вид растения характеризуется определенным диплоидным и вдвое меньшим гаплоидным числом хромосом. Переход от гаплоидного к диплоидному состоянию совершается в процессе оплодотворения; обратный же переход — от диплоидного к гаплоидному — в процессе редукционного деления ядра. Таким образом, в жизненном цикле каждого растения с половым воспроизведением имеет место с м е н а я д е р н ы х ф а з — гаплоидной и диплоидной. Растение с гаплоидным числом хромосом называют г а п л о н т о м, с диплоидным — д и п л о н т о м. У многих водорослей и грибов в цикле развития доминирует гаплонт. Так, например, у большинства зеленых водорослей диплоидна только зигота; первое же деление ядра водоросли в начале прорастания редукционное, поэтому вновь развивающаяся водоросль является гаплоидной. Полное доминирование диплонта имеет место у бурных фукусовых водорослей, у которых вся водоросль диплоидна; в процессе редукционного деления происходит образование гаплоидной фазы гамет, при слиянии которых опять восстанавливается диплоидная фаза.

В отличие от указанных случаев полного доминирования одной какой-либо фазы является цикл развития многих красных, некоторых бурых и немногих зеленых водорослей, у которых в гаплоидной фазе водоросль размножается половым путем, образуя гаметы, при слиянии которых получается зигота. Зигота при прорастании образует новую водоросль с диплоидным числом хромосом, часто вполне похожую на гаплонта, а иногда резко отличающуюся от него. Эта диплоидная форма размножается бесполом путем — спорами, при образовании которых происходит редукционное деление. Из этих спор развивается гаплоидная водоросль, образующая гаметы полового размножения. Возникшая в результате слияния двух гамет зигота вновь дает диплоидную водоросль, размножающуюся бесполом путем, и т. п. В данном случае имеет место не только смена гаплоидной и диплоидной фаз, но и соответствующее им чередование поколений — полового и бесполого, ведущих самостоятельный образ жизни и размножающихся половым или бесполом способом. Половое поколение называют г а м е т о ф и т о м (от греч. гаметеон — вступающий в брак, фитон — растение), бесполое — с п о р о ф и т о м (от греч. спора — посев, семя).

У высших растений со сменой ядерных фаз совпадает смена генераций (чередование поколений); у этих групп растений одно какое-либо поколение доминирует в цикле развития, а другое развито слабее. Так,

у мхов доминирует гаметофит, а спорофит в виде коробочки со спорами живет на гаметофите. У папоротников доминирует спорофит — сам папоротник, размножающийся спорами, а гаметофит представлен маленькой, но живой самостоятельно зеленой пластинкой — так называемым заростком. У семенных растений доминирует тоже спорофит — все растение, а гаметофит очень редуцирован и живет на спорофите.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ СЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Характерной особенностью семенных растений является то, что макроспоры, образующиеся в макроспорангиях по одной, остаются вместе с ними на материнском растении; на нем же происходит прорастание макроспор, развитие женского гаметофита, оплодотворение мужскими гаметами, развившимися в прорастающей микроспоре. После оплодотворения начинается развитие из зиготы нового растения — спорофита; в отличие от папоротников сохранившийся и видоизмененный макроспорангий превращается в семя, содержащее зародыш и запасы питательных веществ для его дальнейшего развития. Семя, отделившись от материнского растения, прорастает и дает новое растение. Для распространения служат не споры, а семена; бесполого размножения у семенных растений нет. Чередование поколений выражено неявно и выявляется лишь путем морфологического и цитологического анализа.

Спорофиллы семенных растений, сгруппированные на концах побегов и у большинства окруженные еще метаморфизированными верхушечными листьями, образуют вместе с ними **ц в е т о к**, который является укороченным побегом; листья его видоизменены в связи с половым размножением, происходящим здесь же в цветке. Спорофиллы дифференцируются на микроспорофиллы, производящие микроспоры, и макроспорофиллы, производящие макроспоры. Вследствие ступенчатости чередования поколений и сильной редукции гаметофитов, не ведущих самостоятельного образа жизни, получается впечатление, что половым путем размножается само растение — спорофит. Поэтому часто употребляют неточное выражение, называя цветок органом полового размножения растений, микроспорофиллы — мужскими половыми органами, а макроспорофиллы — женскими. С точки зрения гомологизации отдельных частей цветка это является неправильным.

Семейные растения делятся на голосемянные и покрытосемянные. У голосемянных семяпочки (макроспорангии) и впоследствии семена помещаются открыто на макроспорофиллах (с отклонением у можжевельника, тиса и др.); цветок у большинства голосемянных не имеет околоцветника. У покрытосемянных макроспорофилл заворачивается и срастается своими краями, образуя **п е с т и к**, в нижней части которого — завязи — находится одна или несколько семяпочек (макроспорангиев). Семяпочки после оплодотворения превращаются в семена, окруженные со всех сторон разросшейся нижней частью макроспорофилла — завязью, образующей плод.

Половое размножение покрытосемянных растений

Одной из характерных особенностей покрытосемянных (*Angiospermae*) растений является присутствие у них особого органа — **пестика**, отчего их иногда называют **пестичными** (*Gynoeciales*). Пестик представляет собой завернутые и сросшиеся краями макроспорофиллы (плодолистики). В нижней более вздутой и полый части пестика находится один или несколько макроспорангиев (семяпочек). Из пестика после оплодо-

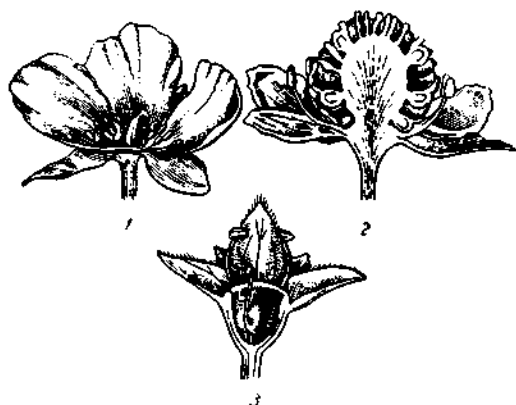


Рис. 134. Цветоложе.

1—плоское у пиона; 2—выпуклое у лютика *Ranunculus sceleratus*; 3—вогнутое у манжетки. Все цветки в продольном разрезе.

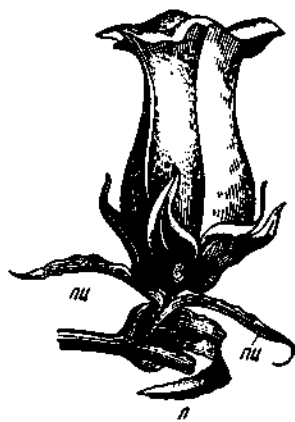


Рис. 135. Цветок колокольчика *Campanula medium* с кроющим листом (а) и прицветниками (bc).

творения развивается плод, внутри которого находятся семена, образующиеся из макроспорангиев (отсюда и название покрытосемянных). Покрытосемянные составляют наиболее многочисленный и наиболее сложно устроенный тип растительного мира, достигший наивысшей ступени эволюционного развития. Почти у всех покрытосемянных вокруг спорофиллов находятся вплотную придвинутые к ним видоизмененные верхушечные листья, образующие о к о л о ц в е т н и к и. Околоцветник вместе со спорофиллами составляет цветок, называемый обычно органом полового размножения покрытосемянных, так как последнее происходит в цветке. Цветок является настолько характерным образованием, что покрытосемянные часто называют цветковыми растениями.

Части цветка

Цветком называют укороченный побег с ограниченным ростом, листья которого видоизменены в связи с половым размножением, осуществляющимся в цветке и приводящем к образованию семян.

Цветок образуется на верхушке побегов, но не на листьях. Укороченная стеблевая часть цветка называется ц в е т о л о ж е м или т о р о м (от лат. торус — возвышение, ложе). Стеблевая часть, или цветоложе, имеет очень укороченные междоузлия, вследствие чего листья околоцветника очень сближены, причем они располагаются по спирали или по кругу.

Цветоложе бывает расширенное, плоское, иногда коническое, длинное вытянутое, а у некоторых растений вогнутое (рис. 134).

Часть стебля, находящаяся непосредственно под цветоложем, называется ц в е т о н о ж к о й; у некоторых видов цветоножка бывает не развита, и такой цветок называется сидячим (цветки в головках некоторых клеверов, в корзинках сложноцветных).

Листья, в пазухах которых находится цветок, называются к р о ю щ и м и л и прицветниками (рис. 135); у большинства растений это бывают очень простые по форме, небольшие верхушечные листья. Наличие или отсутствие прицветников бывает характерно для отдельных родов и видов.

Наиболее типичный цветок состоит из следующих частей: околоцветника, или покровов, тычинки и пестика (рис. 136).

Околоцветник играет главным образом защитную роль для других элементов цветка. Околоцветник бывает двойным и простым. Двойной околоцветник расчленен на чашечку и венчик. Чашечка состоит из небольших зеленых свободных более или менее сросшихся чашелистиков. В е н ч и к, более крупный, обычно не зеленый, а иначе окрашенный, состоит также из свободных или сросшихся лепестков. Простой

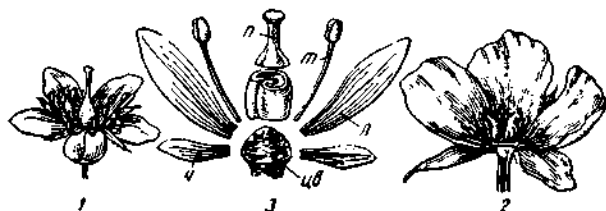


Рис. 136. Обоеполые цветки.

1—полный обоеполый цветок; 2—цветок пиона (в продольном разрезе со многими тычинками и двумя пестиками), прочие удалены; 3—отдельные части цветка (схема); цв—цветоложе, ч—чашелистики, л—лепестки, т—тычинки, п—пестик.

околоцветник весь однородный. Ярко окрашенный простой околоцветник называют в е н ч и к о в и д н ы м. Такой околоцветник имеется у тюльпанов, лилий, гиацинтов, ландыша, пролески (*Scilla*), ветреницы (*Anemone*), калужницы (*Caltha*), гречихи и др. Простой околоцветник зеленоватого цвета называют ч а ш е ч к о в и д н ы м. Этот тип околоцветника имеется у свеклы, лебеды, крапивы, конопли, ожики (*Lzula*),

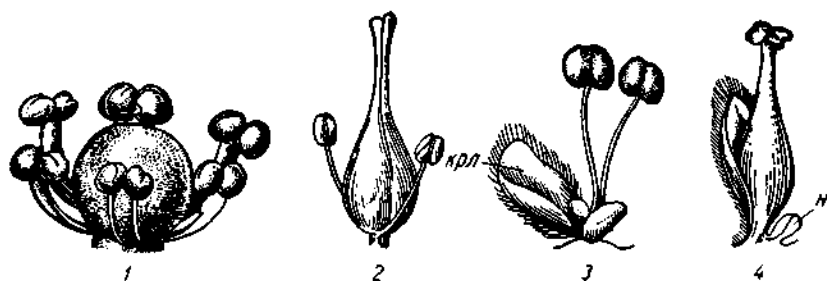


Рис. 137. Цветки без околоцветника.

1—обоеполый у белокрыльника (*Calla palustris*); 2—обоеполый у ясеня; 3 и 4—однополые у ивы; 3—тычиночный; 4—пестичный; крл—крюющий лист; н—нектарник.

щавеля и др. Цветки, не имеющие совершенно околоцветника и состоящие лишь из спорофиллов (андроцея, гинецея), называют г о л ы м и или б е с п о к р о в н ы м и (рис. 137). Такие цветки у ясеня, белокрыльника (*Calla palustris*), ивы, осок и др. Структура, а также окраска околоцветника играют важную роль в процессах опыления и оплодотворения растений. Как правило, растения с простым околоцветником опыляются ветром. Ветер одинаково колышет как окрашенные цветы, так и неокрашенные. Растения с более сложной структурой околоцветника и более яркой окраской опыляются насекомыми. Насекомые посещают лучше те цветки, которые привлекают своими красками и запахами.

Околоцветник может состоять из листочков, о б о с о б л е н н ы х друг от друга или в той или иной степени между собой с п а я н н ы х.

В зависимости от этого чашечка бывает раздельнолистная и спайнолистная, венчик — раздельнолепестный и спайнолепестный. О числе листочков, которые принимают участие в сростшейся чашечке и венчике, судят по числу зубцов на верхнем крае околоцветника или его кругов.

У лепестков различают верхнюю, обыкновенно расширенную и отогнутую часть — отгиб и нижнюю, суженную — ноготок.

Тычинки, или микроспорофиллы, образуют в своей совокупности так называемый андроцей (от греч. андрос — мужчина). Хорошо развитая тычинка состоит из нижней тонкой части — тычиночной нити и прикрепленного к вершине пыльника, в котором развиваются микроспоры, называемые пыльцой. Пыльца имеет вид порошка желтого, реже белого или фиолетового цвета. Внутри отдельных пыльников развиваются оплодотворяющие элементы — мужские половые ядра.

Пестик или пестикли образуют гинецей (от греч. гине — женщина). В пестике различают верхнюю часть — рыльце, среднюю — столбик и нижнюю, несколько вздутую — завязь. Завязь имеет одно или несколько гнезд, в которых находятся семечки. Семечко заключает внутри женскую клетку. После ее оплодотворения развивается зародыш нового растения, а сама семечка превращается в семя.

Цветки характеризуются большим разнообразием крупных и мелких наследственных признаков: окраска, форма, размеры, взаимное расположение частей и их число. В связи с тем, что цветки выполняют функцию органов размножения, они имеют огромное значение для выяснения родственных связей растений, их эволюции. Вот почему систематика покрытосемянных растений основывается главным образом на строении цветков.

Особенности строения цветков

Тычинки и пестики являются микро- и макроспорофиллами, т. е. органами спорофита, бесполого поколения. Но так как развитие гаметофитов и половой процесс осуществляются в цветке, то его называют (морфологически неправильно) органом полового размножения: тычинки — мужскими половыми органами, пестики — женскими. Это несоответствие с данными сравнительной морфологии растений объясняется тем, что функции тычинок и пестиков как «оплодотворяющих» и «оплодотворяемых» органов цветка были выяснены гораздо раньше, чем установлено понятие о чередовании поколений.

Цветки, в которых находятся и тычинки и пестики (или пестик), называют обоеполыми; цветки, имеющие только пестик или только тычинки, — однополыми. Цветки лишь с одними тычинками называют тычиночными, или мужскими, и обозначают условно значком ♂ (знак Марса); цветки, содержащие только пестик (или пестики), называют пестичными, или женскими, и обозначают значком ♀ (знак Венеры). Обоеполые цветки обозначают значком ♂. Во многих однополых цветках находятся редуцированные органы другого пола, что указывает на происхождение таких цветков из обоеполых.

Те растения, у которых на одном и том же экземпляре находятся однополые цветки, называются однополоыми, если же цветки находятся на разных растениях, — двудомными. Однодомными растениями являются кукуруза, береза, лещина, ольха, дуб, бук, многие виды осок, тыквенные и др., двудомными — конюшя, щавель съедобный, тополь, ива, осина и др. У многих растений наряду с обоеполыми цветками бывают и однополые; встречаются растения с различной комбинацией обоеполых и однополых цветков. Такие растения объединяют под

общим названием многодомных, или многобрачных, растений; к этой группе относятся ясень, некоторые виды кленов, земляника (*Fragaria elatior*), раковые шейки (*Polygonum bistorta*) и многие другие.

Махровые цветы

Махровыми цветами называются такие цветы, у которых ненормально увеличено число лепестков. Это увеличение числа лепестков получается вследствие превращения тычинок, а иногда и плодolistиков в лепестки. Примером растений с махровыми цветами являются розы, пионы, маки, лютики и др. У некоторых цветков махровость получается в результате расщепления лепестков (фуксии), расщепления тычинок и превращения их в лепестки (гвоздика), через увеличение числа кругов в простом околоцветнике (тюльпаны, лилии). У многих растений семейства сложноцветных происходит превращение срединных трубчатых цветков в язычковые (астры, георгины и др.) и получают формы с особым видом махровости целых соцветий. Растения с махровыми цветками разводят как декоративные, причем ведется тщательный отбор по сохранению и накоплению этого свойства во многих сортах декоративных растений.

Расположение частей в цветке и симметрия в нем

Листочки околоцветника, тычинки, пестики могут располагаться в цветке по спиральной линии или чередующимися кругами. Цветки, в которых его части располагаются по спирали с очень тесно сдвинутыми оборотами ее, называют ациклическими или спиральными (адонис, зимовник и др.). У некоторых растений листочки околоцветника бывают расположены кольцами (мутовками), а тычинки и пестики — по спирали; такие цветки называются гемциклическими или полукруговыми; они свойственны лютику, калужнице (*Caltha*), купальнице (*Trollius*), магнолии и др.

Большинство покрытосемянных растений имеет цветки циклические или круговые, в которых все части цветка расположены кольцами — мутовками. Весьма распространены пятикруговые и четырехкруговые цветки: в пятикруговых имеются два круга околоцветника (простого или двойного), два круга андроеца и один круг гинецея. Такие цветки характерны для лилейных, гвоздичных, гераниевых, вересковых и др. В четырехкруговых чаще всего отсутствует второй круг андроеца. Таким образом, цветки имеют по 2 круга околоцветника, по одному кругу андроеца и одному гинецея. Такие цветки свойственны касатиковым, бурачниковым, пасленовым и др. Число кругов может уменьшаться до одного. Это имеет место в голых однополых цветках. Иногда наблюдается значительное увеличение числа кругов; в таких многокруговых цветках члены каждой мутовки располагаются в промежутках между членами соседних мутовок.

У некоторых растений круги (мутовки) цветка вследствие удлинения цветоложа между кругами бывают раздвинуты. Если цветоложе удлиняется между андроецем и гинецеом и образуется длинная ножка, на которой сидит пестик, то такую ножку с пестиком называют гинофором (гине — женщина, форео — несу). Если цветоложе удлинено между околоцветником и андроецем, то тычинки и пестик сидят на ножке, называемой андрогинофором. Такие цветки бывают у каперцовых. Удлинение цветоложа может быть между чашечкой и венчиком, тогда венчик приподнимается над чашечкой, что наблюдается у лихниса (*Lichnis*), дремы (*Melandrium*), смолевки и др.

Части цветка могут сростаться друг с другом как в тангентальном направлении (члены одного круга друг с другом), так и в радиальном (члены соседних кругов). В тангентальном направлении сростаются друг с другом чаще всего чашелистики, лепестки, плодолистики. В радиальном направлении наблюдается срастание тычинок с венчиком, так что получается впечатление, что тычинки отходят от венчика; встречается также срастание тычинок с гинецеем (у орхидных), наконец, иногда сростаются все части цветка с гинецеем, что наблюдается во многих цветках с так называемой нижней завязью. Срастание членов цветка чаще всего бывает не на всем их протяжении, а только в нижней части, реже — в более высоких.

Чашечка образует наружный круг листочков двойного околоцветника. Листочки чашечки отличаются от лепестков венчика небольшими размерами и зеленой окраской, иногда только иной формой. Чаще всего верхние части чашелистиков сростнолистной чашечки на каком-то протяжении не сростаются, и по числу долей или зубчиков ее можно судить о числе чашелистиков. Нижняя, сросшаяся часть называется т р у б о ч к о й чашечки.

Если через чашечку можно провести несколько плоскостей симметрии, то такая чашечка называется правильной, или актиноморфной, если только одну, — то неправильной, или зигоморфной.

Главной функцией чашечки является защита внутренних более молодых и нежных частей цветка в состоянии бутона до его раскрытия. Чашечка у многих растений остается во время цветения и вянет вместе с венчиком. У других она остается и при плодах (яблоня, груша, айва).

У сравнительно немногих растений чашечка бывает крупная, яркоокрашенная, венчикообразная; в таких случаях она иногда замещает лепестки, на месте которого развиваются нектарники.

В е н ч и к образует внутренний круг двойного околоцветника и отличается от чашечки более крупными размерами и часто более яркой окраской. Он является наиболее заметной для глаз частью цветка. Лепестки, образующие венчик, могут быть не сросшимися, и тогда венчик называется с в о б о д н о л е п е с т ы м. Если же лепестки сростаются друг с другом, то образуется с р о с т н о л е п е с т ы й, или с п а й н о л е п е с т ы й, венчик. В раздельнолепестных венчиках у некоторых растений (гвоздика) нижняя часть лепестков суживается и довольно резко отделяется от верхней, расширенной; верхнюю называют п л а с т и н к о й, а нижнюю, узкую, — н о г о т к о м. В сростнолепестных венчиках различают сросшуюся часть лепестков — т р у б о ч к у и не сросшуюся — о т г и б; место перехода трубочки в отгиб называют з е в о м (рис. 138).

Если через венчик можно провести несколько плоскостей симметрии, то его называют п р а в и л ь н ы м, или а к т и н о м о р ф н ы м (полисимметричным, поли — много). В правильном венчике все лепестки бывают одинаковой величины и формы, а если они и различны, то правильно чередуются между собой. Правильные венчики характерны для крестоцветных, гвоздичных, первоцветных и др. Если же через венчик можно провести лишь одну плоскость симметрии, то такой венчик называют н е п р а в и л ь н ы м, или з и г о м о р ф н ы м (моносимметричным). Ле-

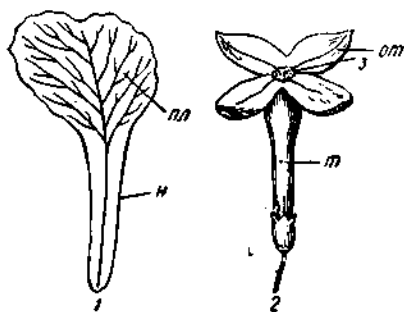


Рис. 138.

1—лепесток с ногой (н); пл—пластинка; 2—сростнолепестный венчик; т—трубочка венчика; от—отгиб; з—зев.

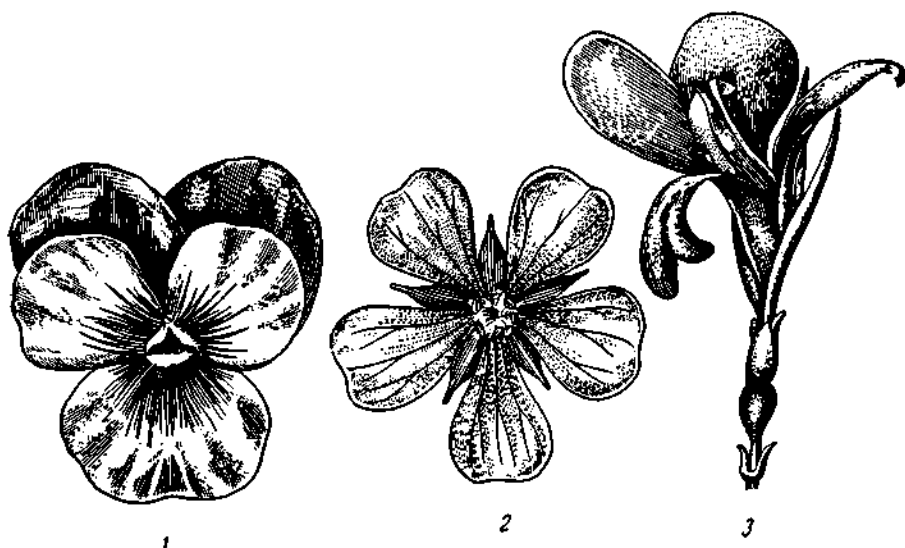


Рис. 139. Цветки.

1—зигоморфный; 2—актиноморфный; 3—асимметричный.

пестки у такого венчика бывают неодинаковы по форме и величине. Такие венчики характерны для мотыльковых, губоцветных, льнянки, львиного зева, вероники и др. Венчик, через который нельзя провести ни одной плоскости симметрии, называют асимметричными; такие венчики у валерианы, видов семейства канновых и др. Зигоморфные и асимметричные венчики развились в большинстве случаев в процессе эволюции цветка, позднее актиноморфных и являются более специализированными и лучше приспособленными к формам тела насекомых, посещающих цветки и производящих перекрестное опыление (рис. 139).

Окраска венчика чаще всего зависит от антоцианов, растворенных в клеточном соке. Белого и черного пигментов в цветках не бывает: белая окраска зависит от отсутствия каких-либо пигментов и отражения всех световых лучей, а черная окраска цветков представляет собой очень сгущенные темно-фиолетовые и темно-красные окраски.

Роль венчика в цветках заключается частично в защите более существенных частей цветка — андроея и гинецея, а главным образом в привлечении насекомых, способствующих перекрестному опылению.

Строение тычинок и развитие пыльца

В каждом цветке можно различать элементы двух родов: элементы, в которых осуществляется половой процесс и процесс размножения, и элементы, обслуживающие эти процессы. Главными элементами являются тычинки и пестики, а второстепенными — все остальные, которые разобраны выше.

Совокупность тычинок (микроспорофиллов) цветка составляет андроцей. Число тычинок в одном цветке варьирует у разных растений от одной до нескольких сотен. Тычинка состоит из тычиночной нити и сидящего на ней пыльника. У некоторых растений (фиалок, магнолий) тычиночная нить бывает очень короткая. Посредством тычиночной нити тычинка прикрепляется к цветоножке. Тычинка гомологична всему листу

(пыльцелистик). Нить тычинки соответствует слабо развитой средней жилке пластинки и прилежающим к ней участкам листа.

Пыльник чаще всего состоит из двух продольных половинок, разделенных одна от другой связником, являющимся как бы продолжением тычиночной нити.

Каждая половинка пыльника у большинства растений разделена продольной перегородкой на два гнезда, гомологичных микроспорангиям и содержащих внутри микроспоры, или пыльцу (рис. 140). Весь пыльник можно гомологизировать с частью микроспорофилла.

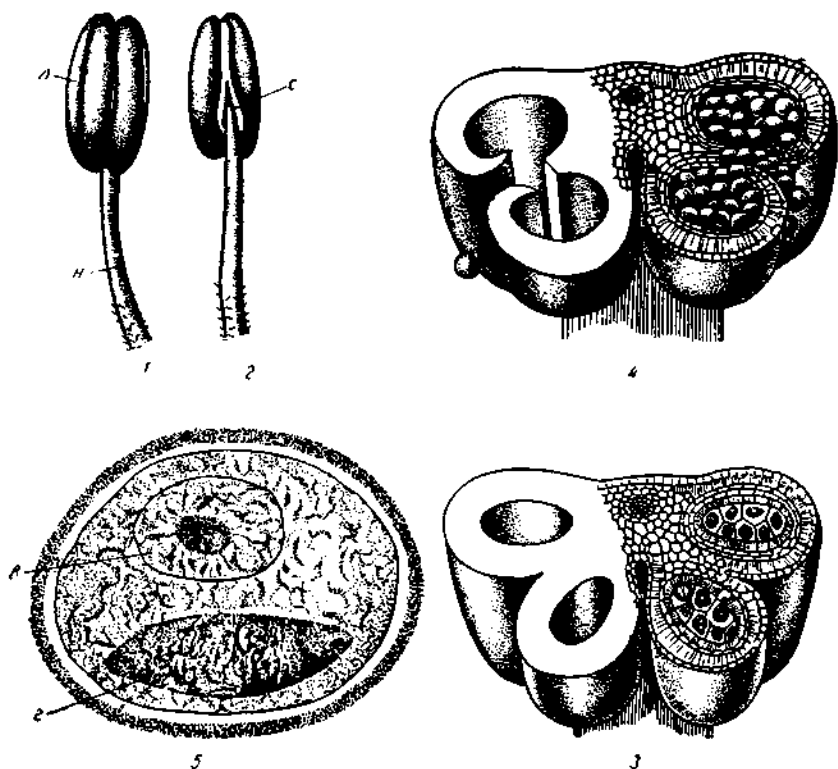


Рис. 140.

1 и 2—тычинки (с двух сторон); n—тычиночная нить; n—пыльник; c—связник; 3—схематический разрез не вполне созревшего пыльника; 4—схематический разрез созревшего и вскрывшегося пыльника, в левых пыльцевых гнездах пыльца не изображена; 5—гистологический разрез пыльника; 6—вегетативное ядро; 6—генеративная клетка.

На тычиночных нитях, на пыльнике, на связнике у многих растений бывают различные выросты, волоски, придатки, наследственно постоянные у данных видов и родов, поэтому внешний облик тычинок разнообразен, что является одним из хороших систематических признаков.

Вскрывание пыльцевых гнезд при созревании и подсыхании происходит вследствие разрыва в субэпидермическом слое клеток, оболочки которых снабжены спиральными или сетчатыми утолщениями; слой этот называется фиброзным. Способ вскрывания пыльников является наследственно стойким и может служить систематическим признаком.

Тычинки располагаются в цветке по спирали или мутовкам. Число мутовок различно в зависимости от вида растения. Тычинки одной мутовки у большинства растений бывают одной длины; тычинки разных мутовок у многих растений различаются по длине.

У многих растений происходит срастание тычинок друг с другом нитями или пыльниками, а также с другими частями цветка. Чаще всего они срастаются нижними частями нитей со сростнолепестным венчиком или с простым сростнолистным околоцветником; в таких цветках тычинки кажутся образовавшимися на венчиках или околоцветниках, на самом же деле они возникают на цветоножке и лишь тесно сливаются на некотором протяжении с покровами цветка. У орхидей тычинки срастаются со столбиком пестика.

Основной ролью тычинок в цветках является образование пыльцы, служащей для опыления.

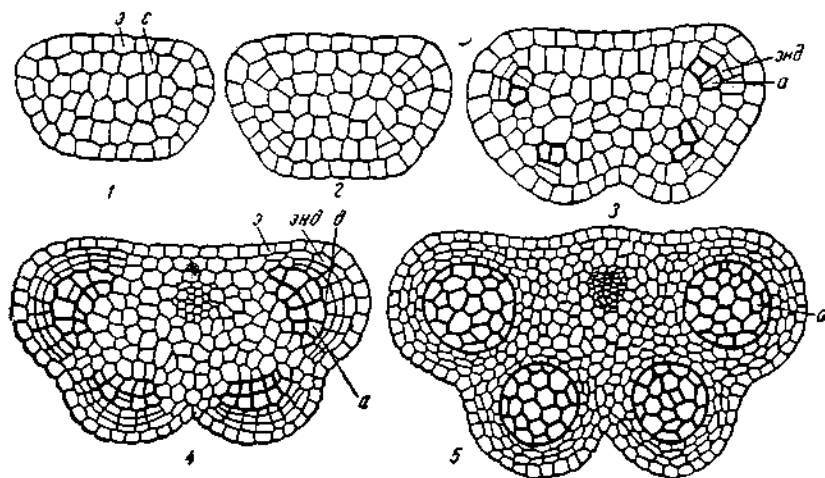


Рис. 141. Последовательное развитие пыльников (1—5).

з — эпидермис; с — субэпидермический слой; энд — эндодерма; д — выстилающий слой; а — археспорий.

Тычинки закладываются на цветоножке в виде обособленных округлых бугорков. При дальнейшем их росте вначале формируется пыльник, позднее, путем интеркалярного роста — тычиночная нить. По тычиночной нити к связнику проходит обычно один проводящий пучок, через который идет питание тычинки. Остальная ткань в очень молодой тычинке состоит из однородных паренхимных клеток.

На ранних стадиях развития в четырех будущих гнездах пыльника клетки субэпидермического слоя увеличиваются в размерах и делятся тангентальными перегородками на два слоя (рис. 141). Из них внутренний дает археспорий, образующий затем пыльцу, а наружный — часть стенок пыльника, а также клетки, идущие на питание пыльцы. Клетки этого наружного слоя делятся несколькими тангентальными перегородками. В результате этих делений образуется от периферии внутрь обычно три слоя клеток, делящихся еще радиальными и горизонтальными перегородками. Наружный слой, лежащий под кожицей, в дальнейшем образует фиброзный слой, состоящий из крупных клеток, вытянутых в радиальном направлении, теряющих часто содержимое и имеющих на своих стенках особые утолщения в виде узких, иногда разветвленных полосок. Под фиброзным слоем находится один-два слоя некрупных клеток с тонкими стенками. Эти клетки в дальнейшем разрушаются, и содержимое их идет на питание пыльцы. Наконец, клетки самого внутреннего из трех первичных слоев, граничащего с археспорием, делятся радиальными и поперечными перегородками, вытягиваются в радиальном направлении, получают густое протоплазматическое содержание и образуют так назы-

заемый выстилающий слой — тапетум (от лат. *tapetum* — ковер) (рис. 142). Когда начинается формирование пыльца, оболочки клеток выстилающего слоя и промежуточного мужду ним и фиброзным разрушаются, и содержимое их идет на питание развивающейся пыльцы.

Клетки археспория делятся и образуют материнские клетки пыльцы. Каждая из последних после двух делений, во время которых происходит редукция числа хромосом, дает по четыре пылинки (пыльцевые зерна, микроспоры). Микроспоры обособляются друг от друга; на них вырабатываются характерные оболочки: внутренняя тонкая, целлюлозная — интина и наружная толстая, частично кутинизированная, обычно слегка окрашенная — экзина. В экзине остаются неутолщенные места, поры, а на поверхности ее путем наслоения из окружающей питательной жидкости у многих растений образуются различные бугорки, шипечки, сеточки и т. п.

Содержимое пылинки представляет собой густую протоплазматическую массу, содержащую много запасных питательных веществ — масла, крахмала, сахаров и т. п.

Ядро в сформировавшейся пылинке делится на два, и содержимое пылинки дифференцируется на две клетки, обычно не разделенные целлюлозной оболочкой. Большая называется вегетативной; она дает пыльцевую трубочку, а ядро ее участия в оплодотворении не принимает. Маленькая клетка — генеративная; ее ядро впоследствии делится на два генеративных ядра, производящих оплодотворение. В этом делении ядра микроспоры и образовании генеративной клетки надо видеть прорастание микроспоры и образование мужского гаметофита, который крайне редуцирован и состоит всего из двух клеток; одну из них, вегетативную, можно гомологизировать с заростками, а генеративную — с материнской клеткой спермиев у хвойных.

Пыльца почти всех растений, попав в воду, лопается. Поэтому в цветках наземных растений имеется множество разнообразных приспособлений для защиты пыльцы от дождя. У ландыша, наперстянки, брусники, черники и др. это достигается понижением положением цветков. У некоторых растений цветки расположены под листьями (липа, недотрога). Часто пыльцу защищают лепестки венчика или листочки околоцветника (молотыльковые, губоцветные, многие норчичниковые, пузырчатковые, купальница и др.). У касатиков тычинки скрыты под лепестковидными лопастями рылец. В некоторых прямостоящих цветках тычинки находятся в трубочке венчика, имеющей настолько узкий зев, что капли воды не могут туда проникнуть. У ряда растений, например у шафранов (*Crocus*), в плохую погоду и на ночь смыкаются лепестки венчика или листочки околоцветника, цветок закрывается и защищает тычинки. У одуванчика,

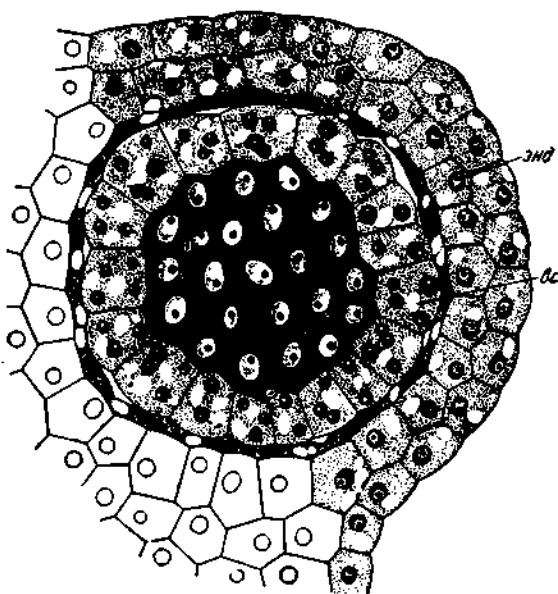


Рис. 142. Одно пыльцевое гнездо с археспорием. а — эпидермис; энд — эндотелий; эс — выстилающий слой.

цикория и др. закрывается все соцветие — корзинка. У некоторых растений при плохой погоде понижают отдельные цветки или все соцветие. Вообще у растений имеется много приспособительных реакций для того, чтобы защитить пыльцу от воды.

Строение пестика и процесс образования зародышевого мешка

Самую внутреннюю часть полного цветка составляет женский аппарат — гинецей (Gynoecium), или совокупность макроспорофиллов цветка, образующих один или несколько пестиков. В пестике различают

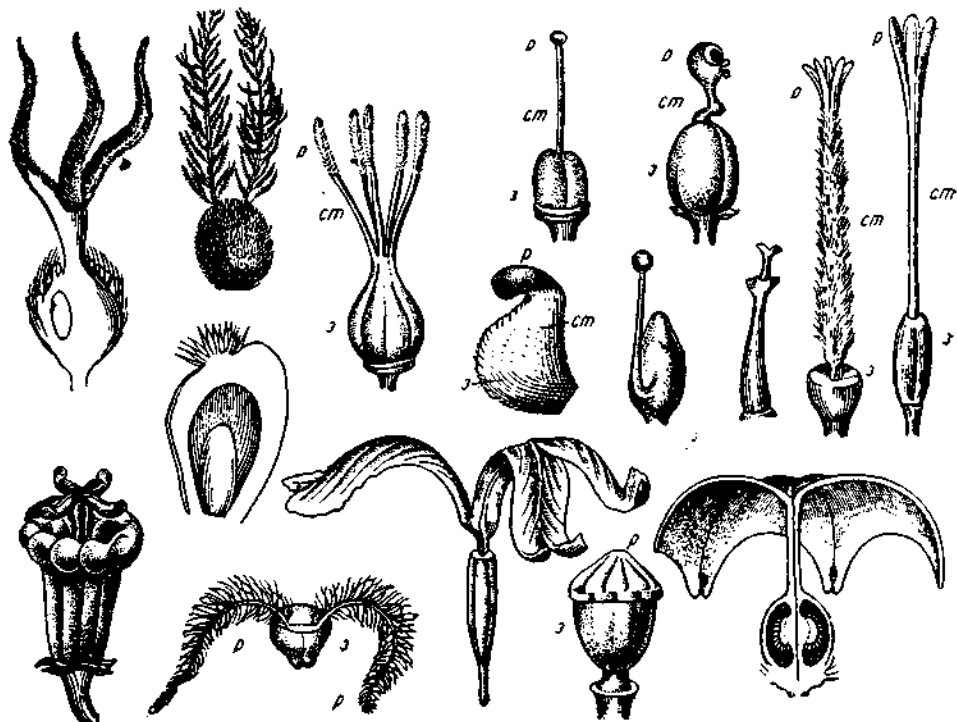


Рис. 143. Различные формы пестиков.

з — завязь; ст — столбик; р — рыльце.

завязь, столбик и рыльце. Завязь составляет нижнюю, вздутую часть, содержащую внутри макроспорангии, или семяпочки; над завязью находится тонкий цилиндрический столбик, а на его вершине — рыльце, которое может быть разнообразной формы. При неравномерном и сильном разрастании завязи столбик может выходить сбоку или у основания ее (у губоцветных, бурачниковых, некоторых розоцветных). У некоторых растений столбик отсутствует (у садового тюльпана рыльце находится непосредственно на верхушке завязи и называется сидячим). Может быть и несколько столбиков на одной завязи (рис. 143). Так как семечки заключены внутри завязи, то на них не могут непосредственно переноситься пылинки; они попадают обычно на рыльце, выделяющее липкую жидкость, поверхность которого покрыта более или менее длинными ворсинками.

Завязь является самой главной частью пестика; в полости ее находятся семечки, дающие начало семенам, из самой же завязи раз-

вивается плод. Завязь в зависимости от того, одна в ней полость или несколько, разделенных перегородками, называют *одногнездой*, *двухгнездой*, *трехгнездой* и т. д. Деление завязи на гнезда является следствием строения ее из особых листочков, называемых *плодолистиками* (Carpellum). Если плодолистик один, то из него образуется чаще всего один *одногнездный* пестик, через загибание во внутрь и срастание краев. При большем числе плодолистиков могут наблюдаться такие явления: или каждый плодолистик образует самостоятельный пестик, вследствие чего гинецей состоит из нескольких *одногнездных* пестиков или же все плодолистик, срастаясь между собой, дают один *общий пестик*. В этом втором случае завязь все-таки может быть *одногнездной*, если края плодолистиков при срастании не заворачиваются во внутрь. Такая завязь бывает у фиалок, смородины, крыжовника, гречишных, сложноцветных и др. Если же края плодолистиков заворачиваются внутрь, срастаются там своими боковыми поверхностями и разделяют завязь на камеры, то образуется *многогнездная* завязь. При срастании краев плодолистиков, не доходящем до центра, образуется не вполне *многогнездная* завязь (у маков). Если срастание доходит до центра, то образуется вполне *многогнездная* завязь, причем число гнезд равно числу плодолистиков (например, у лилейных, копытня, гераниевых, колокольчиковых и др.). У некоторых растений в завязи развиваются еще ложные перегородки не из завернувшихся краев плодолистиков, а из выроста внутренней стенки ее; такие перегородки наблюдаются у губоцветных, бурачниковых, крестоцветных, льна, астрагала и др. Вот почему по числу гнезд в завязи не всегда можно судить о числе образовавших ее плодолистиков (рис. 144).

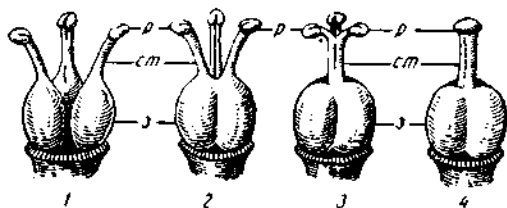


Рис. 144. Гинецей, образованный тремя плодолистиками.

1—аногарный; 2—4—ценогарный с разными степенями срастания плодолистиков; 3—завязь; cm—столбик; p—рыльце.

Обычно семяпочки возникают лишь по краям плодолистиков, образуя несколько рядов или располагаясь без порядка. Места завязи, к которым прикрепляются семяпочки и через которые происходит питание, называются *семяносецами*, или *плацентами*.

Число семяпочек в завязи у разных растений колеблется от одной до многих тысяч.

В зависимости от положения завязи по отношению к остальным частям цветка различают *верхнюю*, или *свободную*, и *нижнюю* или *полунижнюю* завязь (рис. 145).

Верхней называется такая завязь, которая свободно сидит на цветоложе; стенки ее образуются только плодолистиками. Такой тип цветка носит название *подпестичного* (flores hypogyni). *Нижней* называется такая завязь, стенки которой образованы не только плодолистиками, но и сросшимися с ними вогнутым бокальчатым цветоложем или нижними частями околоцветника и тычинок; околоцветник и тычинки находятся на вершине нижней завязи, а сам цветок называется *надпестичным* (flores epigyni). Такие цветки свойственны яблоне, груше, айве и др. Наконец, если завязь только в нижней своей части сращена с цветоложем или околоцветником и тычинками, а околоцветник отходит от середины завязи, то завязь называется *полунижней*, а цветки — *околопестичными* (flores perigyni). Цветки такого типа свойственны сливе, вишне, жимолости и др.

Отмеченные типы завязей являются характерными для целых таксономических групп растений и имеют большое значение в систематике.

Семяпочка, или макроспорангий, покрытосемянных состоит из семяножки, прикрепляющей ее к семяносу, нуцеллуса (или ядра) и одного-двух покровов, или интегументов; последние на вершине не смыкаются, оставляя отверстие — пыльцевход (микропиле). Место прикрепления семяпочки к семяножке называют **рубчиком** (он заметен на семенах), а основание нуцеллуса, от которого отходят покровы, — **халаз'ой**. Возникает семяпочка в виде бугорка из дерматогена и перилембы; позднее из основания ее — халазы — образуются покровы, у большинства базипетально, т. е. внутренний раньше наружного.

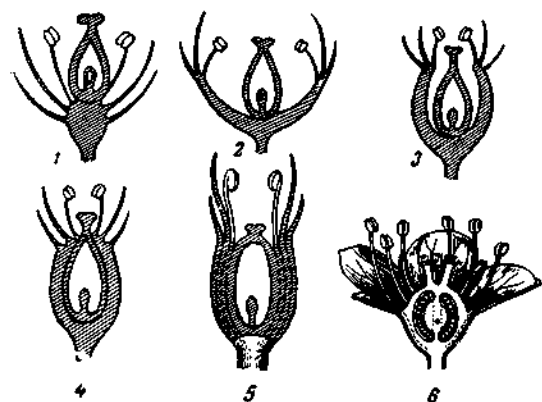


Рис. 145. Положение завязи в цветке.

1—верхняя завязь, подлистничный цветок; 2—3—верхняя (или средняя) завязь, цветок окололистничный; 4—нижняя завязь, образованная цветоложем и плодоложками; цветок надлистничный; 5—нижняя завязь, образованная плодоложками, сросшимися с нижними частями чашелистиков, лепестков и тычинок, цветок надлистничный; 6—полунижняя завязь, цветок полунадлистничный (1—5—схематичны).

По своему положению в полости завязи семяпочки бывают **прямо стоячими** (у гречишных, маревых, крапивных, сложноцветных и др.), **висячими**, свешивающимися вниз с верхушки завязи (у зонтичных, валерьяновых, ворсянковых и др.), **горизонтальными**, или **боковыми**, при расположении их по боковым стенкам завязи на центральном, или осевом, семяносе. Встречаются и различные промежуточные типы.

Зародышевый мешок является наиболее существенной частью семяпочки. Развивается он из субэпидермической клетки нуцеллуса, лежащей под

пыльцевходом. В начале археспорий увеличивается в размерах и вскоре ядро его начинает делиться. Это деление сопровождается редукцией числа хромосом и носит название гетеротипического. В результате первого, гетеротипического, деления ядра археспорий распадается на две клетки; далее ядра каждой из этих клеток еще раз делятся гомеотипически и делятся сами клетки. В результате этих двух делений образуется четыре клетки, расположенные в один ряд и выделяющиеся среди остальной ткани нуцеллуса своими размерами и характером содержимого. Из этих четырех клеток нижняя начинает усиленно разрастаться и, увеличиваясь в объеме, постепенно вытесняет и уничтожает три выше ее лежащие клетки. Эта клетка становится материнской клеткой зародышевого мешка, который развивается из нее следующим образом. Сначала ядро материнской клетки зародышевого мешка делится, возникшие при этом делении два ядра расходятся к концам материнской клетки. Здесь они вновь делятся, и получается четыре ядра — по два ядра в каждом конце материнской клетки. Эти четыре ядра опять делятся, и в результате образуется восемь ядер. Четыре из них лежат в верхнем, а четыре — в нижнем конце зародышевого мешка. Три ядра из четырех, находящихся в верхнем конце, дают начало яйцевому аппарату — яйцеклетке и двум синергидам, четвертое остается свободным и направляется к центру зародышевого мешка. Из четырех нижних ядер три образуют

цветка: на околоцветнике, на тычиночных нитях или на особых отростках их, у основания столбиков, на цветоножке и т. п. Расположение, число и форма нектарников являются характерными для определенного вида растений и нередко используются как систематические признаки. Нектарники обычно помещаются в глубине цветка, поэтому насекомое, берущее нектар, всегда касается пыльников и рыльца. В этом и состоит эволюционное (приспособительное) значение нектарников, способствующих перекрестному опылению при помощи насекомых. Цветки энтомофильных растений эволюционируют вместе с насекомыми, живущими за счет выделений — нектарников. Насекомое, посещая цветки и собирая нектар, одновременно выполняет полезную для растения роль, производя перенос пыльцы с одного цветка на другой.

По внешнему виду нектарники обычно представляют собой небольшие, как бы лакированные образования зеленоватого или желтовато-зеленоватого цвета, покрытые выделенным нектаром. В нектаре содержится сахароза, глюкоза, фруктоза и ничтожные количества азотистых и минеральных соединений. Количество нектара, скапливающегося в нектарниках, варьирует в зависимости от вида растения. У большинства растений количества нектара крайне малы. Так, например, для того чтобы образовать 1,3 г меда, пчела должна собрать нектар с 2000 цветков белой акации или 5000 цветков эспарцета; 1 кг меда собирается почти с 6 млн. цветков красного клевера.

План строения и числовые соотношения цветка

Строение цветков подчиняется некоторым общим закономерностям в расположении и относительном числе отдельных частей. Обычно однородные части цветка располагаются кольцами или кругами (циклами), причем в каждом кругу, как правило, повторяется одно и то же число соответствующих членов, т. е. чашелистиков, лепестков, тычинок и пр., но члены каждого отдельного круга приходятся против промежутков смежного с ним (например, лепестки с наружной стороны чередуются с чашелистиками, а с внутренней — с большим кругом тычинок). Наиболее полным цветком является чаще всего пятициклический, т. е. состоящий из пяти кругов: двух кругов околоцветника, двух кругов тычинок и одного круга плодолистиков. В зависимости от числа членов в каждом кругу цветки называют пятичленными, трехчленными, двухчленными и пр. Цветы с геометрически правильным соотношением частей называются **циклическими**. Примером таких цветков могут быть **лилейные**, у которых все части обычно располагаются в пять взаимно чередующихся трехчленных кругов: сначала идут два круга околоцветника с тремя листочками в каждом, далее идут два круга тычинок по три тычинки в каждом и, наконец, один круг из трех плодолистиков, срастающихся в трехгнездную завязь.

Более редко встречаются спиральные, или ациклические, цветки, в которых отдельные члены располагаются не правильными кругами, а по спирали (подобно листьям). Такие цветки встречаются у некоторых **лютиковых**. Наблюдаются и такие цветки, в которых часть членов располагается по спирали, а другая — кругами; такие цветки носят название **гемиклических**.

Следует отметить, что очень часто указанная закономерность в строении циклических цветков нарушается. Примером нарушения численных соотношений членов цветка могут служить цветки крестоцветных (*Cruciferae*): левкой, горчица и др., у которых имеется 4 чашелистика, 4 лепестка, 6 тычинок и завязь, состоящая из 2 плодолистиков. История

развития этих цветков показывает, что 2 лишние тычинки возникают путем расщепления тычиночных зачатков, образующихся первоначально в числе четырех.

Формула и диаграмма цветка

При сравнении цветков различных растений весьма важно выяснить основной тип и план строения цветка. Для краткого обозначения строения цветка в описательной ботанике пользуются особыми формулами цветка, в которых отдельные круги последнего обозначают начальными буквами соответствующих латинских названий, а число членов каждого круга — цифрами. Если число членов каждого круга не строго фиксировано и достаточно велико, то пользуются знаком бесконечности ∞ . Отсутствие членов в данном круге обозначают нулем; сращение членов круга — скобками; расположение тех или иных органов в несколько кругов — знаком плюс (+); верхнюю и нижнюю завязь — чертой подцифрой или над цифрой членов гинецея (цифрой указывают не число пестиков, а число плодолистиков), зигоморфность — стрелкой $\downarrow$ или вертикальной чертой с двумя точками

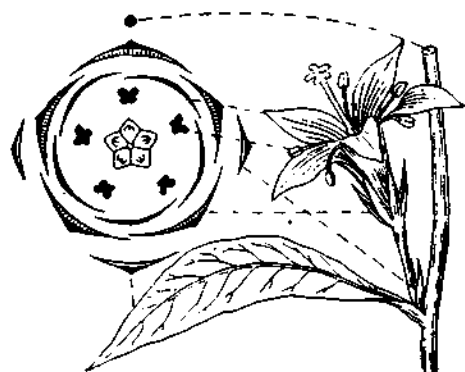


Рис. 148. Схематическое изображение построения диаграммы цветка.

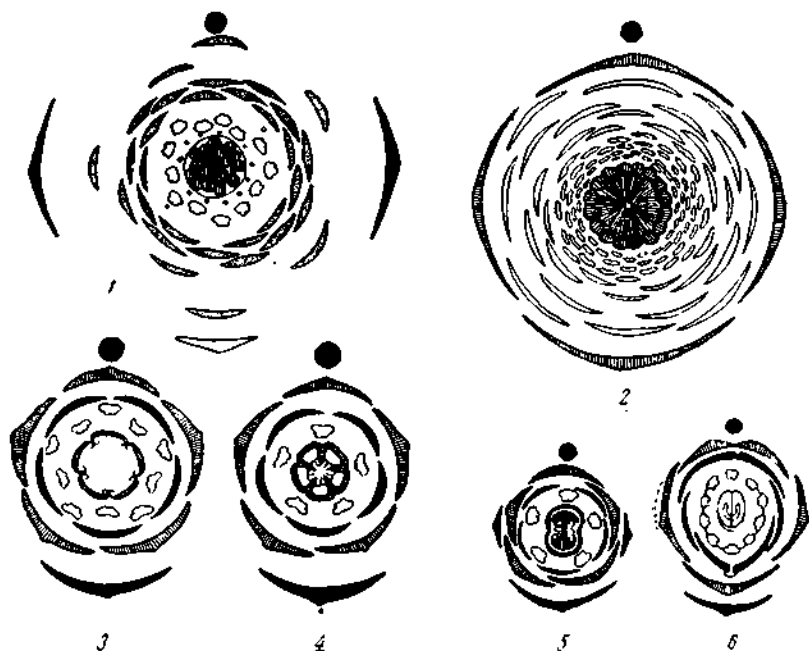


Рис. 149. Диаграммы цветков.

1—актиноморфного; 2—гемиклицического (плодолистия образуют один круг); 3—актиноморфный, пятичленный; 4—актиноморфный, четырехчленный; 5—актиноморфный, но весь цветок имеет только одну плоскость симметрии; 6—зигоморфный (место, где должны быть прицветники, показано пунктирными линиями).

по бокам $\div$, активоморфность — звездочкой или кружком с крестом $\oplus$; однопольные тычиночные цветки — знаком σ , однопольные пестичные — φ , обоепольные — $\sigma\varphi$.

Простой околоцветник обозначают латинской буквой Р (Perigonium); чашечку — буквой К (Calyx); венчик — буквой С (Corolla); тычинки — буквой А (Androeum); пестик — буквой Г (Gynoeum). При этих буквах ставятся цифры, обозначающие число членов в кругах. Таким образом, формула цветка лилии или тюльпана будет $P_{3,3}, A_{3,3}, G_3$; формула цветка первоцвета (Primula) — $K_{(5)} C_{(5)} A_{(5)} G_{(5)}$, картофеля (Solanum tuberosum) — $K_{(5)} C_{(5)} A_{(5)} G_{(2)}$, Adonis vernalis $K_5 C_{12,16} A_{\infty} G_{\infty}$.

Приведенные формулы показывают, что в строении цветков есть некоторые общие закономерности. Так, в формуле лилии во всех кругах повторяется цифра три, а у первоцвета и картофеля (исключая пестика) — цифра пять. Формула цветка позволяет кратко записать результаты изучения цветка.

Еще более полное представление о строении цветка дает д и а г р а м м а ц в е т к а, так как она показывает и взаимное расположение членов цветка. Диаграмма является схематической проекцией цветка на плоскости. Составляют диаграммы по поперечным разрезам нераскрывшихся цветочных почек (рис. 148 и 149).

Соцветия

У сравнительно небольшого числа видов растений цветочный побег заканчивается одиночным цветком так, как это имеет место у мака, садового тюльпана, вороньего глаза и др. У большинства же растений на общем п е т и о с е (pedunculus) собрано большее или меньшее количество цветков, образующих вместе с о ц в е т и е (inflorescentia). Соцветие представляет собой особую область на теле растения, где сосредоточены цветки. Все соцветие служит целям опыления и оплодотворения, и после того, как оплодотворение произошло и образовались семена, соцветие отмирает. Листья в области соцветия, в пазухах которых сидят цветки, носят название прицветников и по своей форме, а часто и по окраске отличаются от прочих вегетативных листьев растения.

Внешний вид соцветий чрезвычайно разнообразен. С морфологической точки зрения соцветия делятся по типу ветвления общего цветоноса, или общей оси. Различают неопределенные, или моподиальные, и определенные, или симподиальные, соцветия. В неопределенных соцветиях верхушка общей оси совсем или долго не превращается в цветок, образуя все новые и новые боковые зачатки, из которых развиваются цветки, или боковые оси, повторяющие тот же тип развития. В определенных соцветиях главная ось с самого начала заканчивается цветком и перестает расти. Под ним закладывается одна или несколько новых ветвей, которые в свою очередь сейчас же заканчиваются одиночными цветками и дают начало ветвям третьего порядка и т. д.

Неопределенные соцветия делятся на простые и сложные. Простыми называются соцветия, у которых общая ось непосредственно несет цветки, а сложными, если ось несет цветки на своих разветвлениях. К типичным простым неопределенным соцветиям относятся кисть (racemus), колос (spica), щиток (corymbus), зонтик (umbella), головка (capitulum), корзинка (calathium) (рис. 150).

К и с т ь — это такое соцветие, в котором цветки сидят на ясно выраженных и приблизительно одинаковой длины цветоножках, распола-

гающихся через известные промежутки по длине вытянутой общей оси или стержня. Повислые гибкие кисти, свойственные многим нашим деревьям (березе, дубу, осине, орешнику), называют с е р е ж к а м и (amentum).

К о л о с отличается от кисти только тем, что цветки в нем совершенно сидячие, без цветоножек (подорожник — *Plantago*). Колос с толстой мясистой осью, снабженный при основании обвертывающим его листом (крылом, или покрывалом), называется п о ч а т к о м (кукуруза).

Щ и т о к есть та же кисть, у которой цветоножки тем длиннее, чем ниже прикрепляется цветок, вследствие чего все цветки находятся при-

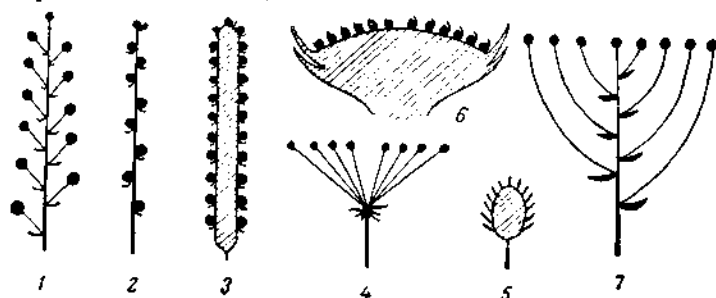


Рис. 150. Схемы простых соцветий.

1 — кисть; 2 — колос; 3 — початок; 4 — зонтик; 5 — головка; 6 — корзинка; 7 — щиток.

близительно на одном уровне. Щиток составляет, таким образом, переход от кисти к зонтику. Примером щитка являются соцветия многих крестоцветных (*Cruciferae*), превращающиеся с возрастом в кисть.

З о н т и к — это такое соцветие, в котором совершенно не развита общая главная ось, так что все цветоножки выходят из верхушки ее наподобие спиц зонта, торчащих вверх и в стороны и имеющих более или менее одинаковую длину (первоцвет — *Primula officinalis*).

Г о л о в к а представляет собой соцветие шаровидной или эллипсоидальной формы и состоит из тесно скученных цветков, прикрепленных к главной оси очень короткими ножками или совершенно сидячими (клевер — *Trifolium*).

К о р з и н к а — это соцветие с утолщенной, расширенной, блюдцевидной осью, на которой сидят цветки, окруженные оберткой из одного или нескольких рядов прицветников (подсолнечник — *Helianthus annuus*). То, что у подсолнечника называют обычно цветком, есть на самом деле целое соцветие, в котором мелкие цветки сидят в большом количестве на расширенном в виде блюда цветоложе.

К сложным неопределенным соцветиям относятся в е т в и с т а л к и с т ь, или м е т е л к а (*panicula*), сложный колос, сложный щиток, сложный зонтик, а также разнообразные комбинации названных соцветий (рис. 151).

В сложном колосе вместо цветков на главной оси сидят целые колоски (многие виды злаков). В сложном щитке отдельные цветоножки ветвятся, в сложном зонтике лучи первого порядка несут не цветы, а вторичные зонтики или зонтички (семейства зонтичных: морковь, укроп и др.). Обертки при основании лучей первого порядка называются общими, а при основании вторичных лучей — частными.

К определенным соцветиям относится п о л у з о н т и к и з а в и т о к. В полузонтике при основании верхушечного цветка каждый раз развиваются парные (супротивные) или мутовчатые ветви. В первом слу-

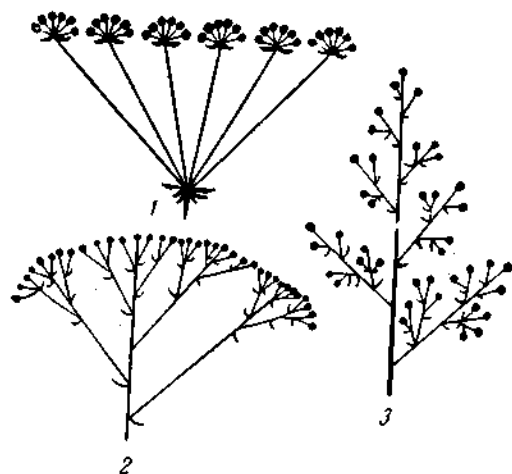


Рис. 151. Схемы некоторых сложных соцветий.

1—сложный зонтик; 2—щитковидная метелка; 3—метелка.

час его называют дихазием, или развилкой (dichasium), во втором — плейохазием (pleiochasium). При дихазии соцветие ветвится вильчато, или ложнодихотомически. При завитке (cincinnus) каждый раз развивается один боковой цветок и притом все на одной и той же стороне, вследствие чего соцветие улиткообразно закручивается.

Если же цветки развиваются по очереди с обеих сторон, то получается соцветие, называемое извилой (bostryx). В окончательном виде определенные соцветия могут быть не отличимыми от неопределенных, почему в таких случаях говорят о ложных колосках и пр.

Форма соцветия нередко характерна для целых семейств: сложный зонтик — для зонтичных, корзинка — для сложноцветных, простой колос — для осок, сложный колос и метелка — для злаков, полузонтик — для гвоздичных, завиток — для бурачниковых и т. п.

Биологическое значение соцветий у растений, опыляемых насекомыми, заключается в том, что мелкие цветки, на которые расходуется мало пластического материала, будучи собраны в соцветия, становятся хорошо заметны издали для насекомых. Особенно характерно это для сложноцветных, зонтичных и др. Этой цели также служат во многих соцветиях кроющие листья и прицветники, которые имеют яркую окраску и делают более заметным все соцветие. У ветроопыляемых растений в соцветиях, находящихся обычно на концах стеблей или ветвей и не прикрытых листьями, лучше происходит отдача и улавливание пыльцы, разносимой воздушными течениями.

Число цветков в соцветиях варьирует от очень немногих до десятков тысяч (у агав, некоторых пальм и др.). Величина соцветий также очень различна — от 2—3 см до 12 м в диаметре и до 14 м высоты (у пальмы — *Corypha umbraculifera*).

Цветение и опыление у цветковых растений

Процесс образования цветков наступает только после того, как растение накопит некоторые запасы питательных веществ, поэтому однолетние растения зацветают обычно в середине вегетационного периода, двулетние и многолетние растения зацветают на втором, третьем и более поздних годах жизни, многие древесные растения зацветают лишь через десятки лет. Способность зацветать в определенный период жизни является характерным свойством определенных групп растений.

Сам процесс цветения протекает несколько по-разному у различных растений: у одних видов цветки, раскрывшись, больше уже не закрываются до полного увядания; у других происходит периодическое открывание и закрывание их в связи со сменой дня и ночи или изменениями температуры, освещения и пр.

Продолжительность цветения отдельных цветков у разных растений чрезвычайно различна и колеблется в пределах от нескольких десятков минут до нескольких недель. Обычно после опыления и оплодотворения цветок очень быстро вянет.

Под опылением обычно понимают процесс переноса пыльцы из тычинки на рыльце пестика. На рыльце пылинка прорастает, образуя пыльцевую трубочку, которая через столбик вырастает в глубь завязи, проникает в семяпочку, в зародышевый мешок, где происходит оплодотворение.

В обоеполых цветках тычинки и пестик расположены довольно близко, поэтому пыльца может легко попасть на рыльце того же цветка или других цветков того же самого растения или других растений. В первом случае будет иметь место самоопыление, а при переносе пыльцы на рыльце другого растения — перекрестное опыление. Самоопыление довольно широко распространено у многих видов и является у них обычным и постоянным. Самоопыляющиеся и самооплодотворяющиеся растения носят название а вто г а м н ы х (ауто — сам, гамео — брак). К этой группе относится ряд наших культурных злаков (пшеница, рис, овес, ячмень и др.) и бобовых (горох, фасоль и др.), а также многие сорные растения с мелкими невзрачными цветками из семейств крестоцветных, гвоздичных и др. Перенос пыльцы на рыльце у них происходит легко вследствие тесной близости тычинок и пестика. У некоторых из них самоопыление осуществляется в ранних стадиях их развития, когда цветок еще находится в стадии бутона (горох) или колос в листовой трубке (ячмень). Ко времени раскрытия цветка или выходу колоса из листовой трубки рыльца уже опылены собственной пылью, поэтому перекрестное опыление бесполезно. Наличие у некоторых типичных самоопылителей крупного, ярко окрашенного венчика указывает на происхождение самоопыляющихся форм от перекрестно опыляющихся и на стойкость этого наследственно закрепленного признака.

У некоторых растений наряду с нормально окрашенными раскрывающимися цветками имеются еще мелкие, невзрачные, не раскрывающиеся, а приносящие семена только благодаря самоопылению. Такие нераскрывающиеся цветки называются к л е й с т о г а м н ы м и (клеистогамный — замкнутый). Они характерны для арахиса, некоторых видов фиалок (*Viola odorata*, *V. hirta*, *V. mirabilis*), копытня (*Asarum*), недотроги (*Impatiens nolitangere*), кислицы, многих злаков и др. У многих из них семена приносят только клейстогамные цветки, а ярко окрашенные и посещаемые насекомыми семян не дают. В клейстогамных цветках пыльцы образуется очень мало, пыльники часто даже не вскрываются и пыльца прорастает в пыльниках, прикасающихся к рыльцу, а затем растет на рыльце, через столбик и проникает в семяпочку.

Выращивать самоопыляющиеся растения для получения семян более легко, так как разные сорта можно помещать по соседству, при этом они не теряют основных своих сортовых качеств. Что касается перекрестно опыляющихся растений, то для сохранения сортов в чистоте приходится размещать их при выращивании на некотором расстоянии друг от друга.

Хотя самоопыление распространено у многих культурных и диких растений, тем не менее в общей массе видов растений к этой группе принадлежит меньшее число растительных форм. Как показал впервые Дарвин, самоопыление составляет скорее исключение, правило же является перекрестное опыление, при котором оплодотворяющие пыльцевые элементы происходят от других особей или по крайней мере из других цветков. У некоторых обоеполых растений при опылении рыльца пылью с того же самого цветка семян не образуется. Такие растения называются

самобесплодными, или самостерильными (стерилис — бесплодный).

Самобесплодность наблюдается не у всех разновидностей и рас одного и того же вида. Она зависит также и от стадии развития растения; в начале цветения она выражена резче, чем в конце. Общий характер вегетативного роста также оказывает влияние на степень самобесплодия. Обычно наблюдается ряд переходов от растений нормально и обильно плодоносящих при самоопылении (самофертильных) к растениям, дающим мало семян и плохого качества.

У многих растений с обоеполюсы цветками имеется ряд приспособлений, обеспечивающих именно перекрестное опыление. К числу их относится неодновременное созревание тычинок и пестиков, или *ди х о г а м и я* (дихо — отдельно). Чаще всего наблюдается более раннее созревание пыльников; это явление носит название *протерандрии* (от греч. протерос — первейший, андер — муж). В более редких случаях раньше созревают пестики, т. е. имеет место *протерогиния* (гине — женщина). Протерандрично большинство гвоздичных, гераниевых, мотыльковых, мальвовых, губоцветных, колокольчиковых, сложноцветных, лилейных и др. Протерогиния наблюдается у многих крестоцветных, розоцветных, пасленовых и др.

Весьма четко протерандрия выражается у видов смолевки (семейство гвоздичных) с распускающимися на ночь цветками. У них сначала высвываются из цветка 5 первых тычинок. На следующий день утром эти тычинки увядают и отворачиваются вниз, цветок же до вечера закрывается. Вечером выдвигаются остальные 5 тычинок, которые утром завядают. На 3-й день к ночи из цветка высвываются столбики такой же длины, как тычинки. На 4-й день цветок окончательно завядает. Хорошим примером протерогинии могут служить цветки белены.

Очень часто самоопыление исключается таким расположением тычинок и пестика, что пыльца не может попасть на рыльце того же цветка. В частности, в соцветии *Kalmia glauca*, состоящем из немногих цветков, пыльники зацеплены в кармашковидных складках венчика. У барвинка (*Vinca major*) рыльце имеет вид шляпки гвоздя, причем воспринимающая пыльцу часть находится на нижней стороне шляпки; при таком расположении пыльца не может попасть на воспринимающую часть рыльца.

Весьма своеобразным биологическим приспособлением, обеспечивающим перекрестное опыление, является так называемая *гетеростилия*, сущность которой заключается в том, что столбики у разных цветков развиваются неодинаково в длину, причем и нити тычинок также варьируют по длине. При типичной гетеростилии встречается два рода цветков: короткостолбчатые и длинностолбчатые, например у первоцвета (*Primula*), медунции (*Pulmonaria*), гречихи и др. (рис. 152). Бывает также и так называемая триморфная гетеростилия, когда тычинки и пестики расположены в три яруса, например дербенника, или плакуна (*Lythrum salicaria*). Опыты показали, что оплодотворение происходит наиболее успешно, если на рыльце того или другого цветка переносится пыльца из цветка противоположного типа, т. е. если перекрестное опыление происходит между такими цветками, в которых рыльце и пыльники находятся на одних и тех же соответствующих уровнях. В противном случае семян или совсем не образуется, или их бывает меньше и из них вырастают более слабые растения.

С гетеростилией связаны и известные приспособления пыльцы к рыльцу и обратно. Так, у форм с высоко расположенными пыльниками пыльца крупнее, чем у низко прикрепленных пыльников.

Все двудомные растения, у которых мужские и женские цветки развиваются на разных растениях, а также большинство раздельнополюх относятся к группе типичных перекрестников. К двудомным растениям принадлежат пшвы, конопля, осина, виды тополей и др. У конопли (*Cannabis sativa*) различают собственно коноплю, или матерку (женские экземпляры), и посконь (мужские экземпляры). Раздельнополюе соцветия характерны для березы, дуба, орешника, кукурузы и др. У всех этих групп растений имеет место перекрестное опыление и оплодотворение. Эти растения носят название ксеногамных (ксенос—чужой). Перекрестное опыление и оплодотворение является для большинства растений более предпочтительным, так как при нем происходит соединение разнородных гамет по наследственным качествам, вследствие чего потомство получается с большей амплитудой изменчивости и приспособляемости к различным условиям существования.

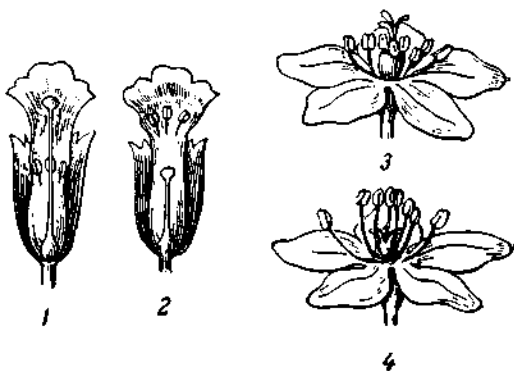


Рис. 152. Гетеростилия в цветках.
1—2—у первоцвета; 3—4—у гречихи.

Процесс переноса пыльцы на расстояние, из одного цветка на другой, у перекрестно опыляющихся растений осуществляется при участии внешних сил. Среди них наибольшую роль играет ветер и насекомые, меньшую мелкие птицы (колибри и нектарины у тропических растений). В соответствии с этим растения делятся на две крупные группы: на анемофильные и энтомофильные растения. У каждой из этих групп выработались специальные приспособления, способствующие более успешному осуществлению процессов опыления и оплодотворения.

Анемофильные растения — это такие растения, у которых пыльца переносится ветром (от греч. анемос — ветер, филое — люблю). Во флоре Средней Европы свыше 15% всех цветковых растений опыляется при помощи ветра. Большие систематические группы характеризуются этим способом опыления. Таковы хвойные (*Coniferae*), большинство древесных, имеющих сережки, многие злаки: рожь, коостер (*Вгоmие inermis*) кукуруза и др. Анемофилия свойственна главным образом растениям, образующим целые большие заросли. Таковы наши северные леса, которые часто состоят из одной только господствующей породы: сосны, ели и др.

Особенно благоприятна обстановка для ветрового опыления в сплошных посевах ржи, кукурузы, коостра и других анемофильных растений.

Характерными особенностями анемофильных растений является отсутствие ярко окрашенных цветочных покровов, запаха цветов нектарников и пр. Цветы анемофильных растений невзрачные, мелкие. Пыльца мелкая, гладкая и сухая и выделяется в очень больших количествах. Так, одна сережка орешника (*Corylus avellana*) образует около 4 млн. пылинков, а мужское соцветие кукурузы — свыше 50 млн.

В некоторых районах во время массового цветения злаков появляется специальное заболевание слизистых оболочек глаз, вызываемое массой пыльцы, имеющейся в воздухе.

Ветроопыляемые растения обладают большой поверхностью рылец. У кукурузы они достигают многих сантиметров и всегда покрыты длинными ворсинками, придающими им вид кисточек. Многим анемофильным

растениям свойственно разделение полов (однодомность и двудомность). Вероятно, это наиболее надежно устраняет возможность самоопыления. Цветение большинства лиственных анемофильных древесных пород происходит ранней весной до распускания листьев или в начале распускания, что облегчает улавливание пыльцы рыльцами.

Пыльца у ветроопыляемых растений может переноситься на очень значительные расстояния. В литературе имеются данные, что у берегов Скандинавии обнаруживали пыльцу хвойных деревьев, березы и др. на судах, находившихся за 30—50 км от берега. На Новой Земле находили пыльцу ряда древесных пород, которые произрастают на 400 км от нее. Был зарегистрирован случай, когда вблизи Отранто (Италия) женский экземпляр финиковой пальмы был оплодотворен пыльцой, которая могла быть занесена туда с мужских экземпляров, росших за 60 км.

Следует отметить, что ветер является ненадежным переносчиком пыльцы; при ветровом опылении очень много пыльцы пропадает. Растения тратят чрезвычайно много ценнейших веществ для избыточного образования пыльцы, чтобы обеспечить опыление. Особенно неблагоприятные условия для опыления ветром создаются в дождливую погоду. Это сильно сказывается на урожайности семян таких культур, как рожь и злаковые травы, если их цветение совпадает с продолжительной ненастной погодой. Вот почему опыление при посредстве ветра чрезвычайно сильно зависит от различных случайных причин.

Энтомофильные растения — это такие растения, которые опыляются при помощи насекомых (от греч. энтомон — насекомое). Между растениями и опыляющими их насекомыми выработалась в процессе эволюции тех и других определенная взаимная зависимость. Насекомое посещает соответствующие цветы, так как оно питается их продуктами. Растение же, вырабатывая те или иные вещества, при помощи их привлекает насекомых, которые выполняют полезную функцию переноса пыльцы. В связи с этим для растений, опыляемых насекомыми, характерны особые черты строения цветка. К числу их относится яркая окраска отдельных частей цветка, делающая их заметными издали. Поэтому типичные энтомофильные растения всегда снабжены разнообразно окрашенными околоцветниками или другими частями. Часто цветки делаются еще более заметными вследствие сочетания нескольких контрастирующих окрасок. Так, например, у мака, тюльпана красный цвет соединяется с черным пятном при основании лепестков, у сложноцветных — ромашки, астры и др. — средние цветки окрашены в желтый цвет, а краевые, язычковые — в синий или белый, у многих бурачниковых цветки различного возраста в одном и том же соцветии окрашены неодинаково и т. д.

У некоторых растений различных семейств (синеголовника, шалфея, молочаев и др.) окрашены бывают не только цветки, но и верхушечные листья в соцветиях, и даже оси соцветий. Корзинки некоторых сложноцветных хорошо заметны благодаря яркой окраске листочков их обвертки.

Кроме яркой окраски цветков, большое значение имеют и различные запахи их, которые иногда комбинируются с окраской, обусловленные выделениями эфирных масел и действующие на органы обоняния насекомых и ориентирующие их при разыскании цветков. Число различных запахов весьма велико: среди них есть приятные для нашего обоняния, а есть и крайне неприятные. Ряд растений имеет цветки с отвратительными запахами, напоминающими запах разлагающихся трупов, тухлой рыбы, гниющего навоза и пр. По окраске эти цветки нередко напоминают разлагающееся мясо и посещаются насекомыми, отлагающими свои яйца на

трупы павших животных. Окраска и запах цветов указывают насекомым путь, куда им следует лететь. Посещают же они цветки ради нектара и пыльцы, служащих им пищей.

Сильные запахи и белую окраску венчика имеют цветки, опыляемые вечерними и ночными бабочками. Эти цветки обычно распускаются к вечеру. Цветки, скрытые в зелени и потому малозаметные, также обладают сильным запахом. Таковы например, лесные фиалки (*Viola odorata*) и ландыш (*Convallaria majalis*).

Нектарники, выделяющие сладкий цветочный сок — нектар, служащий пищей насекомым, обычно в цветках расположены так, что насекомое, пробираясь к ним, касается тычинок и рыльца. Пыльцевые цветки энтомофильных растений образуют значительное количество пыльцы с неровной поверхностью, покрытой шипиками, бородавочками и другими выростами, способствующими переносу ее насекомыми; у некоторых растений она бывает липкой и легко пристающей к телу насекомых.

Взаимное приспособление растений к насекомым-опылителям осуществлялось в процессе эволюции тех и других. Яркая окраска верхушечных листьев, приближенных к спорофиллам, возникла, вероятно, в процессе наследственной изменчивости у предков современных цветковых растений. Эта окраска оказалась полезной для насекомых, так как последние по ней находили путь к жидкости, выделяемой гидатодами, пыльце и нектару. Произведя при таких посещениях цветов перекрестное опыление, оказавшееся для растений выгодным в борьбе за существование, насекомые способствовали выживанию и успешному размножению таких растений. В дальнейшем путем наследственных изменений и скрещивания возникали все новые видоизменения цветков; те из изменений, которые оказывались полезными для растений, удерживались естественным отбором. Таким образом создалось все разнообразие современных форм окрасок, запахов и других приспособлений цветков. Кроме того, и насекомые эволюционировали в направлении большей приспособленности к опылению определенных групп растений.

Примером удивительной приспособленности определенной группы растений к опыляющим их насекомым может служить луговой клевер (*Trifolium pratense*), который опыляется шмелями. В Новой Зеландии, когда там впервые начали вводить эту культуру, клевер почти не давал семян. Как выяснилось впоследствии, причиной низких урожаев семян было отсутствие насекомых для его опыления. Чтобы обеспечить опыление у клевера, были ввезены в Новую Зеландию около 1855 г. шмели. После этого клевер значительно повысил свою семенную продуктивность и распространился по всей Новой Зеландии.

К клеверу относится известный пример Дарвина, иллюстрирующий сложную зависимость урожая семян клевера от количества кошек. Суть зависимости такова. Урожай семян клевера зависит от количества шмелей, шмелиные гнезда разоряются мышами, поэтому чем больше мышей, тем меньше шмелей и тем хуже условия для опыления клевера. Чтобы увеличить урожай семян клевера, нужно бороться с мышами, а для этого разводят кошек. Но есть и другой путь увеличения урожая семян клевера: приспособление цветков клевера к опылению пчелами. Пчелы имеют короткий хоботок, при помощи которого они не могут обыкновенно доставать мед в цветках клевера. Однако пчелы посещают клевер для собирания пыльцы и меда, так как при благоприятных условиях, когда в цветках клевера образуется много меда, он высоко поднимается в трубке венчика и становится доступным даже для пчел. Таким образом, задача приспособления клевера к опылению пчелами сводится к тому, чтобы вывести пчелу с более длинным хоботком, а клевер с более короткой

трубкой венчика. Эта задача уже почти решена, так как у нашей кавказской пчелы средняя длина хоботка достигает 7,62 мм; у некоторых сортов клевера средняя длина трубки венчика равна 7,5 мм. Теперь речь идет о немногих миллиметрах, или даже долях миллиметра, чтобы подтянуть цветок клевера и хоботок пчелы друг к другу.

Оплодотворение

Процесс переноса пыльцы из тычинки на рыльце известен под названием опыления. Пыльцевые зерна, приставшие к рыльцу, начинают про-

растать. Оплодотворение осуществляется при слиянии двух половых клеток — мужской и женской. Между опылением и оплодотворением, т. е. слиянием гамет, проходит какое-то время. Продолжительность периода от опыления до оплодотворения различна у разных видов растений. Так, у некоторых видов ястребинки она составляет всего 45—90 минут, у хлопчатника — 18—20 часов, у некоторых растений — несколько дней, недель, месяцев и даже год.

Процесс прорастания пыльцевого зерна, попавшего на рыльце, протекает таким образом. Содержимое пыльцевого зерна, одетое питной, выпychивается через поры в экзине и образует пыльцевую трубочку, которая постепенно удлиняется и растет по каналу столбика или по особой проводящей ткани в столбике, направляясь в завязь. Направление роста пыльцевой трубки обуславливается, по-видимому, хемотропическим воздействием ткани столбика и семязпочек. Содержание пылинки — ее протоплазма с вегетативным ядром и генеративная клетка — переходят

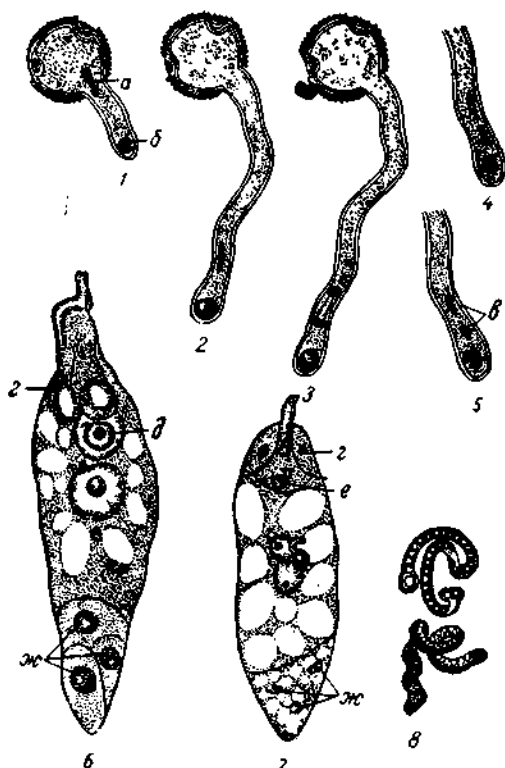


Рис. 153.

1—5—рост пыльцевой трубки и формирование спермиев (схематично); 6—двойное оплодотворение у лилии (*Lilium martagon*); 7—двойное оплодотворение у подсолнечника (*Helianthus annuus*); 8—спермий у него же; а—генеративное ядро; б—вегетативное ядро; в—спермий; г—синергиды; д—пйцеклетка; е—ядро пйцеклетки; ж—антиподы.

в растущий кончик пыльцевой трубки. Чаще всего в пыльцевой трубке, а иногда еще в пылинке генеративная клетка делится на две, но границы этих клеток не обнаруживаются, и в протоплазме пыльцевой трубки различны бывают лишь три ядра: ближе к растущему концу располагается вегетативное ядро, а за ним следуют два генеративных ядра, отличающиеся большей компактностью и вытянутой формой (рис. 153). Эти ядра называют спермиями. Достигнув завязи, пыльцевая трубочка растет по особой проводящей ткани ее; приблизившись к семязпочке, проникает в нее через пыльцевход; пройдя покровы и пучеллус, попадает в зародышевый мешок. В этот последний пыльцевая трубка проникает между его стен-

кой и одной из синергид. Синергида при этом часто разрушается. Прорыв в зародышевый мешок, конец пыльцевой трубки лопаются и из него выскальзывают вместе с плазмой оба генеративных ядра, вегетативное же ядро пыльцевой трубки разрушается. Затем одно из генеративных ядер входит в яйцеклетку и сливается с ее ядром; это слияние и составляет сущность процесса оплодотворения. Второе же генеративное ядро направляется к вторичному ядру зародышевого мешка и сливается с ним. Это слияние с центральным, вторичным ядром зародышевого мешка носит название **двойного оплодотворения**. Двойное оплодотворение было открыто русским ученым С. Г. Навашиным. Таким образом, в зародышевом мешке происходит двукратное слияние двух спермиев: одного — с яйцеклеткой, другого — с вторичным ядром зародышевого мешка. Из оплодотворенной яйцеклетки развивается зародыш с двойным (диплоидным) числом хромосом. Из оплодотворенного вторичного ядра зародышевого мешка развивается эндосперм, идущий на питание зародыша; синергиды и антиподы разрушаются. Так как вторичное ядро зародышевого мешка само является диплоидным, то после оплодотворения клетки эндосперма являются триплоидными.

Эти особенности строения и развития зародышевого мешка — двойное оплодотворение, триплоидный эндосперм — отличают покрытосемяные от высших голосемянных и ставят их в особое положение в системе растительного мира.

Оплодотворенная яйцеклетка одевается оболочкой и без какого-либо периода покоя делится поперечной перегородкой на две клетки. Верхняя из них, обращенная к пыльцевходу, делится поперечными, а у некоторых и продольными перегородками, дает **подошк**, прикрепляющий зародыш к стенке зародышевого мешка. Из нижней клетки развивается зародыш. Нижняя клетка делится тремя взаимноперпендикулярными перегородками и распадается на восемь клеток. Деления продолжают энергично и дальше, в результате чего получается шарообразное тело, построенное из мелких клеточек. Разрастаясь далее, оно у двудольных принимает двухлопастную форму. Каждая из лопастей является зачатком семядоли. Лопастни вытягиваются, и между ними закладывается точка роста стебля. Между семядолями и подвеском образуется подсемядольное колено и зачаточный корешок. На этой стадии развитие зародыша обычно останавливается, он достигает ее ко времени созревания семени. Таким образом, зародыш в семени обладает уже всеми вегетативными органами, присущими взрослому растению.

Одновременно с развитием зародыша происходит и развитие эндосперма. Совершается оно таким образом. Вторичное ядро зародышевого мешка, слившееся с одним из мужских генеративных ядер, начинает делиться. Деление это идет весьма энергично, и очень скоро в зародышевом мешке образуется большое количество ядер, которые располагаются по его стенке, в находящемся там слое протоплазмы. Ядра продолжают делиться и дальше. Вскоре между ними появляются перегородки, разбивающие весь постенный слой плазмы на отдельные клетки. Получается один слой клеток, выстилающих зародышевый мешок. Этот слой клеток образует первый слой ткани эндосперма. Клетки его продолжают делиться, создавая новые слои ткани по направлению к центру зародышевого мешка. Эндосперм продолжает развиваться до тех пор, пока совершенно не заполнит всю полость зародышевого мешка (рис. 154). В клетках эндосперма откладываются запасные вещества, главным образом крахмал и масло, которые сплошь заполняют его клетки. Ко времени дифференцировки зародыша весь зародышевый мешок заполняется тканью эндосперма. В процессе разрастания зародыша последний внедряется

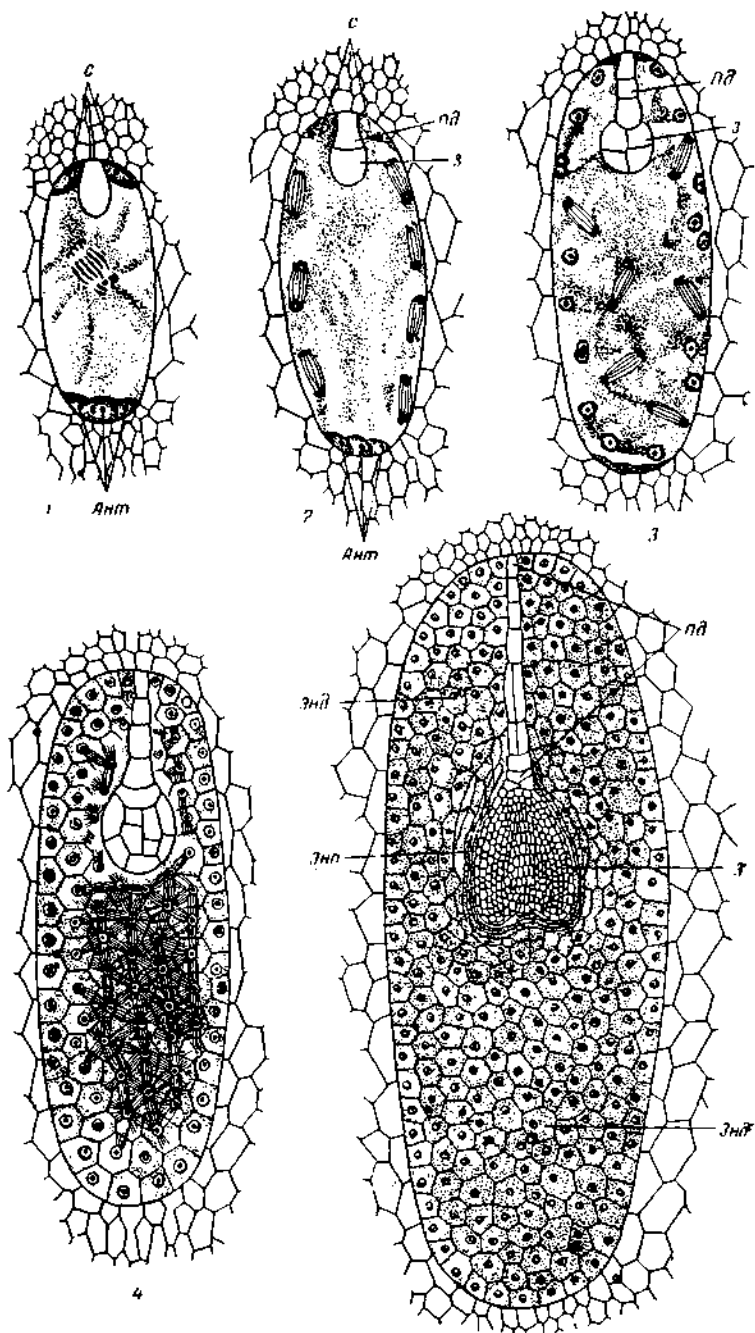


Рис. 154. Схема последовательного развития зародыша и эндосперма у двудольных.

с—синергиды; пд—подвесок; з—зародыш; ант—антиподы; энд—эндосперм, которым питается зародыш.

в эндосперм и растворяет его клетки и их содержимое при помощи выделяемых им ферментов. Запасные питательные вещества, находящиеся в эндосперме, идут на питание и рост зародыша. Можно сказать, что зародыш поглощает эндосперм. Это поглощение у многих растений идет до конца, и в зрелом семени от эндосперма ничего не остается (получаются так называемые безбелковые семена). У других растений эндосперм остается в большем или меньшем количестве и потребляется окончательно при прорастании семени (семена белковые).

В процессе развития вся семяпочка превращается в семя. Оболочки семени образуются из покровов семяпочки, а отчасти — из нуцеллуса. Завязь превращается в плод, стенки ее дают так называемый околоплодник. У некоторых растений в образовании плода принимают участие и другие части цветка.

Разобранный выше процесс полового размножения покрытосемянных является наиболее типичным и нормальным. Однако у многих представителей покрытосемянных наблюдаются те или иные отклонения от изложенного нами развития. Отклонения эти могут встречаться на разных стадиях, начиная от образования макроспор и до формирования семени.

Следует остановиться на некоторых, весьма интересных явлениях. Как известно из изложенного, развитие зародыша и эндосперма происходит в результате оплодотворения. Однако у некоторых растений зародыш возникает из яйцеклетки без оплодотворения. Это явление известно под названием *п а р т е н о г е н е з а* (от греч. партенос—девушка), (*генао*—рождение), что значит девственное рождение.

Примером партеногенеза у покрытосемянных может служить партеногенез у *Antennaria alpina*. Зародышевый мешок *Antennaria alpina* имеет нормальное строение, но при развитии его тетрады не образуются, и материнская клетка макроспор прямо становится материнской клеткой зародышевого мешка. Но так как не происходит редукционного деления, то все элементы мешка, в том числе и яйцеклетка, имеют диплоидные ядра. Яйцеклетка начинает делиться без оплодотворения и дает начало диплоидному зародышу. Диплоидность зародыша обусловлена тем, что из цикла развития выпадает редукционное деление. Такого рода партеногенез с диплоидной яйцеклеткой называют *д и п л о и д н ы м*, или *с о м а т и ч е с к и м*. Большинство случаев партеногенеза среди покрытосемянных относится к этому диплоидному партеногенезу. Он встречается у представителей многих семейств, в том числе у *Burmanniaceae*, *Compositae*, *Urticaceae* и др.

При этом у одних, как у *Antennaria alpina*, развитие зародышевого мешка происходит без образования макроспор, у других же оно наблюдается. Установлено также, что у покрытосемянных имеет место и настоящий гаплоидный, или генеративный, партеногенез, т. е. развитие яйцеклетки без оплодотворения с гаплоидным числом хромосом (*Datura*, *Nicotiana* и др.).

Иногда наблюдается развитие зародыша из других элементов зародышевого мешка: из синергид (у *Burmannia coelestis*, *Alchemilla sericata* из антипод (у *Allium odorum*). Подобные явления носят название *а п о г а м и и*.

Весьма своеобразные процессы образования семян без оплодотворения установлены у вида *Hieracium flagellare*.

В семяпочках развиваются нормальные, гаплоидные зародышевые мешки, но во время первых стадий их развития в халазальной части семяпочки одна из клеток нуцеллуса, примыкающих к мешку, начинает сильно разрастаться и вытесняет зародышевый мешок, становясь на его

место. Она дает начало новому зародышевому мешку, который имеет обычное строение, но является диплоидным, так как возникает из диплоидной клетки нуцеллуса, не претерпевающей редукционного деления. Явление это известно под названием а п о с п о р и и. В этом апоспорическом зародышевом мешке зародыш развивается без оплодотворения. У *Hieracium flagellare* наряду с апоспорическими существуют семяпочки и с нормальными гаплоидными зародышевыми мешками. Такое же явление наблюдается и у *Artemisia nitida*.

Развитие семян и плодов

Стимулом к развитию семян и плодов служит оплодотворение. После оплодотворения семяпочка (макроспорангий) развивается в семя, заключающее внутри себя зародыш и запасы питательных веществ для его развития.

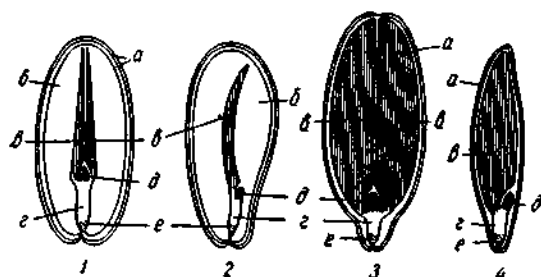


Рис. 155. Схематические разрезы семян.

1—двудольного растения с эндоспермом; 2—однодольного растения с эндоспермом; 3—двудольного без эндосперма; 4—однодольного без эндосперма; а—семенная кожура; б—эндосперм; в—семядоли; г—подсемядольное колено; д—почка; е—корешок.

У многих двудольных растений развивающийся зародыш потребляет почти весь эндосперм (остается обычно лишь один периферический слой эндосперма) и заполняет все семя. Запасные питательные вещества для развития растений при прорастании семян откладываются у них в семядолях, которые вследствие этого становятся толстыми и мясистыми (рис. 155). Такие семена известны под названием безбелковых (без эндосперма) и характерны для большинства мотыльковых, сложноцветных, крестоцветных, тыквенных, розоцветных и др.

У других же растений, наоборот, семядоли небольшие, и запасные питательные вещества откладываются в хорошо развитом эндосперме. Семена с эндоспермом (или белковые) характерны для злаков, лилейных, пасленовых, зонтичных и др.

У многих родов из семейств маревых, гвоздичных, кувшинковых, перечных, канновых, имбирных и др. сохраняется и развивается нуцеллус, который наполняется запасными питательными веществами и образует так называемый п е р и с п е р м (от греч. пери—кругом, сперма—семя).

Форма и расположение зародыша в семени характерны для различных таксономических групп, наследственно устойчивы и являются хорошим систематическим признаком.

Вес семян варьирует от сотых долей миллиграмма (у некоторых орхидей) до 15 кг (у пальмы *Lodoicea*).

Число семян в плодах также бывает весьма различным — от одного до многих тысяч. Число их зависит от количества семяпочек в завязи и от успешности их оплодотворения. У некоторых растений из нескольких оплодотворенных семяпочек лишь одна развивается в семя; это объясняется тем, что она перехватывает питательные вещества и подавляет развитие всех остальных.

Обычно, как правило, в семени образуется один зародыш, однако в виде исключения их может быть два и больше. Это явление известно под названием п о л и э м б р и о н и и; она возникает в результате обра-

звания нескольких зародышевых мешков, нескольких яйцеклеток, развития придаточных зародышей без оплодотворения из синергид, антипод, клеток нуцеллуса, покровов и т. п.

Биологические особенности семян

Биологической функцией семян является обеспечение воспроизведения и расселения растений. Вместе с тем в состоянии семени растение переживает неблагоприятное время года — зиму и летнюю жару и засуху.

В соответствии с этими биологическими функциями семена характеризуются следующими свойствами:

1) накапливают запасы питательных веществ для развития молодого растения в первые периоды жизни, когда оно еще не может вести самостоятельное существование;

2) обладают достаточной устойчивостью к неблагоприятным внешним условиям.

В неблагоприятных условиях семена пребывают в состоянии внутреннего покоя, т. е. сохраняют свои жизненные функции при чрезвычайно замедленных процессах. Это особенно важно, так как семена служат для распространения растений не только в пространстве, но и во времени: есть семена, которые даже и в очень благоприятных условиях долго не прорастают; это дает возможность растению страховать себя от случайных неблагоприятных условий жизни. Важную роль в предохранении семян от прорастания играет оболочка семени.

У семян некоторых бобовых оболочка совсем непроницаема для воды; такую оболочку имеют так называемые *неразбухающие семена*. Подобные семена могут находиться долгое время в воде, совершенно не впитывая ее в себя. Но стоит у этих семян поранить оболочку и открыть доступ воды внутрь, как быстро происходит их разбухание, а затем и прорастание.

Это свойство семян объясняется присутствием у них особого слоя на поверхности оболочки, получившего название *призматического* (из-за формы его клеток). Клетки этого слоя имеют массивные, утолщенные и опробковевшие стенки.

В связи с этими особенностями семена с такими оболочками перед посевом нужно протереть с песком, чтобы поранить стенки и обеспечить их лучшую всхожесть. Такую операцию проводят перед посевом некоторых видов клеверов. Семена с подобной защитой отличаются большой устойчивостью к воздействию неблагоприятных внешних условий.

О силе устойчивости к неблагоприятным условиям жизни свидетельствуют наблюдения над семенами диких видов люцерны (*Medicago*), плоды которых получили название «шерстяных вшей», так как они своими прицепками крепко держатся и портят шерсть овец. Было отмечено, что эти семена сохраняли свою всхожесть после извлечения из шерсти южноамериканских овец, подвергшейся кипячению в течение $1\frac{1}{2}$ часов, а потом промывке аммиаком и серной кислотой, а также еще более сильным воздействием (сухому нагреванию при 100° в течение 17 часов и получасовому нагреванию при 120°).

Большая устойчивость к нагреванию свойственна семенам растений, произрастающих в пустынных условиях, где в сухое летнее время на поверхности почвы бывает очень высокая температура.

Продолжительность сохранения всхожести семян у разных растений значительно варьирует. Так, у них всхожесть сохраняется лишь в течение нескольких дней. У некоторых видов кислиц (*Oxalis*) семена должны высеваться сразу же после раскрытия плода, иначе высыхание их убивает.

Обыкновенно же всхожесть семян исчисляется одним или несколькими годами.

Приводимые в старой ботанической и популярной литературе данные о том, что прорастали даже семена, пролежавшие несколько тысячелетий в египетских гробницах, неверны и основаны на грубых ошибках.

Наибольшее время сохранения всхожести отмечено у семян *Cassia bicapsularis* подсемейства цезальпиниевых (*Caesalpinoideae*), семейства бобовых (*Leguminosae*). У этого вида всхожесть сохранялась в течение 85 лет. Есть указание, что предельный срок сохранения всхожести у некоторых видов бобовых достигает 150—250 лет.

Тот факт, что семена с течением времени теряют свою всхожесть, свидетельствует об отсутствии в них полного покоя. Жизненные процессы внутри них медленно совершаются и приводят к старению и смерти клеток.

Условия прорастания семян

Основным условием для прорастания сухих семян является проникновение воды: вода дает толчок к разнообразным жизненным процессам, с которыми связано прорастание, и обеспечивает самую их возможность.

Прорастание семян каждого вида растений протекает при определенных температурных условиях (оптимум, максимум и минимум). Температурные границы для ряда растений представлены в табл. 3.

Таблица 3

	Минимум	Оптимум	Максимум
Рожь	0—4,8°	25—31°	31—37°
Пшеница	0—4,8°	25—30°	31—37°
Подсолнечник	4,8—10,5°	31—37°	37—44°
Тыква	10,5—15,6°	37—44°	44—50°
Огурцы	15,6—18,5°	31—37°	44—50°

Есть семена, которые прорастают только в темноте или при действии света. При различной комбинации внешних условий отношение семян к отдельным факторам может сильно меняться. Так, например, установлено, что для прорастания семян подбережника (*Lythrum salicaria*) необходим свет, но при температуре в 30° достаточно освещения в течение $\frac{1}{10}$ секунды, чтобы обеспечить массовое прорастание в течение суток.

У некоторых видов семена после уборки должны пролежать некоторое время в состоянии кажущегося внешнего покоя. В этот период происходит окончательное развитие зародыша и созревание семян. У других видов (крыжовник) для успешного прорастания семян нужно подвергать действию мороза. Большое влияние на прорастание оказывают также химические раздражители. Так, например, семена некоторых болотных растений (стрелолиста—*Sagittaria sagittifolia*, частухи—*Alisma plantago-aquatica*) прорастают только в том случае, если в воде есть бактерии, которые выделяют продукты своей жизнедеятельности. Семена свеклы, моркови, табака, кукурузы хорошо прорастают при чередующейся температуре: в течение 10 часов температура 18° и 14 часов 28°.

Весьма своеобразные условия прорастания злостного сорно-полевого растения—овсяга (*Avena fatua*). Семена этого растения приобретают способность к прорастанию лишь после известного периода покоя в несколько месяцев, так что прорастание их приходится на весну следующего

года. Дружному появлению всходов способствует предшествовавшее влияние зимних морозов, а также частичное поранение покровов зерна при обработке почвы. Однако и весной прорастание семян овсяга может быть задержано, если на поле в это время находится озимая культура с характеризующим ее густым и быстро развивающимся травостоем. Такая задержка в прорастании семян крайне благоприятная для овсяга, потому что среди озимой ржи его всходы могут легко заглушаться (их можно уничтожить полкой и выделить сортировкой семян после уборки ржи). Лежащие в почве семена овсяга при этом не погибают, а остаются до следующей весны, когда их всходы могут найти для своего развития более благоприятные условия под покровом яровой культуры. Прорастание семян овсяга растягивается на много лет. В течение этого времени, находясь в почве, они не теряют своей жизнеспособности и способности к прорастанию при подходящих условиях среды. Все это крайне затрудняет борьбу с этим злостным сорняком полей.

Типы плодов

После оплодотворения происходят изменения как в семяпочке, которая превращается в семя, так и в завязи и многих других частях цветка, которые дают начало образованию плода (*fructus*). Плод, образованный одним только пестиком, принято называть настоящим, а образованный несколькими пестиками одного цветка — с б о р н ы м, или с л о ж н ы м (таковы плоды у малины, ежевики, лютика и др.); если в образовании плода принимают участие не только пестик, а и другие части цветка (цветоложе, околоцветник), то плод будет л о ж н ы м.

Плод выполняет две важные биологические функции — защищает семена и зародыш от уничтожения и способствует распространению семян. Так как в распространении семян принимают участие как факторы внешней среды (ветер, вода), так и птицы, животные и человек, то это и определяет большое разнообразие в устройстве плодов. Стенки настоящего плода, окружающего семени, называются о к о л о п л о д н и к о м.

Все настоящие плоды, т. е. плоды, происшедшие из завязи, подразделяют на основании строения околоплодника на с у х и е и с о ч н ы е. Сухие плоды имеют сухой, деревянистый или кожистый околоплодник; у сочных же весь околоплодник или его часть сочная или мясистая. Сухие плоды в свою очередь делят на раскрывающиеся и нераскрывающиеся, а также различают их еще по способам раскрытия. Сочные плоды подразделяют на ягоды и костянки.

Н е р а с к р ы в а ю щ и е с я с у х и е п л о д ы. Орехом, или орешком, называется нераскрывающийся плод с одним свободнележащим семенем в твердом деревянистом околоплоднике. Примером растений с таким типом плодов является лещина, или орешник (*Corylus avellana*), дуб, лютик и др.

С е м я н к а (*achaeonium*) — такой же плод, но с кожистым околоплодником, не сросшимся с семенем. Семя одно. Семянки свойственны сложноцветным и розоцветным. Она широко известна по семянкам подсолнечника.

З е р н о в к а (*caryopsis*) характерна для злаков (ячменя, пшеницы и др.). Кожистый околоплодник у нее плотно срастается со стенками единственного находящегося внутри их семени.

К р ы л а т к а имеет околоплодник ореховидного или семянковидного типа, но разрастающийся в крылатый придаток. Такой тип плода характерен для ясеня, вяза, березы.

Р а с к р ы в а ю щ и е с я с у х и е п л о д ы. Раскрывающиеся плоды характеризуются тем, что при созревании раскрываются различными

способами и семена освобождаются. В зависимости от способа раскрывания образуются различные типы сухих плодов. К этой группе плодов относятся листовка (foliculus), б о б (legumen), с т р у ч о к и с т р у ч о ч е к (siliqua и silicula) и к о р о б ч к а (capsula) (рис. 156).

Л и с т о в к о й называется одногнездный плод, состоящий всего из одного плодолистика и открывающийся одной трещиной вдоль линии прикрепления семян. Этот тип плода характерен для семейства лютиковых (Ranunculaceae) розоцветных (Rosaceae) и др.

Б о б—одногнездный плод, образованный одним плодолистиком; отличается от листовки тем, что вскрывается от вершины к основанию

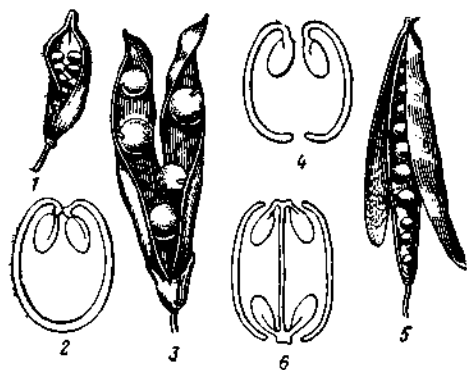


Рис. 156. Плоды и схемы вскрывания их (на поперечном разрезе).
1—2—листовка; 3—4—боб; 5—6—стручок.

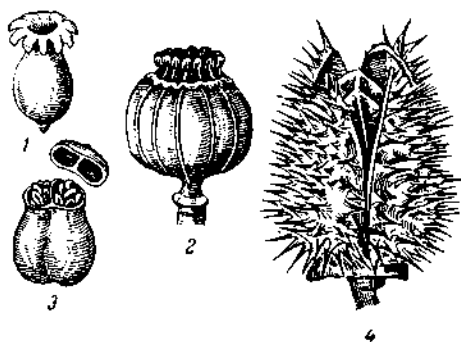


Рис. 157. Коробочки и способы их вскрывания.

1—зубчиками (у первоцвета); 2—дырочками (у мака); 3—крышечкой (у белены); 4—створками (у дурмана).

двумя створками по брюшному и спинному швам. Семена прикреплены вдоль брюшного шва. Плод многосемянный и редко односемянный. При вскрывании сухого плода часто створки мгновенно закручиваются и семена разбрасываются. Форма боба у разных родов сильно варьирует. Этот тип плода свойствен семействам мотыльковых, цезальпиниевых и мимозовых.

С т р у ч о к и с т р у ч о ч е к—двухгнездный плод, образованный двумя сросшимися плодолистиками и вскрывающийся от основания к вершине двумя отпадающими створками по швам, между которыми остается перегородка с семенами. При этом створки отваливаются, а перегородка остается на растении. Плод многосемянный (иногда двухсемянный). Семена прикреплены не к створкам, как у боба, а к краям ложной перегородки. Если длина плода превышает ширину в 4 и более раз, то его называют стручком, если менее—стручочком. Форма плода сильно варьирует. Часто на вершине стручка имеется длинный мечовидный или острый носик. Стручок характерен для семейства крестоцветных (Cruciferae) и других близких к нему.

К о р о б ч к а—весьма распространенный тип плода, возникает из двух или нескольких сросшихся плодолистиков. Обычно коробочка многогнездная и реже одногнездная. Способы раскрывания коробочки весьма разнообразны: с т в о р к а м и (у хлопчатника, льна, прыгунца, клеверины и др.); з у б ч и к а м и на вершине плода, как у многих гвоздичных; д ы р о ч к а м и, как у видов мака, колокольчиков; к р ы ш е ч к о й, отчленивающейся поперечно на верхушке плода, как у белены (рис. 157).

Вскрывание коробочки происходит после созревания семян, вследствие подсыхания некоторых клеток и неравномерных натяжений. У не-

которых растений в очень влажном воздухе и во время дождя коробочки снова закрываются, у других же в степных и пустынных районах они, наоборот, раскрываются в сырую погоду, так как выгоднее рассеивать семена в сырую погоду. Способы раскрывания коробочек являются наследственно закрепленными и служат систематическим признаком для соответствующих групп растений.

Сухие плоды, происходящие из двух или большего количества завязей и распадающиеся по созревании продольно по гнездам на отдельные плодики, называются **д р о б н ы м и**; они свойственны многим зонтичным, кленовым, губоцветным, бурачниковым, мальвовым и др. (рис. 158).

К дробным же плодам относятся удлинённые многосемянные сухие плоды, разламывающиеся по созревании по поперечным (ложным) перегородкам на отдельные односемянные членики. Их иногда называют также **ч л е н и с т ы м и** плодами. Они встречаются у дикой редьки, сарделлы и др.

Сочные плоды. Сочные плоды представлены ягодами (bacca) и костянками (drupe). У ягод весь околоплодник, кроме наружного слоя, мясистый и сочный и заключает в себе несколько или много семян, снабженных иногда жесткой кожурой. Типичными ягодами являются

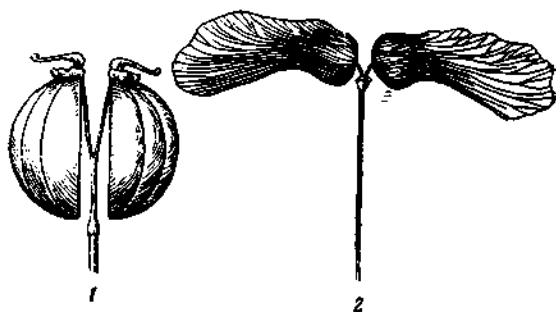


Рис. 158. Дробные плоды.

1—у чины; 2—у клена.

виноград, смородина, крыжовник, клюква, брусника, черника, барбарис, томаты, баклажаны и др. Кроме типичных ягод, сюда же относятся различные ягодообразные плоды: тыква, арбуз, дыня, огурец, апельсин, лимон, мандарин, яблоко, груша, айва, рябина и др.

У тыкв, арбузов, дынь, огурцов наружная часть околоплодника более твердая, чем внутренняя.

У апельсинов, лимонов, мандаринов и других цитрусовых самая наружная часть околоплодника окрашена и имеет эфирно-масляные вместилища; средняя часть сухая, губчатая и белая, внутренняя—мясистая и сочная.

У яблок, груш, айвы, рябины и др. околоплодник состоит из наружной мясистой части, образованной разросшимся цветоложем, и внутренней перепончатой части, образованной плодолистиками; обе эти части тесно срослись между собой.

К о с т ы н к и образуются из одного или нескольких плодолистиков. Плод одногнездный и односемянный, зрелый околоплодник обычно сочный, окрашенный. Околоплодник делится на **в н у т р и п л о д н и к**—твердый, деревянистый (косточка), и **в н е п л о д н и к**—большой частью сочный (сливы, вишни, абрикосы, персики) или сухой, несочный (миндаль, грецкий орех), волокнистый (кокосовая пальма). Плод малины, ежевики представляет сборную костянку, так как состоит из большого числа мелких костянок. Хотя «семечко» сборной костянки по внешности может быть сходным с семечком ягоды, но твердая стенка ягоды всецело развивается из семяночек, костянка же есть часть завязи; самое же семечко имеет лишь кожистую или пленчатую кожуру.

Л о ж н ы м и плодами называют также, которые образуются не только пестиком, но и другими частями цветка. Например, у земляники

сочная съедобная часть образована разрастающимся цветоложем, а из пестиков развиваются мелкие семянки, сидящие на поверхности такой ложной ягоды (рис. 159). У шиповника сочная часть образована тоже вогнутым цветоложем; у бука, каштана в состав плода входит также плюска, обрастающая орех и образованная разросшейся осью соцветия и прицветниками.

Ложными плодами часто называют яблоко, грушу и другие подобные им плоды. В таких плодах плодолистики образуют только внутреннюю, жесткую, перепончатую или хрящеватую часть околоплодника; наружная же, более мощная мясистая часть его развивается из цветоложа, срастающегося с плодолистиками и образующего вместе с ними нижнюю завязь.

Соплодием называется такой плод, в котором несколько плодов, образовавшихся из отдельных цветков целого соцветия, срастаются вместе, превращаясь как бы в один плод. Типичным соплодием является так называемая туповая ягода шелковицы, которая состоит из сросшихся ложных плодов, образованных разросшимися околоцветниками. Соплодием являются также «клубочки» свеклы, «ягоды» инжира, ананаса и др.

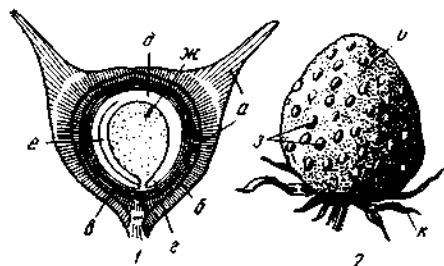


Рис. 159. Ложные плоды.

1—шиповника: а—разросшийся околоцветник, б—околоплодник, в—семенная кожура, г—корецко зародыша, ж—подсемядольное колено, з—семядоли, ж—перисперм; 2—земляники: з—отдельные плодики, и—мясистое цветоложе, к—чашечка.

Наиболее распространенными плодами являются сухие плоды с раскрывающимися околоплодниками; они свойственны приблизительно половине всех семейств покрытосемянных растений. Далее следуют по распространенности плоды с сухим нераскрывающимся околоплодником. Более редко встречаются ягдовидные плоды и еще реже — плоды-костянки.

Способность образовывать ту или иную форму плода характеризует целые группы растений. Так, например, у гвоздичных, крестоцветных, мотыльковых, зонтичных и др. мы встречаем почти исключительно сухие плоды, притом определенного типа для каждого семейства; для мотыльковых растений характерным является б о б, а для крестоцветных — стручок и стручочек и т. п. Розоцветные, спаржевые и некоторые другие имеют тенденцию к образованию сочных плодов. Однодольные характеризуются большим разнообразием плодов.

Степень плодовитости цветковых растений

Степень плодовитости разных растений варьирует в широких пределах. Так, например, одно растение обычных хлебных злаков (ржи, пшеницы, ячменя, овса) в очень хороших условиях может дать в год около 2000 семян. Между тем малоплодовитые сорные растения дают до 15 000 семян, а средние и высокоплодовитые — до 100 000 семян и более. Так, белая лебеда, двудомная крапива, подсолнечниковая заразиха дают до 100 000 семян на одно растение, полынь-чернобыльник — до 150 000, белена — до 450 000, щирица (*Amaranthus retroflexus*) — до 500 000, гулявник (*Descurainia sophia*) — до 730 000 семян. Наиболее плодовитыми являются некоторые деревья, например тополь может образовать в год до 27—28 млн. семян.

Распространение семян и плодов имеет большое значение для судьбы растений, которые живут прикрепленными к земле. Возможно более далекое расселение семян обеспечивает наряду с другими факторами лучшую сохранность данного вида, так как позволяет ему заселить большую площадь и ослабить конкуренцию среди его потомства. Для достижения этих целей у растений образовалась масса разнообразных приспособлений, обеспечивающих распространение семян и односемянных нескрывающихся плодов.

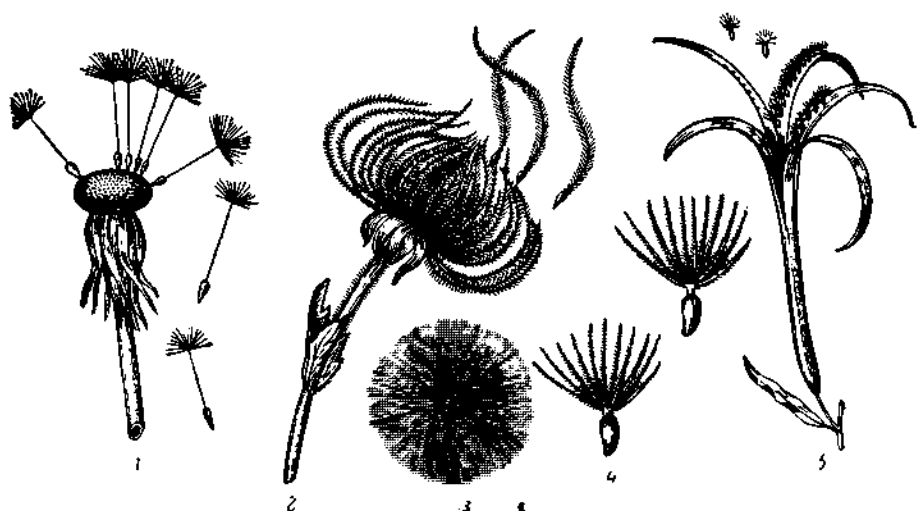
Факторами распространения семян и плодов являются воздушные течения, вода, животные и человек, а также некоторые особенности строения плодов, обеспечивающие разбрасывание семян.

Приспособление к распространению воздушными течениями (ветром) осуществляется в двух главных направлениях: во-первых, путем уменьшения веса семян и, во-вторых, путем развития летучек, волосков и других приспособлений для парения в воздухе. Семена многих растений из семейств орхидных, вересковых, горечавковых, заразиховых и др. настолько малы и легки, что могут легко держаться в воздухе и переноситься ветром на большие расстояния. Малые размеры и небольшой вес семян являются приспособлением к распространению воздушными течениями. Однако у этих семян слабо развит зародыш и имеется мало питательных веществ для его развития в первые дни самостоятельного существования. Поэтому природа пошла и по другому пути: у более крупных семян образовались волоски или крылатые выросты, облегчающие их парение в воздухе, перенос их ветром и замедленное падение (рис. 160). Семена с волосками имеет хлопчатник, осина, ива, одуванчик, осот и др. Крылатые выросты имеются на плодах ясеней, вязов, кленов, берез, ольх, щавелей, сосен, елей и др. Ту же роль играет верхушечный лист при соцветиях лип. Семена и плоды, распространяемые ветром свойственны деревьям: семена на деревьях находятся на большой высоте, и поэтому небольшого ветра бывает достаточно, чтобы падающие семена с большой высоты отнесли на большое расстояние.

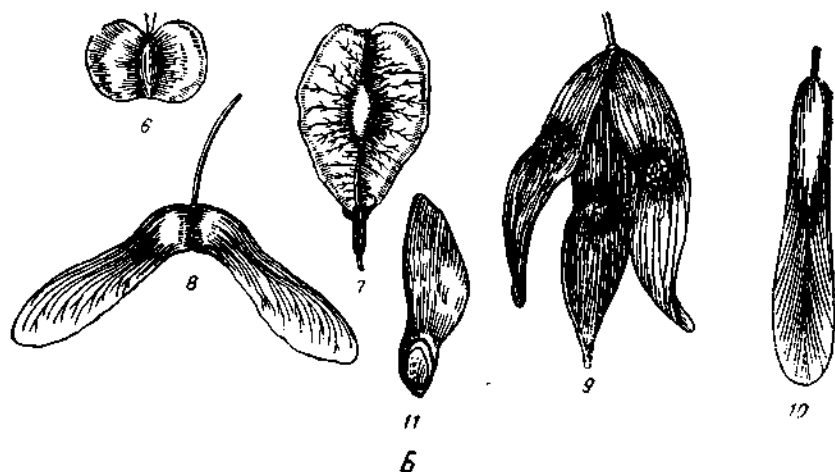
Семена и плоды многих болотных и водных растений распространяются водой; у них часто имеются различные выросты и вздутия, способствующие переносу их водой. Эти семена без вреда могут выносить длительное пребывание в воде.

Семена многих растений распространяются животными, особенно птицами и насекомыми. У многих растений, распространяемых животными, семена и плоды снабжены различными прицепками: крючковатыми волосками, шипами, шершавыми неровностями, клейкой поверхностью и прочими приспособлениями, благодаря которым семена и плоды легко пристают к шерсти животных, перьям птиц. Так распространяется череда, липучка, релейник, морковь, некоторые подмаренники, лопухи и многие другие растения. Животными могут распространяться и совершенно гладкие семена, которые прилипают вместе с грязью к ногам животных и лапам птиц. Семена могут распространяться при помощи животных и по типу взаимного обмена услугами, какой имеет место при опылении, т. е. растение привлекает животных, главным образом птиц, съедобными плодами, семена которых снабжены прочной кожурой. Такая кожура предохраняет семена от действия пищеварительных соков, поэтому они выходят из желудочно-кишечного тракта неповрежденными вместе с экскрементами и падают на значительном расстоянии от места своего созревания. Так именно распространяются семена растений, имеющих сочные и ярко окрашенные плоды (ягода, костянка), издали привлекающие птиц.

Наконец, многие растения разбрасывают семена и самостоятельно благодаря особым приспособлениям. Механизм разбрасывания семян основывается на антагонистическом напряжении отдельных слоев околоплодника. В сухих плодах наружные и внутренние слои последнего при высыхании сокращаются неодинаково, однако удерживаются в равновесии, пока,



А



Б

Рис. 160. Приспособления к распространению плодов и семян.

А—семена (3 и 5) и плоды (1, 2 и 4) с волосистыми летучками: 1—одуванчик, 2—гравилата, 3—хлопчатника, 4—чертополоха, 5—нипре; Б—плоды с крылатыми выростами: 6—березы, 7—вица, 8—клена, 9—айланта, 10—ясня, 11—крылатое семя сосны.

наконец, напряжение не возрастает до такой силы, что околоплодник сразу разрывается и разбрасывает семена. По такому типу происходит разбрасывание семян у желтой акации (*Caragana arborescens*). В сочных плодах, например у недотроги (*Impatiens nolitangere*), у крымского бешеного огурца, моментальное раскрытие околоплодника, сопровождающееся выбрасыванием семян, является также результатом напряжения тканей, в данном случае под влиянием повышенного тургора.

Некоторые степные и полустепные растения по вызревании плодов отламываются от своей подземной части и гоняются ветром по степи на больших пространствах; сухие стебли многих растений иногда сцепляются вместе в большие шары. Группа растений с таким способом рассеивания семян носит название перекасти-поле. К ним относятся кермеки (*Statice*), верблюжья трава (*Alhagi camelorum*), курай (*Salsola kali*), клоповник (*Lepidium ruderale*) и др.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕМЯН И ПЛОДОВ У СОРНО-ПОЛЕВЫХ РАСТЕНИЙ

Вся группа сорно-полевых растений приспособлялась к культурным растениям в период зарождения земледелия, поэтому на этой группе можно изучать процесс эволюции. Кроме того, знание условий происхождения сорных растений на культурных полях представляет и непосредственный практический интерес.

Сорно-полевые растения делят на следующие три группы:

- а) семена и плоды созревают одновременно с созреванием семян культурных растений;
- б) семена и плоды созревают до уборки урожая культурных растений;
- в) семена и плоды созревают после снятия урожая культурных растений.

Наиболее приспособленной к культурным растениям является первая группа сорных растений, семена и плоды которой созревают вместе с культурными растениями, при обмолоте вместе с ними попадают в амбары и опять высеваются в поле при следующем посеве. Эволюция растений этой группы шла в направлении возникновения семян, сходных по весу и объему с семенами культурных растений. Так, к жизни среди посевов льна приспособились специальные виды плевела (*Lolium linicola*), рыжика (*Camelina linicola*), торицы (*Spergula maxima* и *S. linicola*) и др. Этим растениям даже дано большей частью видовое название—*linicola*, что значит «живущие среди льна».

Особенно важное значение имеет близость семян и плодов у сорняков с культурными растениями по «парусности», т. е. способности одинаково держаться на воздухе при отвеивании. Однако нередко сходство распространяется на размеры, вес, форму и окраску семян и плодов. Получаются оригинальные явления мимикрии в растительном мире.

До каких пределов может доходить сходство семян сорняков с культурными растениями, показывают следующие примеры. В посевах чечевицы распространена сорная вика (*Vicia sativa*). Е. И. Барулиной обнаружена вика, которая имеет плоские семена, совершенно сходные с семенами чечевицы по форме и окраске. Что касается веса и диаметра, то по этим признакам подражающая вика почти совершенно не отличается от чечевицы, поэтому их нельзя разделить никакими сортировками (рис. 161). В некоторых областях, где возделывается чечевица, вместо чечевицы в соответствующем посеве оказывался распространенным этот сорняк, который по неведению и возделывался. Этот факт служит примером, как сорняк может подменить само культурное растение.

Относительно засорения семян мака схожими с ним семенами белены (*Hyoscyamus agrestis*) (рис. 162) в литературе имеются следующие сведения. Осенью 1910 г. в разных местах Австрии большую сенсацию произвели неоднократные случаи отравления целых семейств вследствие употребления мака. Анализы образцов показали, что весь мак, ввезившийся в Австрию, засорен ядовитыми семенами белены. В отдельных образцах на 100 г мака приходилось 1645 и даже 2345 семян белены, тогда как,

по некоторым указаниям, достаточно 15—20 этих семян, чтобы отравление детей было смертельным.

Из сорняков второй группы, которые рассеивают свои семена и плоды до снятия с поля культурного растения, можно указать овсюг (*Avena*

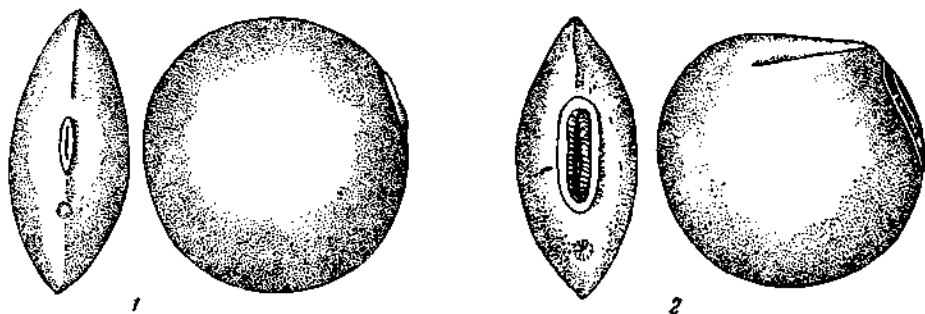


Рис. 161. Семена чечевичи (1) и сорной впки (2).

fatua и близкие к нему виды). Овсюг опасен тем, что осыпает свои зерна и заражает почву еще до того, как созревают яровые хлеба (ячмень, пшеница). В колосках овсюга имеются особые сочленения, по которым зерна его при созревании легко отделяются (в месте отделения на зерне находится след в виде подковки) (рис. 163). Крайне способствует распространению овсюга еще и раннее созревание и осыпание зерен овсюга, а также особенности их прорастания.

Третья группа сорняков слабо растет в высоту, скрываясь внизу под пологом куль-



Рис. 162. Семена мака (1) и белены (2).

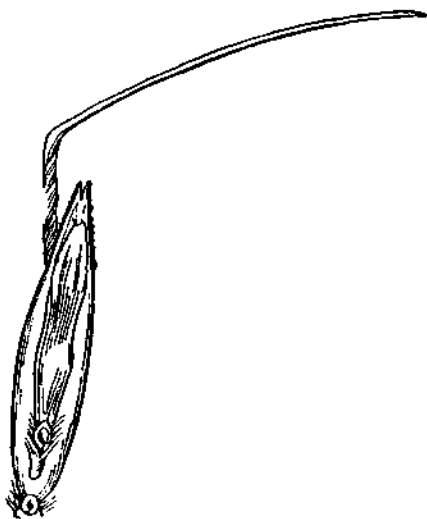


Рис. 163. Колосок овсюга. Внизу подковка.

турного растения и потому сравнительно мало страдает при снятии урожая. Но после удаления культурного растения эти сорняки на просторе быстро развиваются и приносят семена. Представителем этой группы сорняков является просянка, или мышей (*Setaria*). Только совершенной обработкой полей можно бороться с этими злостными сорняками.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАСТЕНИЙ ЧЕЛОВЕКОМ

На наиболее далекие расстояния переносит растения человек. Он способствовал распространению растений из различных частей света. Так, из Северной Америки были завезены в Европу и широко распро-

странены виды щирицы (*A. albus*), энотера (*Oenothera biennis*), элодея, или водная чума (*Elodea canadensis*), пахучая ромашка (*Matricaria suaveolens*) и др. Из Центральной Азии в Европу занесен дурман (*Datura stramonium*) и др., из Восточной Азии—аир (*Acorus calamus*) и др. Из Европы перенесены в Северную Америку и широко распространились подорожник большой (*Plantago major*), пырей ползучий (*Agropyrum terens*), куколь (*Agrostemma githago*), мокрица (*Stellaria media*) и др. В Южную Америку из Старого Света завезена и распространена дикая люцерна (*Medicago denticulata*), артишоки (*Cynara cardunculus*) и др. Много растений завезено из Старого Света и Америки в Австралию. В Новой Зеландии прижилось свыше 500 видов цветковых растений, завезенных в 1796 г.

Многие полевые сорняки, как васильки (*Centaurea cyanus*), живокость (*Delphinium consolida*), куколь (*Agrostemma githago*) и др. распространились, по-видимому, с культурными растениями.

Некоторые сорняки, засоряющие определенные культуры, возникли, по-видимому, тоже в условиях культуры путем естественного отбора из диких или даже культурных растений. Например, льняной рыжик (*Camelina linicola*), засоряющий посевы льна, возник, по исследованиям русского ботаника Н. В. Цингера, из ярового культурного рыжика (*Camelina glabrata*), семена которого случайно попали в лен и высевались вместе с ним.

Путем естественного отбора в условиях, созданных человеком для культурных растений, возникли многие другие виды или расы растений, засоряющие те или иные культуры. Среди семян культурных растений удерживались и высевались вместе с ними те формы сорняков, которые созревали одновременно с данной культурой и имели семена по форме, объему и весу одинаковые с семенами культурных растений.

Деятельность человека проявлялась не только в переносе растений на огромные расстояния в новые страны, но и в получении новых видов культурных растений путем отбора определенных форм растений и выращивания их в более благоприятных условиях, а также путем скрещивания с другими формами.

ЗНАЧЕНИЕ СКРЕЩИВАНИЙ В ПРОИСХОЖДЕНИИ ВИДОВ РАСТЕНИЙ И В ПОЛУЧЕНИИ НОВЫХ СОРТОВ ИХ

Скрещивание растений в естественных условиях является могучим фактором в образовании новых форм и даже видов растений. Помимо естественных скрещиваний, широко распространенных в природе в различных отраслях растениеводства применяют искусственное скрещивание. Скрещивание двух особей, различающихся между собой большим или меньшим количеством признаков, называется гибридизацией (от лат. гибридум—имеющий двойное происхождение). Этот термин применяется независимо от степени систематического родства форм, взятых для скрещивания: это могут быть разные сорта, разные разновидности, разные виды и даже разные роды. Если взятые для скрещивания формы явно отличаются по морфологическим или биологическим признакам, их потомки называются гибридами. Самая существенная разница между гибридами, полученными в результате скрещивания близких форм (сорт, расы и разновидности), и гибридами от скрещивания далеких форм (родов, а иногда и видов) заключается в том, что гибриды между близкими формами являются, как правило, нормально плодовитыми, а гибриды между родами и некоторыми видами—бесплодными (стерильными). Бесплодие может быть полным, т. е. и женские, и мужские половые элементы не образуются, или частичным, когда гибрид образует очень небольшое

количество семян как в пределах данного гибридного поколения, так и при опылении гибридов пыльцой родительских форм или других видов и родов.

Обычно для искусственного получения гибридов приходится прибегать к ряду довольно тонких операций по опылению, причем степень сложности зависит от биологических особенностей растения. Так, например, если растения двудомны, то операция состоит только в своевременном нанесении пыльцы с мужских растений на рыльце женских растений другого сорта. Довольно простой является операция скрещивания и у однодомных растений с разнотелыми цветками (кукуруза и др.). При этом одновременно удаляют мужские соцветия до созревания пыльников и до распускания рылец. После того как рыльца выйдут из листовой обертки, на них наносят пыльцу с мужских соцветий другого сорта. В обоеполых цветках заранее удаляют пыльники (кастрируют цветки) и во избежание опыления неизвестной пыльцой кастрированные цветки (или соцветия) изолируют, надев на них пергаментные или матерчатые мешочки. Спустя 2—5 дней после того, как созреют рыльца, на кастрированные цветки наносят зрелую пыльцу отцовского растения, а затем опять надевают изоляторы и оставляют их на растении до оплодотворения и образования семян.

Первые искусственные растительные гибриды были получены в 1719 г. при скрещивании двух видов гвоздик (*Dianthus caryophyllus* и *D. barbatus*). Родиной научно поставленных работ по гибридизации растений является наша страна, где еще во второй половине XVIII века производил свои опыты в Российской академии наук Кельрейтер. В сводном труде «Учение о поле и гибридизации растений», опубликованном на русском языке только в 1940 г., он излагает свои опыты по внутривидовым и межвидовым скрещиваниям: им были описаны многие растительные гибриды, установлено явление более мощного развития гибрида (гетерозис), явление стерильности и многие другие важные факты.

Широко применял гибридизацию в селекции растений И. В. Мичурин. Его обширные работы по скрещиванию древесных плодово-овощных, ягодных, овощных и декоративных растений привели к выведению многочисленных практически ценных сортов растений. И. В. Мичурин использовал гибридизацию растений как метод коренного изменения сортамента отечественного плодоводства и ягодоводства.

В результате применения гибридизации И. В. Мичурин получил свыше 300 сортов плодовых и ягодных культур и передвинул далеко на север многие ценные плодовые культуры.

Гибридизация имеет огромное значение и применение в практике растениеводства. Многие наши сорта культурных растений являются гибридами, получившимися естественно в природе или выведенными путем искусственных скрещиваний. В настоящее время в больших размерах производятся скрещивания не только плодовых растений, но и пищевых, кормовых, декоративных, лекарственных и многих других растений.

Наиболее легко получают гибриды между сотами, расами и разновидностями, относящимися к одному виду. Гибриды между видами образуются реже; потомство от этих скрещиваний большей частью мало плодотворно. Гибриды между родами—еще более редкое явление. В большинстве случаев такие гибриды совершенно стерильны.

Современной наукой решен чрезвычайно большой вопрос восстановления плодотворности экспериментальным путем. Оказывается, если у совершенно стерильного гибрида первого поколения от скрещивания разных родов или разных видов удвоить искусственными воздействиями число структурных элементов ядра клетки (числом хромосом), то плодотворность гибрида восстанавливается и получается принципиально новая форма

растений, которая может рассматриваться новым ботаническим видом или даже родом (если скрещивались разные роды). Такие новые роды и новые виды получены от скрещивания пшеницы с рожью, пшеницы с пыреем и различных видов пшениц между собой.

Скрещивание разных родов и видов имеет громадное теоретическое и практическое значение, так как таким путем удастся получить в короткие сроки новые таксономические (систематические) единицы, а также практически ценные сорта их, на образовании которых в естественных условиях потребовались бы столетия.

Известен ряд случаев, когда в результате скрещивания двух видов получались гибридные растения, вполне тождественные с третьим, существующим в природе видом. Такой именно гибрид, вполне тождественный с существующим в природе видом пикульника (*Galeopsis tetrahit*), получен при скрещивании двух видов пикульника (*Galeopsis pubescens* и *Galeopsis speciosa*). При скрещивании двух видов фиалок (*Viola kitabeliana* и *Viola tricolor*) был получен гибрид, который тождествен с дикорастущим видом *Viola arvensis*. Эти результаты дают основание предполагать, что и в природных условиях эти виды произошли в результате естественной гибридизации.

У некоторых растений при скрещивании первое поколение гибридов отличается более мощным развитием, превосходя своими размерами наиболее мощно развитого родителя. Это явление носит название гетерозиса и объясняется тем, что в гибридах суммируется действие наследственных факторов, каждый из которых в состоянии вызвать степень развития признаков, свойственную исходным родителям. Явление гетерозиса установлено у гибридов кукурузы, табака, томатов и других растений. Легкость получения у кукурузы гетерозисных гибридов первого поколения позволяет широко использовать их в сельскохозяйственной практике.



СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ

Разнообразие растительных форм бросается в глаза всякому, кто начинает знакомиться с растительностью какой-либо естественной территории: луга, леса или болота. Поэтому подробное изучение растительности требует прежде всего установления точной классификации и номенклатуры отдельных растений. Необходимость классификации растений вытекала из потребностей практики. Человек практически познавал свойства и качества отдельных растений и на основании этих познаний направлял свои производственные процессы: более полезные растения он широко использовал в своей жизни, а вредные—уничтожал. Когда же были открыты основные приемы культивирования, то опять-таки в первую очередь человек проявлял заботу в отношении более полезных и ценных растений. Итак, из длительного опыта использования растений возникли и первоначальные зачатки знания о них, которые быстро возрастали вместе с ростом общей культуры.

Основной единицей современной классификации является вид (species). Понятие о виде сложилось под влиянием фактов сходства особей, находящихся между собой в генетическом родстве, а также различий неродственных особей и отражает преемственную повторяемость живых существ в поколениях.

Наиболее удачным является определение вида, данное акад. В. Л. Комаровым. В. Л. Комаров, опираясь на свой богатый опыт непосредственного изучения видов в природе и на исторический анализ учения о виде, дал такое определение: «Вид есть совокупность поколений, происходящих от общего предка и под влиянием среды и борьбы за существование обособленных отбором от остального мира живых существ; вместе с тем вид есть определенный этап в процессе эволюции».

В определении В. Л. Комарова подчеркивается генетическое единство всех особей вида, возникающих в последовательных поколениях, и вид рассматривается как этап эволюции в историческом аспекте. Существенно важным является указание причин эволюции—среда и борьба за существование.

Но условия жизни растений на земной поверхности—явления географические. Отсюда вытекает, что вид, возникший под влиянием внешних условий и борьбы за существование, может обитать только на ограниченной части земной поверхности, где имеются необходимые условия для его жизни. Поэтому вид занимает вполне определенную площадь земной поверхности, называемую ареалом.

Существующее в современной науке представление о виде обосновал в своих трудах Дарвин. Учение Дарвина о возникновении видов как о процессе исторического развития сохраняет свое значение и в настоящее время. Именно эта сторона дарвинизма была положительно оценена Эн-

гельсом, который целиком признавал в учении Дарвина теорию развития.

Процесс видообразования Дарвин рассматривал главным образом как следствие постепенных и последовательных накоплений мелких количественных изменений. И хотя ему были известны факты резких качественных изменений, он считал их менее значимыми для эволюции, чем последовательное накопление мелких изменений.

Современная биология, особенно тот ее раздел, который занимается процессами наследственности и изменчивости,—генетика, показала, что процесс резких качественных изменений, именуемых теперь мутациями, протекает чрезвычайно интенсивно и наряду с мелкими едва заметными изменениями создает огромный материал для дальнейших процессов видообразования.

Диалектический материализм, являющийся самым передовым, подлинно научным революционным мировоззрением, позволил обобщить огромный фактический и теоретический материал и обосновать общий закон развития, согласно которому процесс развития рассматривается не как простой процесс роста, где количественные изменения не ведут к качественным изменениям, а как такое развитие, при котором незначительные и скрытые количественные изменения ведут к изменениям качественным, возникающим быстро, внезапно, скачкообразно.

Принадлежность того или иного растения к определенному виду современная ботаника устанавливает по сходству во всех существенных признаках, а также общности ареала. Признаки, сходство которых учитывается, неоднородны в различных систематических группах растений. У цветковых растений учитываются внешние морфологические черты строения, которые бывают часто коррелятивно связаны с анатомическими и биологическими видовыми особенностями. В типе бактерий внешние морфологические признаки такой роли не играют, так как разнообразие внешней формы у этих организмов невелико. У этих групп ведущее значение при систематизации имеет характер среды, в которой живут бактерии, и характер биохимических процессов.

Для систематических целей виды подразделяют на более мелкие категории: подвиды, разновидности и др.

Подвиды (subspecies) менее резко отграничены друг от друга, чем виды. Но каждый подвид имеет свой ареал. Разновидности (varietas) еще менее резко отличаются друг от друга и не имеют своего обособленного ареала. Однако подвиды и разновидности обладают вполне определенными наследственными особенностями, стойко сохраняющимися в ряду последовательных поколений.

В качестве более мелких систематических подразделений вида выделяют еще биологические виды и биотипы. Понятие о биологических видах применяется в систематике грибов, когда в пределах вида выделяют стойкие наследственные единицы, не различающиеся по форме, но с характерными биохимическими реакциями. Термин биотип применим к определенным линиям и сортам высших растений. Понятие «сорт» в растениеводстве применяется для обозначения группы особей культурного растения в пределах вида или разновидности, характеризующейся стойкими морфологическими и хозяйственными особенностями.

Более крупными таксономическими категориями являются род (Genus), семейство (Familia), порядок (Ordo), класс (Classis) и тип (Phylum).

Выделяемые в современных системах типы растений являются отражением итога развития филогенетической систематики. Единство всего растительного мира с точки зрения современной филогенетической систематики есть следствие общности происхождения всех растений от каких-то

древнейших и простейших существ, которые дали начало нескольким стволам эволюционного развития, в каждом из которых происходило усложнение в процессе накопления полезным организмам свойств.

Представление о числе типов и их объеме изменяется по мере накопления фактического материала.

В русской ботанической литературе наиболее распространенным является деление мира растений на такие типы:

1. Зеленые водоросли (Chlorophyceae).
2. Разножгутиковые водоросли (Heterocontae).
3. Диадомовые водоросли (Diatomeae).
4. Бурые водоросли (Phaeophyceae).
5. Красные водоросли (Rhodophyceae).
6. Синезеленые водоросли (Cyanophyceae).
7. Бактерии (Bacteria).
8. Слизевики, или миксомицеты (Mycetozoa).
9. Грибы (Fungi).
10. Лишайники (Lichenes).
11. Моховидные (Bryopsida).
12. Папоротниковидные (Pteropsida).
13. Голосемянные (Gymnospermae).
14. Покрытосемянные (Angiospermae).

Рассмотрению этих типов предшествует обзор жгутиковых (Flagellatae), отдельные группы которых тесно примыкают к некоторым типам низших растений.

Всю совокупность типов принято делить на два отдела: отдел низших, или с л о е в ц о в ы х, растений (Thallophyta), и отдел высших, или л и с т о с т е б е л ь н ы х, растений (Cormophyta).

В пределах низших растений различают две группы типов. Одни из них содержат в своих клетках хлорофилл и способны к фотосинтезу (типы 1—6). Эти типы автотрофных растений обозначаются общим названием водоросли (Algae). Три следующих типа (7—9) состоят в основном (кроме некоторых бактерий) из организмов, не способных к фотосинтезу и нуждающихся в готовых органических веществах, т. е. являющихся гетеротрофными. К этим типам примыкает специальная группа симбиотических организмов, лишайников (Lichenes), включающих водоросли и грибы, а у некоторых форм еще и бактерии.

Остальные типы (11—14) составляют отдел высших растений. Тело их расчленено на органы: листья, стебли и корни. Для них характерно более сложное внутреннее строение, в частности развитие специальной водопроводящей системы, образованной клетками, лишенными живого содержимого (трахеиды и сосуды). Эти типы в основном являются автотрофными организмами.

По характеру размножения (распространения своих зачатков) высшие растения (Cormophyta) разделяются на споровые и семенные. Как показывает само название. К семенным относятся голосемянные и покрытосемянные.

НИЗШИЕ РАСТЕНИЯ

ЖГУТИКОВЫЕ (FLAGELLATAE)

Жгутиковые являются типичными простейшими организмами, имеющими большое значение с эволюционной точки зрения. В зоологической литературе они рассматриваются как один из классов типа Protozoa, т. е. простейших животных. Современные наши знания об этих организмах дают основание считать, что они являются разнородной группой,

в которой можно обнаружить несколько самостоятельных рядов с особым ходом эволюции. Некоторые из них представлены окрашенными формами, содержащими хлорофилл и питающимися, подобно большинству растений, за счет фотосинтеза. Некоторые бесцветные формы, вероятнее всего, произошли позже из окрашенных. Окрашенные формы жгутиковых стоят ближе к растениям и рассматриваются как исходные формы для филогенеза различных типов низших растений. Бесцветные формы жгутиковых лишены хлорофилла и питаются за счет готовых органических веществ и даже иногда поглощают, подобно типичным животным, твердые пищевые частицы. Таким образом, жгутиковые одними своими эволюционными группами примыкают к растениям, а другими—к животным и в целом занимают промежуточное положение между обоими царствами органической природы.

Жгутиковые представляют собой одноклеточные, одноядерные организмы, чаще всего овальной или вытянутой формы, живущие в воде и имеющие жгутики в виде протоплазматических нитевидных образований. Жгутики в количестве 1—2 отходят от одного конца тела. Они служат для движения клетки в воде: путем энергичных движений они тянут клетку за собой. В результате при движении жгутики обычно оказываются впереди. В протоплазме переднего конца клетки находится одна или несколько пульсирующих вакуолей, которые ритмически медленно растягиваются и затем быстро спадаются. Эти вакуоли, по-видимому, играют роль органов выделения. В переднем конце помещается также красноватое пигментное тельце, называемое глазком и служащее для восприятия световых лучей, направляющих движение клетки в воде в сторону источника света (фототаксис). У окрашенных форм в середине клетки помещаются особые протоплазматические тела—хроматофоры, имеющие зеленый цвет хлорофилла или несколько иные тона от примеси к хлорофиллу дополнительных пигментов. В середине клетки или несколько ближе к заднему концу ее находится клеточное ядро. У многих окрашенных форм снаружи клетка одета обособленной от протоплазмы оболочкой, у других же клетка покрыта только очень тонкой протоплазматической пленкой, которая позволяет ей менять форму и иногда даже образовывать временные протоплазматические отростки—псевдоподии.

Жгутиковые размножаются путем продольного деления клетки на две; у одних это происходит в подвижном состоянии, а у других клетки перед делением останавливаются и теряют жгутики. После деления у большинства представителей дочерние клетки сразу расходятся, а у некоторых остаются соединенными, в результате чего образуются колонии. Эти колонии у некоторых представителей сохраняют подвижность благодаря тому, что клетки у них обращены передними концами, несущими жгутики, к периферии. У других же представителей получаются неподвижные колонии.

Половой процесс известен только у немногих представителей жгутиковых, у которых наблюдается попарная копуляция изогамет. Большинство же жгутиковых лишено полового процесса и размножается только бесполым путем, т. е. простым делением клетки в продольном направлении. Некоторые из представителей жгутиковых образуют бесполым путем цисты с утолщенными стенками, способные переносить неблагоприятные условия. В типичных случаях цисты образуются из части клеточного содержимого, которое при этом уплотняется и одевается более плотной оболочкой. После этого остальная часть клетки разрушается и циста освобождается. Циста переносит высыхание, замораживание и прочие неблагоприятные условия. В благоприятных условиях циста прорастает и дает одну или несколько подвижных жгутиковых клеток.

Питание у бесцветных представителей жгутиковых происходит за счет поступления готовых органических веществ. В большинстве случаев органические вещества всасываются в растворенном состоянии всей поверхностью тела, но у некоторых представителей наблюдается заглатывание твердых органических частиц. Отдельные бесцветные жгутиковые (трипаномы) живут как паразиты в крови животных и человека, вызывая различные тяжелые болезни. Окрашенные формы питаются в основном за счет фотосинтеза. Однако некоторые виды эвглен наряду с фотосинтезом используют также и готовые органические вещества, находящиеся в воде.

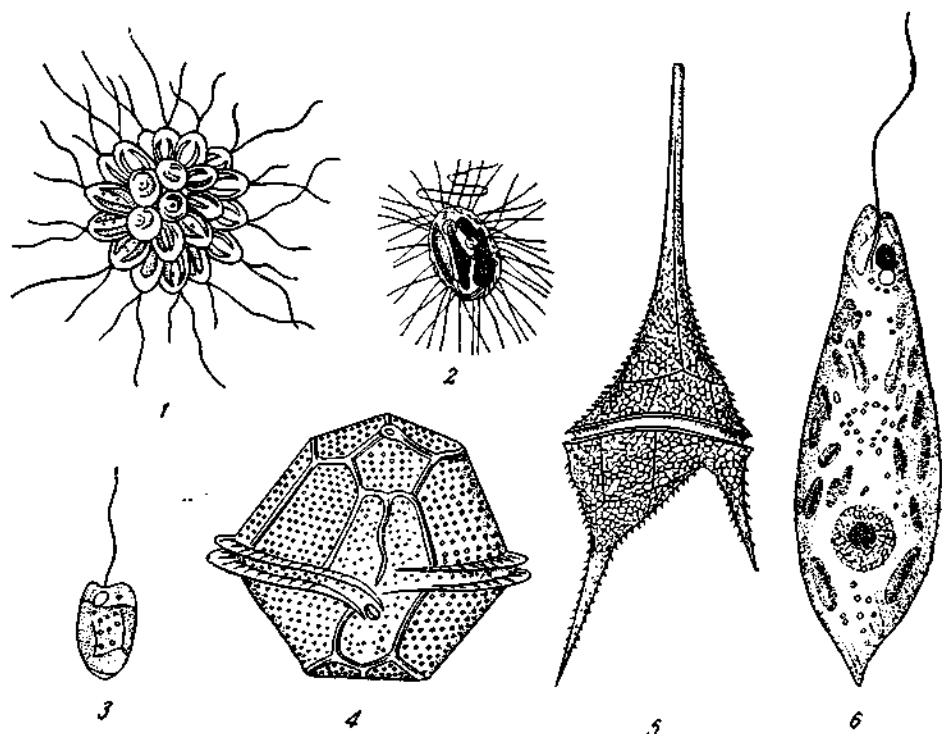


Рис. 164. Жгутиковые.
1—3—хризомонады; 4—5—перидиней; 6—эвглена.

Таким образом, эти формы имеют смешанное, или миксотрофное, питание, в связи с чем они распространены в природе в загрязненных водоемах. Большинство же окрашенных жгутиковых питается только за счет фотосинтеза как типичные зеленые растения.

Для ботаники представляют наибольший интерес те группы жгутиковых, среди которых преобладают окрашенные формы, так как они сближаются с растениями не только по способу питания, но и филогенетически, являясь исходными для филогенеза многих типов водорослей.

Важнейшими из окрашенных жгутиковых, включающих и некоторое количество бесцветных форм, вторично происшедших из окрашенных, являются следующие: 1) хризомонадовые (*Chrysomonadineae*), 2) перидиновые (*Peridineae*) и 3) эвгленовые (*Euglenineae*) (рис. 164).

Хризомонадовые имеют желтые хроматофоры, клетки радиального строения с 1—2 жгутиками. Распространены преимущественно в пресной воде.

Перидиновые имеют желто-бурые хроматофоры, несимметричные клетки с поперечной и продольной ложбинками и двумя жгутиками.

Широко распространены в планктоне пресных вод и в море, где нередко развиваются в массе, вызывая «цветение» воды, а в море иногда и свечение.

Эвгленовые имеют зеленые хроматофоры, клетки веретеновидные и в большинстве с одним жгутиком. Распространены только в пресных водах; одни виды — исключительно в чистых, а другие — в загрязненных. Среди эвгленовых есть бесцветные, которые питаются готовыми органическими веществами.

ВОДОРОСЛИ (Algae)

В научном смысле водорослями называются организмы со слабой расчлененностью тела и особым способом размножения. Водоросли являются старейшими представителями растительного царства, хорошо иллюстрирующими процесс эволюции от его начала до настоящего времени. Все их прошлое связано с обитанием в воде, которое и наложило соответствующий отпечаток на их внешнее и внутреннее строение. Тело водоросли представлено словищем, или талломом, одноклеточным, колониальным или многоклеточным. В водоемах водоросли образуют ф и т о п л а н к т о н (морской и пресноводный) — скопление многочисленных микроскопических организмов, находящихся в состоянии парения, в поверхностных слоях воды, до глубины 50 м, или же ф и т о б е н т о с (также морской и пресноводный), представляющий донную, прикрепленную к субстрату растительность из водорослей.

ТИП ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ (CHLOROPHYCEAE)

Как показывает само название, относящиеся сюда организмы характеризуются зеленой окраской, зависящей от наличия хлорофилла. Среди зеленых водорослей имеются одноклеточные, колониальные и многоклеточные. Кроме того, встречаются водоросли с так называемым неклеточным строением, у которых тело достигает значительных размеров и довольно сложного внешнего расчленения, но остается не разделенным на отдельные клетки. Наружная оболочка одевает общую полость с протоплазмой и многочисленными клеточными ядрами. Такое тело можно назвать одноклеточным, однако размеры и сложное внешнее расчленение дают основание рассматривать такое строение в виде особого типа так называемого неклеточного строения. В эволюции зеленых водорослей этот тип мог произойти в результате разрастания и усложнения одной клетки.

Клетка у подавляющего большинства зеленых водорослей имеет вполне ясную и обособленную оболочку, пектиновую и ослизняющуюся или, чаще, целлюлозную, плотную. Во внутреннем содержимом различаются протоплазма, ядро и хроматофоры. Протоплазма сосредоточена большей частью только в постенном слое, а середина клетки занята крупной вакуолей клеточного сока. Однако и в постенном слое протоплазмы иногда имеются мелкие вакуоли, содержащие продукты обмена, особенно дубильные вещества.

Ядро расположено чаще всего в постенном слое протоплазмы, глубже хроматофоров или реже — в центре клетки. Иногда ядер бывает несколько, т. е. клетки бывают многоядерными, что характерно для некоторых групп зеленых водорослей.

Хроматофоры расположены обыкновенно в самом наружном слое протоплазмы, ближайшем к оболочке, и имеют чаще всего вид простых или рассеченных зеленых пластинок; встречаются также отдельные спирально изогнутые ленты, кольца, звездобразные тела и пр. Они содержат иногда п и р е н о и д ы — плотные тельца с запасным белком. Около пиреноидов, а также и в остальной части хроматофоров отлагается крах-

мал как основной продукт ассимиляции углекислоты. Хроматофоры в клетке размножаются делением. После удаления хлорофилла сохраняется его бесцветная строма, более плотная, чем остальная протоплазма.

Размножение зеленых водорослей происходит вегетативным, бесполом и половым путем, с выпадением у некоторых какого-либо из этих типов. Вегетативное размножение некоторых одноклеточных осуществляется путем простого деления материнских клеток на две дочерних. Однако гораздо более распространенным у зеленых водорослей является размножение при посредстве о с о б ы х с п о р. Наиболее распространено образование з о о с п о р, формирующихся из содержимого клетки в числе одной или нескольких в результате предварительного деления протопласта. Зооспоры выходят наружу при разрыве или ослизнении оболочки мате-

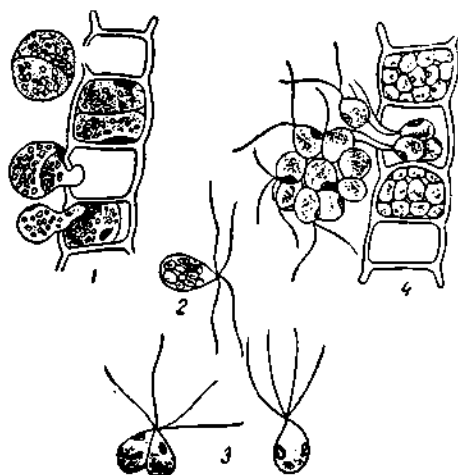


Рис. 165. Изогамия.

1—выход зооспор; 2—зооспора; 3—всплывание гамет; 4—выход гамет.

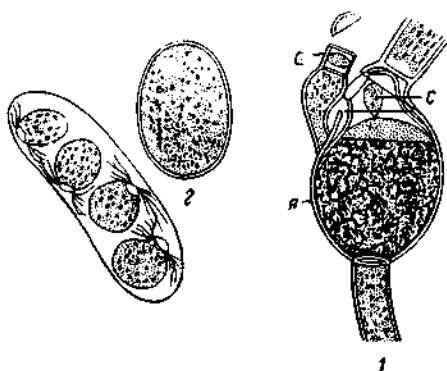


Рис. 166.

1—оогамное оплодотворение: я—яйцо; а—антеридий; с—сперматозоид; 2—зигота и ее прорастание четырьмя зооспорами.

ринской клетки и имеют вид овальных или грушевидных голых протоплазматических тел с одним ядром, хроматофорами и жгутиками на переднем конце. Их активное движение происходит благодаря наличию у них различных таксисов. Это и обеспечивает расселение водоросли по подходящим обитаниям. Затем зооспоры втягивают в себя жгутики, одеваются оболочкой и развиваются в новую особь. Такое превращение неподвижных водорослей в подвижные, напоминающие по строению жгутиковые, может служить одним из доказательств их связи со жгутиковыми. У некоторых форм зеленых водорослей размножение происходит неподвижными а п л а н о с п о р а м и (автоспорами), которые образуются так же, как и зооспоры, но не имеют жгутиков и одеваются оболочкой еще внутри материнской клетки и выходят наружу в неподвижном состоянии. Апланоспоры рассматриваются как редуцированные зооспоры.

Половое воспроизведение зеленых водорослей различно по форме у разных представителей. Наблюдаются следующие формы: 1) и з о г а м и я (от греч. изос—одинаковый, гамеа—вступать в брак), т. е. попарное слияние одинаковых подвижных гамет, сходных по развитию и строению с зооспорами (рис. 165); 2) г е т е р о г а м и я (от греч. гетерос—различный), т. е. попарное слияние подвижных, но не одинаковых по размерам гамет; 3) о о г а м и я (от греч. оон—яйцо), т. е. слияние неподвижной крупной яйцеклетки с маленьким, снабженным жгутиками

сперматозоидом (рис. 166). Гаметы развиваются в гаметаангиях—особых клетках, соответствующих зооспорангиям. При оогамном половом процессе гаметаангии называются антеридиями (образующие сперматозонды) и оогониями (образующие яйцеклетки). Во всех случаях полового процесса продукт слияния двух половых клеток превращается в зиготу; зигота в большинстве случаев превращается в покоящуюся спору, которая является диплоидной. При прорастании ее диплоидное ядро делится редукционным путем, а из зиготы выходят 4 зооспоры, развивающиеся в 4 новые особи. Таким образом, диплоидная фаза в цикле развития большинства зеленых водорослей представлена только зиготой, все же остальные фазы являются гаплоидными.

Зеленые водоросли обитают в водной среде и в почвах.

Зеленые водоросли делятся на следующие классы:

- 1) собственно зеленые водоросли (Euchlorophyceae, или Isocontae);
- 2) сцеплянки (Conjugatae);
- 3) харовые (Charales), или лучины.

К л а с с Равножгутиковые (Isocnetae)

Равножгутиковые делятся на 4 порядка: 1) вольвоксовые (Volvocales); 2) протококковые (Protococcales), 3) улотриковые (Ulothrichales); 4) сифоновые (Syphonales).

Порядок Вольвоксовые (Volvocales). Представители этого порядка характеризуются подвижностью во всех состояниях благодаря наличию жгутиков. Этим они отличаются от других зеленых водорослей, приобретающих подвижность только при образовании спор. В порядке вольвоксовых объединены одноклеточные и колоннальные формы. Типичным представителем этого порядка является хламидомонада (Chlamydomonas). Виды этого рода в огромных массах разводятся в лужах и других мелких пресных водоемах. Особенно много их в лужах при наличии органических загрязнений, где они появляются с самой ранней весны, окрашивая воду в зеленый цвет. Хламидомонады—одноклеточные подвижные формы, одетые лектиновой оболочкой, плотно прилегающей к протопласту. Хламидомонада содержит хроматофор с одним пиреноидом, ядро, глазок, пульсирующие вакуоли и два жгутика, отходящие от переднего конца, при помощи которых хламидомонады активно передвигаются в воде (рис. 167). Они обнаруживают положительный фототаксис и аэротаксис, вследствие чего скопляются в верхних и наиболее освещенных слоях жидкости. При благоприятных условиях хламидомонады быстро размножаются бесполым путем. При размножении клетка теряет жгутики и ее протопласт внутри материнской оболочки делится последовательно на 2—4, а иногда и больше частей, которые вырабатывают собственные жгутики и оболочки и выходят из ослизняющей оболочки материнской клетки в виде новых подвижных особей, отличающихся от материнских клеток только меньшими размерами. После некоторого периода роста молодые особи снова размножаются таким же путем.

При недостатке кислорода в воде или при развитии вне воды на влажном субстрате хламидомонады теряют жгутики и подвижность, но сохраняют способность размножаться, вследствие чего образующиеся новые особи не расходятся и создают неправильные слизистые скопления клеток, так называемые п а л ь м е л л е в и д н ы е с о с т о я н и я. При перенесении в свежую воду клетки их вырабатывают жгутики и разбегаются в виде подвижных хламидомонад.

Половое воспроизведение у разных видов несколько различно. У большинства наблюдается изогамия. Гаметы образуются, как и зооспоры бес-

полого размножения, внутри материнских оболочек, но в большем числе (до 32 и даже 64 в одной клетке). Соответственно этому они имеют более узкую форму и меньшие размеры. Гаметы выходят наружу и попарно копулируют друг с другом. У некоторых видов наблюдается гетерогамия и даже оогамия. Во всех случаях полового воспроизведения зигота одевается толстой оболочкой, дающей иногда реакции на целлюлозу, заполняется маслом и другими запасными веществами, а также красным пигментом — гематоксеном и в таком виде переходит в состояние покоя. В таком состоянии она может выдерживать высушивание, замораживание и другие неблагоприятные условия. При наступлении подходящих условий зигота прорастает, причем ее содержимое делится обыкновенно на 4 части, которые и выходят наружу в виде двужгутиковых зооспор. Этому делению предшествует деление копуляционного (диплоидного) ядра зиготы, имеющее, по видимому, характер редукционного деления, и, таким образом, опять восстанавливается гаплоидная фаза.

Представителем колоннальных вольвоксовых являются евдорины (*Eudorina*), пандорины (*Pandorina*), вольвоксы (*Volvox*) и др., живущие в пресных стоячих водоемах.

Образование колоний у колоннальных вольвоксовых происходит в результате деления клеточного содержимого, причем в отличие от одноклеточных представителей дочерние подвижные клетки не расходятся, а остаются соединенными. Вследствие этого водоросль имеет форму шара.

Пандорина и евдорина образуют шаровидные колонии из 16 и 32 клеток. Эти колонии окружены сплошной слизистой оберткой. Под ней клетки располагаются таким образом, что задние концы их обращены к центру, а передние — к периферии. Жгутики, отходящие от переднего конца каждой клетки по два, проходят сквозь слизистую обертку и движением своих

свободных частей обуславливают вращательное и поступательное движение всей колонии.

У вольвоксов колонии достигают значительно большей величины (количество клеток в шаре достигает нескольких десятков тысяч) и видны простым глазом. Вся колония имеет форму шара, по окружности которого расположены тонкие клетки с ресничками, соединенные друг с другом тонкими плазмодесмами, отходящими во все стороны. В середине колонии находится несколько более крупных клеток, служащих для бесполого размножения колонии.

Большовковые являются весьма интересными в том отношении, что у них начинается дифференцировка многоклеточного тела по принципу разделения труда. У некоторых групп эта дифференциация уже завершена, а у других еще не началась.

Большовковые являются весьма интересными в том отношении, что у них начинается дифференцировка многоклеточного тела по принципу разделения труда. У некоторых групп эта дифференциация уже завершена, а у других еще не началась.

У пандорины колония состоит из 16 зеленых клеток, соединенных в шар (рис. 168); все эти 16 клеток тождественны между собой и обладают одинаковыми функциями. Клетки колонии соединены между собой особой студенистой массой, выделяемой всеми клетками, но каждая из клеток обладает всеми типическими органами клетки: протоплазмой, ядром, сократительной вакуолью, жгутиками, глазным пятном и хлорофилловым тельцем, дающим ей возможность готовить пищу из воды и воздуха. Таким образом, каждая из этих клеток выполняет все те функции, которые необходимы для сохранения индивидуальной жизни. Кроме этого, каждая из клеток колонии пандорины обладает еще способностью воспроизводить всю колонию.

Обычно такая колония из 16 клеток, проплавая некоторое время в воде при постоянном росте своих клеток, начинает размножаться делением.

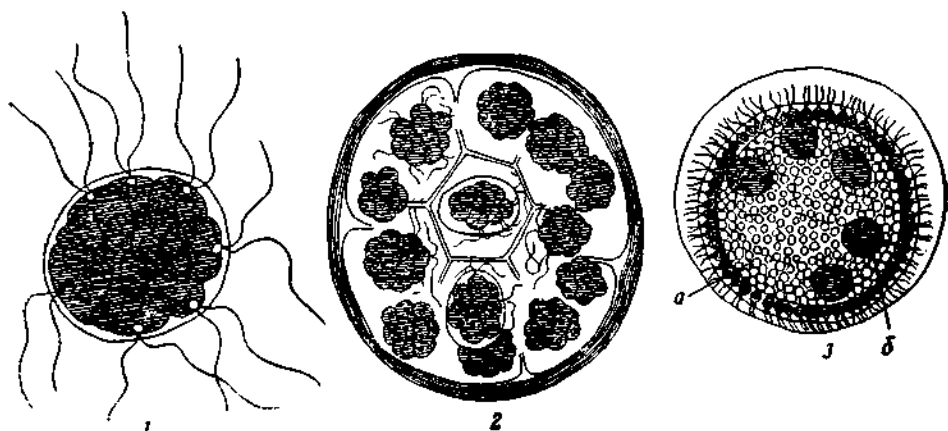


Рис. 168. Вольвоксовые.

1—бродячая колония пандорины, состоящая из 16 клеток; 2—такая же колония, клетки которой размножились в дочерние колонии; все клетки одинаковы между собой; 3—вольвокс, молодая колония: а—соматические, б—зародышевые клетки.

Процесс этот протекает таким образом: все ее 16 клеток втягивают в себя жгутики и каждая из них делится на 2, 4, 8 и, наконец, на 16 одинаковых клеток, остающихся вместе и образующих шаровидную кучу, в которой клетки удерживаются выделяемым студенистым веществом. При этом получается вместо 16 клеток материнской колонии 16 молодых дочерних колоний; каждая из 16 молодых клеток этих 16 дочерних колоний развивает по 2 жгутика и по глазному пятну. В таком виде дочерние колонии готовы к выходу в качестве самостоятельных колоний из растворяющегося студия материнской колонии.

Вольвокс же существенно отличается от пандорины тем, что его колония состоит уже из двоякого рода клеток, из которых одни мелкие и многочисленные составляют как бы скелет вольвокса, а другие гораздо крупнее и не так многочисленны. Мелкие клетки окрашены в зеленый цвет, имеют по красному глазному пятну и по 2 жгутика; посредством особых протоплазматических отростков (плазмодесм) они связаны друг с другом и могут посредством координированных колебаний жгутиков двигать всю колонию, вращая ее в воде. Эти же клетки служат для питания колонии, для выделения студенистой массы и продуктов отброса, одним словом, для выполнения жизненных функций, но не для размножения, так как они не могут, подобно клеткам пандорины, вновь создать целую колонию. Сохранение вида и создание дочерних колоний у вольвоксов осуществляется особыми специализированными клетками, так назы-

ваемыми партеногонидиями, которые не имеют жгутиков и вдаются во внутреннюю полость студенистого шара. Обычно в колонии вольвокса несколько таких клеток размножения, которые развиваются в такое же число дочерних колоний. Эти колонии выходят из материнского шара через разрыв размягчившейся студенистой стенки и переходят к самостоятельной жизни. Материнский же шар, состоящий после выхода партеногонидий исключительно из мелких клеток, не в состоянии произвести новых клеток размножения, поэтому он теряет свою правильную форму, медленно падает на дно водоема и отмирает.

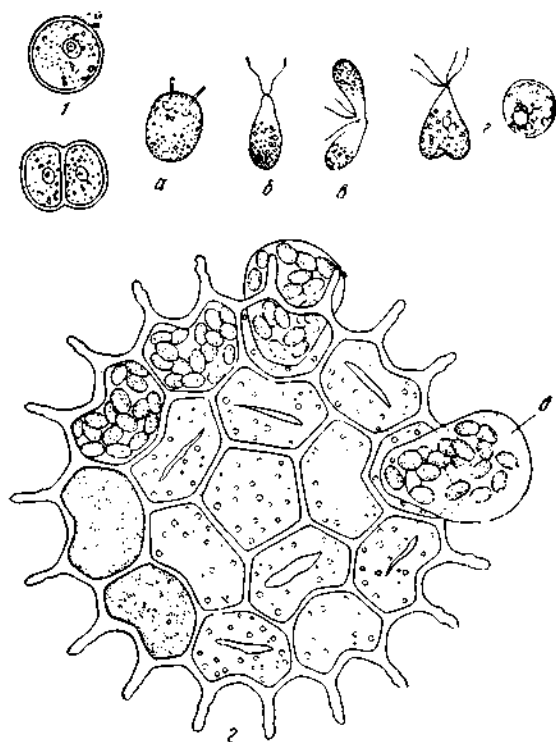


Рис. 169. Протококковые.

1—хлорококк; 2—колониальный педиастр; 3—зооспора; 4—изогамета; 5—копуляция; 6—зигота; 7—колония, отделяющаяся от материнской.

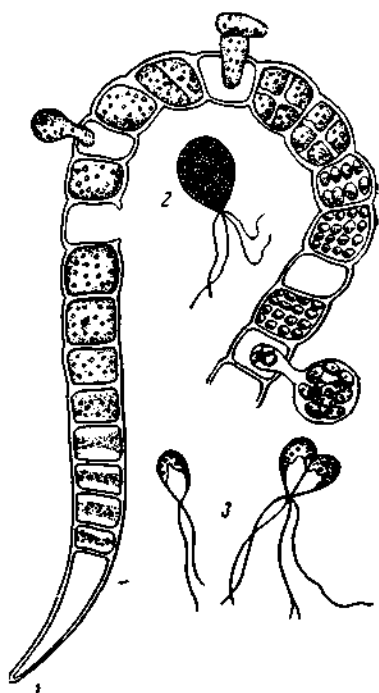


Рис. 170. Улотрикс.

1—нить с зооспорами и гаметами; 2—зооспора; 3—гаметы и их копуляция.

Следовательно, у вольвокса имеется разделение функций клеток одной и той же колонии. Способность клеток размножения вольвокса производить не только себе подобные, но и мелкие клетки, выполняющие обычные жизненные функции, является новым их свойством, которого не было у других, более просто организованных водорослей.

П о р я д о к Протококковые (Protococcales). К этому порядку принадлежат одноклеточные и колониальные виды, не обладающие активной подвижностью в вегетативном состоянии. Из одноклеточных типичным является хлорококк (*Chlorococcum*), обитающий на сырой почве, коре деревьев, на влажных глиняных горшках в теплицах и входящий также в состав некоторых лишайников. Клетки его одеты целлюлозной оболочкой, имеют шаровидную форму, ядро и хроматофор с пиреноидом. Бесполое размножение осуществляется двужгутиковыми зооспорами, образующимися в кратном числе (8—16—32) в материнской клетке и выходящими

наружу через разрыв ее оболочки. По выходе из оболочки материнской клетки зооспоры расселяются, затем втягивают жгутики, покрываются оболочкой и превращаются в шаровидные клетки. Половой процесс изогамный, осуществляется путем копуляции гамет (рис. 169), имеющих по два жгутика.

Протококковые в основном живут в пресных водах, а многие на сырой земле, стволах деревьев и т. п. Они обнаруживают миксотрофный тип питания и более энергично развиваются в присутствии органических веществ.

Порядок Улотриковые (Ulothrichales).

К улотриковым относятся зеленые водоросли с нитчатым талломом, неограниченно нарастающим в течение вегетативной жизни вследствие деления клеток в поперечном направлении. У большинства видов клетки одноядерные, но у некоторых и многоядерные.

Типичным представителем может служить улотрикс (*Ulothrix*) (рис. 170), широко распространенный в реках, где часто поселяется на подводных предметах близко к поверхности воды (на камнях, сваях и пр.). Его нити прикрепляются одним концом, где имеется особая толстостенная, клиновидно вытянутая бесцветная клетка (ризоид), внедряющаяся в субстрат. Остальные клетки имеют хроматофоры, ядро и способны к делению, за счет которого и происходит нарастание нити. Улотрикс размножается четырех- или двухжгутиковыми зооспорами, образующимися по несколько в любой из зеленых клеток нити. Кроме этого, имеется и половой процесс в виде копуляции двухжгутиковых изогамет, которые образуются подобно зооспорам, но в большем числе в каждой клетке. Хотя внешне эти гаметы сходны, однако они физиологически различны. Условно их можно обозначить как $+$ и $-$. Копуляция возможна лишь между гаметами, происходящими из разных групп, т. е. физиологически различными. Здесь, стало быть, имеется физиологическое разделение полов, не сопровождающееся морфологическим различием половых клеток. Такое явление довольно распространено у низших растений и называется гетероталлизмом (противоположное понятие — гомоталлизм, т. е. обоеполость).

Представителем нитчатого таллома, но сложенного из многоядерных клеток, может служить кладофора (*Cladophora*), широко распространенная как в пресных водах, так и в море. В пресноводной флоре это одна

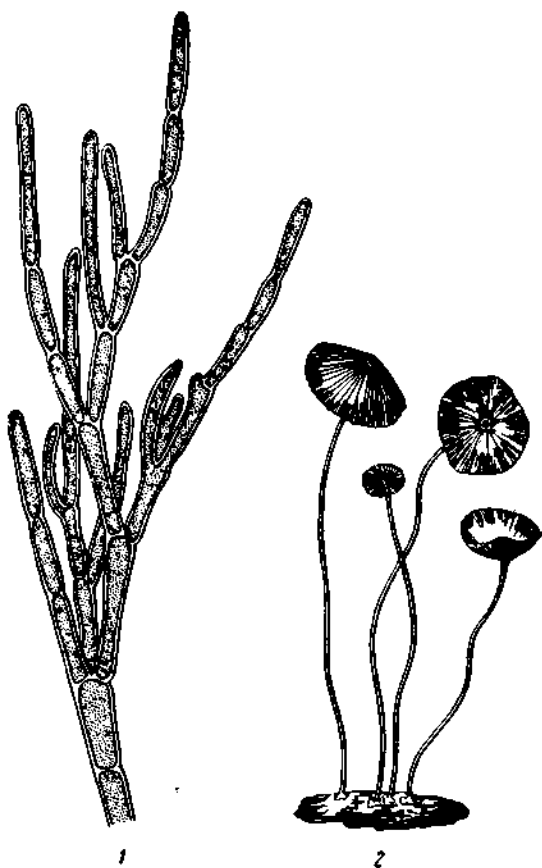


Рис. 171. 1—*Cladophora*; 2—*Acetabularia*.

из крупнейших водорослей, образуя длинные, нередко больше метра длиной, космы в реках. Нити кладофоры—ветвящиеся, рост их происходит путем деления клеток (рис. 171). Бесполое размножение осуществляется зооспорами с двумя или четырьмя жгутиками; известен и половой процесс в виде копуляции одинаковых двужгутиковых гамет.

Порядок Сифоновые (Siphonales). Характерными особенностями сифоновых является неклеточное строение их таллома. Vegetативное тело их может достигать больших размеров (до 0,5 м), но оно состоит из одной многоядерной клетки, имеющей вид трубки и не разделенной внутри перегородками. Целого хроматофора нет, а имеются группы

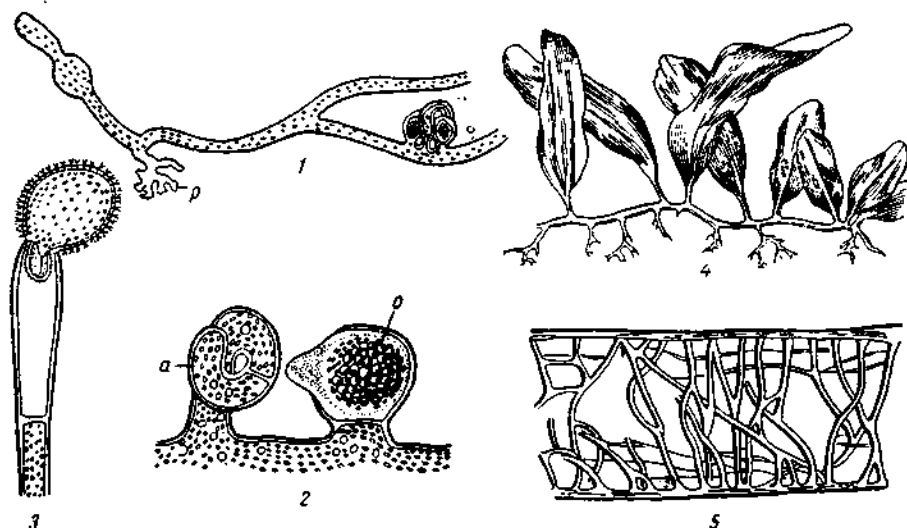


Рис. 172. Сифоновые.

1—*Vaucheria*, нить с ризоидами (р), оогониями (о) и антеридием (а); 2—оогоний и антеридий при большом увеличении; 3—выход зооспоры; 4—*Caulerpa*, внешний вид (уменьшено); 5—разрез таллома с перекладинами.

хлорофилловых зерен. Типичным представителем сифоновых является вошерия (*Vaucheria*), встречающаяся у нас в пресных водоемах и на сырой земле. Слоевище ее имеет вид ветвящейся нити, свободно плавающей в воде или прикрепленной к субстрату особыми выростами—ризоидами, и лишено нормальных перегородок (рис. 172). Все тело вошерии состоит из общей полости со сплошной постенной протоплазмой на периферии и клеточным соком в центре. В протоплазме ближе к оболочке расположены хлоропласты в виде зернышек или дисков без пиреноидов. Крахмала в них не образуется. Основным запасным продуктом является масло. В слое протоплазмы расположены многочисленные мелкие ядра.

Бесполое размножение осуществляется чаще всего зооспорами, образующимися на концах нитей. В процессе развития зооспоры происходит перемещение хлоропластов в более внутренние слои протоплазмы, а ядер— в более наружные. Несколько позже на поверхности протопласта образуются жгутики, отходящие по паре против каждого ядра. Зооспора выходит наружу через разрыв оболочки на кончике ветви. В благоприятных условиях зооспора прорастает в новую нить. Иногда вместо зооспор образуются также многоядерные апланоспоры.

Половой процесс оогамный. На нитях образуются в непосредственной близости оогонии и антеридии. Оогонии имеют косо-овальную форму и содержат в зрелом состоянии одноядерную яйцеклетку. Антеридии

имеют вытянутую и изогнутую форму; в них развивается значительное число вытянутых двужгутиковых сперматозондов, которые выходят из антеридия и проникают в оогоний через образующееся в верхней части его оболочки отверстие. После оплодотворения возникает зигота, которая после некоторого покоя прорастает в новую нить.

Несколько иной тип строения имеет каулерпа (*Caulerpa*), один из видов которой встречается в Средиземном море, а другие — в тропических морях. Эта водоросль достигает большой величины (20—100 см) (см. рис. 172). Тело ее напоминает ползучее корневище, от которого отходят ризоиды, прикрепляющие водоросль к субстрату, и плоские листовидные образования, напоминающие настоящие листья. Несмотря на кажущуюся дифференцировку, тело каулерпы состоит из одной клетки. Прочность всего тела водоросли обеспечивается толстой оболочкой и многочислен-

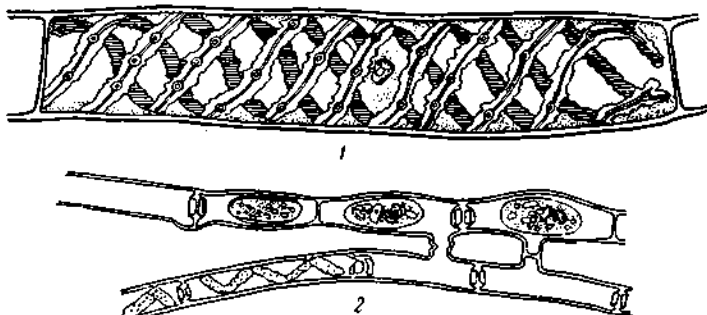


Рис. 173. Сцеплянки.

1—клетка спирогиры; 2—конъюгация.

ными перекладинами, соединяющими противоположные стенки тела в разных направлениях. Протоплазма выстилает оболочку и поверхность перекладин. Ядер и мелких хроматофоров большое количество.

Размножается каулерпа оторванными кусками, т. е. вегетативно. Половое размножение осуществляется при помощи изогамет, образующихся в гаметангиях, копулирующих друг с другом. Бесполого размножения нет.

Сифоновые водоросли были более широко распространены в древние геологические периоды. Современные их формы являются незначительными остатками более многочисленных групп, которые не смогли приспособиться к изменившимся условиям и эволюционировали в направлении клеточной структуры организмов.

К л а с с Сцеплянки (*Conjugatae*)

К этому классу относятся зеленые водоросли, не образующие подвижных жгутиковых спор. Половой процесс состоит в слиянии двух вегетативных клеток (конъюгация). Среди сцеплянок имеются одноклеточные и колониальные нитчатые формы. Клетки одноядерные со сложными хроматофорами, пиреноидами и крахмалом. Представителем нитчатых форм может служить спирогира (*Spirogyra*), виды которой являются весьма распространенными в пресных водах, где их скопления образуют главную массу зеленой тины (рис. 173). Нити спирогиры, плавающие в водоемах, образованы из крупных цилиндрических клеток. Клетки спирогиры имеют целлюлозную оболочку, за которой расположен тонкий постенный слой протоплазмы с включенными в него хроматофорами в виде спирально идущих лент. В хроматофорах находятся пиреноиды с окружающим их крах-

малом. Середина клетки занята вакуолей клеточного сока, в котором расположено ядро, как бы подвешенное на протоплазматических нитях, отходящих от постенной протоплазмы.

Все клетки нити спирогиры способны к делению, благодаря чему нить быстро нарастает в длину. Она может также разрываться на отдельные участки. Таким путем происходит вегетативное размножение. Половой процесс состоит в слиянии содержимого двух одинаковых клеток через особый связующий канал. Чаще всего у спирогиры в период размножения две нити слипаются друг с другом и от клеток разных нитей, находящихся рядом, направляются навстречу друг другу полые отростки. После того как их верхушки сойдутся, разделяющий участок оболочки ослизняется, вследствие чего между обеими клетками образуется сплошной связующий канал. Одновременно с этим протопласты этих клеток слегка сжимаются, отставая от оболочки, и затем один из них по образовавшемуся каналу перетекает в полость другой клетки, где и сливается с ее содержимым, образуя зиготу эллипсоидальной формы, одевающуюся толстой оболочкой. Зигота после некоторого периода покоя прорастает в новую нить. Перед прорастанием ее копуляционное (диплоидное) ядро делится на четыре редукционными способом. Из этих четырех ядер прорастает только одно, а три отмирают.

Из одноклеточных сселянок можно отметить десмидиевые (*Desmidiaceae*), отличающиеся большим разнообразием и часто сложностью очертаний клетки. Они в обилии встречаются в торфяных болотах, а также в некоторых озерах с известковой водой. Клетки их имеют часто форму изящных таблитчатых или звездчатых пластинок. Для большинства десмидиевых характерно строение из двух симметричных половинок, место соединения которых обозначено более или менее глубокой перетяжкой или бороздкой.

Десмидиевые размножаются делением клетки поперек в срединной плоскости, где помещается ядро. В результате деления получаются две несимметричные клетки, каждая из которых соответствует половине материнской. Постепенно у них вырастают другие половинки, и дочерние клетки делаются симметричными.

Половой процесс протекает сближением двух клеток, склеиваемых слизью; из середины клеток навстречу друг другу появляются копуляционные выросты, которые, смыкаясь, образуют общий канал, где и происходит слияние протопластов, но без слияния ядер. Перед прорастанием зиготы ядра сливаются и получившееся ядро подвергается редукционному делению. Из четырех ядер прорастают только два, а два отмирают.

К л а с с Харовые (*Charales*), или Лучицы

Харовые, или лучицы, являются наиболее высокоорганизованной группой зеленых водорослей. По внешнему виду они сходны с высшими листостебельными растениями. Величина их достигает 50 см и более. Тело состоит из стеблевой части, дифференцированной на междоузлия и узлы, и расположенных кольцами по 5—12 более коротких цилиндрических ответвлений так называемых листьев (рис. 174). Те места, откуда отходят «листья», называются узлами. Они образуются многими мелкими клетками. Междоузлия же представляют собой одиночные длинные клетки. В пазухе одного из «листьев» каждой мутовки развивается боковой «стебель» такого же строения, как и главный. От основания «стебля» отходят ризоиды, при помощи которых водоросль прикрепляется к грунту. На верхушке каждого «стебля» помещается почка из молодых «листьев», в центре которой находится конус нарастания, заканчивающийся верху-

иечной клеткой. В процессе деления верхушечной клетки, ее роста и дальнейшей дифференцировки получающихся клеток происходит нарастание стебля.

Взрослые клетки харовых достигают 5 см длины и содержат протоплазму в постенном слое с многочисленными хроматофорами в виде зерен в наружном слое и многими ядрами во внутреннем слое.

Харовые не образуют спор и размножаются главным образом половым путем. Половой процесс представляет высокоразвитую оогамия.

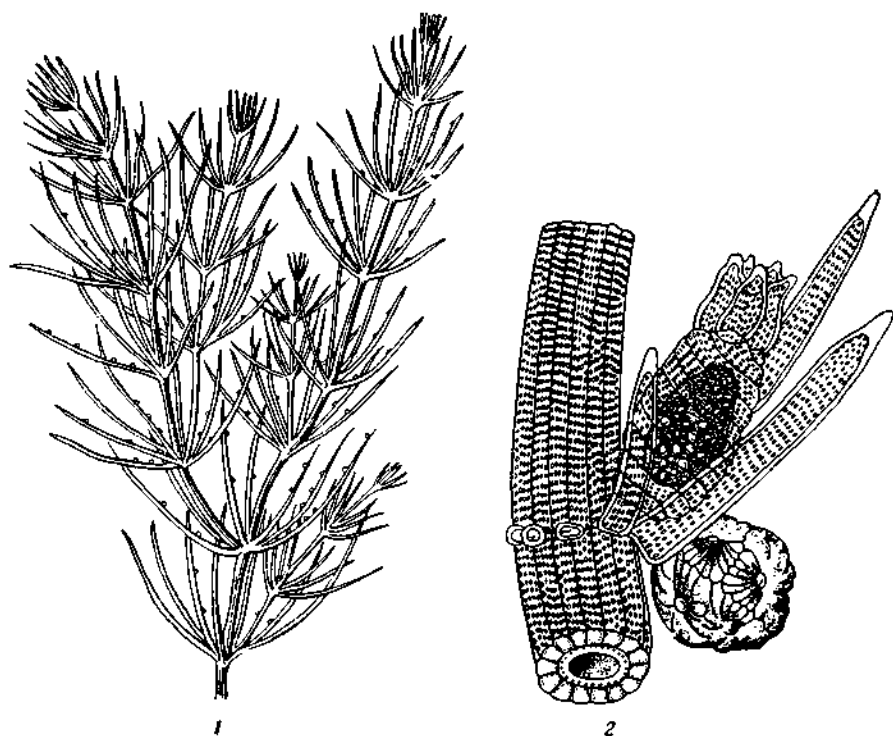


Рис. 174. *Chara*.

1—побег в естественную величину; 2—часть «листа» с оогонием (вверху) и антеридием (внизу).

Оогонии и антеридии развиваются на «листьях»; первые содержат по одной яйцеклетке, а вторые вливают по несколько тысяч двужгутиковых спирально закрученных бесцветных сперматозоидов.

Харовые могут размножаться также и вегетативным путем.

Из всех зеленых водорослей харовые достигли наивысших ступеней эволюции. Однако они не явились исходной формой ни для одного из типов высших растений.

Т П П РАЗНОЖГУТИКОВЫЕ (HETEROCONTAE)

Разножгутиковые водоросли характеризуются особым строением спор. Они имеют два жгутика неодинаковой длины и разного строения; из них более длинный жгутик обладает перисторасположенными отростками, а более короткий—гладкий. Хроматофоры мелкие, желтовато-зеленого цвета, без пиреноидов. Крахмал в них не образуется, а запасные вещества откладываются в виде масла.

Неклеточное строение представлено ботридием (*Botrydium*), обитающим по краям луж и на сырой почве (рис. 175). Он имеет вид пузырька,

вытянутого в нижней части в шейку, которая, дихотомически разветвляясь, образует ризоиды. Посредством ризоидов ботридий прикрепляется к почве. Ядра и хроматофоры находятся в большом количестве. При бесполом размножении образуется множество спор. На сухом субстрате протопласт уплотняется в ризоидах. В результате возникают цисты—зимующие клетки с толстой оболочкой. Ботридий характеризуется полярностью тела: верхний конец испаряет, а нижний всасывает.

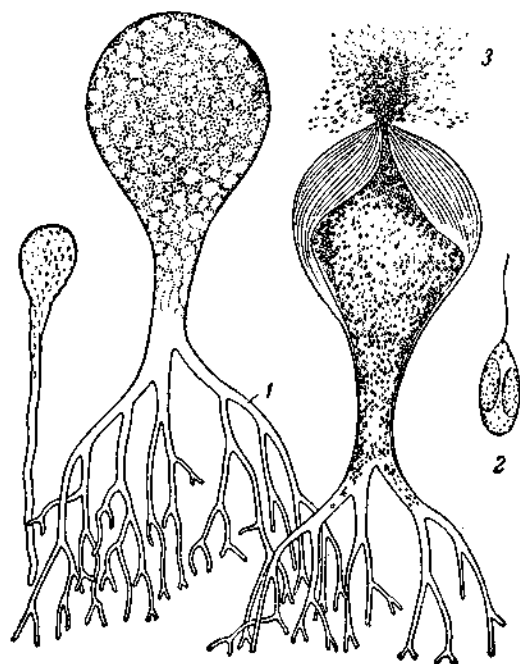


Рис. 175. Botridium.

1—ризиды; 2—зооспора; 3—выход зооспор через отверстие в оболочке.

ТИП ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ (DIATOMEAE)

Диаомовые, или кремнистые, водоросли характеризуются присутствием твердой, сильно пропитанной кремнеземом оболочки, состоящей из двух створок, из которых большая охватывает края меньшую, как крышка коробочку. Стенки оболочки сохраняются при прокаливании клетки и сжигании органического вещества. Окременевшие оболочки диаомовых не гниют и после смерти клетки могут скопиться в большом количестве в иле более мелких водоемов. Остатки их из прежних геологических периодов, начиная с юрских отложений, известны под названием диатомита, или трепела. Эти

рыхлые отложения распространены среди третичных пластов, но встречаются и в более поздних. Они состоят главным образом из кремния.

Среди диаомовых имеются одноклеточные и колониальные организмы, одноклеточные и с хроматофорами желтого цвета от примеси хлорофиллу особого бурого пигмента—диатомина. Запасным продуктом у диаомовых является масло. Форма клетки диаомовых чрезвычайно разнообразна: совершенно круглая, эллипсоидальная, прямоугольная, узколинейная, треугольная, трапециевидная, боченкообразная и пр. (рис. 176).

Диаомовые обитают как в пресных водах, так и в морях. Несмотря на свою микроскопическую величину, они, развиваясь в очень больших количествах, образуют рыхлые, бурые скопления, напоминающие пену или накипь. Вместе с перидиновыми они составляют существенную часть пищи многих водяных животных.

Диаомовым свойственно как бесполое, так и половое размножение. При бесполом размножении протопласт разбухает, и створки расходятся. Дочерние клетки получают по половине материнской клетки, а другую половину каждая дочерняя клетка должна сама достроить. Так как каждая из них достраивает меньшую половинку, то с каждым новым делением клетки все более и более уменьшаются. Но как только измельчение доходит до некоторого предела, начинается образование клеток а у к с о р (спор роста). Этот процесс связан с половым воспроизведением, которое напоминает конъюгацию сеплянок. При этом

протопласты освобождаются от своих створок и попарно копулируют, образуя зиготу, которая одевается тонкой, не окремневшей оболочкой и значительно вырастает. Затем образуется створчатая кремнистая оболочка, и начинается новое поколение более крупных вегетативных особей, размножающихся далее делением.

ТИП БУРЫЕ ВОДОРΟΣЛИ (PHAEOPHYCEAE)

К этому типу относятся многоклеточные растения, распространенные преимущественно в холодных морях, где они, прикрепляясь к дну, образуют иногда обширные заросли в прибрежной зоне. Свое название эти водоросли получили от бурой окраски, зависящей от пигмента фукоксантина. Кроме хлорофилла и фукоксантина, они содержат ксантофилл и каротин. Соотношение этих пигментов обуславливает различную окраску хроматофоров и всей водоросли в целом. Строение клетки у всех представителей бурых водорослей довольно сходно. Клетка одноядерная, с целлюлозной оболочкой и хроматофорами в виде отдельных зе-

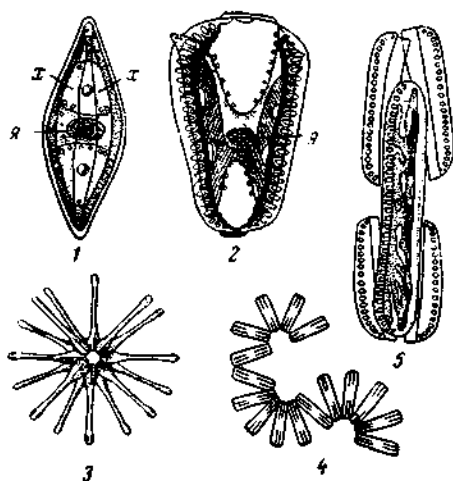


Рис. 176. Диатомовые водоросли.

1—Navicula с двумя хроматофорами (х) и ядром (я); 2—Surirella, в середине ядро (я); 3—колония Asterionella в виде звездочки; 4—колония Tabellaria в виде цепочки; 5—образование аукоспор у Surirella Ectocarpus.

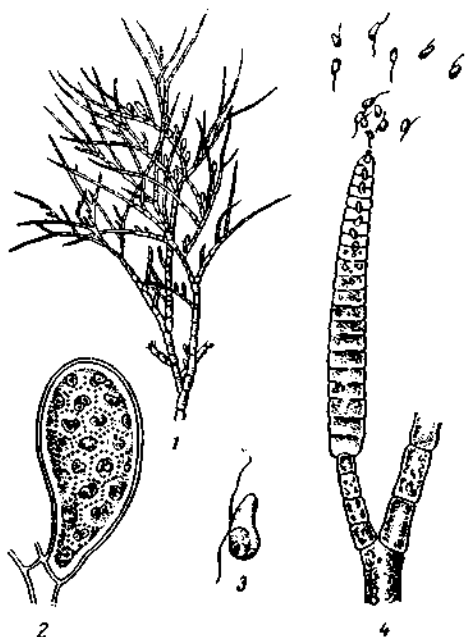


Рис. 177. Бурая водоросль.

1—общий вид при слабом увеличении; 2—зооспорангий; 3—зооспора; 4—гаметангий, сверху гаметы.

рен без пиреноидов. Крахмал не образуется. Продуктами фотосинтеза являются простые сахара; у некоторых представителей образуется в значительных количествах полисахарид ламинарин, растворимый в воде.

Бесполое размножение происходит большей частью зооспорами, которые развиваются в особых одноклеточных спорангиях. Зооспоры имеют грушевидную форму, содержат ядро, красный глазок и несколько хроматофоров. Передвигаются зооспоры при помощи двух жгутиков различной длины, отходящих сбоку. Один из них направлен вперед, а другой—назад (рис. 177). Половой процесс различный: изогамный у более простых форм, гетерогамный и oogамный у более сложных.

Представителем этого типа, весьма распространенного в наших северных морях, может служить сем. л а м и н а р и е в ы х. Это крупные водо-

росли, достигающие иногда более 50 м в длину. Они образуют в прибрежной полосе морей на глубине 5—10 м целые подводные заросли.

Практическое значение бурых водорослей довольно большое. Некоторые виды ламинарии в СССР, в Японии и Китае употребляются в пищу и с лечебной целью под названием морской капусты. Из воли многих бурых водорослей добывают йод, калийное удобрение и др.

Т И П КРАСНЫЕ, ИЛИ БАГРЯНЫЕ, ВОДОРОСЛИ (RHODOPHYCEAE)

Красные, или багряные, водоросли имеют красивую розовую окраску, которая вызывается наличием, помимо хлорофилла, еще красного пигмента фикоэритрина, маскирующего хлорофилл. Все они преимущественно являются обитателями морей и часто встречаются на значительной глубине.

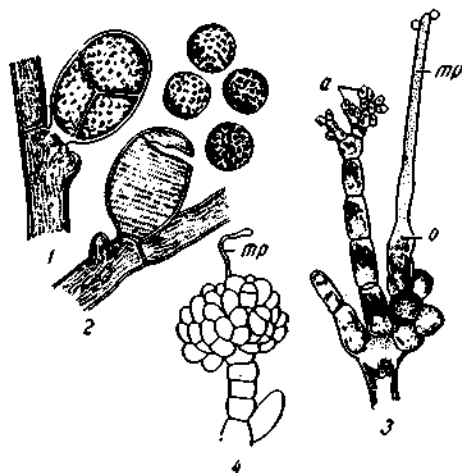


Рис. 178. Органы размножения красных водорослей.

1—тетраспороангий с тетраспорами; 2—вынашивание тетраспор; 3—ветвь с карпोगоном (а), трихогиной (тр) и с антеридиями (а); 4—цистокарпий, развившийся из оплодотворенного карпогона, сверху—трихогин (тр).

Эти водоросли многоклеточные, иногда довольно крупные и сложно расчлененные. Клетки их чаще одноклеточные с целлюлозной оболочкой и многочисленными хроматофорами в виде отдельных зерен и без пиреноидов. В хроматофорах, кроме хлорофилла, содержится еще фикоциан и фикоэритрин; два последних пигмента растворимы в воде после отмирания клеток, вследствие чего клетки этих водорослей посмертно зеленеют. Соотношение хлорофилла и дополнительных пигментов обуславливает различный цвет хроматофоров и всей водоросли.

Красные водоросли совершенно не имеют жгутиковых, активно подвижных стадий. Бесполое размножение их происходит голыми, лишенными активной подвижности клетками. Клетки эти развиваются или по одной из содержимого спорангия и тогда называются моноспорами,

или по четыре и называются тогда тетраспорами (рис. 178). Эти споры переносятся водой и, осев на дно, одеваются оболочкой и немедленно прорастают.

Половой процесс оогамный и носит специфический характер. Женские половые органы называются у красных водорослей карпोगониями. Они представляют собой колбообразную клетку, состоящую из расширенной брюшной части и верхней, нитевидной вытянутой и называемой трихогиной. В брюшной части развивается яйцеклетка и хроматофоры, а трихогина (верхняя часть) заполняется бесцветной протоплазмой. Антеридии представляют собой маленькие бесцветные клетки, развивающиеся каждая по одному мужскому элементу, которые лишены подвижности и называются спермациями. Они выпадают наружу и пассивно переносятся токами воды на трихогину и переливают в нее свое содержимое вместе с ядром, которое спускается вниз и сливается с ядром брюшной части карпогона. После оплодотворения трихогина отмирает, а брюшная часть разрастается в многоклеточное образование, называемое цистокарпием; оно приносит особые споры—карпоспоры, которые дают начало новым растениям.

Смена поколений у многих красных водорослей выражается в том, что на спорофите развиваются спорангии с тетраспорами, а на гаметофите—антеридии со спермациями и карпогоны.

Т И П СИНЕЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ (CYANOPHYCEAE)

Синезеленые водоросли отличаются от всех других водорослей особым строением клетки; клетки этих водорослей не дифференцируются ясно на протоплазму, ядро и хроматофоры. За пектиновой оболочкой расположен густой протопласт, занимающий всю полость клетки, не имеющей вакуолей. Периферическая часть протопласта окрашена и носит название коркового слоя, а центральная—бесцветная и называется центральным телом; эти части клетки не ограничены друг от друга. В протоплазме центрального тела содержатся различные включения, в том числе и нуклеиновые вещества. Корковый слой соответствует протоплазме и хроматофорам, не дифференцированным друг от друга. Из пигментов коркового слоя наибольшее значение имеет хлорофилл, а затем фикоциан и фикоэритрин. В качестве продуктов ассимиляции образуется изомерный крахмалу полисахарид гликоген, который отлагается в центральном теле.

Среди синезеленых водорослей имеются как одноклеточные, так и нитчатые, которые часто склеиваются общей слизью, образуя колонии различной формы.

Синезеленые водоросли не имеют ни подвижных стадий, ни полового процесса. Размножение одноклеточных форм происходит простым делением клетки на две, а у нитчатых—распадением нити на многоклеточные участки, называемые гормогониями (рис. 179). Некоторые нитчатые образуют споры, которые развиваются из обычных вегетативных клеток. В процессе образования спор клетки разрастаются, заполняются запасными веществами и утолщают свою оболочку. Споры могут выдерживать длительное высыхание и при благоприятных условиях прорастают в новую нить.

Типичным представителем одноклеточных синезеленых водорослей является хроококк (*Chroococcus*), встречающийся в виде одиночных шаровидных клеток или небольших групп еще не разошедшихся после деления клеток. Представителем нитчатых является осциллятория (*Oscillatoria*). У осциллятории все клетки одинаковы. У алабаены и многих других на протяжении нити имеются особые клетки, лишенные содержимого, называемые гетероцистами. На месте этих клеток происходит разрыв нитей при образовании гормогониев.

Синезеленые водоросли распространены преимущественно в пресных водах и отчасти в морских водоемах. Многие из них обильно развиваются в загрязненных органическими веществами водоемах. Находятся они

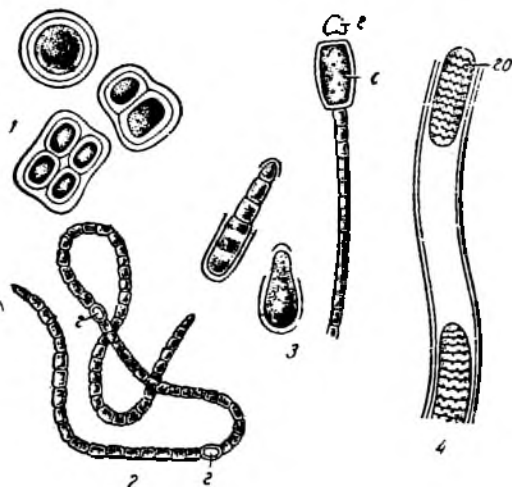


Рис. 179. Синезеленые водоросли.

1—*Chroococcus*; 2—нить *Nostoc* с гетероцистами (h); 3—нить *Anabaena* со спорой (sp) и гетероцистой (h); слева—прорастание споры; 4—*Lyngbya* с гормогонием (ho).

и на сырой земле. Синезеленные водоросли первыми заселяют бесструктурные минеральные почвы и совместно с бактериями готовят их для освоения другими растениями. В слизи, выделяемой этими водорослями, живущими в почве, поселяются азотусоявляющие бактерии. Синезеленные водоросли могут жить также в горячих источниках, в которых температура достигает 69°.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ВОДОРосЛЕЙ

Подавляющее большинство водорослей является водными организмами и лишь немногие из них приспособились к наземным условиям жизни (на почве, коре деревьев и пр.). Водоросли могут быть разделены на следующие экологические группы: 1) б е н т о с, состоящий из форм, прикрепленных или лежащих на дне; 2) п л а н к т о н, состоящий из форм, живущих в толще воды без твердой опоры; 3) н а з е м н ы е в о д о р о с л и, живущие вне воды.

П р е с н о в о д н ы й б е н т о с образуется зелеными нитчатыми водорослями, прикрепленными или свободно лежащими на дне и даже всплывающими в солнечную погоду на поверхность воды вследствие выделения пузырьков кислорода в процессе фотосинтеза. Они образуют тины наших прудов и других водоемов. Там же растут харовые, прикрепляясь к грунту. Пресноводный бентос развивается только на небольшой глубине—2—3 м и лишь в озерах с очень прозрачной водой спускается до глубины в 20—30 м.

Несколько более разнообразен м о р с к о й б е н т о с, в котором главную массу составляют бурые и красные водоросли. По берегам морей и океанов у самого берега развиваются фукусы, образуя густые заросли, которые иногда обнажаются во время отлива. На глубине 10—20 м и до 40 м располагаются ламинарии. Между фукусами и ламинариями поселяются многочисленные более мелкие формы из бурых и красных водорослей. Они же распространяются и на большую глубину (100 м и более). На такую глубину проникает очень слабый свет, притом состоящий главным образом из синих лучей. Такой слабый свет используется в процессе фотосинтеза красными водорослями благодаря их красной окраске.

П л а н к т о н развит преимущественно в открытой части водоемов и не связан с прибрежной полосой. В морях он распространяется от поверхности до глубины 100 м и более, а в пресных водах—в среднем до 10 м. Планктон представлен микроскопическими одноклеточными и колониальными формами, которые часто развиваются в столь большом количестве, что вызывают изменение окраски воды, так называемое ее цветение.

Н а з е м н ы е в о д о р о с л и по своему составу тесно связаны с пресноводными бентосными. Однако имеются и типичные наземные водоросли, которые поселяются на стволах деревьев, на деревянных заборах, кирпичных стенах, на влажной земле около высыхающих луж, по дорожкам, колеям и пр. На поверхности почвы и в ее верхних слоях также имеется довольно обильная флора микроскопических водорослей из зеленых, синезеленных и диатомовых. Благодаря наличию большого количества этих водорослей при длительном увлажнении почва приобретает зеленый оттенок и тоже «зацветает».

ЗНАЧЕНИЕ ВОДОРосЛЕЙ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

В качестве пищи для человека водоросли давно употребляются во многих приморских странах—в Англии, Ирландии, Шотландии, Франции, Норвегии и особенно Японии, где водоросли составляют значительную

часть пищевого баланса. В Японии многие тысячи людей занимаются сбором водорослей и многие десятки и сотни заводов перерабатывают их. Широко распространено в Японии использование видов багряных водорослей под названием морского салата. В больших количествах используется так называемая морская капуста—виды *ламинарии* и близкие к ним.

Из красных водорослей получают *агар-агар*, который употребляется для приготовления питательных сред в бактериологии, желе, мармелада в пищевой промышленности, а также для других целей.

Из многих водорослей добывают *йод* и очень ценные технические продукты—альгин, альгинаты, спирт и т. д. Альгинаты обладают сильными клеящими свойствами, превосходя в этом отношении крахмал в 15 раз и выше. Альгин и альгинаты находят применение в текстильном, бумажном и прочих производствах.

Водоросли широко используются в приморских странах для корма скота (лошадей, коров и свиней). Они применяются также для приготовления ценных удобрений.

Т И П БАКТЕРИИ (BACTERIA)

К наиболее просто устроенным растительным организмам, видимым лишь при очень сильных увеличениях в микроскопе, относятся *бактерии*. Они характеризуются крайне простой формой, но довольно большим разнообразием физиологических и биохимических свойств. Большинство бактерий—не содержащие хлорофилла организмы и только некоторые из них содержат специфичный для них бактериохлорофилл. Отсутствие хлорофилла приводит к тому, что большинство бактерий является гетеротрофными организмами. У окрашенных форм пигмент, по-видимому, выполняет функции, аналогичные хлорофиллу, так как пурпурные бактерии ассимилируют углекислоту при освещении. Немногие зеленые бактерии, содержащие хлорофилл, способны к фотосинтезу.

Бактерии характеризуются чрезвычайно малыми размерами. Длина отдельных бактерий обычно не превышает нескольких микронов, а поперечник—одного микропа. Некоторые бактерии настолько малы, что лежат за пределами возможности рассматривания их в обычные микроскопы и могут быть обнаружены только при помощи ультрамикроскопа. Малые размеры бактериальных клеток затрудняют разобратся в подробностях их строения. Считается установленным, что бактерии имеют тонкую оболочку, состоящую из азотистых веществ. Наружные слои оболочки иногда ослизняются и образуют слизистую капсулу или общий слизистый чехол, увеличивающий диаметр самой клетки. Содержимое клетки состоит из плазмы и вакуолей; в плазме наблюдаются мелкие разбросанные хроматиновые зерна, которые рассматриваются многими исследователями в качестве диффузного ядра. Особого и выделяющегося ядра нет. Большинство бактерий одноклеточны, но имеются и пятчатые виды. Бактерии занимают особое положение в растительном мире. Ближе всего они примыкают к синезеленым водорослям, особенно их пятчатые виды.

Несмотря на то, что число видов бактерий, известных в настоящее время, довольно велико, форма их довольно однообразна и служит важным систематическим признаком. По форме бактерии бывают шаровидными, палочкообразными и изогнутыми (рис. 180). Более или менее шаровидные бактерии называются кокками (*Micrococcus*), палочкообразные короткие—бактериями (*Bacterium*) в узком смысле слова, длинные—*бациллами* (*Bacillus*), слабо изогнутые короткие палочкообразные—*вибрионами* (*Vibrio*), более сильно изогнутые—*спириллами* (*Spirillum*),

тончайшие бактерии с многочисленными оборотами в виде пружинок — с п и р о х е т а м и (Spirochaete). Иногда бактериальные клетки остаются соединенными группами по несколько. Такие группы получили специальные названия в зависимости от числа клеток. Так, например, группы из двух клеток называются д и п л о к о к к а м и (Diplococcus), из многих кокков, расположенных цепочкой, — с т р е п т о к о к к а м и (Streptococcus), из многих кокков, расположенных неправильными кучками, — с т а ф и л о к о к к а м и (Staphylococcus), из группы кокков, соединенных перетяжками крест-накрест, — с а р ц и н а м и (Sarcinia). Форма бактерий изменяется под влиянием условий питания и прочих факторов среды.

Многие бактерии обладают способностью к самостоятельному передвижению при помощи жгутиков. Число жгутиков у разных бактерий различно (от одного до нескольких).

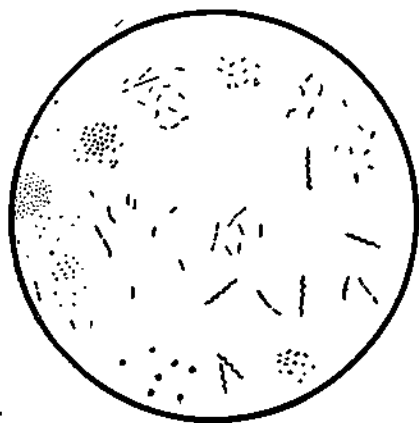


Рис. 180. Основные формы бактерий (палочки; вибрионы и др.) (в поле зрения микроскопа).

Размножаются бактерии путем простого деления клетки на две дочерние, которые обычно сразу же расходятся и вскоре достигают размеров материнской клетки. Процесс размножения протекает весьма быстро. При благоприятных условиях потомство одной бактериальной клетки через 12—15 часов может достигать одного миллиарда. Иногда после деления бактерии дочерние особи не сразу расходятся, а образуют группы из 8, 16, 32 и большего количества клеток.

При неблагоприятных условиях многие виды бактерий способны образовывать споры. Споры возникают внутри материнской клетки, содержимое которой при этом теряет воду, сжимается и покрывается более плотной оболочкой. В клетке образуется только одна спора. Споры служат для сохранения вида в неблагоприятных условиях. Они могут выдерживать длительное высушивание, кипячение в течение нескольких часов, сухое нагревание до 140°, действие ряда ядовитых веществ и т. д. и сохранять способность к прорастанию в течение многих лет. Такая спора в благоприятных условиях прорастает, развивает новую вегетативную клетку, которая затем размножается путем деления.

Несмотря на свои малые размеры и простоту строения, бактерии характеризуются исключительным разнообразием физиологических и биохимических свойств. Большинство бактерий может покрывать потребность в углеводе только за счет готового органического вещества, т. е. имеют г е т е р о т р о ф н о е питание. Однако существуют бактерии и с авто-трофным типом питания, т. е. усваивающие углерод из углекислоты. Некоторые из пурпурных бактерий используют для усвоения углекислоты энергию света, т. е. способны к фотосинтезу, как и хлорофиллоносные растения. Другие используют в процессе ассимиляции углекислоты энергию окисления других веществ, т. е. характеризуются процессом х е м о с и н т е з а. Этот процесс характерен для нитрифицирующих бактерий, которые окисляют аммиак до нитритов и нитратов и используют освобождающуюся при этом энергию на ассимиляцию углекислоты. Эти последние бактерии могут развиваться и строить вещества своего тела без притока органических веществ. Функции хемосинтеза свойственны также сер-

ным бактериям и железобактериям. Первые окисляют сероводород до серы, которая и окисляется в их протоплазме, а вторые окисляют соли закиси железа в окиси, отлагающиеся в виде бурого гидрата в слизистой оболочке их клеток.

Однако большинство бактерий развивается только в присутствии органических веществ: они своими разнообразными ферментами действуют на органические вещества, расщепляя их на более простые соединения. Эти процессы разрушения органического вещества бактериями называются гниением при разложении азотистых веществ и брожением при разложении углеводов. В конечном итоге после ряда этапов разложения происходит полная минерализация органических веществ и превращение их в простые неорганические соединения, как CO_2 , H_2O , NH_3 и др.

Необходимо также указать на отношение бактерий к кислороду. Большинство бактерий аэробны, т. е. развиваются только при достаточном содержании кислорода в окружающей среде, но есть и анаэробные бактерии, которые живут при полном отсутствии кислорода или при крайне ничтожных его количествах. Такие анаэробные виды в естественных условиях развиваются на дне водоемов или в толще органического субстрата, куда кислород не проникает.

Значение бактерий в природе и жизни человека

В связи с тем, что большинство бактерий характеризуется гетеротрофным типом питания, в природе они распространены главным образом в тех местах, где имеются органические вещества или загрязнения в виде отходов растительного или животного происхождения. Вследствие быстроты размножения в благоприятных условиях (достаточной влажности, подходящей температуре и пр.) бактерии развиваются с колоссальной быстротой и очень скоро содержание их достигает предела, определяемого составом и наличием органических веществ.

Основная роль бактерий в природе заключается в разрушении и минерализации органических веществ. Если бы не существовало бактерий, то весь углерод атмосферы очень скоро перешел бы в связанное состояние и человечеству грозила бы гибель от недостатка углекислоты—основной пищи растений.

Бактерии играют важную роль и в промышленности. На их деятельности основывается ряд технических производств, приготовление молочнокислых продуктов, квашение капусты, огурцов, силосование кормов, получение уксусной кислоты, свободного волокна из лубяных пучков льна, конопли и др. Однако имеются и крайне нежелательные в хозяйственной жизни процессы, как порча пищевых продуктов и пр.

Многие виды бактерий являются паразитами и, развиваясь на живых организмах, вызывают у них различные болезни, а нередко и их гибель. Такие бактерии называются болезнетворными, или патогенными. Важнейшие инфекционные болезни, как туберкулез, дифтерия, брюшной тиф, холера, чума и др., вызываются определенными видами бактерий. Паразитизм бактерий на растениях распространен сравнительно меньше; возможно, это есть следствие неблагоприятной для бактерии кислой реакции растительных тканей.

ТИП МИКСОМИЦЕТЫ, ИЛИ СЛИЗЕВИКИ (МУХОРНУТА)

Миксомицеты, или слизевики, представляют собой особый тип низших растений, включающий около 300 видов. Характерной особенностью миксомицетов является строение их вегетативного тела в виде голой много-

ядерной протоплазматической массы с амeboобразным движением при помощи ложноножек (псевдоподий).

К миксомицетам относятся преимущественно сапрофитные организмы, поселяющиеся на растительных остатках, на разрушающихся деревянных балках старых теплиц, в дуплах деревьев, на старых пнях и пр. Вегетативное тело миксомицеты представляет значительную по размерам желтоватую массу голый протоплазмы с многочисленными ядрами. В этой стадии тело слизевика называется плазмодием. В стадии плазмодия слизевик проводит большую часть своей жизни. Благодаря непрерывному движению протоплазмы плазмодий слизевика перемещается в направлении источника пищи и влаги, избегая освещенных мест (отрицательный фототаксис). Спустя некоторое время плазмодий начинает проявлять

противоположные физиологические тропизмы: он стремится к освещенным и сухим местам. Достигнув такого места, он теряет подвижность, подсыхает и превращается в так называемое плодовое тело, покрытое сверху коркой — перидием. В плодовом теле образуются спорангии, в которых развиваются одноядерные споры. Вследствие развития особых приспособлений споры высвобождаются и рассеиваются ветром. Попад в влажный субстрат, споры прорастают в одножгутиковые зооспоры, которые способны размножаться делением. Спустя некоторое время зооспоры вытягивают жгутики, переходят в новую стадию — превращаются в так называемые амeбoиды, или миксамебы. Это название

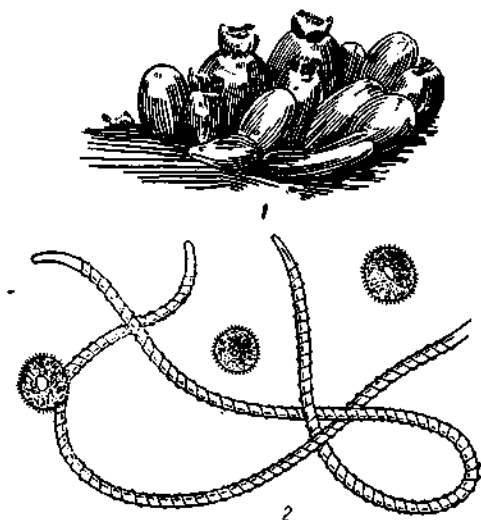


Рис. 181. *Trichia*.

1 — группа спорангиев; 2 — капиллярий и споры.

дано за сходство с настоящими амeбaми (простейшими животными организмами). Они также размножаются делением и потом попарно копулируют, причем сливаются и их клеточные ядра. При этом обнаруживается гетероталлизм, так как копулируют амeбы, происшедшие из разных спор противоположных полов.

Диплоидные амeбы сползаются и сливаются без слияния ядер. Таким образом возникает многоядерная масса плазмодия, который обладает отрицательным фототаксисом и потому бывает обычно скрыт в толще субстрата. Находясь в течение вегетативной жизни внутри субстрата, плазмодий питается там растворенными органическими веществами, а также частично поглощает и твердые частицы в виде бактерий и переваривает их. В результате потребления органических веществ плазмодий разрастается, достигая значительных размеров. После периода роста плазмодий образует выросты, развивающиеся в спорангии. Эти выросты распадаются на одноядерные участки, превращающиеся в споры. Перед превращением в споры происходит деление всех ядер молодого спорангия, носящее характер редукционного, поэтому споры получают гаплоидные ядра.

Спорангии образуются обыкновенно группами на поверхности плазмодия и потребляют всю его протоплазму. У некоторых миксомицетов отдельные спорангии столь тесно соединяются и срастаются друг с другом, что теряют свою индивидуальность и развиваются в более массивные округ-

лые тела, называемые этаклиями. Они окружены общей оболочкой, внутри же представляют общую полость, выполненную спорами и капиллицием. Капиллиций—это ткань из тонких, сплошных или полых внутри нитей или трубок, имеющих известное значение для разрыхления споровой массы и рассеивания ее после разрыва оболочки спорангия. Примером миксомицета может служить трихия (Trichia), фулиго (Fuligo) и др. (рис. 181).

Кроме типичных сапрофитных миксомицетов, известны еще и паразитные формы. Одной из них является плазмодиофора (Plasmodiophora brassicae), вызывающая весьма распространенное заболевание капусты и других крестоцветных, известное под названием капустной килы. Это заболевание выражается в появлении на корнях опухолей, состоящих преимущественно из паренхимной ткани (рис. 182). Капустная кила поражает как рассаду, так и более взрослые растения и ведет к их гибели или в случае поражения на более поздних фазах развития к недоразвитию кочна. Эта болезнь распространена у нас от Ленинграда и до Центральной черноземной полосы.

Развитию капустной килы способствует кислая реакция почвы, поэтому основной мерой борьбы с килей является известкование почв, а также различные профилактические меры, как плодосмен и прямая дезинфекция почвы формалином и другими фунгицидами (последнее для рассадных парников).

Другой вид миксомицета—*Spongospora subterranea*—вызывает порошистую паршу клубней картофеля, которая проявляется на клубне в виде язвочек с темной порошистой массой. Эта масса состоит из спор паразита, склеенных в губчатые клубочки. Порошистая парша распространена у нас повсеместно, главным образом в западных областях, и является предметом внутреннего и внешнего карантина.

Эти болезни наносят большой вред народному хозяйству страны.

ТИП ГРИБЫ (FUNGI)

Грибы составляют обширный тип низших растений, включающий свыше 70 тысяч видов. Несмотря на разнообразие отдельных представителей, большинство грибов построено по одному плану, отражающему основные черты условий существования. Грибы являются бесхлорофилловыми

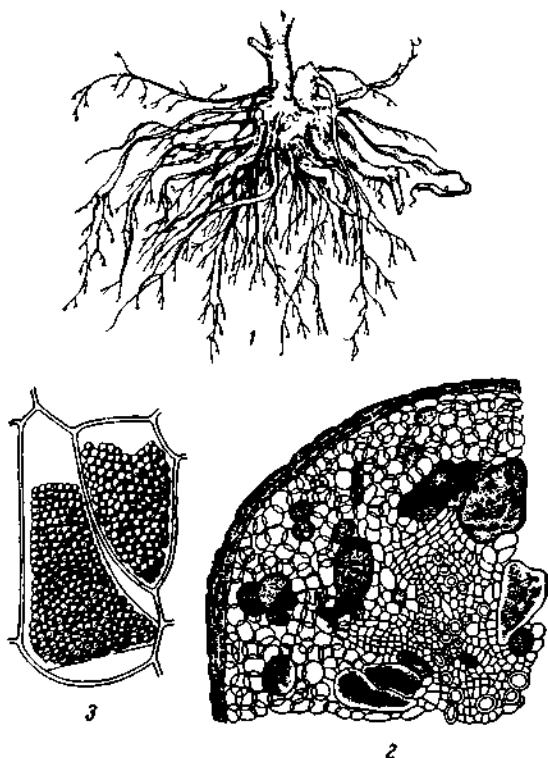


Рис. 182. *Plasmodiophora*.

1—корневая система капусты, пораженная килей; 2—разрез через пораженный корень: крупные серые галетки содержат плазмодии; 3—плазмодий распадается на споры.

растительными организмами и могут питаться только готовыми органическими веществами, ведя сапрофитный или паразитный образ жизни, или же вступая в симбиоз с другими организмами. Образу жизни грибов соответствует вегетативное тело их, называемое **мицелием**, или грибницей, и представляющее систему тонких ветвящихся нитей, или гиф, пронизывающих субстрат. Такое строение грибов увеличивает общую поверхность вегетативного тела, через которую происходит поступление осмотическим путем пищевых органических веществ.

Грибы составляют особый тип низших растений, в процессе эволюционного развития которого значительное число видов перешло от водных условий существования к жизни на земле. Последнее сильно сказалось на организации тела грибов и особенно на организации органов размножения или спороношения. В связи с наземными условиями существования органы размножения грибов обычно резко отличны от вегетативного тела и очень разнообразны, что служит основой для различения отдельных мелких систематических групп и их представителей. Мицелий же построен более или менее однообразно.

В строении вегетативного тела грибов наблюдаются некоторые характерные особенности. Клетки многих грибов одеты твердой оболочкой. Оболочка у представителей низших групп состоит из целлюлозы. У других же групп — из пектиновых веществ. Клеточная оболочка высших грибов образована углеводами, близкими к целлюлозе, и азотистыми веществами, сходными с хитином насекомых. В наземных спороносных органах и в самих спорах оболочка иногда кутикулизована в наружных слоях и окрашена в коричневый или темный цвет. В протоплазме совершенно отсутствуют пластиды как окрашенные, так и бесцветные. Ядра мелкие и содержатся в клетке по нескольку. У многих грибов ядра размножаются прямым делением. У других же наблюдается кариокинез со слабым обособлением хромосом.

В качестве запасного продукта вместо обычного крахмала служит гликоген, который отлагается в протоплазме в мелкодисперсном состоянии или в виде коллоидного раствора. Наблюдается также образование масла. Из других запасных веществ встречаются вещества в виде мелких телец, близких по химическому составу к белкам. В клетках грибов крахмал не образуется.

Деление клетки происходит путем врастания перегородок с боков. Перегородки не смыкаются целиком в центре, оставляя очень узкое отверстие, через которое осуществляется связь протоплазмы двух клеток.

Гифы мицелия характеризуются верхушечным ростом и обильно ветвятся; наиболее молодые ветви расположены ближе к растущей верхушке. У большинства низших грибов весь мицелий, достигающий иногда многих сантиметров, не имеет поперечных перегородок и представлен одной гигантской клеткой с многочисленными клеточными ядрами в ней. Такой мицелий называется **нечленистым**, или **неклеточным**, и его строение соответствует неклеточному типу многих сифоновых водорослей. У всех высших грибов и немногих низших гифы мицелия имеют поперечные перегородки, которые делят их на клетки, в большинстве случаев содержащие по нескольку ядер.

У высших грибов часто гифы мицелия соединяются параллельно и образуют так называемые мицелиальные тяжи, по которым происходит поступление питательных веществ и воды к развивающимся плодовым телам. Дальнейшим этапом такой дифференцировки является образование **ризоморф**, характерных для опенки и других грибов. Ризоморфы также служат для проведения воды и питательных веществ. Другим типом дифференцировки мицелия являются **склероции**, которые

образуются в результате плотного переплетения гиф, богатых запасными веществами и служащих для сохранения гриба при неблагоприятных условиях высыхания, зимовки и пр. Склероции снаружи обычно темного цвета, более или менее округлых очертаний и имеют размеры от нескольких десятых миллиметра до 30 см в диаметре. При благоприятных условиях из склероциев развиваются мицелии или органы спороношения.

Мицелий служит также и для вегетативного размножения, так как отдельные его части могут развиваться самостоятельно. Для целей вегетативного размножения служат о и д и и хламидоспоры, которые образуются на мицелии. О и д и и образуются в результате распада гиф мицелия на отдельные короткие клетки, каждая из которых может развиться в новый мицелий. Х л а м и д о с п о р ы также образуются на гифах, но отличаются более толстой и часто темно окрашенной оболочкой, которая образуется под старой ослизняющей оболочкой. Хламидоспоры часто развиваются непрерывным рядом, а отделены участками неизмененных гиф. С течением времени эти промежутки отмирают, и хламидоспоры разъединяются. Хламидоспоры могут переносить высыхание и другие неблагоприятные условия, а затем, попав в благоприятные условия, прорастают и дают новый мицелий или органы спороношения. Последние весьма характерны для головневых грибов. Функции вегетативного размножения выполняет также почкующийся мицелий, который характеризуется тем, что его клетки округляются, легко изолируются и размножаются почкованием, т. е. образованием выростов, которые, увеличиваясь в размерах, могут затем отделяться от производящей клетки (рис. 183). Подобное строение вегетативного тела характерно для дрожжевых грибов и представителей других групп.



Рис. 183. Грибы. Вегетативное размножение дрожжевых грибов.

Более специализированным размножением является размножение при посредстве спор. Споры развиваются на особых органах спороношения, резко отличающихся от вегетативных гиф своим строением и положением в воздушной среде. Они могут развиваться как чисто бесполом путем, так и быть связанными в происхождении с половым процессом.

По характеру происхождения спор бесполого размножения последние могут быть как эндогенные, или внутренние, так и экзогенные, или наружные. Э н д о г е н н ы е споры образуются в большом числе внутри особых клеток—спорангиев—и называются спорангиоспорами. У некоторых низших водных грибов они имеют вид зооспор, у других же одеты оболочкой и лишены органов движения. В последнем случае образующие их спорангии сидят на особо дифференцированных гифах, или спорангиеносцах, которые поднимаются вверх от субстрата, так что споры разносятся после освобождения токами воздуха. Спорангиеспоры свойственны только некоторым низшим грибам и не встречаются у высших (рис. 184).

Экзогенные споры распространены преимущественно среди высших грибов, но встречаются и у некоторых низших, приспособленных к условиям наземного существования. Экзогенные споры одеты оболочкой, лишены органов движения и развиваются преимущественно в воздушной среде на особых гифах, называемых конидиеносцами. При их развитии кончик конидиеносца отделяется перегородкой, округляется и отпадает в виде конидии. Под первой конидией еще до ее отделения таким же образом формируется следующая и т. д. В результате получается целая цепочка конидий с базипетальным развитием, где самая молодая конидия нахо-

дится у основания и самая старая—на вершине. Такие же цепочки, но с а к р о п е т а л ь н ы м развитием получаются в тех случаях, когда первая конидия дает на верхушке вырост, развивающийся во вторую конидию, которая таким же образом образует третью и т. д. Так получаются цепочки, в которых самый старый член расположен внизу, а самый молодой—на вершине.

Споры бесполого размножения (за исключением зооспор, активно передвигающихся в воде) большей частью разносятся ветром. Попадая в благоприятные условия, споры прорастают. В процессе прорастания спор происходит значительное набухание оболочки, которое вызывается тем, что запасные вещества подвергаются ферментации, превращаясь в сахар.

Сахар осмотически притягивает воду из окружающей среды, и споровая оболочка растягивается и разрывается. При этом выдвигаются в числе одной или нескольких ростовые трубки, одетые только внутренними слоями оболочки.

Половое воспроизведение неодинаково в различных группах грибов. У высших грибов (архимизетов и фикомицетов) наблюдается иногда копуляция двух одинаковых подвижных гамет, оогамное оплодотворение яйца подвижным сперматозоидом и зигогамия, т. е. слияние двух клеток, содержимое которых не дифференцировано на обособленные половые элементы.

Характерным для низших грибов является то, что продукт оплодотворения, или зигота, одевается толстой оболочкой и переходит в состояние

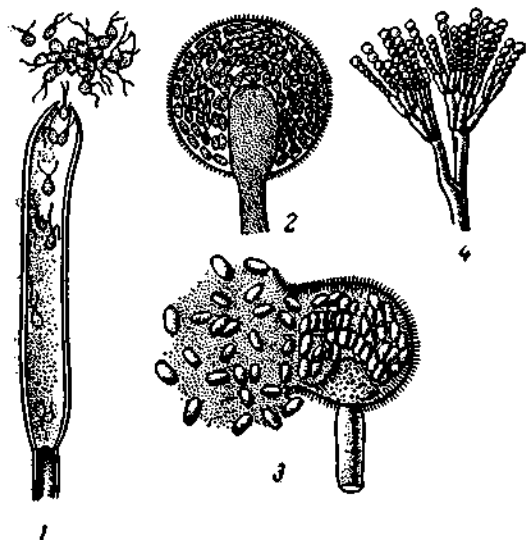


Рис. 184. Грибы.

1—зооспорангий *Saprolegnia*; 2—молодой спорангий *Mucor*; 3—то же, зрелый, вскрывшийся спорангий; 4—конидиеносец *Penicillium*.

покоящейся споры, которая при прорастании образует спорангий со значительным числом спор в нем. При этом происходит редукционное деление копуляционного ядра зиготы. В результате споры получают гаплоидными; вырастающий из них мицелий также гаплоидный. Таким образом, цикл развития низших грибов сходен с таковым большинства зеленых водорослей. Вся жизнь их проходит в гаплоидном состоянии, диплоидной является только зигота в виде покоящейся споры.

Высшие грибы по характеру спороношений делятся на два класса: 1) сумчатые и 2) базидиальные. У обоих классов имеет место сходное развитие, которое начинается из двухъядерной клетки. Оба ядра этой клетки затем сливаются, и копуляционное диплоидное ядро делится редукционным путем. Затем следует второе и часто третье деление, в результате которых получается 4 или 8 гаплоидных ядер. Ядра эти являются центрами образования спор, которые у сумчатых грибов образуются внутри полости, т. е. эндогенно, а у базидиальных—на ее поверхности, т. е. экзогенно (рис. 185). Зигота высших грибов, получающаяся в результате слияния двух клеток с не дифференцированными на отдельные гаметы содержимым, не переходит в состояние покоящейся споры, а немедленно начинает разрастаться. Ее ядра не сливаются, а сближенные

попарно размножаются, и только при развитии сумки или базидии происходит запоздавшее слияние ядер. Таким образом, у высших грибов имеется и диплоидная фаза развития: от зиготы до сумки или базидии. Цитологически диплоидная фаза характеризуется наличием не диплоидных ядер, а попарно сближенных гаплоидных ядер, так называемых дикарионов, причем каждый дикарион соответствует одному диплоидному ядру. От споры, сумки или базидии (аскоспоры или базидиоспоры), прорастающей в мицелий, начинается снова гаплоидная фаза одиночными гаплоидными ядрами.

Тип грибов разделяется на следующие классы. 1. **Архимикеты** (*Archimycetes*)—грибы без мицелия или с зачаточным мицелием. Половой процесс осуществляется в виде копуляции подвижных изогамет или слияния двух вегетативных особей.

2. **Фикомикеты** (*Phycomycetes*)—грибы с хорошо развитым мицелием, большей частью нечленистого строения. Половой процесс оогамный (оомицеты) и зигогамный (зигомицеты).

Оба эти класса составляют низшие грибы.

3. **Аскомикеты**, или **сумчатые** (*Ascomycetes*),—грибы, имеющие членистый мицелий. Споры полового воспроизведения развиваются в особых сумках (асках), откуда и произошло название этого класса.

4. **Базидиомицеты**, или **базидиальные** (*Basidiomycetes*),—грибы с членистым мицелием. Споры полового воспроизведения развиваются снаружи на особых органах—базидиях.

3-й и 4-й классы составляют высшие грибы.

5. **Несовершенные грибы** (*Fungi imperfecti*)—грибы, имеющие большей частью членистый мицелий. Половой процесс неизвестен. Размножаются только вегетативным путем.

К л а с с А р х и м и ц е т ы (*Archimycetes*)

К этому классу относятся микроскопические одноклеточные, большей частью одноядерные формы, связанные с водой и размножающиеся зооспорами. Многие из них паразитируют на водорослях, а некоторые также на наземных растениях, живущих в условиях избыточного увлажнения.

Архимикеты разделяются на два порядка: 1) миксохитридиевые и 2) микохитридиевые. Первые имеют вегетативное тело в виде голый протоплазменной массы внутри клетки питающего растения и не образуют мицелия. Вторые одеты оболочкой и развивают зачаточный мицелий.

Представителем миксохитридиевых может служить ольпидиум (*Olpidium*). Один из видов этого рода—*Olpidium brassicae*—часто встречается на капустной рассаде, где поражает корневую шейку и вызывает отмирание и почернение ее, известное под названием черной ножки.

Из других миксохитридиевых большое значение имеет род синхитриум (*Synchytrium*). Представителем этого рода является *Synchytrium endobioticum*, вызывающий заболевание картофельных клубней, известное

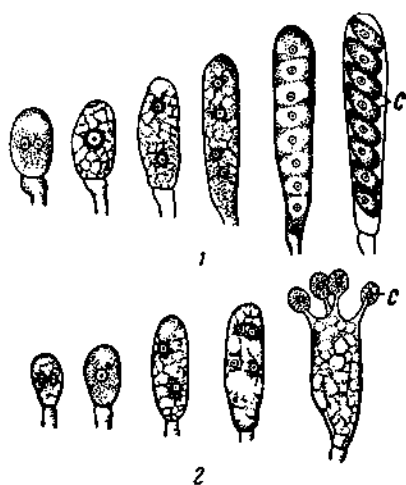


Рис. 135. Грибы.

1—схема развития сумки; 2—то же, базидии; с—споры.

под названием рака картофеля. Заболевание выражается в появлении на картофельных клубнях бугристых опухолей, содержащих в своих клетках цисты паразита. Пораженные раком клубни быстро загнивают, урожай картофеля гибнет.

К л а с с Фикомицеты (Phycomycetes)

Фикомицеты имеют мощно развитый мицелий из многоядерных гиф с неограниченным верхушечным ростом и значительной самостоятельностью частей, поэтому отдельные куски легко регенерируют. Многие фикомицеты также связаны с водой и размножаются зооспорами. У большинства фикомицетов мицелий нечленистый, но содержит многочисленные ядра.

По форме полового процесса и образу жизни фикомицеты делятся на два порядка: 1) оомицеты—характеризуются оогамным оплодотворением, живут в воде и размножаются зооспорами и 2) зигомицеты—с зигогамным оплодотворением, живут на земле и развивают споры, покрытые оболочкой и распространяемые токами воздуха.

Оомицеты делятся на несколько семейств. Представителем семейства пероноспоровых (Peronosporaceae) может служить фитофтора (Phytophthora), некоторые виды которой встречаются в почве как сапрофиты, а другие как паразиты на воздушных частях растений. Наиболее известным представителем является *Phytophthora infestans*, поражающая клубни и ботву картофеля. В условиях паразитарного существования мицелий картофельного гриба полностью погружается в субстрат, где идет по межклетникам и пронизывает самые клетки, вызывая их быстрое отмирание. Органы бесполого размножения—спорангии развиваются на особых ветвях мицелия, которые выходят наружу (на листе—через устьица). Эти ветви, или спорангиеносцы, в свою очередь могут симподиально ветвиться. При

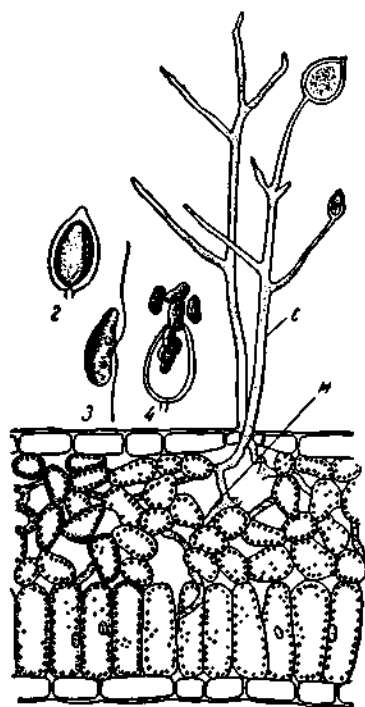


Рис. 186. *Phytophthora infestans*. 1—разрез через пораженный лист картофеля; м—мицелий; с—спорангиеносцы со спорангиями; 2 и 4—спорангии и его прорастание; 3—зооспора (сильное увеличение).

этом образуются новые спорангии (рис. 186). Спорангии спадают в целом виде и разносятся ветром, но прорастают затем в капле дождя или росы, выпуская с десятков двужгутиковых спор. При недостаточной влажности спорангий прорастает как целая спора прямо в мицелий, т. е. функционирует как конидия. Мицелий гриба зимует в пораженных им клубнях, из которых затем появляются больные растения.

К л а с с Аскомицеты, или Сумчатые грибы (Ascomycetes)

Аскомицеты характеризуются в основном сумчатыми спороношениями; у некоторых представителей развиты различные конидиальные бесполое спороношения. Мицелий всегда членистый, состоит из многоядерных или

реже одноядерных клеток. У простейших представителей сумка развивается непосредственно из зиготы: две клетки мицелия сливаются, и продукт копуляции, или зигота, немедленно превращается в сумку. Копуляционное ядро зиготы делится редукционным путем; в результате двух или трех последовательных делений получаются четыре или восемь гаплоидных ядер и около них формируется соответствующее число спор (рис. 187).

Аскомицеты являются наземными обитателями. Среди них имеется много вреднейших паразитов культурных растений.

Сумчатые грибы классифицируются на основании строения плодовых тел и отчасти формы сумок, что стоит в связи со способами рассеяния аскоспор. У многих аскомицетов сумка по созревании активно выбрасывает содержащиеся в ней аскоспоры. Это происходит вследствие того, что содержащийся в ней гликоген при созревании ферментируется, превращаясь в сахар. В результате повышения осмотического давления сумка притягивает воду и ее оболочка растягивается, а затем разрывается на вершине. При этом ее содержимое с силой выпрыскивается, и аскоспоры

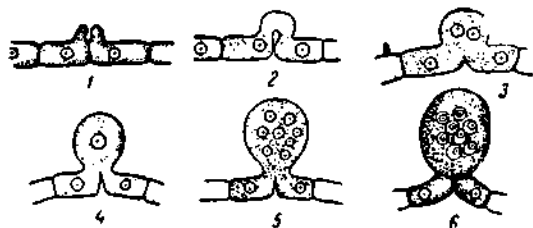


Рис. 187. Оплодотворение и развитие сумки у аскомицетов. 1—6—последовательные стадии.

отлетают на несколько сантиметров. Во время этого полета они подхватываются токами воздуха и уносятся дальше. У других сумчатых активного выбрасывания аскоспор не происходит, и последние освобождаются в результате разрушения общей оболочки плодового тела.

Для сумчатых характерны следующие особенности строения плодовых тел:

1. **Клейстокарпий**—замкнутое плодовое тело, сумки которого расположены внутри и освобождаются вследствие разрушения или разрыва общей оболочки плодового тела.

2. **Перитеций**—плодовые тела полузамкнутые, кувшиновидной формы, с узким отверстием наверху; сумки поднимаются со дна плодового тела пучком и по мере созревания выходят через узкое отверстие, выбрасывая споры.

3. **Апотеций**—плодовые тела открытые, большей частью блюдцевидной формы; сумки расположены на верхней свободной поверхности широким слоем—гимением.

Сумчатые разделяются на два подкласса и восемь порядков.

1) **Порядок Плектасковые (Plectascales)**. Плектасковые характеризуются тем, что имеют особые плодовые тела, которые представляют замкнутые образования, так называемые клейстокарпии, и сумки располагаются внутри них без определенного порядка.

Представителем этого порядка может служить пенциллиум, или кистевик (*Penicillium*), многочисленные виды которого широко распространены как плесени, а также в почве. Большинство их известно только в конидиальном состоянии; конидиеносцы у пенциллиума многоклеточные и на конце 2—3 раза ветвятся. Конечные клетки этих разветвлений расположены на одном уровне и отшнуровывают в базипетальном направлении цепочки конидий. Вследствие такого строения конидиеносец имеет вид микроскопической кисточки, откуда и название гриба—кистевик (*Penicillium*) (см. рис. 184).

Виды *Penicillium* широко представлены в почве и играют там большую роль в разрушении органических остатков. Обильны они на различных органических субстратах (на коже, пищевых продуктах и пр.), находящихся в условиях значительной влажности, в виде зеленой или сизой плесени. Некоторые из них вызывают порчу плодов и овощей при их хранении. Другие виды находят полезное применение. В последнее время широко используются продукты жизнедеятельности *Penicillium* для борьбы с некоторыми инфекционными заболеваниями человека. Эти виды грибов вырабатывают вещества, убивающие или подавляющие развитие многих других микроорганизмов, в том числе и патогенных. Вещества эти находят широкое применение в медицине, особенно при лечении гнойных ран.

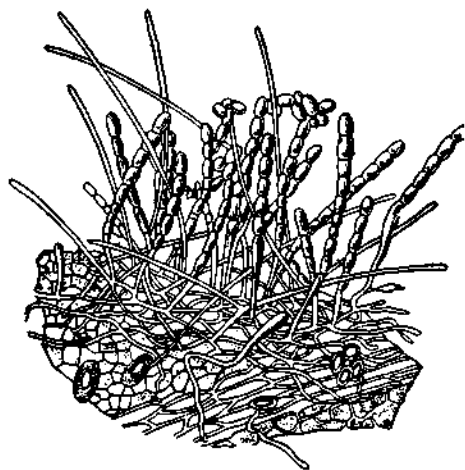


Рис. 188. Мицелий *Erysiphe* на поверхности листа с цепочками конидий.

2) **Порядок Периспориевые (*Perisporiales*).** Периспориевые также имеют совершенно замкнутые плодовые тела (клеистокарпии), но сумки в них расположены не беспорядочно, а соединены параллельно в пучок, поднимающийся от нижней части плодового тела.

Наиболее распространенным является семейство мучнеросных (*Erysiphaceae*), виды которого паразитируют на листьях и других молодых частях многих растений, где вызывают явление так называемой мучнистой росы: лист кажется как бы обсыпанным белым мучнистым налетом.

Мицелий мучнеросных стеляется по поверхности органа и пускает внутрь его, большей частью только в клетки кожицы, присоски, или гаустории. На мицелии на коротких неразветвленных конидиеносцах развиваются сначала цепочками конидии, которые переносятся ветром на другое растение и там немедленно дают новое заражение (рис. 188). Часть конидий опадает на месте образования и создает характерный мучнистый налет на пораженном органе. Несколько позднее появляются клейстокарпии, которые имеют вид маленьких, еле заметных невооруженным глазом, черных шариков. Под микроскопом можно установить, что клейстокарпий одет снаружи темно окрашенной оболочкой, от которой отходят нитевидные разветвленные придатки, загнутые на конце в виде крючочков. Внутри клейстокарпиев находятся сумки, имеющие овальную форму и располагающиеся вертикальным пучком. По созревании клейстокарпии отпадают и зимуют. Весной содержащиеся в них сумки набухают. От давления оболочка плодового тела разрывается. Через разрыв сумки выбрасываются аскоспоры, которые переносятся ветром на молодые листья и заражают их.

К мучнеросным относятся паразиты многих культурных растений, в частности *Sphaerotheca mors uvae*, вызывающая мучнистую росу крыжовника, *Sphaerotheca pannosa*, вызывающая бель на розах, *Microsphaera alphitoides*, поражающая листья дуба, *Erysiphe graminis*, развивающаяся на различных злаках, *Uncinula spiralis*, поражающая виноград и др.

Sphaerotheca mors uvae является одним из паразитов крыжовника. Грибок появляется в начале лета на поверхности молодых ягод, листьев и побегов в виде беловатого налета, образованного мицелием, сложенным из одноядерных клеток и идущим по поверхности пораженного органа. В некоторых местах клетки этого поверхностного мицелия более плотно прилегают к эпидермису и расширяются, образуя так называемые аппрессории, из которых развиваются присоски, или гаустории, проникающие в полость самой клетки. Гаустории представляют орган питания гриба, так как остальной мицелий его находится на поверхности. На мицелии образуются конидиеносцы в виде довольно коротких, но более толстых ответвлений гиф, приподнимающихся кверху и отшнуровывающих на конце базипетальную цепочку овальных бесцветных конидий. Вследствие их развития пораженный орган имеет вид обсыпанного мукой. Конидии, перенесенные ветром на новое растение, прорастают там, развивая такой же мицелий с новыми конидиями на нем. Таким образом гриб быстро размножается в течение лета. Позднее на том же мицелии закладываются клейстокарпии, образованию которых предшествует появление половых органов в виде коротких боковых отростков часто соседних клеток одной и той же гифы.

Клейстокарпии служат для перезимовки гриба. Они прорастают следующей весной таким образом, что оболочка их разрывается под давлением внутренних разбухших частей и сумка выходит вершиной наружу. Споры ее выбрасываются и, попадая снова на крыжовник, развивают мицелий.

П о р я д о к Пиреномицеты (*Pyrenomycetales*). Пиреномицеты характеризуются плодовыми телами, имеющими вид мелких округлых образований с полостью внутри, которая сообщается с внешним миром при посредстве узкого отверстия на вершине, нередко вытнутого в носик. Со дна полости поднимается пучок сумок, которые по мере созревания сильно растягиваются, выходят из отверстия и выбрасывают свои споры (рис. 189). После опорожнения сумки ее оболочка спадается и на ее место становится следующая сумка. Кроме сумчатых спороношений, у пиреномицетов весьма распространены еще различные конидиальные спороношения.

В качестве представителя пиреномицетов может служить спорынья (*Claviceps purpurea*). Она встречается как паразит на различных злаках, чаще всего на ржи, где образует характерные черно-фиолетовые рожки в колосьях. Эти рожки представляют собой так называемый с к л е р о ц и й, являющийся плотным сплетением гиф мицелия, заполненных питательными веществами и потерявших воду. В таком виде склероций приспособлен к зимовке. Опадая на землю, он следующей весной прорастает, причем на нем образуется несколько красноватых шаровидных головок на длинных ножках. Головки представляют собой так называемые стромы гриба, и в них по периферии погружены перитеции в виде кувшиновидных полостей с отверстием наверху. Со дна этих полостей поднимаются сумки, каждая с 8 нитевидными спорами. Споры эти выбрасываются из перитеция ветром и попадают на цветок ржи, где образующийся из них мицелий проникает в завязь. Здесь сначала на нем развиваются конидиальные спороношения в виде слоя коротких конидиеносцев с бесцветными одиночными конидиями. При этом выделяется сахаристая жидкость (так называемая медвяная роса), которая привлекает насекомых, переносящих вместе с тем конидии на своих лапках на другие посещаемые ими цветки злака. Конидии дают там новое заражение.

Позднее на месте разрушенной грибами завязи развивается склероций.

Спорынья уменьшает урожай зерна. Кроме того, она обладает ядовитым свойством. Содержащиеся в склероциях ее ядовитые вещества алкалоиды (группы эрготамина, эрготоксина, эргометрина, эрготинина и др.) вызывают сокращение гладких мышц и при больших дозах дают тяжелое, иногда даже смертельное заболевание, известное под названием «злые корчи». Оно наблюдается при потреблении хлеба, изготовленного из зараженного спорыньей и недостаточно отсортированного зерна. В умеренных дозах спорынья применяется в медицине, главным

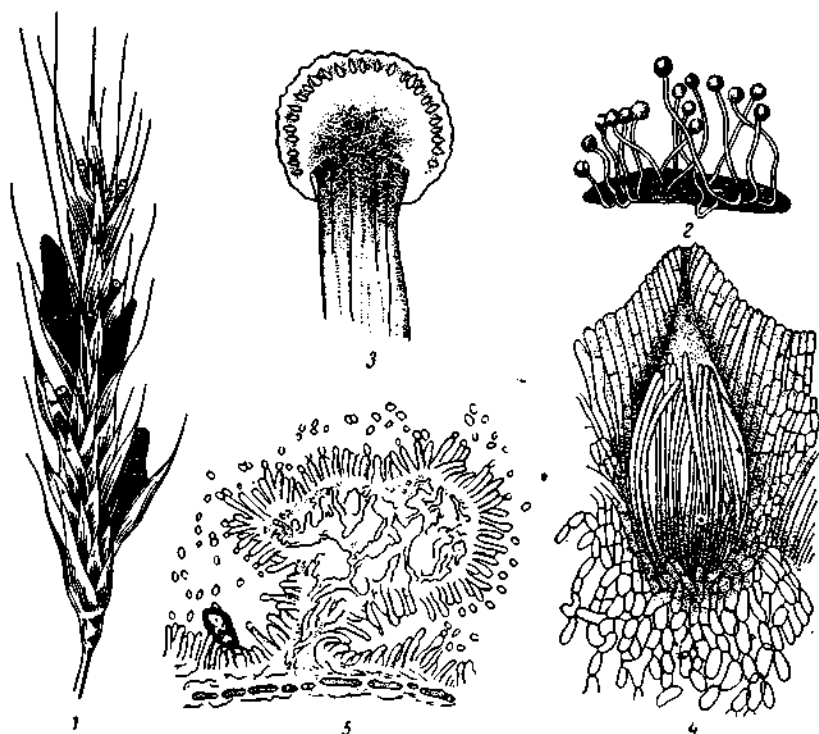


Рис. 189. *Claviceps purpurea*.

1—колос ржи со склероциями; 2—прорастание склероция головчатыми стромами; 3—разрез головки строма; 4—перитений с сумками; 5—конидиальное спороношение.

образом в акушерской и гинекологической практике. Ввиду такого двойственного значения спорыньи с ней, с одной стороны, борются, что достигается сортировкой семян, ранней перепашкой поля для глубокой заделки склероциев и пр., а с другой стороны, разводят для медицинских целей на ржи, а также в искусственной сапрофитной культуре.

В медицине спорынья употребляется под названием *Secale cornutum* и является общепризнанным лекарственным средством.

П о р я д о к Д и с к о м и ц е т ы (*Discomycetales*) Порядок дискомицетов характеризуется сумчатыми плодовыми телами, развитыми в виде апотеция (рис. 190). В наиболее типичном виде апотеций представляет собой блюдцевидное тело, на верхней вогнутой поверхности которого расположен гимений, состоящий из цилиндрических сумок и чередующихся с ними бесплодных нитей—парафиз.

Примером сапрофитных дискомицетов могут быть пиронема и пецица (*Peziza*), встречающиеся на почве. Примером паразитных дискомицетов может служить склеротиния (*Sclerotinia*), для которой характерно обра-

зование склеродиев. Склероции формируются или из плода пораженного растения, или развиваются в вегетативных частях; наиболее важными из них являются *Sclerotinia fructigena* (рис. 191), встречающаяся на яблонах, и *Sclerotinia cinerea*, встречающаяся на сливах. К дискомицетам относятся также сморчки (*Morchella* и др.), являющиеся почвенными

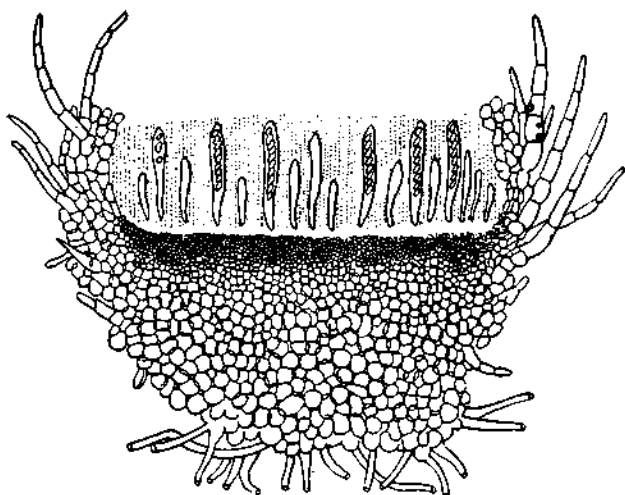


Рис. 190. Апотеций.

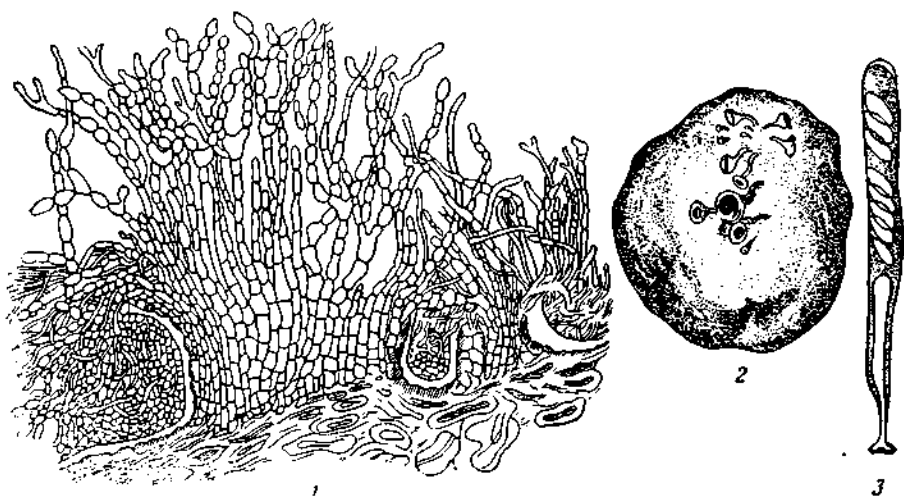


Рис. 191. *Sclerotinia fructigena*.

1—разрез через подушечку конидий; 2—образование апотециев из склеротинизированного яблона; 3—отдельная сумка.

сапрофитами и характеризующиеся тем, что плодовое тело их имеет особую ножку, на которой развивается шапочка, наружная морщинистая поверхность которой покрыта гимением. Некоторые из них съедобны и даже культивируются искусственно.

К л а с с Базидиомицеты (*Basidiomycetes*)

Базидиомицеты представляют большой класс высших грибов, насчитывающий более 20 тысяч видов. В своем развитии они обнаруживают значительный параллелизм с аскомицетами.

Характерной особенностью базидиомицетов является то, что они дают экзогенные споры, развивающиеся большей частью в числе четырех. При этом на поверхности базидии появляются четыре выроста, которые шаровидно вздуваются на конце. В них переходит по одному ядру (см. рис. 185).

Класс базидиомицетов делится на восемь порядков.

П о р я д о к Гименомицеты (*Hymenomycetales*). Гименомицеты образуют наиболее крупный и известный в общежитии порядок грибов, которые известны под этим названием (различные съедобные и несъедобные грибы). Большинство видов живут в почве как сапрофиты и образуют

на ее поверхности крупные плодовые тела. На плодовых телах развиваются базидии, которые располагаются здесь широким слоем—г и м е н и е м, состоящим из самих базидий и чередующихся с ними бесплодных цилиндрических клеток, называемых парафизами. У некоторых простейших представителей плодовые тела слабо развиты, имеют вид пленок или корочек, плотно прилегающих к субстрату, и покрыты гимением на своей верхней свободной поверхности. Последующая эволюция плодового тела шла по пути большего обособления его от субстрата и перенесения гимения на нижнюю поверхность. Установлено, что несущая гимений поверхность, или гименофор, которая у низших представителей гладкая, у более высокоорганизованных приобретает различные выросты в виде зубцов, трубочек или пластинок, покрытых гимением. Форма гименофоров кладется в основу при классификации гименомицетов на семейства. Здесь мы рассмотрим семейство трутовиковых и семейство пластинниковых.

Семейство т р у т о в и к о в ы х (*Polypogaseae*) имеет гименофоры в виде трубочек, внутренняя поверхность которых выстлана гимением. Большинство видов этого семейства развивается на стволах деревьев, где образует характерные плодовые тела кожистой или деревянистой кон-

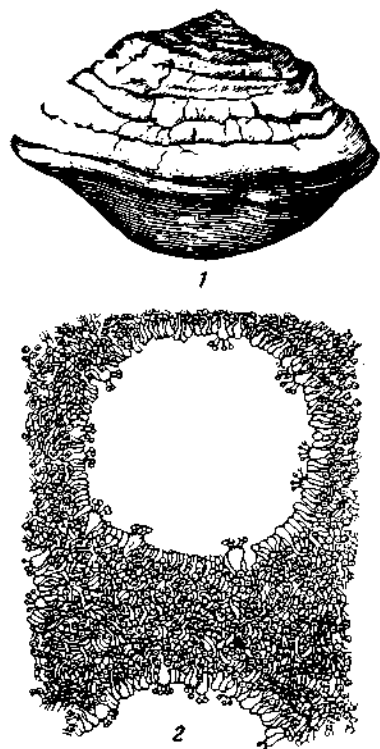


Рис. 192. Fomes.

1—плодовое тело (уменьшено); 2—поперечный разрез через трубку с гимением.

систенции и большей частью копытообразной формы. На нижней стороне плодовых тел находится гименофор из вертикальных трубочек, сросшихся своими боками и выстланных гимением изнутри (рис. 192). Базидиоспоры отбрасываются базидиями в полость трубочек и, падая вдоль них, выпадают наружу, где и подхватываются ветром. У многих трутовиков плодовые тела многолетние, но гимений у значительного числа их функционирует только один год. Следующей весной поверх старого гимения развивается новый слой трубочек и т. д. По числу этих слоев на разрезе можно определить возраст плодового тела.

К семейству т р у т о в и к о в ы х относится б о л е т у с (*Boletus*). Виды его живут в почве и образуют на ней мясистые плодовые тела, состоящие из центральной ножки и шляпки, на нижней стороне которой находится трубчатый гименофор (рис. 193).

Некоторые представители семейства трутовиковых имеют очень важное значение как разрушители древесины в лесу и в постройках. К ним относится **домовый гриб** (*Merulius lacrimans*), встречающийся в постройках и иногда приводящий в несколько месяцев в полную негодность их деревянные части. Плодовые тела домового гриба представляют собой крупные лепешки, распростертые по субстрату и несущие на верхней поверхности гименофор в виде извитых переплетающихся складок. К этому семейству относятся и важнейшие съедобные грибы из рода *Boletus*, а именно: **белый гриб** (*Boletus edulis*), **подберезовик** (*B. scaber*), **подосиновик** (*B. rufus*), **масленок** (*B. luteus*) и др.

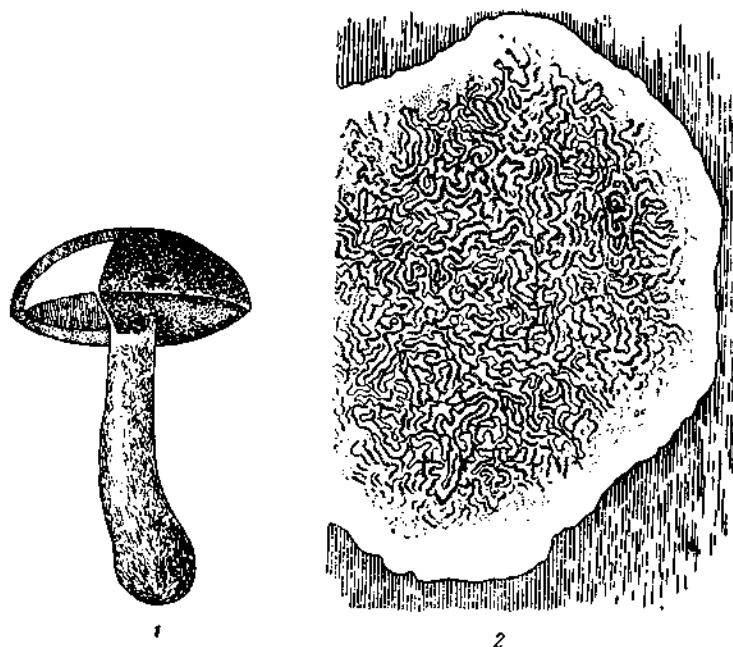


Рис. 193. Грибы.
1—болетус; 2—плодовое тело *Merulius*.

Семейство **пластинниковых** (*Agaricaceae*) характеризуется пластинчатым гименофором. У многих видов этого семейства плодовые тела мясистые, с центральным пеньком и шляпкой, на нижней стороне которой расположены радиально расходящиеся пластинки гименофора. Они с обеих сторон выстланы гимением и расположены вертикально, так что споры выпадают из щелей между ними, не задевая нижележащие части пластинки (рис. 194).

Семейство пластинниковых представлено главным образом почвенными сапрофитами. Некоторые из них относятся к съедобным грибам: шампиньон (*Psalliota campestris*), груздь (*Lactarius piperatus*), рыжик (*L. deliciosus*) и др. Есть и ядовитые. Из них особенно важны: **красный мухомор** (*Amanita muscaria*), **бледная поганка** (*Amanita phalloides*) и др. Бледная поганка вызывает даже смертельное отравление. К пластинниковым относится также опенок (*Armillaria mellea*), являющийся одновременно и съедобным грибом, и вместе с тем разрушителем древесины.

Порядок Гастеромыцеты (*Gasteromycetales*). Гастеромыцеты образуют замкнутые плодовые тела. Внутри их развиваются базидии и там же с них отпадают споры. Освобождение спор происходит лишь после

разрыва и общего разрушения плодовой оболочки. Плодовые тела чаще шаровидные, надземные, а у некоторых видов подземные.

Примером этого порядка является дождевик (*Lycoperdon*), часто встречающийся на лугах и пастбищах. Округлые тела дождевика в молодом возрасте упругие и белые внутри; они могут даже идти в пищу. В белой внутренней ткани их, в узких щелевидных полостях ее, развиваются базидии, которые расположены беспорядочно, имеют округлую форму и несут по четыре базидиоспоры на стеригмах иногда различной длины (рис. 195). При созревании большая часть внутренней ткани разрушается и остаются только особые нити из утолщенных гиф, так называемый капиллиций, и между ними многочисленные базидиоспоры, окрашенные в бурый цвет. После разрыва оболочки плодового тела наверху споры высыпаются. Гастромицеты почти все почвенные сапрофитные грибы, не имеющие практического значения.

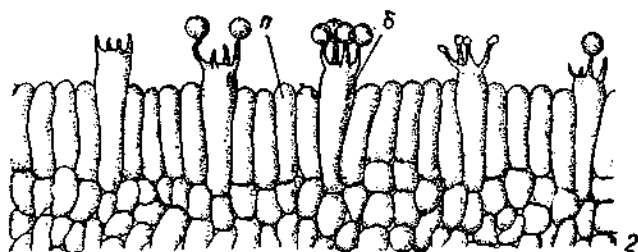
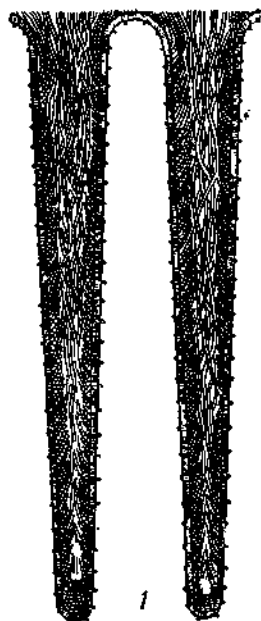


Рис. 194.

1—вертикальное сечение пластинок гриба из Agaricaceae, показаны траектории падения спор; 2—гимений; п—парафизы; б—базидии.

П о р я д о к Головневые (*Ustilaginales*). Все головневые грибы являются паразитами; многие из них паразитируют на зерновых культурах и вызывают у них заболевание под названием головни. Заболевание

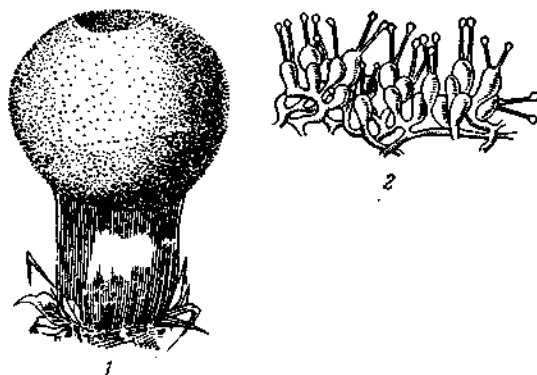


Рис. 195. *Lycoperdon*.

1—внешний вид тела; 2—базидии.

чаще всего наблюдается на цветочных органах злака и выражается в деформации их и разрушении. При этом цветочные органы темнеют от скопившихся спор гриба и приобретают как бы обгоревший вид, откуда и произошло название «головня» (рис. 196).

Заражение злаковых растений может происходить в момент прорастания зерна в почве. При этом мицелий проникает в почку проростка и вместе с ней растет далее. По внешности стебель кажется здоровым, но внутри его, особенно в точке роста, содержится мицелий паразита. Перед выколашиванием в эмбриональном соцветии злака (колосе или метелке) мицелий начинает особенно сильно разрастаться. Вероятно, такое разрастание стимулируется обильным притоком к колосу питательных веществ. В процессе разрастания мицелия ткань соцветия разрушается и сам мицелий распадается затем на округлые темно окрашенные

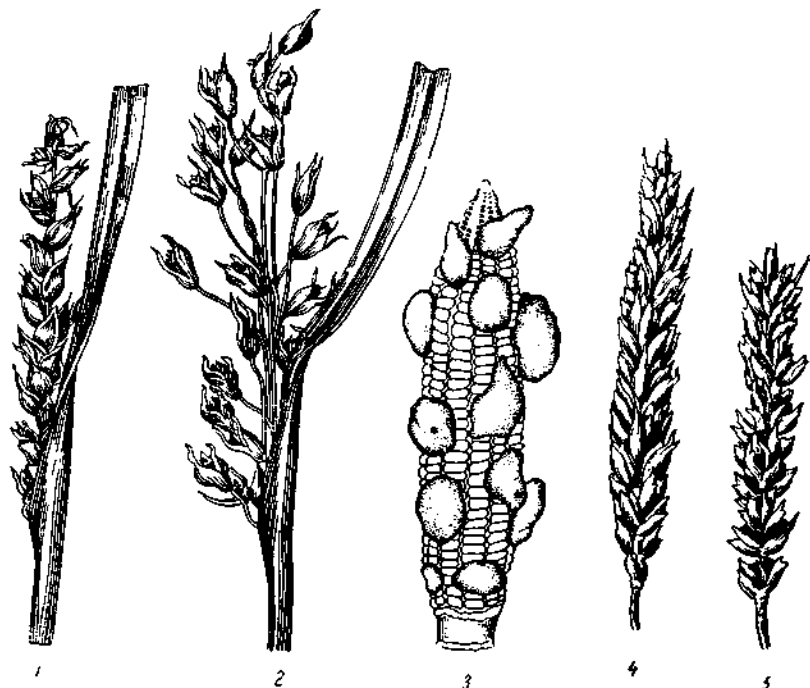


Рис. 196. Головки на злаках.

1—пыльная головка пшеницы (*Ustilago tritici*); 2—пыльная головка овса (*Ustilago avenae*); 3—пузырчатая головка кукурузы (*Ustilago maydis*); 4—здоровый колос пшеницы; 5—колос пшеницы, пораженный твердой головней (*Tilletia tritici*).

клетки, которые представляют собой споры гриба, называемые головневыми спорами. В таком состоянии и происходит выколашивание. Такой тип развития характерен для головки проса, овса, твердой головки пшеницы и многих других. Некоторые другие головневые, например пыльная головка пшеницы, заражает завязь растения, но из нее развивается как бы нормальное зерно, содержащее внутри мицелий гриба. Из такого зерна при прорастании на следующий год без попадания инфекции извне развивается пораженное головней растение. Головка кукурузы может заражать взрослое растение. У головки кукурузы мицелий ограничен в своем распространении и вызывает сначала местное разрастание зараженной ткани, а затем распадается в ней на головневые споры.

В молодой стадии головневые споры содержат по два ядра, которые затем сливаются. Копуляционное ядро при прорастании делится два раза, причем происходит редукция хромосом. Четыре ядра, получившиеся при этих делениях, переходят в ростковую трубку, которая затем делится большей частью на четыре одноядерных клетки, превращаясь во фрагмобазидию. На клетках фрагмобазидии образуются базидиоспоры, которые

могут почковаться еще сидя на базидии и особенно если они после отпадения попадают в питательную среду. Базидиоспоры, а также происходящие из них почкующиеся клетки гаплоидны и оказываются гетероталлическими (+и—). При встрече двух разнозначных базидиоспор (или их потомства) они копулируют, и ядро одной переходит в другую. Из этой двухъядерной клетки развивается двухъядерный мицелий, который один только и способен к паразитной жизни. Из него впоследствии развиваются головневые споры.

Большинство головневых грибов относится к роду *устиляго* (*Ustilago*), имеющему многоклеточные базидии. От него отличаются тиллеции и некоторые другие, имеющие неразделенную базидию. Представителем последних может служить *Ustilago tritici*, вызывающая твердую

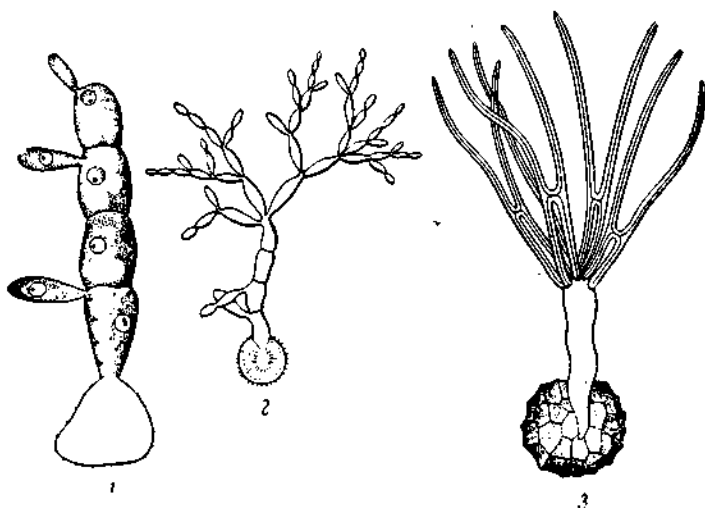


Рис. 197. Прорастание головневых спор.

1—*Ustilago scabiosae*; 2—*Ustilago maydis*; 3—*Tilletia tritici*.

головню пшеницы. При прорастании ее головневой споры развивается одноклеточная трубочка, на вершине которой образуется большей частью 8 нитевидных базидиоспор. Еще сидя на базидии они попарно копулируют и после опадения прорастают в диплоидный мицелий (рис. 197).

П о р я д о к Ржавчинные (*Uredinales*). Ржавчинные грибы получили свое название оттого, что пораженные ими органы (листья, стебли) покрываются как бы ржавыми точками, полосками и пятнами от многочисленных спор, которые у ржавчинных представлены в значительном разнообразии с известной правильной последовательностью появления.

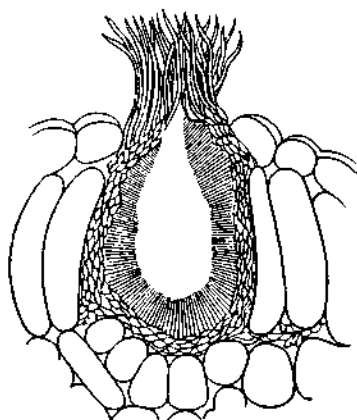
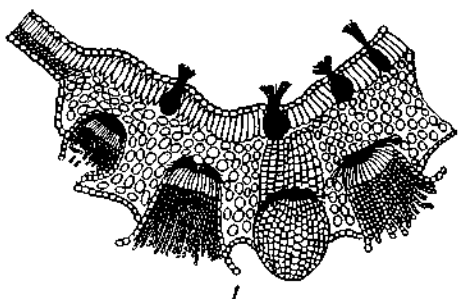
Мицелий ржавчинных эндофитный и идет по межклеточникам в ткани, образуя гаустории, внедряющиеся в самые клетки. Он характеризуется обильным содержанием капель масла, окрашенных в оранжевый цвет пигментом, сходным с каротином. Такие же оранжевые капли содержатся и в развивающихся на нем спорах, вследствие чего пораженные растения покрываются подушечками или пятнами оранжевого или ржавого цвета.

Типичным представителем ржавчинных может служить хлебная, или линейная, ржавчина (*Puccinia graminis*), распространенная на культурных и диких злаках. Гриб начинает свое развитие весной на листьях барбариса. В это время на листьях барбариса можно обнаружить оранжевые пятна, образованные гипертрофированной тканью листовой мякоти, пронизанной по межклеточникам обильным мицелием гриба с гаусториями,

внедряющимися в клетки. Гифы гриба сложены из одноядерных клеток с оранжевыми каплями масла в них и принадлежат к гаплоидной фазе развития. В глубине ткани на мицелии закладываются органы спороношения, ближе к верхней поверхности листа—пикниды, или спермогонии, и ближе к нижней поверхности—эцидии (рис. 198).

На первых стадиях развития те и другие сходны и представляют шаровидные образования гаплоидных гиф в межклетниках листовой мякоти. Затем пикниды развиваются в кувшинообразные полые тела, в полости которых радиально от стенок вырастают короткие спороносцы, отщепляющие очень мелкие шаровидные споры, называемые пикноспорами, или спермациями. По мере развития пикнида давит снизу на верхний эпидермис, прорывает его узким отверстием и отчасти выходит наружу своей верхней частью, образующей как бы хохолок из прямых коротких гиф, называемых парафизами. Затем через узкое отверстие в верхней части пикниды между парафизами начинает выступать наружу сахаристая пахучая жидкость с массой погруженных в нее пикноспор. Жидкость эта привлекает мелких насекомых, которые и разносят пикноспоры. Пикноспоры нового заражения не дают, но они участвуют в образовании диплоидной генерации гриба. Таким образом, они по существу являются половыми элементами.

Эцидии при дальнейшем развитии дифференцируются сначала на две части: одну, обращенную к нижнему эпидермису,—стерильную, сложенную из крупных пузыревидных и бедных содержимым клеток, и другую, обращенную в глубь ткани,—плодущую, сложенную из гиф, богатых протоплазмой. В последней затем появляются группы двухъядерных клеток, возникающие в результате попарного слияния первоначальных одноядерных. Двухъядерные клетки цилиндрически вытягиваются и начинают отшнуровывать цепочки двухъядерных спор, называемых эцидиоспорами, и чередующихся с ними промежуточных клеток с тонкими стенками (рис. 199). Снаружи этот развивающийся комплекс спор покрыт, как колоколом, слоем клеток с толстыми стенками, называемыми перидием. В процессе дальнейшего роста эцидий выходит на поверхность, прорывая эпидермис листа, его перидий разрывается на вершине, промежуточные клетки растворяются, и эцидиоспоры начинают выпадать наружу. Они разносятся ветром и для дальнейшего развития должны попасть на лист злака. На листе злака они развивают в межклетниках диплоидный мицелий из двухъядерных клеток. На нем под эпидермисом листа закладываются новые споры—уредоспоры, представляющие собой



2

Рис. 198. *Puccinia graminis*.

1—разрез листа барбариса с пикнидами сверху и эцидиями снизу; 2—разрез пикниды (увеличено).

каждая овальную двухъядерную клетку на ножке (рис. 200). Через разрыв эпидермиса листа уредоспоры высыпаются и, перенесенные ветром на новый лист злака, дают на нем через несколько дней такое же новое уредоспороношение. Так повторяется в течение лета несколько раз.

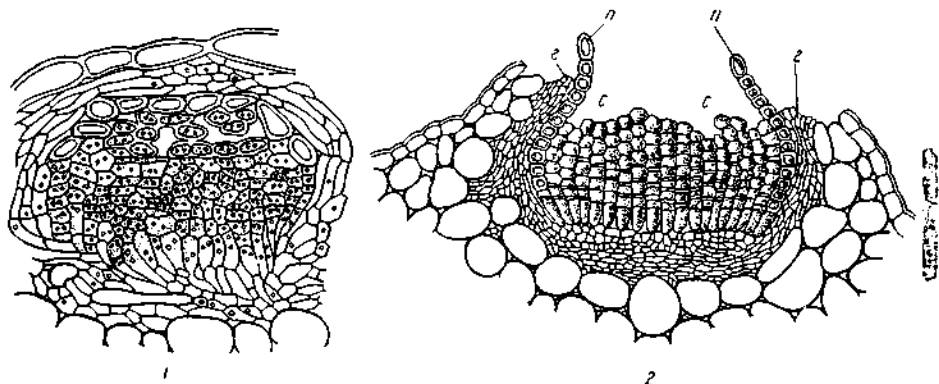


Рис. 199.

1—разрез через молодой, еще закрытый эцидий; 2—разрез через зрелый открытый эцидий; п—перидий; с—эцидоспоры; г—сплетение гиф.

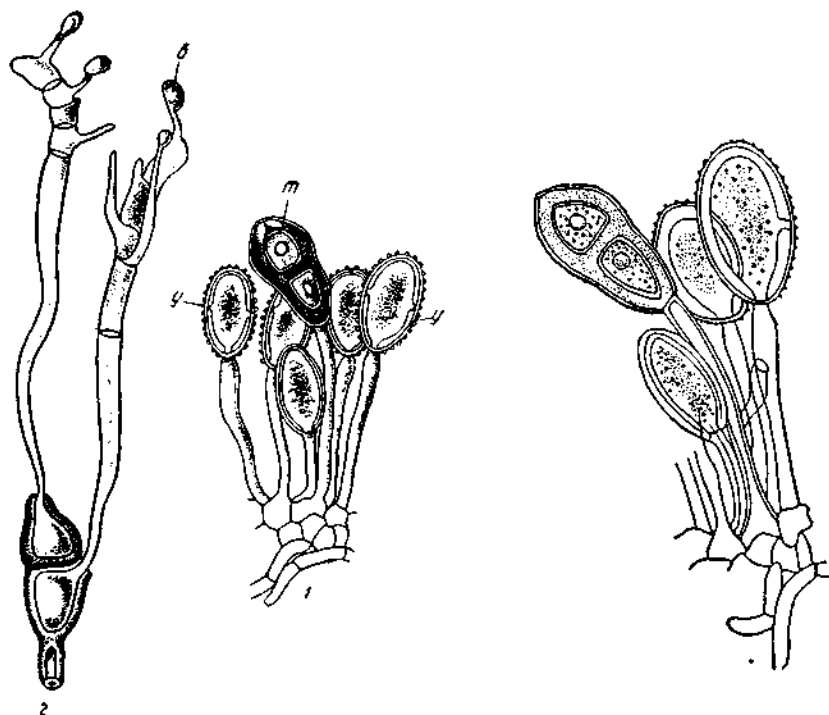


Рис. 200. *Puccinia graminis*.

1—уредоспоры (у) и телейтоспора (м); 2—прорастание телейтоспоры; б—базидиоспоры.

Рис. 201. Уредоспоры и телейтоспора *Puccinia graminis* (двуклеточная).

Когда ткани питающего растения будут истощены действием гриба или с наступлением определенной стадии зрелости на том же мицелии начинают образовываться новые споры—телейтоспоры, или зимние споры. Телейтоспоры развиваются на таких же плоских сплетениях, как и уредоспоры, и сначала часто перемешаны с ними. Каждая

телейтоспора сидит на ножке, а тело состоит из двух клеток (рис. 201). Как и все остальные клетки диплоидной фазы, они содержат первоначально по два ядра, которые впоследствии сливаются в одно диплоидное ядро (рис. 202). Оболочки телеитоспор более толстые, чем у уредоспор, темно-бурого, почти черного цвета с одной ростковой порой в верхнем углу каждой клетки.

Телейтоспоры служат для сохранения гриба зимой, они обыкновенно не отделяются от несущих их ножек. Попадая вместе с частями растения на землю, они перезимовывают и прорастают только весной. В процессе прорастания из каждой клетки телеитоспоры развивается ростковая трубочка. В эту трубочку переходит диплоидное ядро и делится там редукционным способом, а потом простым. В результате этих двух делений

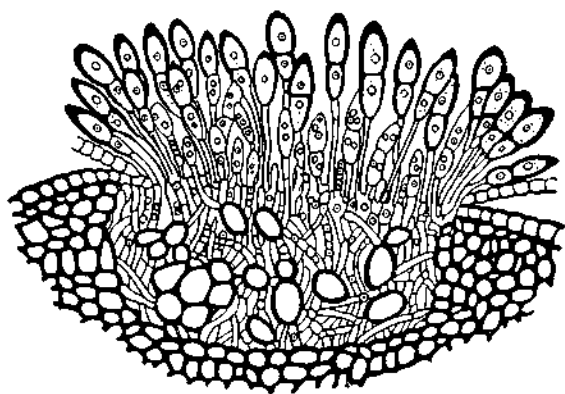


Рис. 202. Подушечка телеитоспор *Russinia graminis* на поперечном разрезе стебля злака.

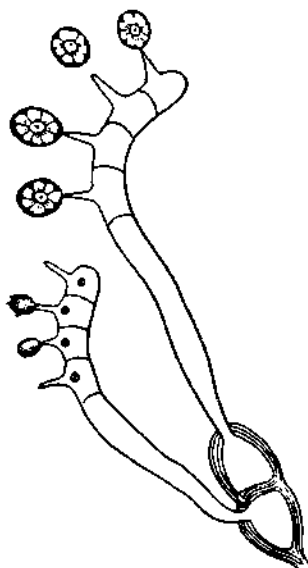


Рис. 203. Прорастание телеитоспор *Russinia*, фрагмобазидии с базидиоспорами.

получаются четыре гаплоидных ядра и между ними появляются поперечные перегородки. Таким образом формируется фрагмобазидия. Ее четыре верхних коротких клетки содержат по одному гаплоидному ядру и представляют собственно фрагмобазидию, а длинная ножка есть только отделенная от остальной часть, не содержащая ядра (рис. 203). Каждая из четырех клеток фрагмобазидии развивает по одной базидиоспоре, в которую переходит ее ядро. Базидиоспоры имеют вид маленьких тонкостенных клеток, сидят на тонких стеригмах и по созревании с известной силой отбрасываются. Для дальнейшего развития базидиоспоры должны попасть на молодой лист барбариса, где они прорастают в гифу, которая проникает в лист не через устьица, а прямо прободает мягкий еще эпидермис и, проникая внутрь листа, развивается в гаплоидный (одноядерный) мицелий. На нем затем снова образуются пикниды и эцидии.

Таким образом, цикл развития хлебной ржавчины включает следующие фазы: 1) гаплоидную, которая начинается с базидиоспор и представлена гаплоидным мицелием на барбарисе с пикнидами на нем и зачатками эцидиев; 2) диплоидную, которая начинается с копуляции клеток в зачатке эцидия и представлена: а) эцидиоспорами, б) диплоидным мицелием на злаке с уредоспорами на нем, в) новым диплоидным мицелием на злаке с такими же уредоспорами, повторяющимся несколько раз, и г) телеитоспорами.

Гаплоидный и диплоидный мицелий представляет собой паразитарные образования и развивается на разных растениях; первый развивается на барбарисе, а второй на злаке. Это явление носит название р а з н о х о з я й с т в е н н о с т и, или г е т е р е ц и и. Оно широко распространено и у других ржавчинных грибов, например, поражающих овес и крушину. Среди ржавчинных грибов встречаются и о д н о х о з я й с т в е н н ы е формы.

Кроме описанной хлебной ржавчины (*Puccinia graminis*), широко распространены еще и многие другие виды, в частности желтая ржавчина (*Puccinia glumarum*) на пшенице и других злаках, корончатая ржавчина (*Puccinia coronifera*) на овсе, ржавчина подсолнечника (*Puccinia helianthi*), ржавчина льна (*Melampsora lini*), ржавчина малины (*Phragmidium rubi*) и др.

Несовершенные грибы (Fungi imperfecti)

К несовершенным грибам относят такие, которые размножаются только конидиями, но по характеру членистого мицелия относятся к высшим грибам. Среди этой группы выделяют три основных порядка: 1) г и ф о

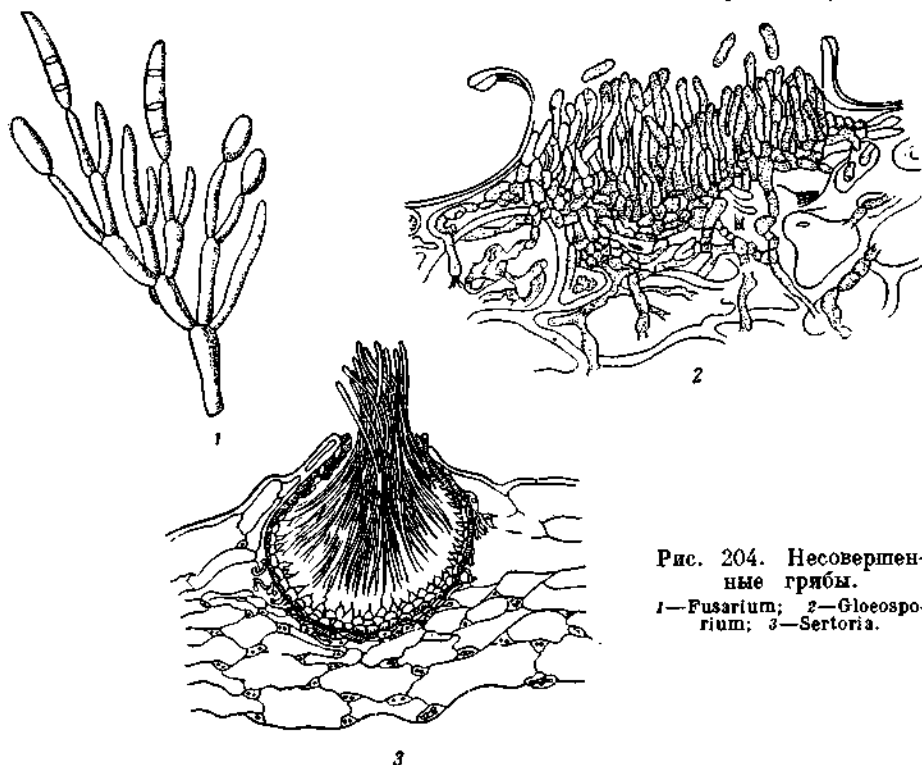


Рис. 204. Несовершенные грибы.

1—Fusarium; 2—Gloeosporium; 3—Sclerotia.

м и ц е т ы—конидиеносцы одиночные или соединенные в узкие пучки (коремии); 2) м е л а н к о н и е в ы е—конидиеносцы расположены тесным слоем на поверхности плотного сплетения гиф (ложа); 3) сферопсидные—конидиеносцы развиваются внутри полых тел, большей частью с узкими отверстиями на вершине (пикниды).

Представителем гифомицетов может служить вертициллиум (*Verticillium*), характеризующийся одиночными мутовчатыми конидиеносцами. Некоторые виды поселяются в сосудах с растениями, вызывая их увядание, вилт хлопчатника). Фузариум (*Fusarium*) имеет серповидно изогну-

тые конидии, развивающиеся на коротких конидиеносцах (рис. 204). Некоторые виды *Fusarium* вызывают болезни растений, называемые фузариозами.

Гифомицеты распространены также в почве как сапрофиты. Из них большое значение имеет триходерма (*Trichoderma*), разрушающая целлюлозу, попавшую в почву в виде растительных остатков.

Представителем меланкониевых может служить глеоспориум (*Gloeosporium*), вызывающий заболевание фасоли, винограда, смородины и др., известное под названием антракноза.

К несовершенным грибам относятся также актиномицеты (*Actinomycetales*), которые широко распространены в почве и играют существенную роль в круговороте веществ в ней. Некоторые из актиномицетов вызывают болезни животных (актиномикоз рогатого скота) и растений (паршу клубней картофеля).

Распространение грибов и их значение в природе и в жизни человека

Грибы широко распространены в природе. В 1 г почвы содержится больше 100 тысяч грибных зародышей. На долю грибов вместе с бактериями приходится функция разрушения органического вещества и его минерализация, что является существенным фактором плодородия. Эти почвенные микроскопические грибы относятся главным образом к муколовым и несовершенным грибам. Некоторые виды высших грибов образуют микоризы на корнях цветковых растений.

В хозяйственной жизни человека грибы имеют также важное значение благодаря наличию съедобных видов, употребляемых у нас в значительных количествах как в свежем виде, так в сушеном и консервированном. Дрожжевые грибы и некоторые другие используются в ряде технических производств вследствие производимого ими брожения (алкогольное, лимоннокислое и др.).

Вместе с тем грибы играют и большую отрицательную роль. Это объясняется тем, что среди них имеется много таких, которые вызывают порчу пищевых продуктов, разрушают древесину, обуславливают многие инфекционные болезни растений, животных и человека. Общая сумма ежегодных потерь мирового хозяйства от болезней растений и порчи продуктов и материалов определяется многими миллиардами золотых рублей. Убытки от грибных заболеваний составляют около 10% урожая, а по яблоневым культурам поднимаются даже до 30%.

ЛИШАЙНИКИ (LICHENES)

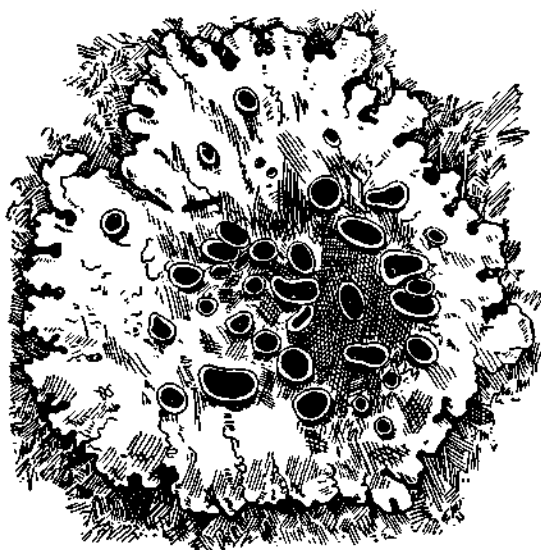
Лишайники представляют собой своеобразную симбиотическую группу низших растений, состоящую из гриба и водоросли. Однако в результате такого симбиотического соединения получается качественно отличный от обоих компонентов новый организм, который имеет целый ряд морфологических и экологических особенностей. Поэтому лишайники рассматривают как особую группу растений с особым путем эволюции. Лишайники часто смешивают со мхами, что отразилось даже в названиях, например олений мох, псландский мох и др., хотя это вовсе не мхи. От мхов лишайники отличаются отсутствием у них типичной зеленой окраски, а также дифференцировки на стебель и листья. Окраска лишайников большей частью бывает сероватая, зеленовато-серая, светло-бурая, реже желтая, оравжевая, белая и очень редко—черноватая.

По внешнему строению слоевища лишайники разделяются на три группы.

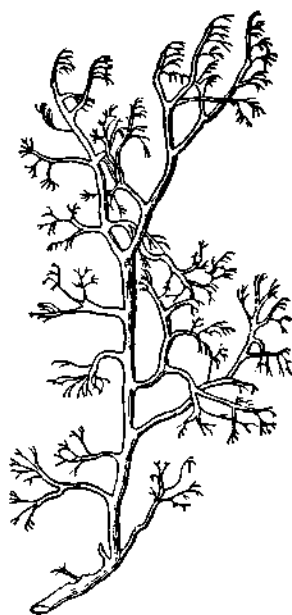
1. Накипные, или корковые, представленные в виде корок, плотно прирастающих к субстрату и не отделяемых от него без повреждения. Эта группа лишайников наиболее многочисленная и составляет около 80% всех лишайников; она очень неприхотлива и поселяется на скалах и других мало питательных субстратах (рис. 205).



Рис. 205. Корковые лишайники на камне.



1



2

Рис. 206.

1—лиственный лишайник с апотенциями (черные кружочки со светлым ободком); 2—кустистый лишайник *Cladonia*.

2. Листоватые лишайники, имеющие листовидный таллом в виде довольно крупных чешуек, соединенных с субстратом при посредстве ризоподобных отростков и легко отделяемых от него (рис. 206).

3. Кустистые лишайники, имеющие вид ветвящихся кустиков, соединенных с субстратом только своим основанием, а в остальной части свободно от него отходящих.

По анатомическому строению таллома лишайники делят на гомеомерные и гетеромерные. В гомеомерном талломе водоросли бывают распределены более или менее равномерно по всему таллому. В окружающей водоросли слизи проходят по всем направлениям грибные гифы (рис. 207).

У гетеромерных лишайников различают корковый слой и сердцевину. Корковый слой состоит из плотно сплетенных гиф, а сердцевина образована рыхлым сплетением их. В сердцевине непосредственно под корковым слоем расположены водоросли, называемые вообще гонидиями, поэтому несущий их слой называется гонидиальным слоем (рис. 208).

В гонидиальном слое гифы гриба плотно оплетают водоросль и получают из нее некоторые питательные вещества, главным образом углеводы. Но водоросль также находит внутри лишайника нужные ей условия существования, так как размножается там делением и не обнаруживает дегенерации. От гриба она получает воду и минеральные соли, извлекаемые грибом из субстрата.

Водоросли, входящие в состав лишайников, принадлежат в основном к зеленым и реже к синезеленым. Каждый вид лишайников содержит всегда определенный вид водоросли.

Грибы, входящие в лишайники, относятся к сумчатым, и лишь у очень немногих тропических видов лишайников грибы относятся к базидиомицетам. Однако грибы лишайников в результате длительного сосуществования

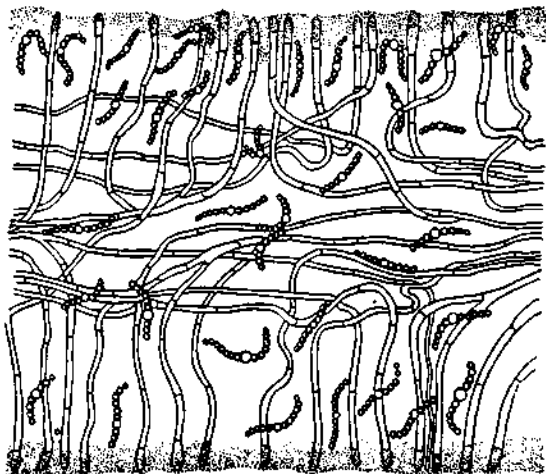


Рис. 207. Разрез гомеомерного таллома *Collema*.

в своеобразных условиях значительно отличаются по общему внешнему виду своего таллома от свободно живущих грибов. Они имеют характерно утолщенные оболочки гиф, тогда как у грибов оболочки гиф обычно тонкие. Кроме того, в талломе многих лишайников имеется два рода гиф. Одни с особо толстой оболочкой, способной впитывать много воды и удерживать ее. Эти гифы играют важную роль в водоснабжении лишайников. Другие гифы имеют оболочки, инкрустированные лишайниковыми кислотами; они не смачиваются водой и служат для поддержания внутри лишайника внутренней атмосферы.

В биологических свойствах водорослей лишайников также имеются существенные особенности. Зеленые водоросли, размножающиеся в свободном состоянии зооспорами или половым путем, в талломе лишайника ни зооспор, ни половых клеток не образуют и размножаются или путем простого деления, или образованием неподвижных дочерних особей (автоспор) внутри материнской клетки. Синезеленые водоросли в лишайниках не образуют спор и гормогониев; нити ностока в неслизистых гетеромерных лишайниках обычно распадаются на отдельные клетки или располагаются группами. Но в общем внешний облик водорослей в большинстве случаев не меняется и способность к самостоятельной жизни сохраняется. Будучи освобождены из таллома и культивируемы на свободе, они восстанавливают способность образовывать зооспоры, гаметы, гормогонии, споры, давать нити, развивать гематоксром. В физиологическом отношении гонидии лишайников также не отличаются от свободно живущих водорослей.

По новейшим исследованиям, в составе некоторых лишайников, кроме гриба и водоросли, обнаружены еще и бактерии (*Azotobacter*),

усваивающие азот атмосферы. Таким образом, некоторые лишайники оказываются результатом симбиоза трех различных по своим физиологическим функциям организмов.

Размножение лишайников происходит различными способами. В первую очередь лишайник может размножаться случайно отделяющимися участками таллома, содержащими гриб и водоросль, а также при помощи специальных образований—так называемых соредий и изидий. Кроме этого, гриб может размножаться спорами. Если споры гриба при прорастании встретят соответствующую водоросль, то образуют с ней лишайник.

У грибов способность к размножению сохранилась полностью. И только у немногих грибов неизвестно образование спор. Обычно же сумчатые грибы образуют апотеции и перитеции, а также конидии.

Соредии образуются в гонидиальном слое лишайника и состоят из небольшого числа клеток водоросли и оплетающих их гиф гриба. Через разрыв коркового слоя соредии выпадают и разносятся ветром или дождевой водой и, попав в подходящие условия, образуют новый таллом лишайника (рис. 209).

Изидии представляют собой простые выросты на поверхности таллома, обыкновенно густо усеивающие верхнюю сторону таллома и состоящие также из гриба и водоросли. Они отламываются и, распространяясь дождем или ветром, могут образовывать новые талломы лишайника.

Лишайники чрезвычайно требовательны к чистому воздуху; почти все они не выносят дыма и копоти больших городов. По степени развития лишайников можно судить о степени загрязненности воздуха: где чистый воздух, там много лишайников.

Систематика лишайников основывается главным образом на плодоношении грибов. По характеру гриба лишайники делят на два класса: сумчатые лишайники, у которых гриб относится к сумчатым, и базидиальные, у которых гриб относится к базидиальным.

Важное значение имеет также таллом, который обуславливает характерную особенность лишайников как комплексных организмов.

Лишайники всюду занимают самые бесплодные места, на которых не могут жить другие растения. В географическом распространении лишайников можно выделить полярную, умеренную и тропическую зоны, внутри которых имеются более мелкие подразделения. По отношению к субстрату и другим условиям местообитания среди лишайников выделяется ряд крупных экологических групп, растущих на почве, скалах, деревьях и пр.

На скалах растут преимущественно накипные лишайники. Среди лишайников на скалах различают кальцефильные, живущие на известковых породах, и кальцефобные, живущие на кремнеземных породах, не со-

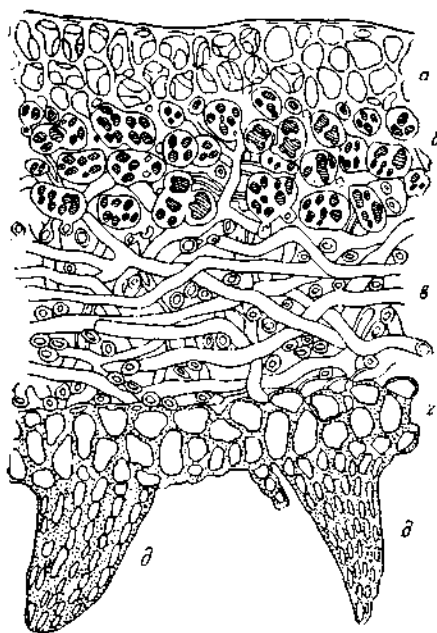


Рис. 208. Разрез гетероталлического лишайника.

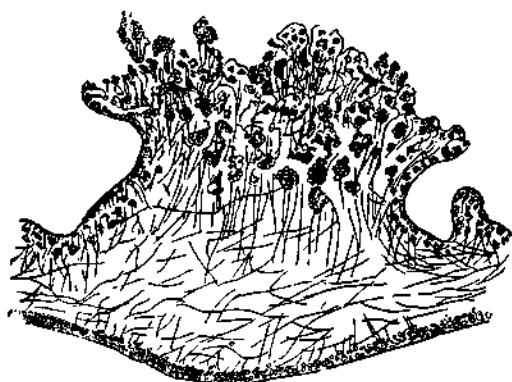
а—верхний корковый слой; б—гонидии; в—слой из тесного сплетения гиф; г—нижний корковый слой; д—ризины.

державших известь. Имеется также большое различие видов в зависимости от физических и химических свойств горных пород.

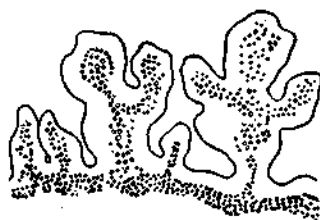
Почвенные лишайники достигают большого развития в местах, мало-пригодных для высших растений из-за недостаточной питательности субстрата или неблагоприятных климатических условий. На хороших плодородных почвах они развиты слабо, так как подавляются более быстро растущими высшими растениями.

Наиболее сильно почвенные лишайники развиты в тундре и в лесотундре, где занимают громадные площади и обуславливают характер ландшафта. Самыми распространенными там являются виды оленьего мха. Среди лишайников, растущих на деревьях, выделяются виды, растущие на листьях, коре и обнаженной древесине.

Кроме таких местообитаний, лишайники встречаются и в других местах, в частности на древесном угле, костях, оконных стеклах, фаянсе, фарфоре, коже, картоне и т. п.



1



2

Рис. 209. Соредии и изидии.

1—разрез таллома с соредиями; 2—то же с изидиями.

В хозяйственной жизни человека наибольшее экономическое значение имеют виды оленьего мха (*Cladonia rangiferina*, *C. silvatica*, *C. mitis*, *C. apilestris* и др.), служащие зимой главнейшим кормом для северных оленей. Так как олени являются рабочими животными и дают человеку мясо, молоко, шерсть, кожу и пр., то от оленьего мха зависит в известной степени благосостояние населения Севера. Олени достают мох и из-под снегового покрова.

Из оленьего мха можно добывать спирт и другие продукты технического производства. Некоторые виды арктических лишайников содержат витамин С.

Некоторые виды лишайников применялись при легочных заболеваниях, желтухе, лихорадке, выпадении волос и пр. Ядовитыми являются лишь два вида лишайника: один из них (*Letharia vulpina*) на севере применялся для отравления волков.

ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ (CORMOPHYTES)

Обычно высшие растения разделяются на следующие типы: мохообразные (Bryophyta), папоротникообразные (Pteridophyta), голосемянные (Gymnospermae) и покрытосемянные (Angiospermae).

Высшие растения являются преимущественно растениями суши. Для некоторых типов характерно наличие женского полового органа—археогония.

Среди архегонийальных растений имеются две большие группы, различающиеся как по своему объему, так и по своей роли в природе и жизни человека. В одной группе архегонийальных растений гаметофит является главным доминирующим поколением, в то время как спорофит имеет подчиненное значение. Эту группу составляют мохообразные (Bryophyta). У второй группы спорофит составляет главную составную часть, гаметофит же развит слабо, а у некоторых представителей сильно редуцирован и сведен до минимума. Эту группу составляют папоротникообразные (Pteridophyta) и примыкающие к ним голосемянные (Gymnospermae). Резкое различие в цикле развития этих двух групп дает основание считать, что Bryophyta, с одной стороны, и Pteridophyta и Gymnospermae—с другой, являются самостоятельными и независимыми друг от друга филогенетически линиями развития растительного мира. Однако ряд общих признаков, в частности одинаковое строение половых органов—архегония, свидетельствует об общем происхождении обеих этих групп. Таким образом, можно полагать, что все архегонийальные произошли от общих предков, каких-то водорослей, оставивших воду и вышедших на сушу. От этих общих исходных организмов очень рано обособились две группы растений. У одной из них доминирующее значение получил гаметофит, он сделался главным в цикле развития поколений, спорофит же редуцировал и потерял способность к самостоятельному существованию; так именно получились мохообразные. У папоротникообразных и голосемянных, наоборот, гаметофит сохранил примитивное строение, а спорофит претерпел сложную и многообразную эволюцию. Спорофит оказался более приспособленным к разнообразным условиям жизни. Вследствие этого папоротникообразные и голосемянные играли и играют значительно большую роль в истории растительного мира. Эволюция в каждой из указанных групп происходила на более поздних этапах самостоятельного развития и привела к возникновению различных растительных форм в пределах этих разных групп.

Т И П МОХООБРАЗНЫЕ (БРЮОРНУТА)

Мхи являются наиболее просто устроенными высшими растениями. Vegetативное тело их не имеет корней, а только ризоиды, которые у некоторых мхов сильно разветвляются и являются многоклеточными.

Тело высших форм расчленено на стебелек и листья, а у низших образует стелющиеся по земле слоевища (таллом). Талломы имеют то более сложное, то более простое строение, стебельки иногда обладают дифференцированными, проводящими воду клетками. Все органы обычно покрыты кутикулой. Vegetативное тело представляет половое поколение (гаметофит или гаплоид). На нем развиваются половые органы—антеридии и архегонии. Бесполое поколение сильно редуцировано и ведет более или менее паразитический образ жизни на половом. На нем развиваются клетки размножения—споры—после редукционного деления. Для мхов характерно отсутствие настоящих сосудистых пучков и то, что вегетативными органами являются гаметофиты (гаплоиды), а не спорофиты (диплоиды), как у остальных высших растений.

Архегоний у мхов бутылчатой формы с однослойноклеточными боковыми стенками и многоклеточным основанием. В расширенной части архегония скрыта яйцеклетка; над ней (также в расширенной части) образуется брюшина и канальцевая клетка; выше нее, вдоль узкого горлышка, расположены в один ряд шейковые канальцевые клетки.

Антеридий имеет вид удлинённого плоского мешочка на короткой ножке. Внутри его развиваются из сперматогенной ткани многочисленные

сперматозоиды. В стадии половой зрелости канальцевые клетки архегония ослизняются и открывают доступ по каналу к яйцеклетке. Созревшие антеридии также вскрываются и сперматозоиды высвобождаются. Но они могут двигаться только в жидкости, поэтому к архегониям они попадают во время росы или дождя.

Архегоний и антеридий развиваются на гаметофите, который сам развивается из споры. После попадания одного из сперматозоидов в яйцеклетку образуется зигота. Из зиготы вырастает спорофит, т. е. бесполое поколение. У всех мохообразных он имеет вид короткой или удлиненной ножки, бесхлорофильной или с малым количеством хлорофилла, расширенной наверху в небольшую коробочку, прикрытую сверху колпачком. Эта коробочка с ножкой называется **спорогонием**. В основании спорогония образует присоски, которыми врастает в гаметофит; это — приспособления для питания за счет гаметофита. На верхушке спорогония основное содержимое коробочки — спорангий со спорогенной тканью. Каждая из клеток спорогенной ткани путем редукционного деления дает четверку спор. Споры рассеиваются после вскрытия коробочки.

Чередование поколений ясно выражено, причем главным доминирующим поколением является половое (гаметофит); бесполое (спорофит) развито слабо и всегда соединено с гаметофитом. Спорофит питается за счет гаметофита. Он обычно значительно меньше гаметофита и является его придатком.

Тип мохообразных делится на два класса: 1) печеночные (мхи) (Hepaticae) и 2) листовые мхи (Musci).

К л а с с Печеночные мхи (Hepaticae)

Печеночные мхи получили свое название оттого, что в прежние времена (вплоть до начала XIX столетия) слоевища наиболее распространенного в Европе вида мхов *Marchantia polymorpha* употреблялись при лечении болезней печени. Характерной особенностью печеночных является наличие талломных форм. Они имеют: 1) простые (одноклеточные) ризоиды, 2) двух- или трехрядное расположение листьев, 3) листья без средней жилки и особых краевых клеток, 4) спорогонии, открывающиеся трещинами, 5) в спорогониях, кроме спор, имеются еще вегетативные клетки. Верхняя сторона гаметофита у печеночных построена иначе, чем нижняя. Нижние формы состоят из стелющегося по земле таллома, а высшие — из таллома, расчлененного на стебель и листья. Бесполое поколение (спорогоний) состоит из ножки и коробочки, в которой развиваются споры и пружинки. Стадия протонемы (первичной нити) при прорастании спор выражена слабо.

Класс печеночные разветвляется на три порядка: 1) маршанциевые (Marchantiales), 2) юнгерманиевые (Jungermaniales) и 3) антоцеротовые (Anthocerotales). К порядку маршанциевых принадлежат стелющиеся по земле, дихотомически разветвленные формы. На верхней стороне их талломов находится ряд воздушных камер; нижняя сторона снабжена брюшными чешуйками и ризоидами двух родов: простыми и язычковыми. Антеридии и архегонии помещаются отдельно друг от друга на поверхности талломов или на особых подставках. Спорогоний у большинства форм состоит из короткой ножки и коробочки, в которой развиваются споры и пружинки; в некоторых случаях спорогоний бывает лишен ножки и в нем развиваются одни только споры.

Представителем маршанциевых может служить обычная в нашей флоре маршанция (*Marchantia polymorpha*) (рис. 210). Маршанция образует довольно широкие лентовидные талломы, стелющиеся по земле. Талломы



Рис. 210. *Marchantia polymorpha*.
1—мужской таллом 2—женский таллом.

дихотомически ветвятся, и на концах ветвей в небольших выемках помещается точка роста таллома. В точке роста происходит нарастание таллома и осуществляется ветвление его. От нижней поверхности таллома отходят тонкие ризоиды, представляющие собой одноклеточные бесцветные нити, глубоко уходящие в землю. Посредством ризоидов таллом мар-

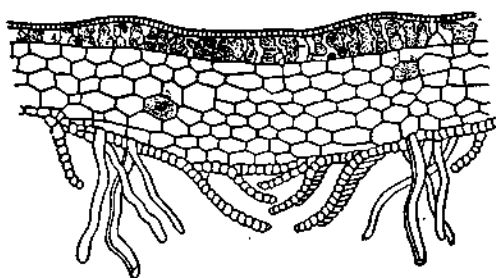
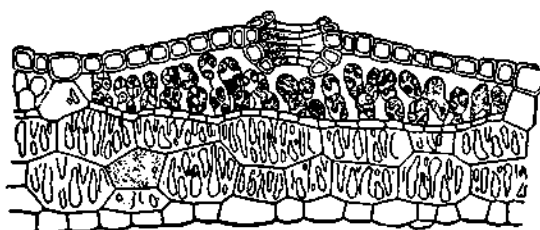


Рис. 211. Поперечные разрезы через таллом *Marchantia polymorpha*.

шанциевых прикрепляется к почве и добывает воду и растворенные в ней соли. На нижней стороне таллома помещаются также однослойные темно-фиолетовые пластинки или брюшные чешуйки, которые рассматриваются как зачаточные листья. Сверхней стороны таллом *Marchantia polymorpha* ограничен верхним эпидермисом, под которым располагаются в один слой полости, имеющие в очертании ромбическую или неправильную многоугольную форму и отгороженные друг от друга однослойными стенками (рис. 211). Со дна камер выступают короткие, иногда ветвистые нити, состоящие из клеток с большим количеством хлорофилловых зерен. Эти клетки вы-

полняют основную роль по ассимиляции углерода из углекислоты воздуха. Камеры сообщаются с наружным воздухом устьицами, расположенными в верхнем эпидермисе, по одному на каждую камеру. Под воздушными камерами находится проводящая ткань, составляющая главную толщу таллома. Она состоит из паренхимных тонкостенных клеток, в которых откладывается крахмал. На верхней стороне *Marchantia polymorpha* сидят небольшие округлые чашечки с неровными краями—

это так называемые выводковые корзинки, являющиеся органами вегетативного размножения. На дне этих корзинок развиваются выводковые почки—плоские двухлопастные тельца, которые разносятся дождевыми потоками и, попадая в благоприятные условия, прорастают и дают начало новым талломам. Кроме того, они могут размножаться также кусочками слоевища, имеющего верхушечную точку роста.

Половое воспроизведение у *Marchantia* состоит в образовании половых органов и последующем оплодотворении, в результате которого развивается спорогоний. Половые органы развиваются на особых приподнимающихся ветках слоевища—зонтиковидных подставках. Мужские и женские органы развиваются на различных растениях; таким образом, *Marchantia* является растением двудомным. Мужские и женские подставки различаются по внешнему виду. Мужские подставки заканчиваются плоским лопастным диском с 8 лучами; на верхней стороне диска имеются многочисленные отверстия, сообщающиеся канальцем с плоскостями; в каждой из плоскостей развивается по одному антеридию; антеридий сидит на короткой ножке и имеет овальную форму. Оболочка состоит из одного слоя клеток. В полости антеридия развивается спермагенная ткань. Из каждой клетки этой ткани образуется два сперматозоида, имеющих спирально изогнутую форму и снабженных на переднем конце двумя жгутиками. При помощи этих жгутиков сперматозоид движется в воде.

Архегонии—женские половые органы—помещаются на женских подставках других талломов *Marchantia*. Женские подставки имеют вид многолучевой звезды, сидящей на ножке. Число лучей колеблется от 6 до 12, чаще всего бывает 9 лучей. Ножка сначала коротенькая, после же оплодотворения сильно вытягивается и высоко выносит звезду над талломом. Архегоний помещается на нижней стороне подставки, между лучами, и имеет форму колбочки, в нижней раздутой части которой, в брюшке, находится яйцеклетка и брюшная канальцевая клетка (рис. 212). Через верхнюю узкую часть архегония—шейку—проходит канал, содержащий один ряд шейковых канальцевых клеток. Стенка архегония однослойная. Архегонии сидят группами, окруженные специальным покровом—перихецием, и свешиваются вниз своими шейками. Когда археспорий созревает, он открывается на вершине; канальцевые клетки при этом распливаются в слизь, которая и заполняет весь канал шейки. Раскрывание архегониев происходит во время дождя или обильной росы. Тогда же открываются и антеридии. Они лопаются на верхушке, и сперматозоиды выходят через канал антеридиальной полости наружу. С каплями воды сперматозоиды попадают на архегонии и проникают в канал их. Один из сперматозоидов сливается с яйцеклеткой, производя таким образом ее оплодотворение. Оплодотворенная яйцеклетка одевается оболочкой и тотчас же начинает делиться и развиваться в спорогоний—бесполое поколение, или спорофит *Marchantia*. Одновременно происходит разрастание и самой подставки, и лучи ее разветвляются. Спорогоний состоит из овальной коробочки и короткой ножки, расширенное основание которой—гаустория—прикрепляет спорогоний к женской подставке (рис. 213). В коробочке образуются споры и пружинки, или элатеры. Споры имеют вид эллипсоидальных клеток, одетых толстой оболочкой. При прорастании на сырой земле спора дает коротенькую нить, которая постепенно переходит в пластиночку. Пластинка превращается в таллом *Marchantia*, и таким образом завершается ее цикл развития. В этом цикле мы видим смену двух поколений: полового, несущего половые органы—гаметофита, и бесполого—спорофита, развивающего элементы бесполого размножения—споры.

Гаметофит состоит из самого таллома и возникающих на нем подставок с половыми органами, спорофит образован спорогонием. Гаметофит

является у *Marchantia* доминирующим поколением, спорофит же развит слабее и сведен до степени отдельного органа, зависящего в своем развитии от гаметофита. Эта черта характерна для всего типа мохообразных. Помимо морфологического и физиологического различия между обоими поколениями, имеется различие и в строении ядер: ядра гаметофита имеют $n=9$, а спорофита $2n=18$ хромосом.

Юнгерманиевые (*Jungermaniales*) имеют слоевищные и листостебельные виды, а также переходные между ними. Коробочка раскрывается четырьмя створками. Растут эти мхи по сырым местам.

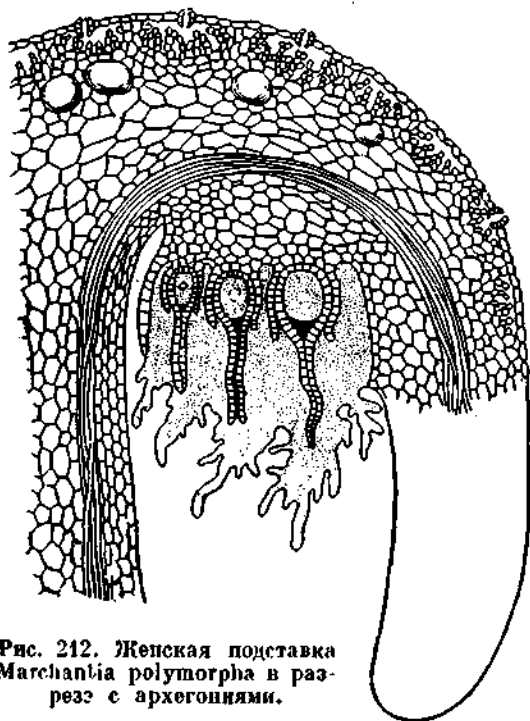


Рис. 212. Женская подставка *Marchantia polymorpha* в разрезе с архегониями.

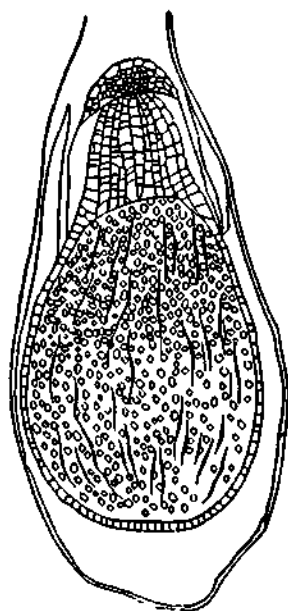


Рис. 213. Зрелый спорогоний *Marchantia* в продольном разрезе.

Автоцеротовые (*Anthocerotales*) имеют пластинчатый таллом, не дифференцированный на отдельные ткани и органы, встречаются на обнаженной почве по папирам и канавам.

К л а с с Листостебельные мхи (*Musci*).

Характерными особенностями класса листостебельных мхов является расчленение растения на стебель и листья. Стебли имеют радиальное строение и одеты листьями, расположенными тесной спиралью и собранными на вершине в виде почки. Половые органы—антеридии и архегонии. Спорогоний состоит из коробочки, сидящей на более или менее длинной ножке и прикрытой колпачком, образующимся из брюшка архегония. В спорогонии развиваются только споры. Стадия протонемы (первичной нити) выражена резко. Ризоиды многоклеточные и сильно разветвлены. Листостебельные мхи разделяются на три порядка: 1) зеленые мхи (*Bryales*), 2) сфагновые мхи (*Sphagnales*) и 3) андриевые (*Andrealales*). Главными порядками класса являются зеленые мхи и сфагновые, или торфяные мхи.

Порядок Зеленые мхи (*Bryales*). В качестве представителя этого порядка мы рассмотрим широко распространенный в нашей флоре мох—

так называемый кукушкин лен (*Polytrichum juniperinum*, *P. commune*). Кукушкин лен растет густыми дерновинами на сырой почве в лесах, на болотах, лугах и т. д. и имеет высокие, неветвистые стебли, густо-покрытые жесткими, острыми листьями. Высота стебля у *P. juniperinum* достигает 15—20 см, а у *P. commune*—40 см. Стебель в нижней части пере-

ходит в подземную часть—корневище, которое стелется в почве. От него отходят ризоиды, посредством которых растение снабжается водой и минеральными солями. Внутреннее строение стебля довольно сложное. В центре его находится проводящий пучок, который построен из элементов, проводящих воду и представляющих собой длинные трубки с толстыми стенками, разгороженные очень тонкими перегородками. Это мертвые клетки. Трубки окружены узкой зоной живых элементов, проводящих пластические вещества. С поверхности стебель одет кожицей. Листья *Polytrichum* также имеют сложное строение. На верхней стороне листа находятся особые ассимиляторы, которые выполняют фотосинтетические функции. Органами полового воспроизведения являются антеридии и архегонии. Они располагаются на вершине стебля целыми собраниями. Собрания антеридиев имеют вид розетки, окруженной широкими красноватыми или желтоватыми листьями. Центр их занят антеридиями. Антеридий представляет собой удлиненный мешочек, сидящий на короткой ножке (рис. 214). Он имеет

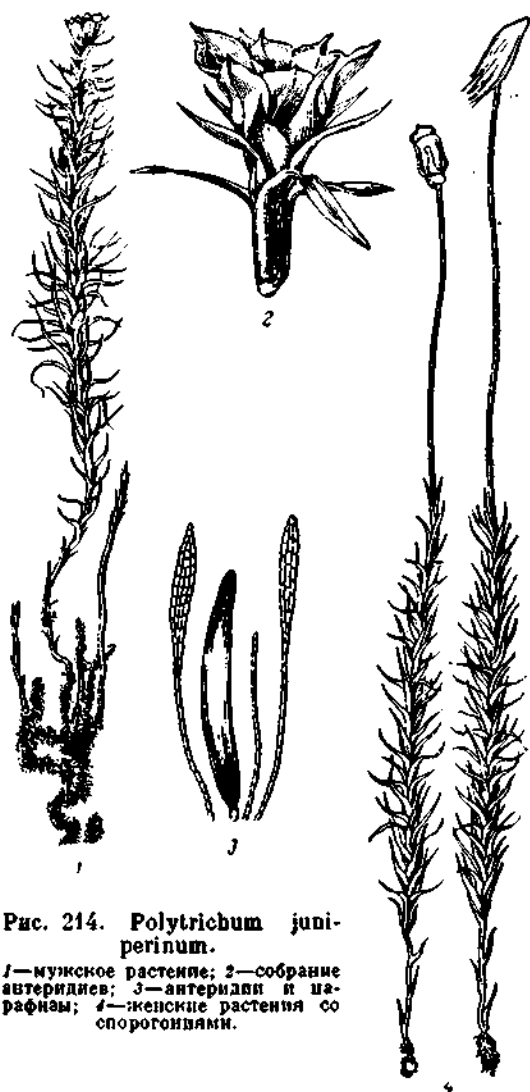


Рис. 214. *Polytrichum juniperinum*.

1—мужское растение; 2—собрание антеридиев; 3—антеридий и парфизы; 4—женские растения со спорогониями.

однослойную стенку. Внутренность его состоит из очень мелких сперматогенных клеток, каждая из которых дает начало одному сперматозоиду. Среди антеридиев находятся листья и особые парафизы.

Собрания архегониев мало отличаются от вегетативной почки, так как окружающие их листья имеют ту же величину и форму, что и вегетативные. Сидит архегоний на массивной многоклеточной ножке. Половой процесс осуществляется во время дождливой погоды или сильной росы. Под влиянием воды антеридии вскрываются, и сперматозоиды выходят в воду. В то же время канальцевые клетки расплываются в слизь, заполняющую канал архегония. Сперматозоид проникает через слизь в архегоний, достиг-

нув яйцеклетки, сливается с ней и производит оплодотворение. Оплодотворенная яйцеклетка начинает делиться и дает начало спорогонию. Сформировавшийся спорогоний состоит из длинной ножки и сидящей на ней коробочки. Ножка прочно врастает в верхушку стебля. Коробочка одета широким волосистым колпачком, развившимся из стенки брюшка архегония. Внутри коробочки помещается спорангий—цилиндрический мешок. В спорангии образуются только споры. После созревания спор коробочка вскрывается. Споры легко разносятся ветром и, попадая в благоприятные условия, начинают прорастать. Они вырастают в длинные, ветвистые нити, составленные из одного ряда клеток. Эти нити, нередко зеленым войлоком покрывающие поверхность почвы, носят название протонемы и составляют характерную стадию в цикле развития мхов. В отдельных местах протонемы возникают почки, которые постепенно развиваются в листостебельный побег, образующий впоследствии половые органы. Листостебельный побег вместе с протонемой составляет половое поколение или гаметофит, спорофит же, или бесполое поколение, представлен спорогонием. Оба эти поколения правильно чередуются друг с другом, но спорофит всегда тесно связан с гаметофитом и в своем существовании зависит от него. Спорофит имеет в своих ядрах $2n$ хромосом, гаметофит— n ; редукция числа хромосом совершается при образовании спор.



Рис. 215. Сфагновый мох (*Sphagnum acutifolium*).

1—часть растения с антеридиальными ветвями; 2—антеридиальная ветвь, антеридия (листья удалены); 3—вскрывшийся антеридий; 4—сперматозоид; 5—продольный разрез верхушки женской ветви.

Среди зеленых мхов весьма развита способность к вегетативному размножению. Оно совершается при помощи подземных побегов и плетей, когда концы их вырастают в новые особи, а также при помощи специальных выводковых почек. Выводковые почки образуются на стеблях, листьях или же в особых заместипах, возникающих на стеблях. Выводковые почки имеют самую разнообразную форму.

Лиственные мхи составляют весьма обширную группу, насчитывающую в своем составе несколько тысяч видов, распространенных по всему свету, живущих в самых разнообразных условиях и играющих известную роль в природе.

П о р я д о к Сфагновые, или Торфяные, мхи (*Sphagnales*). К сфагновым, или торфяным, мхам относится семейство Sphagnaceae, состоящее из одного рода (*Sphagnum*), насчитывающего свыше 200 видов, распро-

страенных по всему свету. Стебли сфагнового мха невысокие, ветвистые; они все время нарастают верхушкой, а нижние части отмирают. Ризоиды отсутствуют. Вследствие отсутствия ризоидов сфагновые мхи получают минеральное питание из капиллярно поднимающегося по стеблям и листьям раствора и частично из оседающей на них атмосферной пыли, которая растворяется кислотами, выделяемыми растением. Листорасположение спиральное. Листья состоят из одного слоя клеток и не имеют жилки. Клетки в листе двух родов: 1) ассимилирующие, хлорофиллоносные, длинные и узкие и 2) широкие ромбовидные клетки, лишенные протопласта, прозрачные, так называемые гилановые; эти клетки мертвые. Оболочки их имеют кольчатые и спиральные утолщения, благодаря чему стенки не спадаются. Они снабжены также порами. Гиалиновые клетки легко впитывают воду и долгое время удерживают ее, поэтому сфагновые мхи являются мощными губками, насыщенными водой и удерживающими ее. Установлено, что поглощенная сфагновым мхом вода весит в 25 раз больше, чем его сухое вещество.

Половые органы сфагновых мхов—антеридии и архегонии. Они расположены на особых веточках. Мужские веточки выделяются более широкими и окрашенными в бурый или желтый цвет листьями. Среди них на стебле сидят на длинных ножках антеридии (рис. 215). Антеридии имеют шарообразную форму, одеты однослойной стенкой и наполнены сперматенными клетками, дающими начало спирально извитым двужгутиковым сперматозоидам. Архегонии имеют типичное для мхов строение и помещаются на вершине женских веточек. По созревании антеридии разрываются на верхушке несколькими лоскутами. Сперматозоиды выходят и проникают в архегонии. Из оплодотворенной яйцеклетки развивается спорогоний, который состоит из шарообразной коробочки и короткой ножки, погруженной в верхушку стебля. Внутри коробочки находится куполообразный спорангий, под которым помещается колонка. Снаружи спорогоний одет колпачком. Когда споры внутри спорогония созревают, коробочка вскрывается и споры рассеиваются. Из споры вырастает пластинчатая протонема, на которой образуются листовые побеги *Sphagnum*. Растеньице *Sphagnum* и его протонема составляют гаметофит, спорогоний—спорофит.

Листостебельные мхи широко распространены по всему земному шару, встречаясь от тропиков до полярных стран. Особенно большую роль играют листовые мхи на торфяных или моховых болотах, где они дают сплошной, плотный ковер и обуславливают весь вид болота. Торфяные болота занимают огромные пространства на севере Европы, Азии и Америки; здесь они простираются на миллионы квадратных километров.

Практическое значение торфяников в жизни человека и природы весьма большое. Торф является ценным топливом и удобрением. Крупные электростанции работают на торфе. В некоторых наших республиках (Белоруссия, Прибалтийские республики) торф является основным топливом. Торф используется в различных других производствах, а также в хозяйственной жизни. В частности, в медицине сфагновые мхи нашли применение в качестве гигроскопического материала, а также для перевязок, для подушек от пролежней и пр.

ТИП ПАПОРОТНИКООБРАЗНЫЕ (PTERIDOPHYTES)

Папоротникообразные составляют огромную группу наземных растений, в большинстве с расчленением на стебли, листья и корни. Во всех вегетативных органах имеются явственные сосудисто-волокнистые пучки. Вегетативные растения представляют собой бесполое поколение (спорофит, диплоид). На спорофите в спорангиях после редукционного деления раз-

виваются гаплоидные споры, у одних—одинаковые (гомо- или изоспоры), у других—различные и по величине (гетероспоры) и по характеру того поколения, которое из них развивается: из мелких спор (микроспор) развивается мужское поколение, приносящее антеридии, а из крупных (макроспор)—женское половое поколение, приносящее архегонии. Иногда отдельные мужские и женские поколения могут развиваться и из одинаковых по величине спор. Споры в большинстве случаев выбрасываются из спорангиев. Из спор развивается половое поколение (гаметофит, гаплоид), ведущее самостоятельный образ жизни или существующее за счет питательных веществ в спорах (сильно редуцированное). На половом поколении развиваются или совместно антеридии и архегонии (ооэпипное поколение), или раздельно: на одних экземплярах—антеридии, на других—архегонии (раздельнополое поколение). Антеридии и архегонии могут быть или типичными, или редуцированными.

Половое поколение папоротникообразных устроено весьма просто; оно представляет слоевище, или клубенок, без дифференцировки на стебель, листья и корни. Таким образом, у папоротникообразных растений строение полового и бесполого поколений представляет как раз обратное тому, что имеет место у мхов, у которых более простым является бесполое поколение.

У папоротникообразных из клетки размножения или споры развивается половое поколение, или заросток, приносящее архегонии и антеридии. Яйцеклетка архегонии оплодотворяется сперматозоидом и тотчас начинает делиться, давая начало зародышу бесполого поколения, который через определенное время достигает зрелости. У него развиваются органы размножения, или спорангии, с находящимися в них спорами.

Существенным отличием бесполого поколения папоротникообразных от мохообразных является также наличие настоящих **с о с у д и с т ы х п у ч к о в**, приближающихся по сложности своего строения к сосудистым пучкам более высоко организованных стеблевых растений. Однако развитие сосудистых пучков и сложность их анатомического строения наблюдаются не у всех папоротникообразных; в зависимости от наличия этого признака различают и ряд переходных форм.

Архегонии папоротникообразных устроены несколько проще, чем архегонии мохообразных.

Тип папоротникообразных делят на следующие классы: 1) псилофитовые (*Psilophytinae*), 2) псилотовые (*Psilotinae*), 3) плауновидные (*Lycopodiinae*), 4) щитниковые, или полупниковые (*Isoëtinae*), 5) хвощевые (*Equisetinae*), 6) папоротниковые (*Filicinae*) и 7) семенные папоротники (*Pteridospermae*).

Первый и седьмой классы представлены только ископаемыми видами, а остальные—как ископаемыми, так и ныне живущими. Мы разберем только наиболее важные классы.

К л а с с Плауновидные (*Lycopodiinae*)

Характерными признаками этого класса является микрофиллия (мелколистность). Имеются как ископаемые, так и ныне живущие формы. Ныне живущие представлены только травянистыми, сравнительно небольшими растениями, встречающимися в небольшом количестве особей и не оказывающих особого влияния на окружающую природу. Они имеют стелющиеся стебли, от которых отходят приподнимающиеся, дихотомически разветвленные ветви. Листья в виде зеленых чешуйчатых выростов стебля расположены спирально и густо.

Современные плауновидные характеризуются наличием стро-б и л а—спороносного «колоска» на верхушке побега, где па оси тесно сидят видоизмененные листья, на верхней стороне которых располагаются спорангии. Споры большей частью — покидают спорангий перед прорас-танием.

Класс плауновидных некогда был широко представлен древовидными и травянистыми видами. Древовидные формы встречались массами и л, вероятно, образовывали крупные леса; они играли большую роль в обра-

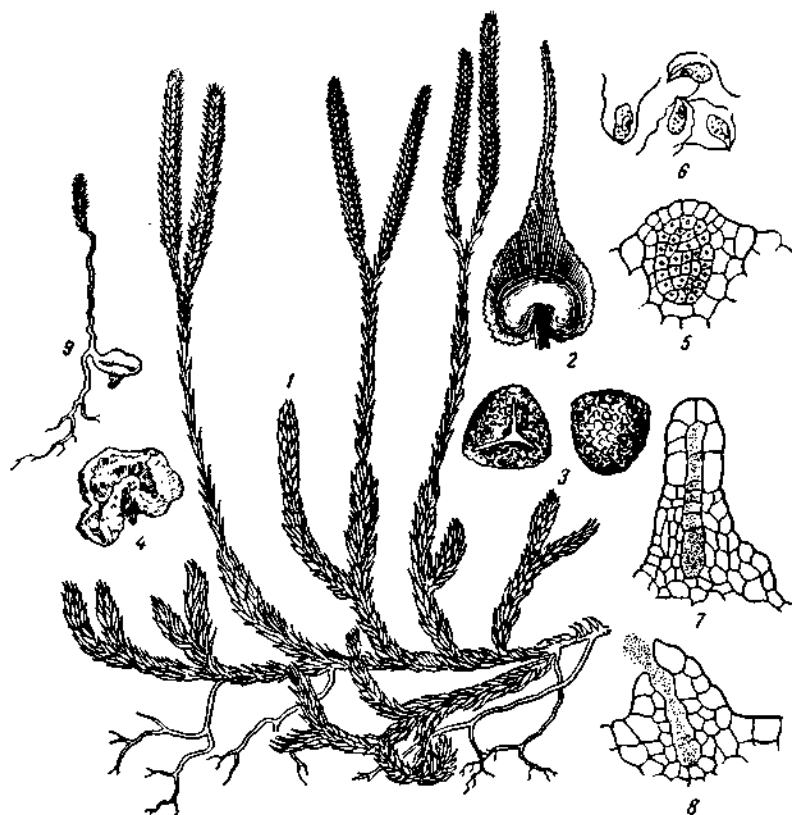


Рис. 216. *Lycopodium clavatum*.

1—растение со спороносными колосками; 2—спорофилл со спорангием; 3—споры; 4—заросток; 5—антеридий; 6—сперматозоиды; 7—8—архегонии; 9—молодое растение.

зовании каменных углей. Приблизительно в середине каменноугольного периода они достигли наиболее пышного развития, но к концу этого периода почти совсем вымерли.

Класс *Lycopodinales* представлен двумя основными порядками: *Lycopodinales* и *Selaginellales*

П о р я д о к *Lycopodinales*. Этот порядок включает только одно семейство *Lycopodiaceae* с двумя родами: *Lycopodium*, виды которого распространены по всему свету, и *Phylloglossum*, единственный вид которого (*Ph. drumondii*) встречается в Австралии и на некоторых близких к Австралии островах. Род *Lycopodium* представлен многочисленными видами, распространенными по всей земле и являющимися травянистыми наземными растениями; под тропиками встречаются и эпифитные формы.

Lycopodium clavatum представляет собой вечнозеленое многолетнее травянистое растение со стелющимся стеблем до 1—2—3 м длины, который дает приподнимающиеся разветвленные веточки до 20 см высоты. На ползучем стебле расположены по спирали мелкие чешуевидные зеленые листья и придаточные корни. Вследствие роста главного стебля и его радиальных разветвлений последний все время занимает новые места. Боковые стебли, дихотомически разветвляясь, несут на верхушках по 2—6 спороносных колосков (чаще всего 2—3). Спороносные колоски образуются только на приростах предыдущего года, на боковых стеблях. Спороносные листья (споролистники) черепитчато прикрывают ось колоска. В основании верхней стороны каждого споролистника развивается крупный спорангий, в котором из спорогенной ткани образуется много спор. Споры в массе светло-желтые, тетраэдрической формы, содержат около 50% жирного невысыхающего масла, благодаря чему они не смачиваются водой и не тонут в воде (откуда и народное название «плавун», измененное в «плаун»). Споры все одинаковые, в силу чего плауны относятся к равноспоровым (рис. 216).

Осыпаясь, споры вымываются дождями в почву и спустя несколько лет прорастают в половое поколение, т. е. в гаметофит, заросток. Если он образуется на поверхности почвы, то зеленеет, обычно же этиолирован и живет в почве сапрофитно. Гаметофит имеет вид маленького клубенька, состоящего из паренхимной ткани, кожицы и ризоидов. Развитие его начинается только после заражения внутренней микоризой. Гаметофит развивается очень медленно и лишь на 12—15-м году образует в верхней части антеридии и архегонии. Из каждой сперматогенной клетки антеридия образуется один двужгутиковый сперматозоид. Оплодотворение совершается при наличии воды. Зародыш в архегонии прорастает в описанное выше многолетнее вечнозеленое растение, которое является спорофитом.

Вегетативное размножение спорофита происходит частями ползучего стебля.

Плаун булавовидный произрастает в хвойных лесах по всему СССР, начиная от Белоруссии до Камчатки и Сахалина включительно. Очень много его на Урале.

Споры плауна применяются в медицине в качестве детской присыпки и для обсыпания пилюль, а также используются в металлургической промышленности для фасонного литья.

Порядок Селагинелловые (*Selaginellales*). В этом порядке имеется только одно семейство *Selaginellaceae* с одним родом *Selaginella*, включающим около 500 видов; почти все они обитают в тропиках. В СССР насчитывается 8 видов. Характерной особенностью этого порядка является то, что представители его образуют споры двух родов: мелкие споры, или микроспоры, и крупные споры, или макроспоры. При прорастании микроспоры дают начало мужским заросткам, несущим только антеридии; из макроспор развиваются женские заростки, несущие архегонии. И те, и другие заростки сильно редуцированы в своей вегетативной части. Род *Selaginella* представлен травянистыми растениями, имеющими вид невысоких (до 0,5 м), густо разветвленных, большей частью дихотомически, кустиков. Ветви покрыты мелкими, тесно расположенными листьями; у некоторых видов они различаются по величине и форме (так называемая гетерофилия). В таких случаях на ветвях можно отличить два ряда листьев мелких и два крупных (рис. 217). К почве *Selaginella* прикрепляется тонкими корнями. Кроме того, на ее стеблях образуются особые органы, так называемые ризофоры (корнеосцы). При соприкосновении с землей из концов ризофор развиваются эндогенно придаточные корни. Ризофоры возникают обычно ниже разветвления стебля и имеют вид длин-

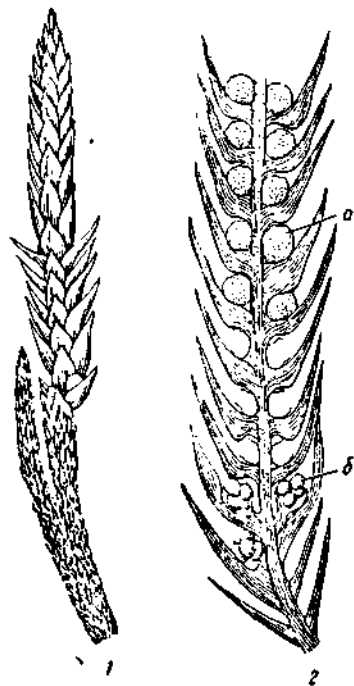


Рис. 217. Колоски селлагинеллы.
1—общий вид; 2—продольный разрез по оси колоска; а—микроспорангий с микроспорами; б—мега-
спорангий с мегаспорами.

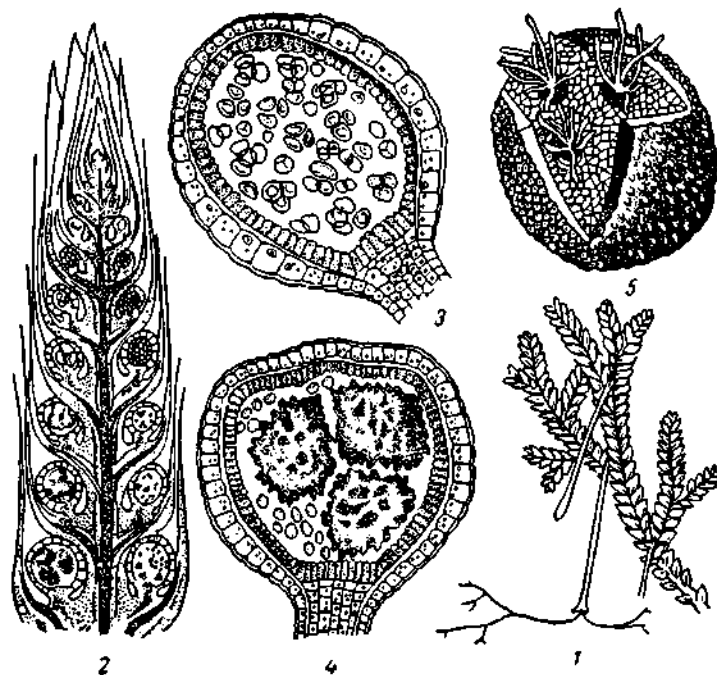


Рис. 218. Selaginella.
1—общий вид Selaginella; 2—колосок; 3—микроспорангий; 4—мак-
роспорангий; 5—проросшая макроспора с женским заростком.

ных тонких корней, но возникают они экзогенно и не имеют корневого чехлика. В центре стебля проходят 1—2 пучка; пучки развиты относительно слабо, главную же массу стебля образует коровая паренхимная ткань. Характерной особенностью листа является то, что в клетках содержатся не обычные хлорофилловые зерна, а пластинчатые хроматофоры.

Размножение *Selaginella* осуществляется при помощи спор, развивающихся внутри спорангиев; спорангии же собраны в спороносные колоски, сидящие на концах ветвей. Колосок содержит в середине ось, на которой сидят спорофиллы. Каждый спорофилл несет по одному спорангию, прикрепляющемуся в углу между ним и осью. Выше спорангия на спорофилле помещается так называемый язычок, имеющий вид небольшой треугольной пластиночки. *Selaginella* образует споры двух родов: соответственно этому имеются два рода спорангиев: микроспорангии и макроспорангии (рис. 218). В микроспорангиях развиваются в большом количестве мелкие микроспоры, в макроспорангиях—только четыре очень крупные, одетые шиповатыми оболочками макроспоры.

Развитие мужского заростка происходит внутри микроспорангия, где образуется всего лишь один антеридий с многочисленными материнскими клетками сперматозондов. К моменту созревания сперматозондов оболочка микроспоры лопается, материнские клетки выходят наружу, и в воде из них освобождаются булавовидные сперматозонды, снабженные на конце двумя жгутиками. Таким образом, мужской заросток у *Selaginella* сильно редуцирован; практически все мужское половое поколение представлено одним антеридием. Из макроспор развиваются женские заростки, которые образуются внутри оболочки макроспоры, причем при прорастании макроспоры ядро ее энергично делится и дает начало мелко-клеточной ткани, заполняющей всю полость макроспоры. Ткань эта и есть женский заросток. Он разрастается, разрывает оболочку макроспоры треугольной трещиной и выходит частично из нее, но никогда ее не покидает. Здесь на заростке развиваются архегонии; они имеют обычное строение и погружены в ткань заростка. Приплывшие к архегониям сперматозонды оплодотворяют их и из оплодотворенной яйцеклетки образуется зародыш.

Из изложенного видно, что у *Selaginella* имеется правильная смена поколений спорофита и гаметофита, которая сопровождается резкой половой дифференцировкой: микроспоры дают начало мужским антеридиальным заросткам, а макроспоры развиваются в женские архегонияльные заростки. Оба типа заростков очень сильно редуцированы, особенно сильно редуцирован мужской заросток.

К л а с с Шилицевые (*Isoëtinae*)

Этот класс представлен одним семейством *Isoëtaceae* и одним родом *Isoëtes*, включающим около 60 видов, распространенных по всей земле. Преобладают погруженные в озерную воду формы, но есть и болотные, а также формы, живущие на временно высыхающих болотах. Представителем рода может служить шильник озерный (*Isoëtes lacustris*), растущий в воде озер Северной и Средней Европы, в лесной зоне Европейской части СССР и в Западной Сибири (рис. 219). Это многолетние травы с клубневидно утолщенным корневищем, от которого отходят многочисленные мочковатые корни и плотная розетка длинных шиловидных жестких листьев. Листья расширены при основании в широкое влагалище; на внутренней стороне их у основания помещается язычок (*ligula*) в виде треугольной, погруженной основанием пленочки. У спорофиллов в расширенной части имеется особая ямка (*fovea*), на дне которой находится один или микроспорангий, или макроспорангий. Ямка полуприкрыта выростом краев

листья, как бы покрывалом. Язычок помещается над ямкой. Листья расположены в таком порядке: вначале идут вегетативные листья, затем макроспорофиллы, потом микроспорофиллы, а затем опять вегетативные листья, макроспорофиллы, микроспорофиллы и т. д. К осени первые вегетативные макро- и микроспорофиллы сбрасываются и остаются только вторые вегетативные листья. На следующий год опять начинается такое же развитие. Растение живет много лет.

Корни довольно многочисленны; они имеют корневой чехлик, один сосудистый пучок и ветвятся дихотомически.

Шильники являются разноспоровыми растениями. Спорангии закладываются на дне ямки из нескольких эпидермических клеток, причем клетки эпидермиса выпячиваются, разделяются перегородками на верхние, из которых после повторных делений образуется оболочка, и нижние, которые дают археспорий. Часть клеток археспория утрачивает свою густую протоплазму и дает особые перегородки (trabeculae), которые в микроспорангиях сетчато сливаются, а в макроспорангиях образуют простые пластинки. В микроспорангиях все клетки археспория делятся сперва редуционно, а потом эквационно и дают микроспоры, а в макроспорангии в каждой камере, ограниченной стенками, отдельные клетки начинают сильно расти, а остальные разрушаются. Выросшие клетки делятся

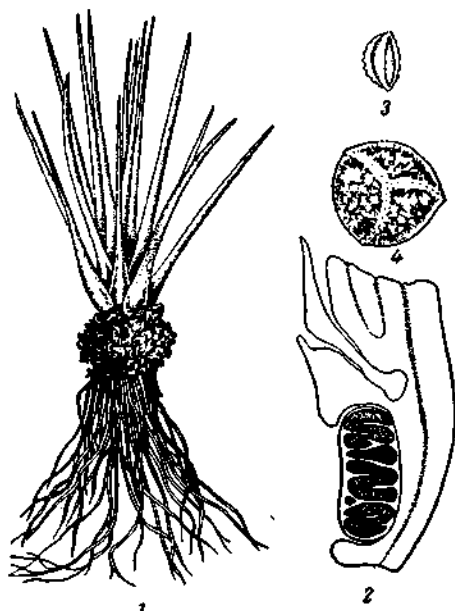


Рис. 219. Шильник озерный (*Isoetes lacustris*).

1—общий вид; 2—спорофилл со спорангием в продольном разрезе; 3—микроспора; 4—макроспора.

обычно и дают по тетраде макроспор. Макроспоры во много раз больше микроспор. Все споры одеты толстой оболочкой. По созревании спор макро- и микроспорофиллы отделяются от материнского растения и плавают на поверхности воды. Споры выходят из спорангиев вследствие сгнивания стенки ямки и спорангия. Из микроспор при прорастании развивается в высшей степени редуцированный мужской заросток. Из сперматогенных клеток развиваются сперматозоиды—спирально скрученные тельца, снабженные на переднем конце целым пучком жгутиков. Макроспора дает начало женскому заростку. Он образуется внутри макроспоры и имеет вид мелкоклетчатой паренхимной ткани, заполняющей ее полость. По мере разрастания оболочка макроспоры лопается, и заросток отчасти выходит наружу; на этой части образуются архегонии. После оплодотворения яйцеклетки развивается новое растение.

Особого практического значения шильники не имеют.

К л а с с Хвощевые (*Equisetinae*)

Современный класс хвощевых представлен только одним семейством хвощевых (*Equisetaceae*), включающим один род *Equisetum* с 25 видами, широко распространенными по всей земле, за исключением Австралии. Виды хвоща представляют собой частью сухопутные, частью болотные

растения. Они имеют обычно ползучее подземное корневище, от которого отходят прямостоящие надземные стебли. У большинства наших хвощей эти побеги однолетние, у некоторых тропических—многолетние. Наиболее распространенным видом в наших широтах является хвощ полевой (*Equisetum arvense*), который растет почти по всему СССР, кроме пустынь Средней Азии, на паровых полях, лугах, в пойменных лесах, кустарниках

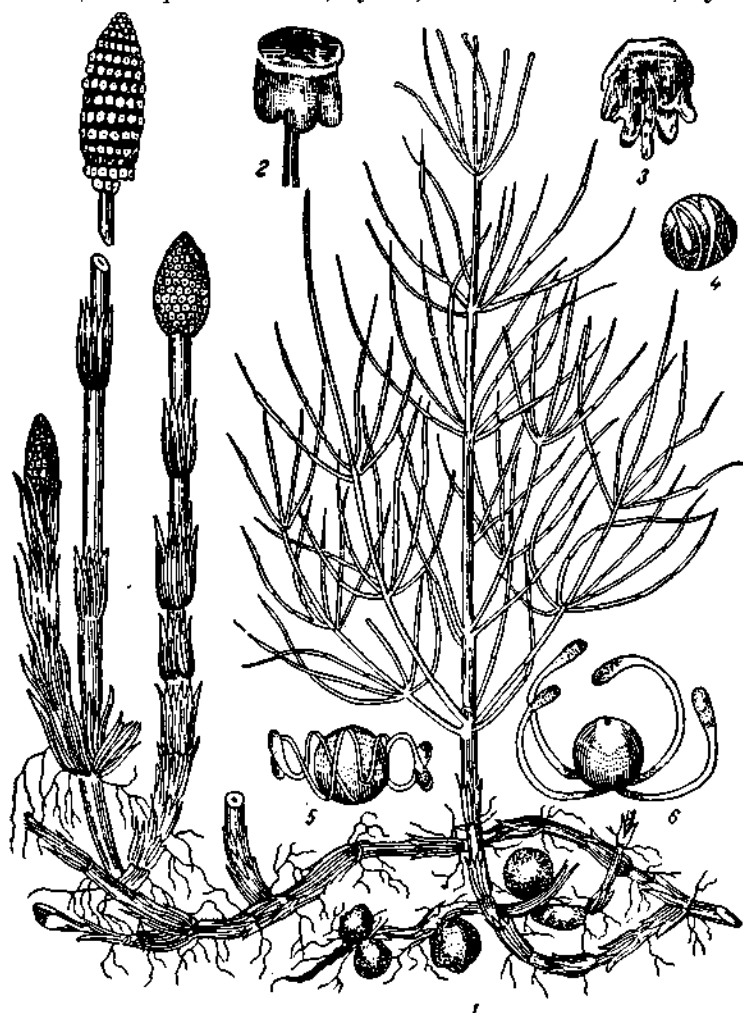


Рис. 220. Хвощ полевой (*Equisetum arvense*).
—растение с вегетативными и плодущими побегами; 2—3—спорофиллы;
4—6—споры.

и посевах (рис. 220). Это многолетнее растение, зимующее в виде корневищ, глубоко погруженных в землю. Запасные вещества откладываются в клубнях, которые развиваются из коротких боковых ветвей корневища. Наземные стебли бывают простыми или разветвляются мутовчато на ветви второго, третьего и т. д. порядков. Все они состоят из вытянутых междоузлий, покрытых снаружи продольными ложбинками, а между ними—валиками; внутри они имеют центральную полость и кольцо периферических полостей, а также коллатеральные сосудистые пучки. На каждом узле находится кольцо редуцированных, заостренных, чешуйчатых листьев,

внизу срастающихся и охватывающих стебель в виде трубочки. Таким образом, междуузлия нижними концами вложены в эту трубочку. Последовательные мутовки чередуются друг с другом, и каждый лист выпячивается в продольное ребро. Ребра в последовательных междуузлиях тоже чередуются. Боковые закладываются в пазухах листьев, но так как они не могут расти между листовым влагалищем и стеблем, то они пробивают влагалище у основания. Вследствие редукции листовых пластинок функции ассимиляции выполняет стебель, в котором под эпидермисом развивается хлорофиллоносная ткань. Характерным для хвоща является то, что стенки эпидермиса пропитаны кремнеземом, придающим ему особую прочность.

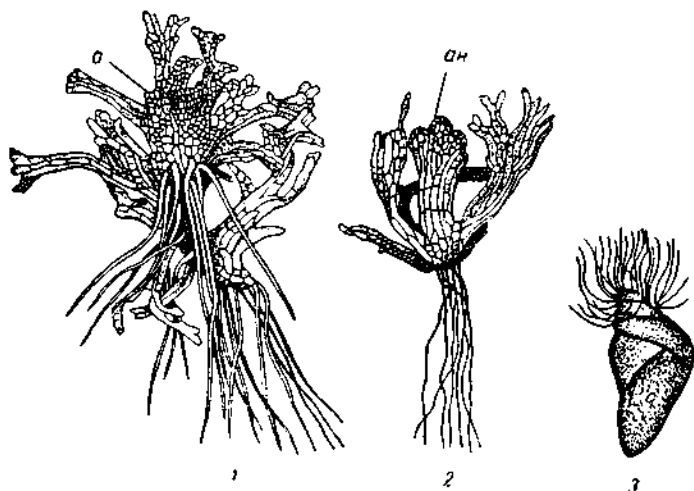


Рис. 224. *Equisetum arvense*.

1—женский заросток; а—артегоний; 2—мужской заросток; ан—антеридий; 3—сперматозоид.

Размножается *Equisetum* при помощи спор, развивающихся в спорангиях, помещающихся в спороносных колосках. Спороносные колоски находятся на спороносных стеблях, появляющихся ранней весной в виде сочных, буроватых, прямых побегов. Спороносный колосок имеет веретеновидную форму и построен из спороносных щитков, или спорофиллов. Каждый спорофилл состоит из шестигульной пластинки, от центра которой по направлению к оси отходит тонкая ножка, при помощи которой щиток к ней и прикрепляется. Вокруг ножки спорофилла помещается 8—10 спорангиев, прикрепляющихся наружным краем к щитку. Внутри спорангия находятся многочисленные споры, все одинаковой формы и величины. Спорофиллы располагаются на оси тесными мутовками и в молодой фазе развития плотно соприкасаются своим краями. Ко времени созревания спор мутовки вследствие вытягивания оси расходятся и между ними образуются щели, через которые споры высыпаются. Каждая спора представляет собой шарообразную темно-зеленую клетку, одетую довольно толстой оболочкой и окруженную двумя спирально завитыми лентами, или элатерами. Роль элатер сводится к тому, что благодаря их присутствию споры всегда сцепляются вместе и образуют довольно крупные и рыхлые комочки. Вследствие этого споры легче разносятся ветром, а при прорастании их развивается всегда масса заростков, что обеспечивает лучшее оплодотворение, так как заростки хвощей большей частью однополые. Хотя споры хвоща внешне совершенно не различаются

друг от друга, но у них имеется внутренняя дифференцировка. Одни из них при прорастании дают мужские заростки, а другие—женские. Реже образуются обоеполое заростки. У однодомных заростков сначала развиваются архегонии, а позднее—антеридии. Заросток хвоща имеет вид небольшой зеленой пластинки, рассеченной на длинные лентовидные лопасти; от нижней поверхности ее отходят ризоиды. Мужские заростки меньше женских; на концах их лопастей помещаются антеридии. Антеридий имеет вид округлого тела, обладающего однослойной стенкой. Его содержимое состоит из мелких сперматогенных клеток, каждая из которых дает шпорообразно скрученный и снабженный на конце пучком жгутиков сперматозоид (рис. 221). В средней многослойной части женского заростка развиваются архегонии, которые имеют типичное строение и брюшком погружены в ткань заростка. Оплодотворение происходит при наличии воды. После оплодотворения из яйцеклетки архегонии развивается новое растение хвоща—его спорофит, или бесполое поколение.

У спорофита полевого хвоща образуются два типа надземных побегов—весенний спороносный, не ассимилирующий и не ветвящийся, и летний вегетативный, ветвящийся, ассимилирующий. Многие другие виды хвоща имеют только один тип побега, одновременно и спороносный, и ассимилирующий.

Практическое значение хвощей невелико. Вегетативные побеги используются в медицине в качестве мочегонного средства и при ряде других болезней.

К л а с с Папоротниковые (Filicinae)

Из всех современных высших споровых собственно папоротниковые наиболее богаты представителями и наиболее известны. В этот класс входит более 6000 видов. Представителем класса может служить имеющий лекарственное значение мужской папоротник, или щитовник (*Dryopteris* (*Aspidium*) *filix mas*), распространенный у нас в тенистых лесах (рис. 222). Это многолетнее травянистое растение с коротким толстым корневищем. Из вершины корневища выходят густые пучки широких и сложно устроенных листьев. Корневище растет горизонтально в земле недалеко от ее поверхности и представляет собой короткий и толстый стебель чернобурого цвета. Он густо покрыт основаниями черешков листьев прошлых лет, что делает его еще более толстым. Ежегодно осенью листья *Dryopteris* отмирают, а весной из вершины корневища, где помещается точка роста его, выходит новый пучок листьев. Выходящие из земли молодые листья свернуты в виде улитки и густо одеты коричневыми чешуйчатыми пленками. Лист развивается очень медленно и лишь на третий год он выходит на дневную поверхность и достигает полного развития. Сформированный лист—сложный, двоякоперистый, до 1 м в длину. Черешок листа, густо покрытый рыжими чешуйками, у основания вздут и после отмирания листа остается на корневище. От корневища отходят многочисленные тонкие корни. Настоящих надземных стеблей *Dryopteris* не развивает.

В середине лета на нижней поверхности листа у *Dryopteris* образуются спорангии, которые являются органами бесполого размножения; они сидят всегда целыми кучками, сорусами. Сорусы располагаются двумя рядами вдоль средней жилки, прорезывающей дольку листа. Каждый сорус сверху прикрыт тонкой, почковидной пластинкой—покрывальцем (*indusium*), поэтому при рассматривании простым глазом сорус представляется в виде бугорка почкообразной формы. Покрывальце переходит в плаценту. На плаценте сидят многочисленные спорангии, представляющие собой округлую, сплюсненную с боков коробочку. Спорангий

однослойный и построен из клеток с тонкими стенками. Полость спорангия наполнена спорами. Спора одноклеточная, одета толстой, черной, бугорчатой оболочкой. Когда споры созреют, стенки спорангия начинают отмирать и ссыхаться, что через ряд изменений приводит к разрыву стенок спорангия и к рассеиванию спор. Последние, попав в благоприятные условия, начинают прорастать и дают начало заростку, или гаметофиту. Заросток, или проталлий, представляет собой маленькую (около 1 см в поперечнике) тонкую пластинку сердцевидной формы (рис. 223). Состоит он из клеток, содержащих хлорофилловые зерна. Почти на всем протяжении заростка клетки расположены в один слой и лишь в средней части, ближе к сердцевидной выемке, — в несколько слоев. (От этой части с нижней

стороны отходят многочисленные ризоиды, посредством которых заросток прикрепляется к земле. На нижней стороне закладываются и развиваются половые органы — антеридии и архегонии; при этом архегонии развиваются в верхней части, ближе к выемке, а антеридии — в нижней части. Антеридии выступают в виде округлых образований на поверхности заростка, одетых однослойной оболочкой; внутри антеридия находятся спермагенные клетки, дающие начало сперматозоидам. Раскрывание антеридия совершается во время дождя или обильной росы. Через отверстие на вершине сперматозонды выходят в воду. Сперматозонды представляют собой штопорообразно завитые тельца, снабженные на переднем конце пучком жгутиков, при помощи которых они передвигаются в воде. На заднем конце сперматозоида находится прозрачный пузырь — остаток плазмы спермагенной клетки. Архегонии папоротников более или менее погружены в ткань заростка, наружу выступают лишь короткие шейки. В брюшке находится яйцеклетка, над ней помещается брюшная канальцевая клетка, шейка занята шейковыми канальцевыми клетками, большей частью сливающимися друг с другом. Созревший архегоний вскрывается на вершине, канальцевые клетки при этом расплываются в слизь. Сперматозонд проникает через эту слизь к яйцеклетке и оплодотворяет ее. Оплодотворенная яйцеклетка делится и дает начало зародышу. Зародыш имеет все части, присущие взрослому растению, т. е. корень, стебель, лист (семядолю) и, кроме того, особый орган — ножку, прикрепляющую его к заростку. Корень постепенно выбивается наружу и уходит в землю; в то же время



Рис. 222. *Dryopteris filix mas.*

1—взрослый папоротник; 2—часть лица его снизу с сорусами, прикрытыми покрывальцами; 3—поперечный разрез соруса спорангиев с покрывальцем; 4—спорангий.

выходит наружу стебель и первый лист. Зародыш начинает существовать самостоятельно, заросток же постепенно отмирает. Так осуществляется цикл развития папоротника.

Как видно из изложенного, в цикле развития папоротника имеется правильная смена поколений. Сам папоротник является бесполом поколением, его спорофитом, образующим элементы бесполого размножения—споры; заросток же с образующимися на нем органами полового воспроиз-

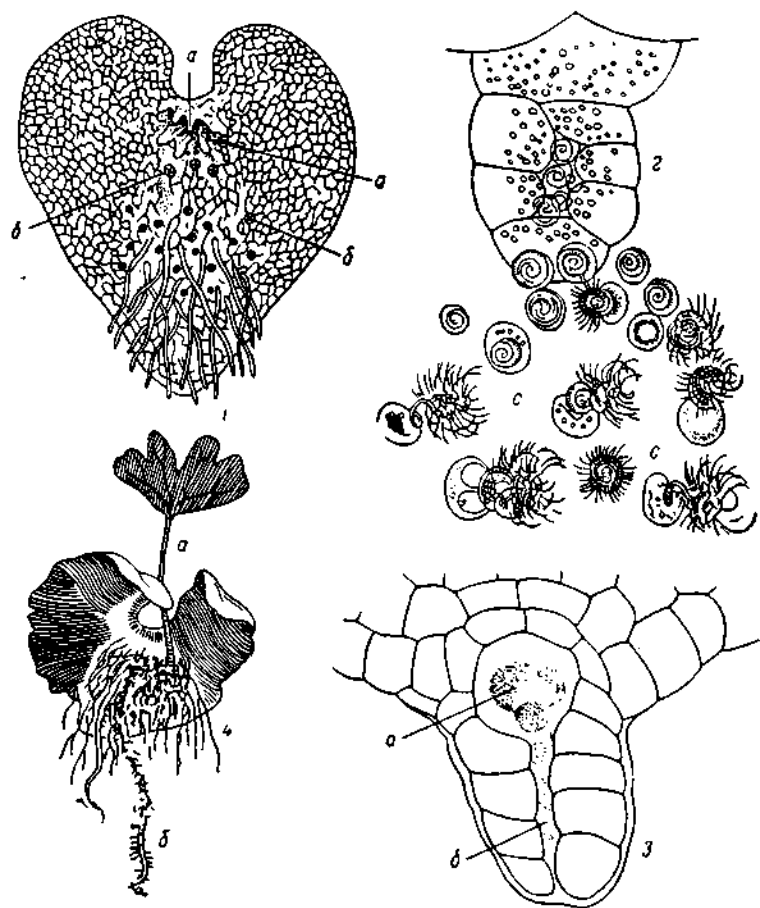


Рис. 223. Заросток папоротника.

1—заросток снизу: а—архегонии, б—антеридии; 2—дополнивший антеридий: с—сперматозоиды; 3—архегоний: а—яйцевая клетка, б—канал; 4—молодой папоротник, развивающийся из оплодотворенной яйцеклетки архегонии: а—первый лист, б—корень.

ведения—антеридиями и архегониями—составляет половое поколение папоротника, или его гаметофит. Цитологическое различие между ними то, что спорофит имеет диплоидное число хромосом, а гаметофит—гаплоидное. Редукция числа хромосом в спорофите происходит во время образования спор (деления ядра материнской клетки спор), удвоение же числа хромосом—во время оплодотворения.

Существенным отличием папоротников от мхов является то, что развивающийся из оплодотворенной яйцеклетки спорофит, образующий споры, имеет значительные размеры, сложное внешнее и внутреннее строение (типичные листья, стебель, корни и типично выраженные ткани)

и существует совершенно самостоятельно от заростка, который не расчленен на стебель и листья.

Спорофиты некоторых папоротников достигают весьма значительных размеров и по своей внешней форме представляют сходство с высшими цветковыми растениями.

Листья папоротников состоят из черешка и сильно характерно рассеченной, реже цельной (*Scolopendrium*), пластинки, нередко имеющей очень большую величину. В мякоти их, образуемой несколькими слоями клеток, проходят настоящие сосудисто-волокнистые пучки, заметные уже снаружи в виде жилок или нервации листа. Поверхностный слой клеток представляет защитную ткань, кожуцу листа, снабженную многочисленными устьицами. Листья папоротников сохранили очень характерную особенность, выражающуюся в том, что они в течение продолжительного времени сохраняют верхушечный рост, причем верхушка их в неразвитом состоянии спирально закручена на верхнюю сторону.

Стебель у большинства видов носит характер подземного корневища, то удлиненного, то сильно укороченного. Но у тропических древовидных папоротников имеется надземный стебель, достигающий значительной толщины и, как у пальм, не ветвящийся. Внутреннее строение характеризуется присутствием концентрических сосудисто-волокнистых пучков. Спорофиты снабжены развитыми и сложно устроенными настоящими корнями (а не ризоидами, как это имеет место у мхов). Однако, несмотря на сложное строение, папоротники имеют точку роста, состоящую из одной верхушечной клетки, и в этом отношении напоминают мхи.

У папоротников довольно широко распространено также вегетативное размножение. Для целей вегетативного размножения могут быть взяты ответвления стеблей (корневищ). Некоторые из папоротников могут размножаться листьями и специальными выводковыми почками, часто образующимися на листьях и затем спадающих.

Распространенный в нашей стране мужской папоротник, или щитовник, используется в медицине. С лекарственной целью применяются корневища папоротника.

Из корневищ папоротника готовят лекарственные препараты, используемые для борьбы с ленточными и другими глистами у людей, а также у овец и крупного рогатого скота.

Противоглистными свойствами обладают корневища и других видов папоротников. Папоротники являются обычными спутниками тенистых лесов. Наибольшее количество видов распространено в тропических лесах. Многие тропические, особенно южноамериканские, папоротники достигают величин больших деревьев с обликом пальм.

Из наших папоротников, кроме щитовника, наиболее распространен орляк (*Pteridium aquilinum*). Он растет в сухих лесах или сосновых борах почти повсеместно. Орляк не так связан с лесной тенью, как другие папоротники, и может достигать значительных размеров. В Закавказье он является злостным сорняком. Корневища содержат крахмал и сапонины. Листья обладают своеобразным запахом и противоглистными свойствами. В народной медицине применяется в качестве глистогонного средства.

Водяные папоротники (Hydropteridinae). Особый порядок образуют водяные папоротники; они характеризуются тем, что они живут или на воде, или на болотистых местах. От настоящих папоротников они отличаются тем, что у них есть макро- и микроспоры, развивающиеся одновременно в микро- и макроспорангиях. При прорастании из микроспор выходят очень сильно редуцированные мужские заростки, образующие только антеридии, из макроспор — небольшие женские заростки, несущие только

архегонии; представителем водяных папоротников может служить сальвиния (*Salvinia natans*). Она распространена по всему северному полушарию. В СССР встречается в большом количестве в южной части Европейской территории страны. Сальвиния представляет собой небольшое растение, плавающее на поверхности воды (рис. 224). Стебель тонкий, горизонтальный; на стебле находится три ряда листьев: два ряда плавающих и один ряд подводных. Плавающие листья имеют простую овальную пластинку,

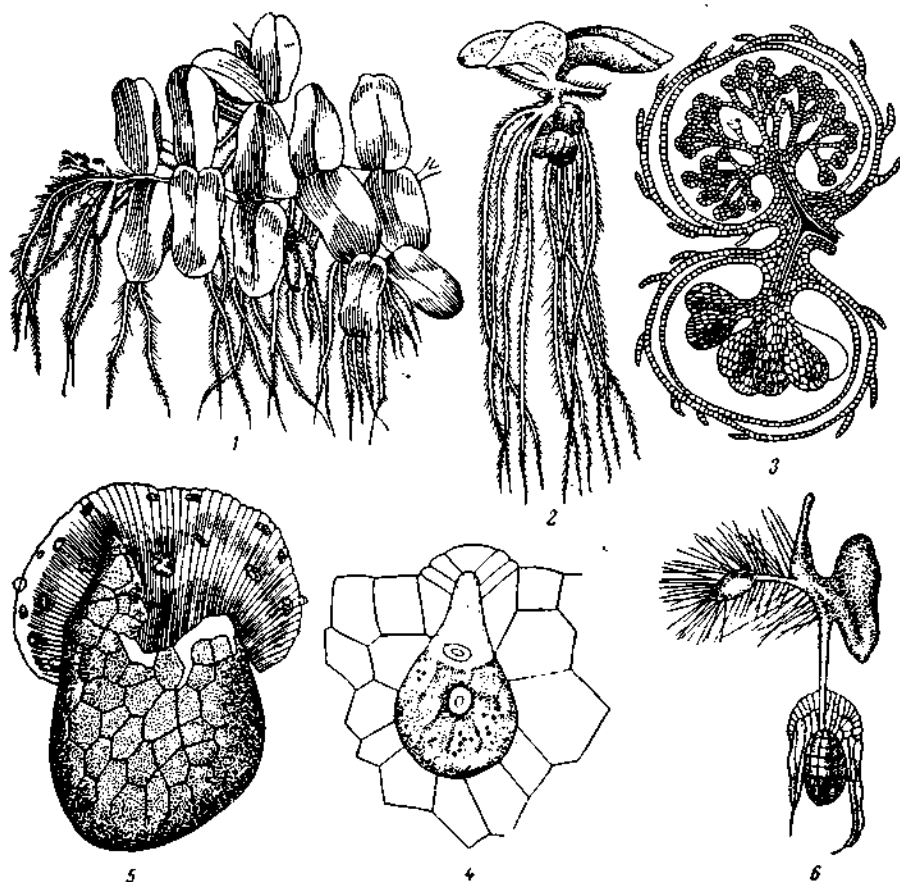


Рис. 224. *Salvinia natans*.

1—общий вид; 2—отдельный узел с листьями и спорокарпиями; 3—макро- и микроспорусы в разрезе; 4—архегоний; 5—женский заросток; 6—женский заросток с молодым спорофитом.

прикрепленную к стеблю коротким черешком, и зеленую окраску. На верхней стороне они покрыты сосочками, а на нижней—бурыми волосками. Подводные листья буроватые, рассечены на длинные, нитевидные доли и покрыты густыми короткими волосками. Эти листья похожи на корни, но настоящих корней у *Salvinia* нет. В тканях листьев и стеблей заключаются многочисленные крупные воздушные полости; сосудистые пучки сильно редуцированы, на укороченных долях подводных листьев образуются макро- и микроспорангии; они помещаются внутри шарообразных сорусов, или спорокарпиев, сидящих пучками у основания подводных листьев. Спорокарпий сидит на короткой ножке. Ножка эта входит в в полость его и образует плаценту. На плаценте сидят микро- или макро-спорангии. И те, и другие развиваются в отдельных сорусах. Микро스포-

рангий имеет шарообразную форму, однослойную стенку и сидит на длинной тонкой ножке. Внутри его находится большое количество микроспор, заключенных в особое пенное вещество, делающееся ко времени созревания спор непрозрачным. Макроспорангии крупнее микроспорангиев и имеют овальную форму; стенка их также однослойная. Внутри макроспорангия находится только одна крупная макроспора, одетая толстой, сложно устроенной оболочкой. Микроспоры прорастают внутри микроспорангия; возникающие мужские заростки пробивают при этом его стенку и выходят наружу. Мужской заросток сильно редуцирован; его вегетативная часть состоит всего из двух клеточек, находящихся в нижней части его. Верхняя часть заростка занята двумя антеридиями, содержащими по четыре сперматозоида каждый. Из макроспор образуется женский заросток. Он имеет вид небольшой треугольной пластинки, остающейся все время соединенной с макроспорой. На поверхности ее образуется архегоний. После оплодотворения их яйцеклетки развивается новое растение *Salvinia*. Процесс прорастания спор, оплодотворения и развития зародыша совершается в воде. Обычно созревшие спорангии отделяются от материнского растения и оседают на дно водоема, где и перезимовывают. Весной они всплывают, и заключенные в них споры прорастают внутри спорангия.

Споры возникают из клеток археспория, который развивается из тетраэдрической начальной клеточки. При развитии спор каждая клеточка археспория делится вначале редуциционно, а потом эквационно и дает тетраду гаплоидных спор.

Сальвиния размножается также вегетативно и может быстро заселять водные бассейны.

Кроме сальвинии, имеется несколько других видов водяных папоротников.

СЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

Следующие два типа высших растений—голосемянные (*Gymnospermae*) и покрытосемянные (*Angiospermae*)—иногда объединяются вместе под названием семенных растений (*Spermatophyta*), так как размножение их происходит при помощи семян.

Наличием семян современные голосемянные и покрытосемянные достаточно резко отличаются от современных папоротникообразных, хотя в пределах обеих этих групп отчетливо выступают и свои различия. Поэтому их и относят к различным типам.

В процессе эволюции образование семян явилось крупным шагом вперед. Оно дало возможность этой группе растений сохранять зародыш в течение длительного времени даже при неблагоприятных условиях. У размножаемых при помощи спор растений споры прорастают и развиваются в почве без участия материнского растения. Одиночные споры являются сравнительно слабыми носителями жизни. Значительная часть спор погибает в начальных стадиях развития. Семена же являются многоклеточными образованиями. Зародыш в них находится под плотным покровом и обеспечен достаточным количеством питательных веществ, необходимых ему при прорастании и на первых порах самостоятельного существования. Семенные растения способны далеко распространяться за пределы нахождения материнских растений.

Процесс образования семени связан с дальнейшей редукцией полового поколения (гаметофита) и сильным развитием спорофита. Весь заросток представлен лишь несколькими или даже одной клеткой. Заросток теряет самостоятельность и развивается не в почве, а на материнском

растении (спорофите), с которым прочно связан и за счет которого питается. Заростки скрыты и развиваются внутри материнского растения.

Семена состоят из оболочки и находящегося внутри семени зародыша. Внутри семени находятся запасные питательные вещества, существенно необходимые для жизни зародыша. Как правило, семена сбрасываются с материнского растения, а затем через некоторое время в благоприятных условиях прорастают и дают проростки, являющиеся молодыми растеньицами, которые вырастают и опять дают такие же семена.

Развитию семян у семенных растений предшествует образование особых побегов, отличающихся от обычных вегетативных побегов, имеющих иное строение и иную окраску. Все семенные растения перед образованием семян цветут.

Семенные растения делят на голосемянные (Gymnospermae) и покрытосемянные (Angiospermae). Голосемянные по целому ряду признаков стоят близко к папоротникообразным и поэтому они рассматриваются вслед за папоротникообразными.

Т И П ГОЛОСЕМЯННЫЕ (GYMNOSPERMAE)

Голосемянные, как и папоротникообразные, относятся к архегонияльным, но их отличительной особенностью является способность образовывать семена. Семена развиваются из так называемой семяпочки, представляющей видоизменение макроспорангия. Семена находятся на открытых плодолистиках. Это открытое положение семяпочек является существенным отличием типа.

Семена впервые возникли у особой группы папоротников, достигших наивысшего развития в каменноугольном периоде, но впоследствии совершенно вымерших. Многие систематики эти папоротники относят к типу голосемянных.

Относящиеся к типу голосемянных растения представляют или деревья, или кустарники, иногда незначительной величины, иногда достигающие огромных размеров и являющиеся вообще наиболее крупными представителями растительного мира. Внешний вид этих растений, строение их листьев, стеблей и корней чрезвычайно разнообразны. Некоторые порядки этого класса представлены значительным числом видов, причем некоторые виды живут и в настоящее время в огромном числе особей, образуют огромнейшие леса и играют выдающуюся роль в жизни природы и человека.

Тип голосемянных делится на следующие классы: 1) саговники (Cycadinae), 2) гинкговые (Ginkgoinae), 3) шишконосные, или хвойные (Coniferae), 4) гнетовые, или хвойниковые (Gnetinae). 2-й и 3-й классы представлены незначительным числом видов; остальные же классы более обширны. Некоторые систематики прибавляют к этим классам еще другие ископаемые формы или разделяют отдельные классы на два, например Coniferae на тисовые (Taxinae) без шишек и шишконосные (Coniferae). Таким образом, принятое нами число классов условное.

Мы рассмотрим только наиболее важные классы.

К л а с с Саговники (Cycadinae)

Саговники включают 9 родов и свыше 100 видов, живущих в тропических и субтропических областях Азии, Африки, Австралии и Америки. По наружному виду они сходны с настоящими пальмами. Их даже ошибочно называют «саговыми пальмами». Это деревянистые растения иногда

с высоким столбообразным стеблем, несущим на своей вершине крону из больших, длинной в 2 м и более перистых листьев. У некоторых родов ствол, наоборот, короткий, иногда почти совершенно скрытый в земле, вследствие чего листья поднимаются над землей, как у папоротников.

Стволы ряда видов саговников покрыты толстым панцирем, образованным основанием разных листьев; у ряда других видов листья спадают целиком и стволы голые. Внутреннее строение стебля характеризуется такими особенностями: центр занят массивной сердцевинной, клетки которой набиты крахмалом (саго); за сердцевинной у старых стволов идет кольцо древесины, за ним—кольцо камбия и затем—дуб. В древесине есть сердцевинные лучи. За дубом идет мощное кольцо коры, которая пронизана сосудистыми пучками листьев. Листья у саговников большие, чаще просто перистые, обычно очень жесткие; в молодом состоянии они закручены

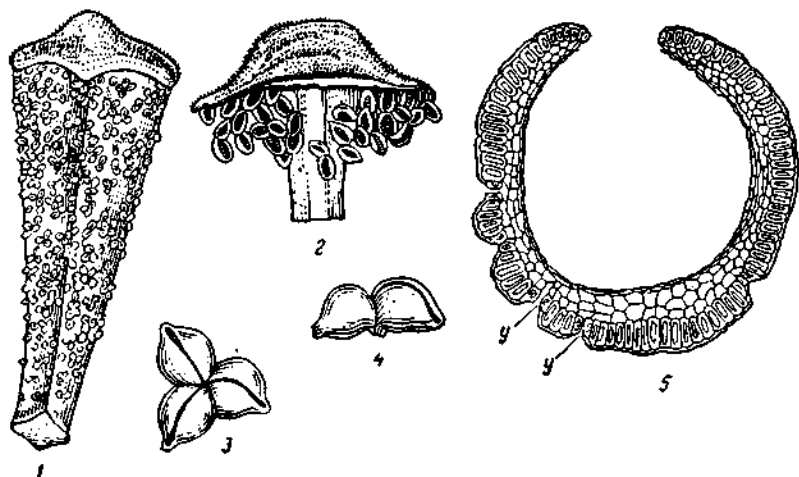


Рис. 225. Мужские спорофиллы (тычинки) саговников.

1—*Cycas circinalis*; 2—*Zamia intergrifolia*; 3—4—группы микроспorangиев *Zamia*; 5—поперечный разрез через микроспorangий *Stangeria*; y—устьица.

улиткообразно на верхнюю сторону. У некоторых видов листья в молодом состоянии покрыты волосками, у других листочки имеют твердые окончания. Кроме зеленых, у саговников развиваются поочередно с ними редуцированные листья (листовые чешуи), которые входят в состав панциря некоторых видов.

Саговники отличаются от всех голосеянных наличием веретенообразного главного корня.

Размножение саговников происходит главным образом семенами. Лишь у некоторых родов (например, у *Cycas*) наблюдается образование на стеблях особых почек, которые отваливаются и могут укореняться. Органы полового воспроизведения находятся обыкновенно в шишках, вырастающих на вершине стебля. Они имеют форму чешуй или щитков. Шишки (собрания споролистиков) достигают обычно больших размеров, причем мужские (микроспорофиллы) и женские (макроспорофиллы) появляются на различных растениях (двудомно), вследствие чего можно говорить о мужских и женских растениях. Мужские и женские споролистники развиваются на особых ветках с более или менее длинной осью. Такие побеги, густо усаженные споролистниками, называются цветочными. У рода *Cycas* женские споролистники развиваются на стебле поочередно с настоящими листьями. Таким образом, у *Cycas* нет женских шишек

и характер развития женских споролистиков напоминает развитие споролистиков у типичных папоротников.

Мужские споролистки значительно отличаются от вегетативных листьев; они обыкновенно плоские и на нижней поверхности несут многочисленные микроспорангии (рис. 225). Мужские шишки у некоторых видов имеют до 70 см в длину и производят массу микроспор (пылинок). Микроспоры начинают прорастать еще внутри микроспорангия, а заканчивается развитие мужского поколения, или заростка, на макроспорангии. При этом внутри микроспоры развивается многоклеточный заросток, приносящий антеридий, чаще с двумя, а иногда и больше сперматозоидами.

Сперматозоиды являются крупными клетками (0,3 мм) со множеством ресничек, сидящих по спирали.

Макроспоры развиваются из археспория, который закладывается на вершине нуцеллуса из подэпидермического слоя клеток. Клетки археспория энергично делятся периклинальными перегородками, и нуцеллус нарастает над археспорием, который как бы отодвигается к середине. Одна из клеток археспория, обычно более или менее центральная, начинает увеличиваться в объеме, а затем делится репродукционно на две клетки, которые делятся эквационно еще на две. Все клетки располагаются в ряд, и нижняя превращается в макроспору, выполняющую большую часть нуцеллуса. Иногда образуется не четыре, а две-три клетки. Макроспора дозревает до вершины нуцеллуса и одновременно прорастает, образуя массивный заросток. На верхнем конце заростка развиваются два архегония с маленькой шейкой (рис. 226). Но вре-

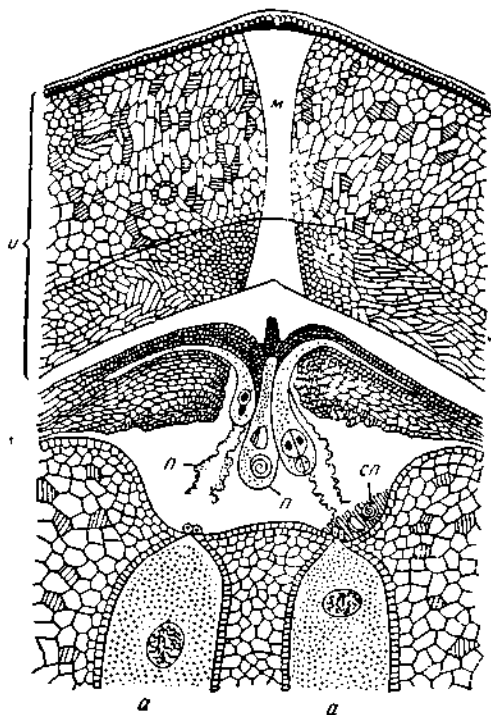


Рис. 226. Продольный разрез через семенной зачаток *Dioon edule*.

а—архегонии; п—пыльцевые трубки; сп—сперматозоиды; и—интегумент; м—микропиле.

мени созревания архегониев конец нуцеллуса ослизняется и между ним и интегументом образуется особая полая камера, в которую и попадают пылинки.

Процесс передвижения сперматозоида к шейке архегония осуществляется благодаря вытягиванию оболочки микроспоры в длинную трубку, так называемую пыльцевую трубку, которая врастает своим концом в стенку покрова макроспорангия и продвигает микроспору с заключенным в ней мужским заростком со сперматозоидами к шейке архегония. Затем нитина микроспоры расплывается, и сперматозоиды выплывают. Сперматозоиды саговников проходят сквозь шейку и один сливается с ядром, а другой погибает. Из оплодотворенного яйца развивается массивный зародыш, живущий за счет тех питательных веществ, которые отложены в женском заростке. Покров и нуцеллус дают начало оболочкам семени (рис. 227). В центре его помещается зародыш, который имеет все

части, присущие взрослому растению: первые листья—семядоли (их две), точку роста стебля, находящуюся между семядолями, зачаточный стебель—подсемядольное колено, переходящее в корень, одетый на конце чехликом. Зародыш окружен эндоспермом; снаружи семя одето кожурой, образовавшейся из покровов.

К л а с с Гинкговые (*Ginkgoinae*)

В прежние геологические эпохи этот класс обладал значительным разнообразием. Теперь же он представлен единственным видом *Ginkgo biloba*, разводимым только в Китае, Японии (священное дерево китайских и японских буддистов, которые с незапамятных времен разводят его около своих храмов), а также в ботанических садах и парках Западной Европы. В СССР оно хорошо растет на Южном берегу Крыма и на Кавказе. По-видимому, оно сохранилось только в культурном состоянии. Есть указание, что незадолго до начала нашей эры (перед ледниковым периодом) *G. biloba* был широко распространен на всем северном полушарии: в Южной Сибири, в Южной и Средней Европе, в центральных частях Северной Америки. Изменение климата во всех этих частях в связи с наступлением ледникового периода вызвало отмирание гинкго в большей части его первоначальных местонахождений.

Ginkgo biloba представляет собой высокое стройное дерево, более 40 м высоты и 3—4 м в обхвате, с гладкой темно-серой корой и пирамидальной кроной, становящейся с течением времени раскидистой. Стволы *G. biloba* на вершине сильно ветвятся. При этом образуются ветви двух родов: длинные, несущие на конце почку и покрытые редко сидящими листьями, и короткие, образующиеся на длинных и покрытые налегающими друг на друга чешуйками. На вершине их помещаются пучки листьев. Листья имеют характерную треугольную, обычно разделенную на две лопасти пластинку, переходящую в длинный черешок; пластинка иногда почти цельная. Ствол *G. biloba* обладает способностью ко вторичному утолщению при помощи камбияльного кольца. *G. biloba*—двудомное растение: микро- и макроспорангии у него образуются на различных особях. Микроспорофиллы собраны на особых коротких побегах—сережках, которые напоминают такие же побеги у хвойных (рис. 228). На каждом споролистике развивается два микроспорангия (пыльничка), содержащие многочисленные микроспоры. Весь же микроспорофилл состоит из ножки и двух микроспорангиев. Раскрываются микроспорангии продольной трещиной. Макроспорофиллы развиваются также на укороченных побегах, возникающих в пазухах листьев. Они имеют длинный черешок, как и обыкновенные листья, но вместо пластинки развиваются два макроспорангия (семяпочки).

Развитие мужского заростка из микроспор начинается еще внутри микроспорангия. Весь заросток состоит из двух клеток и одного антеридия с ножкой, в котором развиваются два крупных, снабженных венцом жгутиков сперматозоида. В каждом макроспорангии из макроспоры разви-

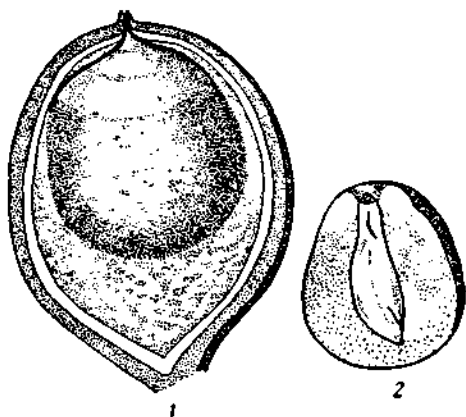


Рис. 227. Семена *Ginkgo biloba*.

1—семя; 2—внутренняя часть семени в разрезе, зародыш и эндосперм.

нается массивный заросток, на вершине которого помещается два архегония, имеющих всего одну клетку шейки. Над архегониями находится пыльцевая камера. Сперматозоиды попадают к архегониям благодаря образованию пыльцевой трубки, образующейся из внутренней оболочки микроспоры. После слияния сперматозоида с ядром яйцеклетки архегония развивается зародыш; вся же семяпочка дает начало семени. Семена

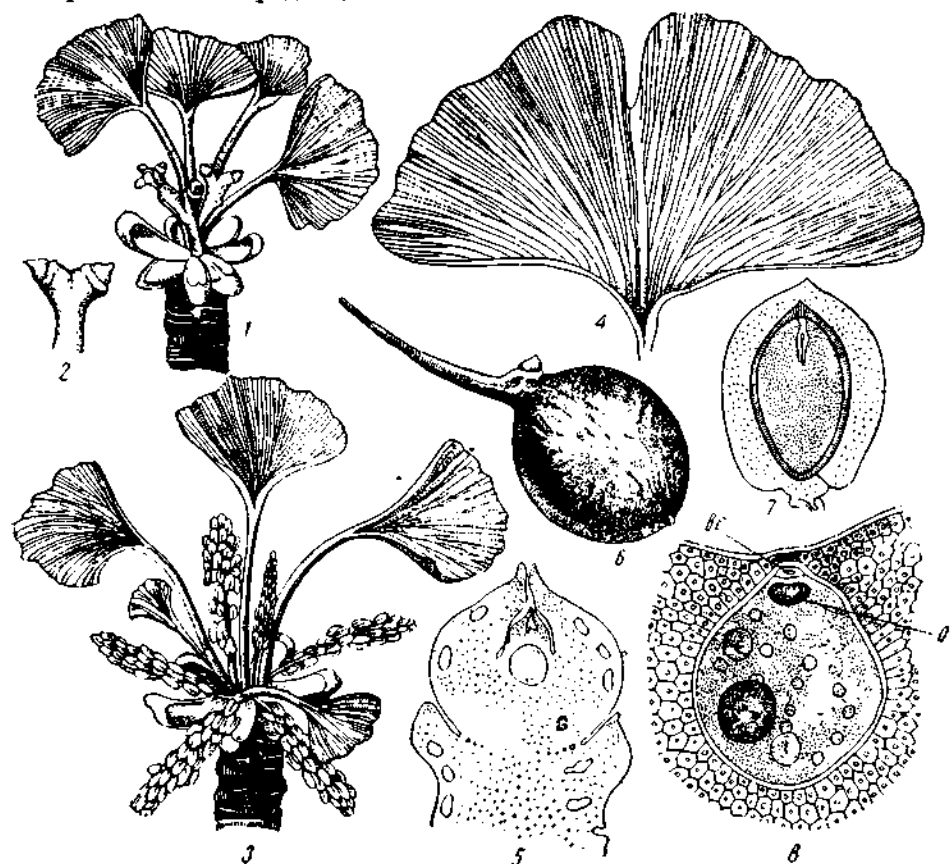


Рис. 228. *Ginkgo biloba*.

1—погон с женскими цветками; 2—женский цветок; 3—погон с мужскими цветками; 4—лист; 5—семяпочка в продольном разрезе; 6—зрелое семя; 7—семя в разрезе; 8—архегоний (увеличено); о—ядро яйцеклетки, ос—брюшная канальцевая клетка.

гинкго имеют сложное строение. Снаружи находится довольно толстый слой нежных сочных клеток, содержащих жирные и ароматические вещества. Под этим слоем лежит слой каменных клеток, защищающий семя. Внутри семени заключен эндосперм (заросток), клетки которого наполнены крахмалом. В заростке находится зародыш с двумя семядолями.

К л а с с Хвойные, или Шишконосные (Coniferae)

Хвойные составляют самый обширный и богатый представителями класс среди всех голосемянных. Он насчитывает около 50 родов и свыше 500 видов. Свое русское название хвойные получили по листьям, в большинстве случаев (особенно у наших форм) представляющим собой узкие, жесткие и шиловидные образования, живущие несколько лет. Такие листья носят название хвои. Однако есть и игозные представители хвой-

ных, которые имеют довольно широкие листья, напоминающие обыкновенные зеленые листья. Между тем и название «шишконосные» также не совсем подходит, так как есть семейство тисовых, у которых шишек нет, а семена развиваются на отдельно расположенных макроспорофиллах. Таким образом, оба эти названия являются чисто условными и могут применяться с учетом имеющихся особенностей.

Из всех голосемянных хвойные наиболее приспособились к современным условиям существования. Такие роды, как сосна (*Pinus*), ель (*Picea*), пихта (*Abies*), лиственница (*Larix*), кипарис (*Cupressus*), можжевельник (*Juniperus*) и тис (*Taxus*), широко распространены в северном полушарии. Успех в распространении современных хвойных объясняется тем, что они достигли такого строения, которое позволяет им крайне экономно регулировать водный обмен и до минимума сокращать водный баланс. В зимнее время, несмотря на наличие хвои, они испаряют воды меньше, чем безлистные покрытосемянные растения.

Травянистые растения среди хвойных отсутствуют. Этот класс представлен только деревьями и отчасти кустарниками. Характерной особенностью стебля хвойных является отсутствие настоящих сосудов и наличие трахейд с окаймленными порами. Трахеиды располагаются в годичные кольца, в которых можно отличить весеннюю древесину из широких тонкостенных трахейд с тонкими стенками и осеннюю—из трахейд узких с толстыми стенками. Корень у многих хвойных развивается в виде мощного стержневого (главного) корня, от которого отходят более слабые ответвления. У многих кустарников главный корень нередко заменяется придаточными. У некоторых хвойных на корнях есть клубеньки с бактериями, у других же эндотрофная или экзотрофная микориза.

Листья большинства хвойных многолетние (живут 3—4 года), голые или чешуевидные, расположены на очень укороченных побегах, у некоторых родов собраны в пучки, а у других—одиночные. У лиственницы листья опадают ежегодно.

Вегетативное размножение у хвойных развито слабо; лишь некоторые виды (особенно кипарисовые) могут размножаться черенками. Большинство же хвойных размножаются только семенами.

Класс хвойных разделяют на пять семейств: 1) сосновые (*Pinaceae*), 2) тисовые (*Taxaceae*), 3) кипарисовые (*Cupressaceae*), 4) таксодиевые (*Taxodiaceae*) и 5) араукариевые (*Araucariaceae*).

Семейство Сосновые (*Pinaceae*). Это семейство, имеющее огромный ареал на земном шаре и представленное на всех континентах, наиболее обширно. Главной отличительной чертой семейства является образование шишек, обычно состоящих из длинной оси, на которой густой спиралью располагаются под конец деревянистые, реже кожистые, сложные чешуи, несущие на верхней своей поверхности семена (рис. 229). Листья очередные, одиночные или собранные в пучки. Макро- и микроспорангии собраны в шишки. Оплодотворение происходит при помощи неподвижных мужских клеток, проводимых в архегоний при помощи пыльцевой трубки. Растения однодомные, иногда двудомные.

Семейство включает в себе 9 родов, обитающих по преимуществу в северном полушарии. В качестве примера рассмотрим род *Pinus* и род *Picea*.

Род *Pinus* включает несколько видов. Сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*) представляет собой крупное дерево, достигающее 40 м высоты. Корень стержневой. Игл по две в пучке. Шишки одиночные или расположены по 2—4 около верхушек побегов. Растение светолюбивое. Древесина прочная, дает ценный строевой и мебельный материал. Содержит много балластов и смол. Этот вид сосны широко распространен в лесах СССР.

Вид представлен многими разновидностями. Внешний облик сильно зависит от условий, в которых дерево произрастает. В густых лесных посадках имеет тонкий, неветвистый ствол с небольшой кроной на вершине, на свободе крона широкая и раскидистая. На концах ветвей помещаются почки, которые ежегодно дают начало новым побегам. Побеги двух родов: удлиненные, покрытые буроватыми чешуйками, и укороченные, сидящие в пазухах этих чешуй и несущие два игловидных листа—хвои. Микроспоролистники собраны в шишки, сидящие у основания молодых ветвей. Каждая шишка возникает в пазухах чешуйки, на месте укороченного побега. Через середину мужской шишки проходит ось, к которой и при-



Рис. 229. *Pinus silvestris*.

1—молодой побег текущего года оканчивается молодой шишечкой, он развился из-под шишечек прошлого года и отогнул их вниз; 2—зрелая шишка, выпустившая семена.

крепляются микроспорофиллы или тычинки. На нижней поверхности чешуйки расположены два микроспорангия (пыльничка). Внутри микроспорангия находятся многочисленные микроспоры, или пылинки. Они округлой формы и одеты двумя оболочками; внутренней тонкой—интиной и толстой внешней—экзиной. Эта последняя образует два больших сетчатых пузыря, располагающихся по сторонам микроспоры. Эти пузыри сначала наполнены жидкостью, а потом воздухом. В результате пыльца сосны легко разносится ветром. Микроспора состоит из плазмы и ядра. Она начинает прорастать еще внутри пыльничка. В процессе прорастания микроспоры образуются две проталлиальные клетки, которые быстро исчезают. Затем образуется антеридиальная клетка, лежащая около оболочки пылинки. В это время стенка пыльничка лопаются, и пылинки в такой двухклеточной фазе переносятся на женские шишки. Сосна—растение однодомное. Женские шишки возникают на вершине удлиненного побега. Они также имеют в середине ось, к которой прикрепляются чешуйки. Непосредственно на оси сидит маленькая кроющая чешуя, а в пазухе ее находится более крупная плодущая. На верхней стороне плодущей чешуи, около основания, располагаются две семяпочки, своими отверстиями (микропиле) направленными вниз. Семяпочка представляет собой видоизмененный макроспороангий и имеет вид небольшого овального тельца (рис. 230). В центре семяпочки находится эндосперм или заросток; в верхней его части располагаются два архегония, из которых развивается только один. Архегонии состоят из крупной яйцеклетки с одним большим ядром и плотной плазмой. Над яйцеклеткой лежит брюшная канальцевая клетка, которая рано исчезает. Эндосперм окружен нуцеллусом, за которым находится покров, одевающий семяпочку и срастающийся в нижней части с нуцеллусом. На верхушке покрова находится микропиле. Через микропиле пылинки попадают на нуцеллус и начинают прорастать. Процесс прорастания пылинки происходит таким образом. Клетка вытягивается в длинную пыльцевую трубку, которая через нуцеллус, а затем эндосперм

направляется к архегонию. Антеридиальная клетка дает начало двум мужским генеративным клеткам, которые по пыльцевой трубке спускаются к яйцеклетке. Пыльцевая трубка затем лопается, и одно из мужских ядер, проникая в яйцеклетку, сливается с женским. Из оплодотворенной яйце-

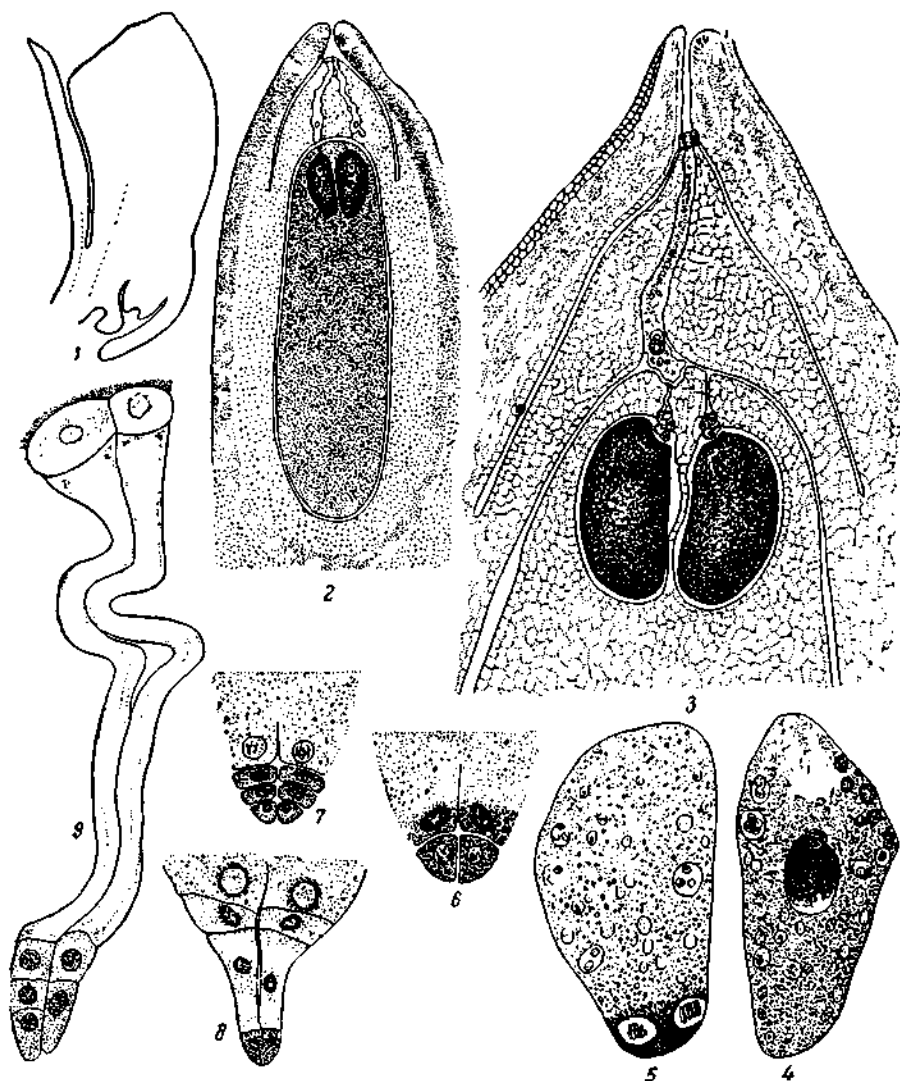


Рис. 230. *Pinus*.

1—схематический разрез семяпочки; 2—семяпочка в продольном разрезе; 3—верхняя часть семяпочки с архегониями и пыльцевой трубкой; 4—оплодотворение; 5—9—развитие зародыша.

клетки образуется зародыш. Из семяпочки развивается семя; покров дает начало семенной коже. Семена сосны снабжены прозрачным крылышком, помогающим распространению при помощи ветра.

Процесс опыления, оплодотворения и созревания семян у сосны происходит в течение 2 лет. Обычно опыление происходит в июне. Женские шишки в это время очень мелкие и мало заметные, они расположены на верхушках молодых побегов и состоят из чешуй. На этих чешуях с верхней стороны помещаются семяпочки. Пыльца задерживается между

выростами семяпочки при помощи выделяющейся здесь слизистой капли. После опыления шишка закрывается. Разрастающиеся чешуи плотно смыкаются и еще склеиваются своими краями смолой. Ко времени опыления внутри семяпочки нет еще женских клеток. Они появляются позже. В результате оплодотворения совершается только на следующий год—через 12—13 месяцев после опыления; а еще через год наступает высыпание семян. Шишки к этому времени из зеленых превращаются в коричневые с одеревенелыми чешуями и растрескиваются.

Существенным отличием процесса оплодотворения у сосны является то, что у нее оплодотворение происходит неподвижными мужскими ядрами, спускающимися по пыльцевой трубке к яйцеклетке.

Кроме обыкновенной сосны, следует отметить сибирский кедр или кедровую сосну (*Pinus sibirica*), широко распространенную в Сибири, где она в горах образует сплошные насаждения. Характерные различия этих видов сосны состоят в том, что обыкновенная сосна (*P. silvestris*) имеет парные хвои и приносит сравнительно небольшие шишки с деревянистыми чешуями с ромбическим окончанием. У кедровой сосны (*P. sibirica*) хвои сидят пучками по пяти, шишки большие и содержат крупные семена с твердой кожурой, называемые кедровыми орешками.

Оба описанных вида сосны чрезвычайно богаты смолой, имеют значительное количество балласта (терпентин, живица), из которого путем перегонки получается эфирное масло (скипидар) и твердая смола (канифоль), имеющие большое значение. Из хвои сосны при перегонке с водой получается жидкое сосновое масло, широко применяющееся в медицине при приготовлении соснового экстракта.

Род *Picea* также входит в семейство сосновых. Наибольшее значение имеет ель обыкновенная (*Picea excelsa*), образующая во всей северной половине Европейской части СССР огромные леса. Ель представляет собой высокое прямостоящее дерево пирамидальной формы, достигающее 50 м высоты и около 2 м в поперечнике. Стержневой корень скоро останавливается в росте, и сильно развиваются боковые, горизонтальные корни. Хвоя одиночная; в разрезе ромбовидная. Растение теневыносливое и может расти очень густо. Еловые леса среднего возраста отличаются теннестостью, препятствующей развитию под пологом елового леса какой-либо другой растительности. Ель начинает цвести приблизительно на 30-м году жизни. Цветки появляются весной; мужские представляют собой небольшие собрания микроспорофиллов в форме колосков, появляющихся из пазух листьев на прошлогодних побегах, а женские—маленькие ярко-малиновые или желтые шишечки на концах побегов текущего года. Шишки созревают уже к осени (в один год), но семена высыпаются из зрелых шишек, повисающих вниз, лишь весной следующего года.

Ель относится к числу полезнейших лесных деревьев, играющих весьма важную роль в жизни человека. Древесина ели употребляется как строительный и поделочный материал, а также для производства бумаги. Кора используется для дубления кож. Из корней ели добывается еловая смола, скипидар, канифоль и другие ценные вещества.

Семейство **Тисовые (Taxaceae)**. Тисовые представлены однодомными и двудомными формами; среди них имеются деревья и кустарники. Женские споролистники мясистые, вздутые. Настоящих шишек не образуют. Семяпочка одна, прямостоячая, окружена мясистым присемянником. Листья очередные линейные, плоские. В семейство входит несколько родов, включающих около 10 видов. Наиболее распространенным является род *Taxus* (тис). Самый известный представитель этого рода—тис обыкновенный (*Taxus baccata*), кустарник или небольшое деревце. Большие деревья тиса встречаются в настоящее время весьма

редко, в диком виде—в лесах Кавказа, отчасти Крыма и на Карпатах. Тис отличается долговечностью: известны деревья в возрасте нескольких тысяч лет.

Листья тиса (рис. 231) узкие, ланцетовидные, расположены обыкновенно на горизонтальных ветвях в два ряда; цветет тис весной, причем собрания микроспоролистиков и макроспоролистиков появляются на одном и том же растении. Микроспоролистики расположены на коротком побеге, на нижней поверхности ветки. Макроспоролистики с одной макроспорой появляются из пазухи листочка недалеко от вершины побега. Строение семянки (макроспорангия) типичное для хвойных. После оплодотворения внутри архегония развивается массивный зародыш. Одновременно из основания покрова сеяночки начинает вырастать особый валлик, охва-

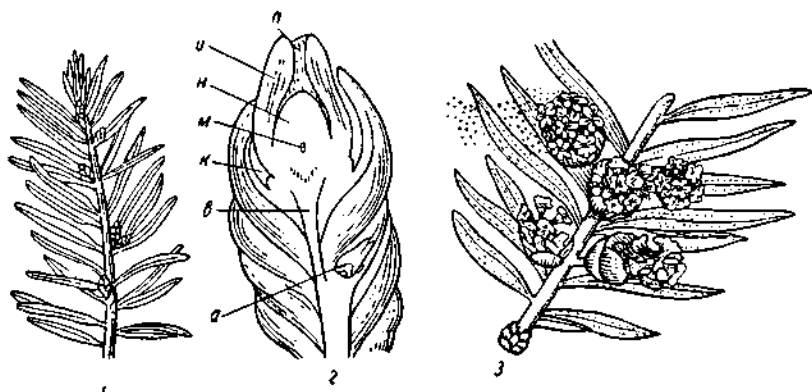


Рис. 231. *Taxus baccata*.

1—ветка с ювенильными веточками; 2—продольный разрез через ювенильную веточку: а—ее точка роста, отклоненная в сторону плодушей веткой (б), в—начало кровельки, г—макроспора, д—шпатель (макроспорангий), е—интегумент, ж—пыльцевход; 3—часть мужской веточки с цветками, состоящими из столбовидных микроспорофиллов.

тывающий всю сеяночку и дающий так называемую кровельку. В начале кровелька зеленого цвета, но затем она делается ярко-красной. Покров сеяночки ко времени созревания зародыша становится твердым и защищает зародыш. Красная кровелька привлекает птиц, которые и распространяют семена.

Листья и южные побеги тиса для человека и для лошадей и коров ядовиты, так как содержат алкалоид таксин.

Древесина тиса отличается твердостью и высоко ценится резчиками по дереву и токарями. Она используется в ряде производств.

Семейство Кипарисовые (Cupressaceae). Семейство включает деревья и кустарники. Представители этого семейства характеризуются супротивными или мутовчатыми листьями; листья большей частью чешуйчатые, а иногда игловидные. Растения двудомные и однодомные. Кроющие чешуи вполне срастаются с плодущими, образуя одну шишковую чешую. Микроспоры, или пылинки, не имеют воздушных мешков.

Всего в семействе насчитывается около 15 родов. В СССР широко известны три рода: 1) кипарис (*Cupressus*), 2) можжевельник (*Juniperus*) и 3) туя (*Thuja*).

Кипарис (*Cupressus*) широко распространен по всему северному полушарию. Наиболее известен пирамидальный кипарис (*Cupressus sempervirens*), в большом количестве культивируемый в Крыму и на Кавказе. Кипарис не достигает значительной величины, хотя и может жить до 2000 лет и более. Его ветви покрыты плотно прижатыми, супро-

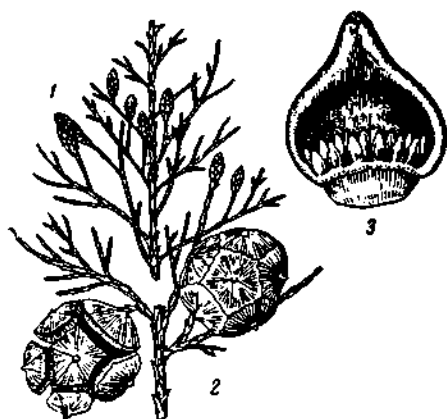


Рис. 232. *Cupressus sempervirens*.

1—ветка с мужскими цветками; 2—ветка со зрелыми шишками; 3—макроспорофилл с многочисленными прямыми макроспорангиями.

тивными чешуйчатыми листьями, имеющими большие маслянистые железки, содержащие особое эфирное масло (*Oleum Cupressi*). Кипарис—растение однодомное. Мужские и женские споролистники появляются на одном и том же растении и образуют маленькие конечные шишечки: мужские—более длинные, а женские—более короткие (рис. 232). При созревании женские шишечки увеличиваются в размере (до 3 см), чешуи раздвигаются и семена выпадают, после чего шишка сваливается целиком. Семена мелкие, плоские.

Кипарис размножается с декоративными целями. Кроме этого, он дает хорошую, плотную древесину, используемую для многочисленных мелких поделок.

Представителем рода *Juniperus* может служить можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*), распространенный по всему северному полушарию. Это вечнозеленый кустарник или дерево, обычно 1—3 м высоты, а иногда достигающее 10 м. Ствол покрыт серо-бурой шелушащейся корой, ветви с узкими, колючими хвоями, образующими трехчленные мутовки. Живут листья несколько лет. Цветки разнополые; мужские имеют вид сидячих продолговатых пазушных сережек, женские—зеленых, мелких, почти шаровидных шишек, расположенных тоже в пазухах мутовок; они состоят из стержня, на котором внизу сидят кроющие чешуи, а на верхушке—три яйцевидные плодущие чешуи, несущие сбоку при основании по одной семечке. Во время созревания плодущие чешуи становятся мясистыми и, срастаясь, образуют ложную ягоду—«шишкоягоду» черного цвета с сизым налетом. Цветет можжевельник весной, а плоды созревают на второй год осенью. Шишки обыкновенного можжевельника применяются в медицине, в пищевой промышленности, а древесина используется в качестве поделочного материала.

Всего видов можжевельника около 30. Из них необходимо отметить можжевельник казацкий (*J. sabina*), который отличается от обыкновенного можжевельника плоскими чешуйчатыми листьями, сидящими супротивно. Мясистые шишки казацкого можжевельника несколько меньше и обычно обращены вниз. Кустарник этот обладает сильным и неприятным запахом от присутствия в листьях и в коре особого эфирного масла *Oleum sabinae*. Растение ядовито. Встречается на сухих местах, по открытым скалам и каменистым склонам Крыма, Кавказа, Средней Азии, Казахской ССР, Сибири и других мест.

Семейство Таксодиевые (Taxodiaceae). В настоящее время это семейство представляет небольшие остатки некогда широко распространенной почти по всей земле группы растений. Наиболее знаменитым современным представителем этого семейства является род *Sequoia*, или *Wellingtonia*, с двумя видами: *Sequoia gigantea* и *S. sempervirens*. Оба вида встречаются теперь только в нескольких местах скалистых гор западных штатов Северной Америки, особенно в Северной Калифорнии, и носят название исполиновых сосен, или мамонтовых сосен (название «мамонтово дерево» объясняется тем, что некоторые наиболее древние представители этих видов могли быть современниками

мамонтов, а название «секвойя» дано в честь индийского вождя Секвойя). Это гигантские деревья, достигающие около 150 м высоты и более 40 м в окружности. Продолжительность их жизни около 6000 лет. Листья многолетние, шиловидные, в разрезе трехгранные, на молодых побегах плоские, расположены спирально.

Несмотря на свою величину, *S. gigantea* и *S. sempervirens* имеют очень маленькие шишки: у первого вида 5—6 см, а у второго 2—3 см длины. Семена тоже незначительной величины, но развивается их достаточно много.

Семейство **Араукариевые (Araucariaceae)**. В настоящее время семейство представлено только двумя родами: араукария (*Araucaria*) и агатис (*Agathis*). Оба они встречаются только в южном полушарии. В прежние геологические эпохи виды этих родов были широко распространены по всей земле.

Виды родов *Agathis* и *Araucaria* являются красивыми и мощными деревьями, достигающими 60 м и более высоты и 2 м в диаметре. Почти все виды этих родов являются настоящими лесными деревьями, образующими в некоторых местах значительные насаждения (рис. 233). Листья у видов рода *Agathis* большие, плоские, широкие, иногда почти круглые, тупые, расположенные на ветках в два ряда. У видов *Araucaria* листья, расположенные по спирали и очень тесно, представляют собой или четырехгранные хвои или же острые на конце, плоские и длинные хвои. Различия в листьях являются систематическими признаками родов. Мужские и женские цветки развиваются на одном и том же растении. Пыльца без воздушных полостей.

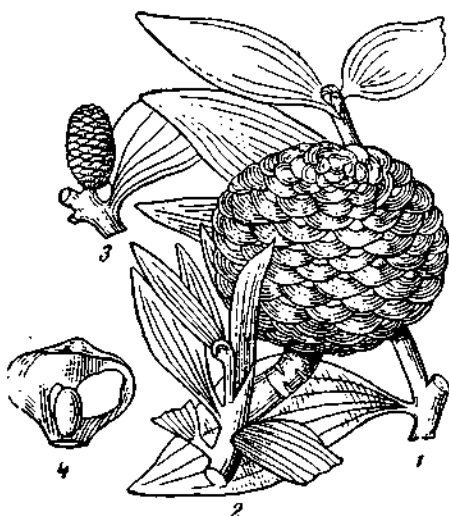


Рис. 233. *Agathis alba*.

1—вегетативная ветка; 2—ветка со зрелой шишкой; 3—мужской цветок; 4—плодущая чешуя с одним крылатым семенем.

К л а с с Хвойниковые, или Гнетовые (Gnetinae)

Класс хвойниковых включает всего три семейства, каждое из которых содержит только по одному роду. Основным отличием этого класса является присутствие у мужских и женских цветков особого покрова, который многими систематиками признается за околоцветник, соответствующий таковому покрытосемянных. В отличие от голосемянных в древесине хвойниковых отсутствуют смоляные ходы, а во вторичной древесине имеются настоящие сосуды. Все эти признаки сближают хвойниковые с покрытосемянными, и многие ботаники рассматривают этот класс как переходный к покрытосемянным.

Класс хвойниковых делится на три семейства: 1) эфедровые (*Ephedraceae*), 2) вильвичиевые (*Welwitschiaceae*) и 3) гнетовые (*Gnetaceae*).

Семейство **Эфедровые (Ephedraceae)**. Представителем семейства *Ephedraceae* и рода *Ephedra* может служить *Ephedra vulgaris* (*E. distachya*), известная под названием кузмичевой травы (рис. 234).

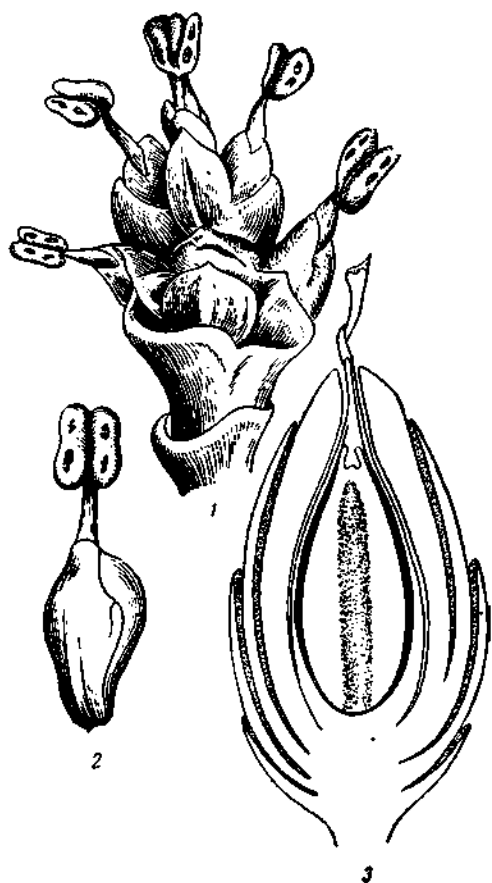


Рис. 234. *Ephedra*.

1—мужское соцветие; 2—мужской цветок; 3—семяпочка в разрезе.

Это небольшой кустарник с членистыми ветвями, по внешнему виду несколько напоминающий хвощ. Стебель зеленый, ребристый с супротивными чешуйчатыми, еле заметными, редуцированными листьями, отчего стебли производят впечатление безлистных. Растения двудомные, редко однодомные. Каждая тычинка окружена двумя сросшимися листочками. Такие образования сидят в пазухе чешуи. Семяпочка имеет нуцеллус, внутри которого находится эндосперм с 2—5 архегониями. Из семяпочки развивается семя, имеющее вид ягоды, причем наружный покров дает начало сочной части ее, внутренний—образует твердую оболочку. В СССР *Ephedra* встречается по нижней Волге, в Крыму, на Кавказе, в Сибири, Средней Азии. Свое русское название кузьмичевой травы *Ephedra* получила от знахаря Кузьмича, который лечил этим растением. Химическими исследованиями установлено, что *E. vulgaris* (*E. distachya*) содержит мало действующих веществ, поэтому были предприняты поиски других видов. Экспедиционными исследованиями выявлено, что в районах Южного Казахстана, Киргизской и Узбекской ССР произрастают в большом коли-

честве два других вида эфедры—эфедра хвощевая (*E. equisetina*) и эфедра средняя (*E. intermedia*), содержащие значительное количество действующих веществ. Действующими веществами является алкалоид эфедрин ($C_{11}H_{15}NO$) и изомерный с ним псевдоэфедрин, которых в последних двух видах содержится около 2—3%. Препараты эфедрина применяют в качестве средств, тонизирующих нервную и сердечно-сосудистую систему; их применяют также при лечении бронхальной астмы, шока и как противоядие при отравлении морфином и скополамином.

Для приготовления лечебных препаратов используются тонкие зеленые ветки эфедры, которые содержат наибольшее количество эфедрина. Лучшим временем сбора эфедры считается август—сентябрь.

Семейство Вельвичиевые (*Welwitschiaceae*). Единственный род и вид этого семейства *Tumboa bainesti*, или *Welwitschia mirabilis*. Родиной его является пустыня Дамара в Южной Африке. Все растение (рис. 235) состоит из очень низкого толстого деревянистого ствола (вернее подсемядольного колена), почти сплошь скрытого в земле, в зрелом состоянии разделяющегося на вершине седлообразно на две половинки и покрытого многочисленными трещинами и выростами. От края этого ствола отходят только два листа, постоянно растущие при основании, достигаю-

щие длины в 2—3 м и разделяющиеся в дальнейшем на довольно длинные серые ленты. У основания листья все время растут, концы же их постепенно растрепываются и отмирают. Листья стелются по земле. Ствол короткий и очень толстый: он может достигать до 4 м в обхвате. От ствола в землю отходит длинный и толстый корень. Вельвичия — растение двудомное. Мужские и женские споролистики появляются на различных растениях и представляют небольшие шишки. Мужские шишки мельче женских.

Семейство Гнетовые (Gnetaceae). Семейство включает единственный род *Gnetum*, приближающийся по своим вегетативным органам к двудольным растениям. Виды *Gnetum* встречаются под тропиками и представлены небольшими деревьями или лианами, достигающими значительной длины с плоскими вьющимися или цепляющимися стеблями, поднимающимися по другим деревьям иногда на большую высоту. Листья у видов *Gnetum* большие, супротивные, сидячие



Рис. 235. Общий вид мужского растения. *Welwitschia mirabilis*.

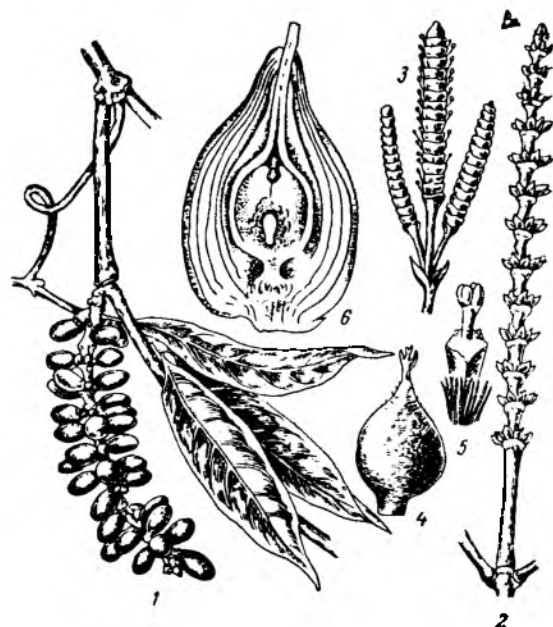


Рис. 236. *Gnetum*.

1—ветвь с семенами; 2—женское соцветие; 3—мужское соцветие; 4—женский цветок; 5—мужской цветок; 6—семяпочка в разрезе.

или короткочерешковые, по своему виду напоминающие листья ряда тропических двудольных растений (рис. 236). Микроспорангии собраны в колосковидные «соцветия», в которых отдельные мужские цветки сидят мутовками. Мужской цветок имеет околоцветник из двух сросшихся листочков и одну или две тычинки (микроспорофиллы). Семяпочки также собраны в колосовидные соцветия. Семяпочки имеют нуцеллус, одетый двумя покровами и заключающий в себе проростку макроспору («зародышевый мешок»). Характерной особенностью рода *Gnetum* является то, что макроспора при прорастании не образует тканевого заростка, как у остальных голосемянных, но ядро ее, делясь, дает начало большому числу ядер, которые свободно лежат в

полости разросшейся макроспору. Одно из ядер оплодотворяется мужским ядром, приносимым пыльцевой трубкой, и дает начало зародышу. Вся семя-

почка снаружи окружена толстым «плодолистником», превращающимся при развитии семени в его сочный покров. Семя имеет вид ягоды. Наружная сочная оболочка семени охотно поедается обезьянами, которые являются главными распространителями *Gnetum*.

Всего в роде *Gnetum* около 25 видов.

ТИП ПЕСТИЧНЫЕ, ИЛИ ПОКРЫТОСЕМЯННЫЕ (GYNOCITAE ИЛИ ANGIOSPERMAE)

Покрытосемянные растения представляют собой наиболее крупную и самую высокоразвитую ветвь. Число видов покрытосемянных растений достигает 300 тысяч, т. е. больше, чем всех остальных растений, вместе взятых. Они являются господствующим типом растений в современной биосфере. Господствующее их значение выражается не только числом видов, но и той ролью, которую они играют в природе. Поверхность земли главным образом покрыта представителями покрытосемянных. Они приспособились ко всем климатам, начиная с холодных горных вершин и кончая знойными пустынями Азии, Центральной Африки и Америки, где произрастают солонки, гигантские молочаи и кактусы. Они растут почти везде, где только возможно произрастание растений. Покрытосемянные растения обнаруживают исключительную приспособляемость к разнообразным условиям среды и представляют собой в высшей степени пластичные организмы. Эта пластичность и приспособленность являются главной причиной их широкого распространения.

По своим вегетативным и генеративным органам покрытосемянные заметно отличаются от всех известных нам голосемянных растений. Это отличие выражается прежде всего в способе укрытия семязачатков, который отсутствует у других растений. Анатомическое строение покрытосемянных характеризуется наличием настоящих сосудов, которые отсутствуют только у нескольких примитивных родов из порядка *Ranales* и у водных и суккулентных растений. Более высокая организация проводящей системы обусловила усовершенствование запасющих тканей древесины, что привело к возникновению травянистого типа растений.

Гаметофиты покрытосемянных отличаются также довольно резко от голосемянных. Микроспора прорастает в микроспорангии и дает начало до крайности редуцированному гаметофиту, состоящему всего лишь из двух клеток, одна из которых образует два безжгутиковых спермия. Прорастающая мегаспора дает начало сильно редуцированному женскому гаметофиту, а архегонии упрощены до неузнаваемости. Для покрытосемянных характерно так называемое двойное оплодотворение.

Покрытосемянные растения отличаются от голосемянных и папоротников также физиологически. Они более приспособлены к наиболее полному использованию солнечной энергии. Приспособленность к степени напряженности света изменяется вместе со стадиями развития растения. Для максимального накопления хлорофилла, развития листьев и вообще для роста растения на первых стадиях после прорастания требуется наиболее низкая оптимальная напряженность света; оптимум напряженности света для последующих стадий роста, развития и накопления сухого вещества уже выше, но особенно он высок для максимального развития цветков и плодов. При недостаточно высокой напряженности освещения у многих покрытосемянных растений не происходит даже заложения репродуктивных органов и развитие останавливается на стадии вегетативного роста. Таким образом, потребность в изменении интенсивности освещения в процессе индивидуального развития как бы отражает длинный период эволюционного приспособления этого типа растений к солнечному освещению.

У покрытосемянных растений возникла в процессе эволюции специальная фотопериодическая реакция особенно четко выраженная у однолетних травянистых растений проявляющаяся в приспособлении к определенному соотношению продолжительности дня и ночи.

Основной причиной победы покрытосемянных над другими типами растений была их более высокая приспособляемость. Эта приспособляемость и пластичность покрытосемянных внешне выражается в необычайном их разнообразии. Вегетативные органы и «жизненные формы» достигают у покрытосемянных своего максимального разнообразия, несравнимого ни с какой другой группой высших растений. Богатство жизненных форм покрытосемянных определяется разнообразием их стеблей, корневых систем и особенно листьев. Листья покрытосемянных разнообразны по размерам, внешней форме, консистенции, характеру жилкования, строению устьиц, опушению, наличию железок и множеству других признаков. Наряду с листьями, приспособленными к функционированию в воде, встречается множество растений с листьями, приспособленными к крайней сухости воздуха. Наряду с тeneвыми листьями встречаются листья, выдерживающие наиболее яркий солнечный свет. Кроме того, листья покрытосемянных характеризуются наличием различного рода метаморфозов.

Большим разнообразием отличаются цветки покрытосемянных: от крошечных у ряски до гигантских у раффлезии, от чудесно пахнущих орхидей до издающих отвратительные запахи, как некоторые ароидные, кирказоновые и др., от опыляемых насекомыми и мелкими птицами до опыляемых ветром, от снежнобелых до желтых, розовых, синих и ярко-красных. Именно цветками определяется в значительной степени красочность окружающего нас растительного мира.

Разнообразны также плоды покрытосемянных. Имеется много различных приспособлений для распространения плодов и семян.

Наибольшего эволюционного развития покрытосемянные вначале достигли во влажных областях тропической зоны, затем они заселили и другие зоны. Эволюция их шла под знаком возрастающего приспособления к разнообразным условиям существования. Являясь высшим продуктом эволюционного творчества в растительном мире, они приспособились к наиболее всестороннему использованию окружающей среды.

Покрытосемянные растения (Angiospermae) характеризуются тем, что семена скрыты у них внутри плода. Пестик с рыльцем и завязью и плод являются совершенно новыми органами, свойственными только покрытосемянным растениям. Гаметофит представляет крайнюю степень упрощения. Зародышевый мешок в большинстве случаев восьмиядерный. Эндосперм возникает после оплодотворения. Развитие цветка, его многочисленные эволюционные видоизменения, появление нектарников, запахов и семян составляют характерные особенности покрытосемянных.

Палеонтологические данные позволяют определить, что покрытосемянные появились в юрский период мезозойской эры и в меловой период уже заселяли земной шар. Они произошли от каких-то вымерших групп более простых голосемянных растений, а возможно, от промежуточных типов между голосемянными и покрытосемянными. Переходные формы между голо- и покрытосемянными в настоящее время отсутствуют и не найдены в ископаемом состоянии. Вымерли также и те группы растений, которые были наиболее близки к покрытосемянным (семенные папоротники, беннеттитовые, кэйтонпьевые и др.).

Доказательства происхождения покрытосемянных от голосемянных основываются на сходстве спорогенеза и мужского гаметогенеза у обоих типов. Что касается строения женского гаметофита, то в этом отношении

между покрытосемянными и голосеянными имеются значительные различия. У голосеянных имеются архегонии и эндосперм; последний образуется до оплодотворения. У покрытосемянных в зародышевом мешке синергиды, вторичное ядро и антиподы представляют собой новые образования, а эндосперм образуется лишь в результате оплодотворения. Последнее свидетельствует, что и голосеянные, и покрытосеянные произошли от каких-то общих предков или более примитивных форм голосеянных, от которых развились современные голосеянные и современные покрытосеянные.

Покрытосеянные разделяются на два класса: **о д н о д о л ь н ы е** (*Monocotyledoneae*) и **д в у д о л ь н ы е** (*Dicotyledoneae*).

Однодольные и двудольные развились на земле в один период (меловой). Наиболее примитивные двудольные растения устроены проще однодольных, но зато высшие порядки двудольных имеют более высокую организацию, нежели однодольные. Современные систематики считают, что однодольные произошли от двудольных на ранней ступени эволюции последних (в предмеловом периоде), отделившись как самостоятельная крупная ветвь. В дальнейшем оба класса развивались независимо и параллельно.

К л а с с Односемядольные, или Однодольные (*Monocotyledoneae*)

К классу однодольных относятся растения, характеризующиеся следующими признаками: 1) семена в большинстве случаев с одной семядолью; 2) параллельное жилкование листьев (редко сетчатое); 3) закрытые сосудистые почки (не имеющие прослойки камбия), расположенные в большинстве случаев разбросанно по поперечному разрезу; 4) трехчленные пятикруговые цветки; 5) отсутствие главного корня—сильно развитые придаточные корни. Развитие однодольных пошло в сторону выработки разнообразных травянистых форм, обладающих нередко иногда очень большой способностью к вегетативному размножению. Для листьев однодольных характерен долго длящийся рост при основании листа, в связи с чем листья могут достигать очень значительной длины (пальмы, панданусы).

Следует иметь в виду, что многие характерные для однодольных признаки встречаются у некоторых форм двудольных. Правда, у двудольных они встречаются в отдельности; поэтому лишь совокупность признаков отличает однодольные от двудольных.

Однодольные характеризуются также сильным развитием подземных стеблей, что обуславливает их способность образовывать иногда обширнейшие одновидовые заросли, каких нет среди двудольных.

Географическое распространение ряда семейств однодольных (злаки, орхидеи, пальмы, ароидные, лилейные и др.) указывает на большую древность класса, успевшего распространиться на западном и на восточном полушариях еще до разделения Южной Америки и Африки.

В отношении способов опыления однодольные очень резко разошлись по трем направлениям: 1) опыление при помощи насекомых (энтомофилия), заметное еще у лилейных и в дальнейшем отчетливое (в семействе ирисовых) и наиболее четко выраженное в семействе орхидных; 2) опыление при помощи ветра (анемофилия), возникшее вследствие проникновения однодольных в степи и повлекшее за собой редукцию околоцветника, нектарников, чашей андроея, что наблюдается у злаков; 3) с а м о о п ы л е н и е, развившееся у большинства водных однодольных. Древовидные формы однодольных являются сравнительно примитивными растениями.

Большинство однодольных в цветках имеют верхнюю завязь. Нижняя завязь наблюдается только у высших энтомофильных семейств. Ось цветка у этих порядков конусовидная, несколько выпуклая или плоская.

Практическое значение однодольных весьма велико. Они доставляют человечеству основной пищевой продукт—хлеб. Такие растения, как пшеница, рис, кукуруза, рожь, ячмень, просо и др., относятся к однодольным и имеют главенствующее пищевое значение. Многие порядки и семейства однодольных играют большую роль, так как дают ценные кормовые продукты для домашних животных. Часть видов однодольных используется также в медицине и в различных технических производствах, а также как декоративные растения.

Класс однодольные разделяется на ряд порядков, которые в свою очередь разделяются на семейства, роды и виды. Общее число семейств превышает 60, а число видов—30 тысяч. В нашем курсе будут разобраны только наиболее типичные и важные представители.

Порядок Лиліецветные (*Liliiflorae*). К порядку лилиецветных относится около 15 семейств, из них 5 важнейших и около 10 более мелких. Все относящиеся к этому порядку формы характеризуются двуполыми цветками с околоцветником из двух кругов, причем как наружный, так и внутренний круги часто совершенно сходны друг с другом и обычно дают актиноморфные, нередко спайнолистные околоцветники. Тычинок в большинстве случаев столько же, сколько листочков околоцветника, реже часть их редуцирована. Пестик из трех плодolistиков, завязь трехгнездная; семязпочки обращенные; семена с эндоспермом. Зародыш окружен эндоспермом или к нему прилегает. Эндосперм во многих случаях состоит из клеток с толстыми стенками, содержащих запасы масла или белков, реже крахмала. Вегетативные органы, как правило, типично однодольные; наиболее распространены луковичи и массивные корневища.

В пределах этого порядка наблюдаются семейства, более приспособленные как к энтомофиллии, так и к анемофиллии.

Семейство Лилейные (*Liliaceae*). Семейство лилейных считается центральной группой однодольных растений. В этом семействе в наибольшей полноте обнаруживаются основные черты строения класса (однодольных).

Цветки лилейных обоеполые, редко однополые, актиноморфные, реже несколько неправильные, большей частью крупные, собранные в конечное соцветие, околоцветник простой, венчиковидный или чашечковидный, из 6 (реже из 4) свободных, расположенных в два круга листочков, иногда спайнолистный. Тычинок обычно столько же, как и листочков околоцветника (6, 3, реже 8), большей частью в двух трехчленных кругах, с пыльниками, обращенными к завязи или от завязи. Завязь обычно из трех плодolistиков, как правило,—верхняя, в единичных случаях—полунижняя, трехгнездная, с 1—3 столбиками. Семязпочки обратные, на центрально-угловых плацентах. Семена многочисленные, с прямым осевым или боковым зародышем, окруженным роговым, богатым маслом и белковыми веществами эндоспермом. Плод—трехгранная (реже двух-, четырехгранная, большей частью многосемянная коробочка, раскрывающаяся по перегородкам или трескающаяся по створкам. У некоторых форм плод—ягода, большей частью малосемянная. Опыление насекомыми, у некоторых алоэ—птицами. Нектарники расположены у основания листочков околоцветника или на плодolistиках. В немногих случаях наблюдается опыление при помощи ветра.

Большинство лилейных являются многолетними травами. Переживают они посредством подземных лукович, клубней или мощных корневищ, в которых накапливаются запасные питательные вещества (крах-



Рис. 237. Чемерица Лобеля (*Veratrum lobelianum*).

тое или кистевидное соцветие. Растения травянистые, с корневищами или луковицами; плод—коробочка, раскрывающаяся по перегородкам.

Представителем этого подсемейства могут служить роды: чемерица (*Veratrum*) и безвременник (*Colchicum*). Чемерица Лобеля, или белая (*Veratrum lobelianum*), является многолетним травянистым растением. Имеет цилиндрическое корневище, от нижней части которого отходят многочисленные мясистые беловатые придаточные корни. Стебель толстый, до 1 м высоты и выше. Листья эллиптические, стеблеобъемлющие, цельнокрайные, дугонервные, крупные, снизу опушенные. Цветки зеленоватые, невзрачные, собраны в верхушечное метельчатое соцветие. Плод—коробочка. Цветет в июле—августе (рис. 237).

Встречается чемерица в лесной области Европейской части СССР, в Сибири, на Кавказе. Растет на влажных лугах, между кустарниками и на пойменных местах.

Все растение ядовито. С лекарственной целью используются корневища чемерицы (*Rhizoma Veratri*). В виде порошка и в настояках их употребляют в ветеринарной практике как средство, возбуждающее движение желудка у жвачных животных, а также как хорошее антипаразитное средство. Применяют в небольших дозах в смеси с другими веществами.

Корневища содержат ряд алкалоидов, из которых наиболее ядовитым считается протOVERATРИН. Кроме алкалоидов, в корневищах имеются глюкозиды, дубильные и красящие вещества.

мал, масло и пр.), используемые во время цветения и последующей вегетации (тюльпаны, лилии и др.). Вегетативное размножение осуществляется при посредстве выводковых луковичек и подземных луковиц и корней.

Семейство лилейных очень большое; оно включает много родов и около 3000 видов. Распространены лилейные по всему свету, от тундры до тропических стран, но главным образом они обитают в сухих степях Средиземноморья, Передней и Юго-Восточной Азии, плоскогорий, Северной Америки и Австралии. В СССР лилейных имеется 44 рода и 638 видов. Среди них имеются пищевые, декоративные, лекарственные и витаминные виды. Семейство лилейных делат на 11 подсемейств. Мы рассмотрим наиболее важные, включающие хозяйственно ценные виды.

Подсемейство Зумовниковые (Melanthoideae).

Цветки собраны в метельча-

Корневища чемерицы собирают осенью, очищают от приставшей земли и сушат в хорошо проветриваемых помещениях. Так как чемерица ядовита, то с ней следует обращаться осторожно, особенно при упаковке высушенного сырья.

Род *Colchicum* представлен рядом видов: *Colchicum autumnale*, *C. speciosum*, *C. laetum* и др. Наиболее известным является *C. autumnale*. Это красиво цветущее, многолетнее травянистое растение. Свое русское название (безвременник осенний) *C. autumnale* получил потому, что цветет осенью, а листья и плоды появляются весной. Растет *C. autumnale* по сырым лугам Западной Украины, Литовской, Латвийской ССР и других местах.

Подземная часть безвременника представляет собой луковичеобразный клубень, из которого осенью образуются бледно-розовые цветки, а весной появляются зеленые, широколанцетные листья и плоды. Цветы крупные, однопокровные, обоополые, на коротких ножках, выходящих из пазух верхних листовых зачатков. Тычинок 6, прикрепленных в зеве околоцветника, из них 3 короче и 3 длиннее. Столбиков 3, нитевидных, с булавовидными рыльцами. Плод—коробочка, продолговато-округлая, первоначально зеленая, затем бурая, трехгнездная, многосемянная, раскрывающаяся по перегородкам (рис. 238).

Растение сильно ядовито. С лекарственной целью применяют семена, реже клубни, содержащие сильно ядовитый алкалоид колхицин ($C_{22}H_{25}NO_6$), употребляемый как средство против ревматизма, подагры, невралгии. За последнее время слабые растворы колхицина применяются для получения полиплоидных форм растений.

Сбор семян производят в период их полной зрелости—в июне—июле, а клубни собирают перед цветением, приблизительно в конце августа.

Семена и клубни безвременника необходимо хранить отдельно от других растений, с предосторожностями, установленными для сильно ядовитых веществ.

Подсемейство Асфodelиевые (*Asphodeloideae*). Это подсемейство характеризуется тем, что имеет завязь с одним столбиком; плод—коробочка, вскрывающаяся по створкам.

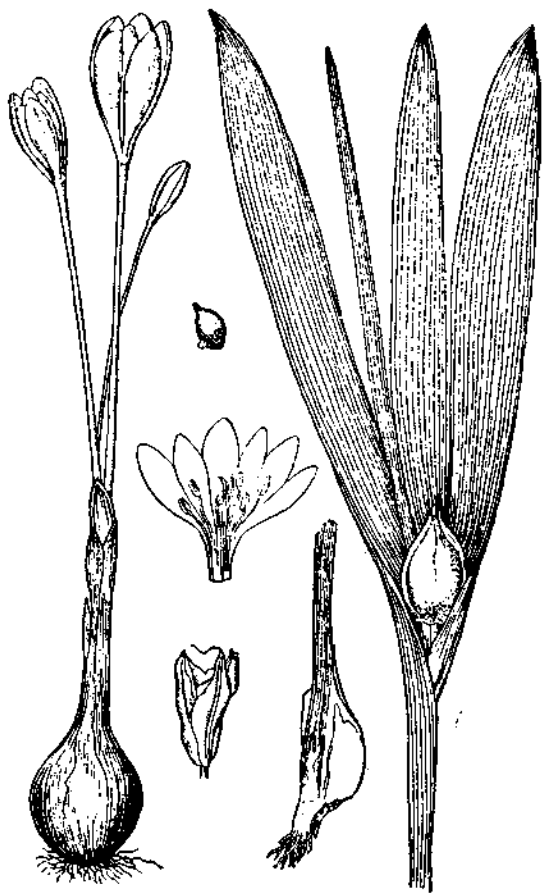


Рис. 238. Безвременник осенний (*Colchicum autumnale*).

Представителем подсемейства может служить род алоэ (*Aloë*) с характерными суккулентными листьями. Разводятся в комнатных условиях под названием столетника.

Род *Phormium tenax* (новозеландский лен) дает крепкие волокна.

Подсемейство Луковые (*Allioideae*). Среди этого подсемейства много пищевых и витаминных растений, широко распространенных и известных с глубокой древности. Наиболее распространенными видами являются лук (*Allium sepa*), чеснок (*Allium sativum*), лук-порей (*Allium porrum*), лук-батун (*Allium fistulosum*) и др. Родиной луков считается Средняя Азия.

Для луков характерно зонтиковидное соцветие, окруженное при основании двумя кроющими верхушечными листьями, стебель с типичной луковичей, реже с коротким корневищем.

Из растений, применяемых в медицине, можно отметить морской лук (*Scilla maritima*, или *Urginea maritima*), известный в двух разновидностях—белый и красный лук. Разновидности отличаются окраской наружных чешуй лукович. Надземные листья яйцевидные, цельнокрайные, дугонервные. Цветочный стебель оканчивается крупным соцветием белых цветов. *Scilla maritima* возделывается на Черноморском побережье.

С лекарственной целью используются высушенные луковичи, известные в фармацевтической практике под названием *Bulbus Scillae*. Они содержат гликозид сцилларен, а красная разновидность, кроме того,—еще гликозид сциллитин, весьма ядовитый для крыс и мышей. Белая разновидность морского лука применяется в виде настоя при сердечных болезнях, а красная—для борьбы с грызунами.

Подсемейство Лилиевые (*Lilioideae*). Характерными признаками этого подсемейства являются крупные цветки, одиночные или собранные в небольшом числе кистями. Околоцветник состоит из 6 лепестковидных, иногда сращенных листочков. Пыльники обращены к завязи. Завязь верхняя, с одним столбиком. Плод—коробочка, вскрывающаяся по створкам. Растения образуют луковичу. Это подсемейство включает преимущественно садовые и декоративные растения.

Главнейшими родами являются род *Tulipa* (тюльпан)—степные растения западной части Азии, Крыма, Кавказа и Киргизии. Род *Lilium* (лилия) имеет крупные душистые цветки, вследствие чего многие виды этого рода являются хорошими декоративными растениями, особенно *Lilium candidum*, *L. auratum*, *L. tigrinum* и др. Роды *Fritillaria*, *Ornithogalum*, *Scilla*, *Hyacinthus* и др. являются красивейшими формами однодольных.

Подсемейство Спаржевые (*Asparagoideae*). Характерными признаками подсемейства являются одиночные пазушные цветки, иногда собранные в кистевидном соцветии. Околоцветник спайнолистный. Плод—немногосемянная, большей частью красная ягода. Характерными также являются редуцированные чешуйчатые листья, из пазух которых развиваются зеленые ассимилирующие, нитевидные или листообразные филлокладии. Корневища подземные, часто сильно развитые.

Представителем подсемейства может служить спаржа (*Asparagus*), которая распространена у нас на юге Европейской части СССР, на Кавказе, в Средней Азии. Спаржа имеет ветви, превращенные в филлокладии. Вид *Asparagus officinalis* разводится как овощ. В пищу употребляются молодые этиолированные побеги (рис. 239).

К этому же подсемейству относится многолетнее травянистое растение вороний глаз четырехлистный (*Paris quadrifolia*). Растение имеет очень неприятный запах; длительное пребывание по соседству с ним

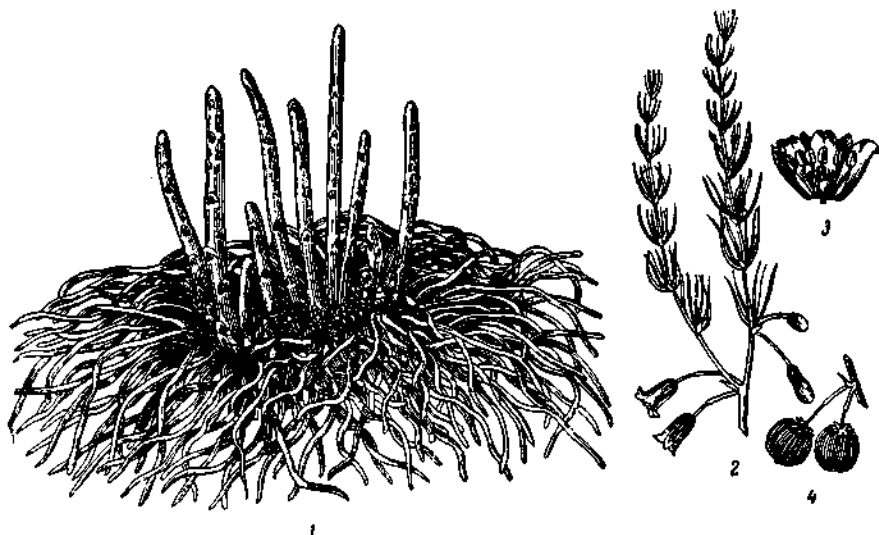


Рис. 239. Спаржа (*Asparagus officinalis*).

1—корневище с молодыми побегами; 2—ветка с цветками; 3—развернутый тычиночный цветок; 4—плоды.

вызывает головную боль. Растет в тенистых лесах. Распространен в Европейской части СССР.

Из лекарственных растений этого подсемейства можно назвать ландыш майский (*Convallaria majalis*)—многолетнее травянистое растение, имеющее длинное ползучее корневище с обильными корнями. От корневища отходит вверх короткий цветочный стебель, основание которого прикрито влагалищными листьями; выше этих влагалищных листьев имеется два, реже три крупных листа с пластинками эллиптической формы, охватывающими стебель. Стебель безлистный, изогнутый в верхней части, на одной стороне находится 5—10 цветков. Цветки белые, обычного однодольного типа, но сростнолепестные, с 6 зубчиками по краю. Плод—красная ягода. Цветет в мае—июне (рис. 240). Растет преимущественно в тенистых лесах и между кустарниками. Распространен в Европейской части СССР, на Кавказе, на Дальнем Востоке.

Ландыш является ценным лекарственным растением сердечного действия. Он содержит два гликозида, из которых один—конваллатоксин—активно действует на сердце, а второй—конвалларин—оказывает слабительное действие.

В качестве лекарственного сырья используются цветы ландыша (*Flores Convallariae majalis*), листья (*Folia Convallariae majalis*) или то и другое вместе (*Herba Convallariae majalis*), находят применение также корневища. Самой ценной частью ландыша являются цветы, биологическая активность которых значительно превосходит таковую листьев и стебля.

Лучшим сроком сбора ландыша считается начало цветения, когда цветки только распустились и приобрели белую окраску и еще не пожелтели.

Семейство Нарциссовые, или Амариллисовые (*Amaryllidaceae*). Наиболее характерным признаком этого семейства является нижняя завязь, а также боковое соцветие, выходящее из пазух листа. В семействе преобладает опыление насекомыми, редко—птицами и совсем редко—ветром.



Рис. 240. Ландыш майский (*Convallaria majalis*).



Рис. 241. Нарцисс (*Narcissus poeticus*): слева—продольный разрез цветка.

Большая часть нарциссовых—это растения субтропических степей. Они обильны в Центральной и Южной Америке, в средиземноморских странах, на Кавказе. Во всем семействе много декоративных растений: *Narcissus*, особенно *N. poeticus* (рис. 241), *Clivia*, *Amaryllus*, *Crinum* и др.

Весьма интересным является подсемейство *Agavoideae* (агав). Это многолетние растения, большей частью с коротким стеблем и розеткой мясистых листьев. Живут агавы несколько десятков лет, но цветут и плодоносят один раз. Цветение и плодоношение сопровождается отмиранием надземных побегов.

Семейство Касатиковые (*Iridaceae*). Характерными особенностями этого семейства являются крупные, ярко окрашенные обоопольные цветки; околоцветник венчиковидный; опыляются насекомыми. Цветки правильные, иногда более или менее зигоморфные (*Gladiolus*). Тычинок три, и они расположены в наружном круге. Пыльники обращены наружу. Завязь нижняя, с одним столбиком, разделенным на три расширенные лопасти. Плод—трехгнездная, многосеменная коробочка, вскрывающаяся по створкам. Касатиковые представлены многолетними травянистыми формами, имеющими горизонтальные корневища, клубни и иногда луковицы.

Наиболее важными родами являются: род шафран (*Crocus*) и род касатик (*Iris*).

Представителем рода *Crocus* может служить *Crocus sativus* (рис. 242). В диком состоянии неизвестен, представлен только культурными формами. Это красивое многолетнее растение. Цветочная стрелка

одиночная, иногда двойная, основание и нижняя половина ее покрыты плотно прилегающими, светло-зелеными перепончатыми чешуйками. Листья узкие, линейные, снизу с двумя белыми полосками и светлым средним участком. Число листьев около 6—9; появляются они во время или после цветения. Цветы душистые, крупные, однопокровные, на коротких ножках, развиваются из середины верхушечной почки, окруженные каждый двухлистным чехлом, покрывающим трубку околоцветника почти по всей ее длине. Околоцветник надпестичный, лепестковидный, сростнолепестный, правильный, воронковидный, 10—15 см длины; трубка узкая, цилиндрическая, в нижней части неокрашенная, сверху светло-фиолетовая, в зеве ворсистая. Тычинок три; завязь нижняя; столбик 10—12 см длины, нитевидный, выходящий из верхушки завязи; в нижней части бесцветный, сверху желтый, оканчивающийся тремя рыльцами. Цветет в сентябре—октябре. Возделывается в Крыму, на Кавказе и других южных районах СССР. Размножается клубнями, напоминающими луковицы.

В хозяйственной практике используются рыльца шафрана, которые дают ароматические и красящие вещества. Их употребляют в пищевой и вкусовой промышленности как пряность. С лекарственной целью шафран применялся ранее в качестве болеутоляющего средства. В настоящее время его используют иногда для приготовления различных препаратов.

Рыльца шафрана собирают в период цветения, которое продолжается 2—3 недели. Сбор производят в сухую погоду, когда нет росы.

Для хозяйственных и медицинских целей может быть использован и другой вид шафрана—*C. Pallasi*, произрастающий в диком виде в Крыму и близкий по основным признакам хозяйственного использования к шафрану посевному (*C. sativus*).

Представителями рода *Iris* могут служить виды: касатик германский (*I. germanica*), касатик флорентийский (*I. florentina*) и касатик бледный (*I. pallida*). Все три вида дают душистые корневища, известные под названием фиалкового корня и использовавшиеся ранее в медицине, парфюмерии и косметике.



Рис. 242. Шафран (*Crocus sativus*).
1—общий вид; 2—продольный разрез; 3—столбик рыльцем.

O. germanica является многолетним травянистым растением, образующим светло-бурое, горизонтальное, толстое корневище, усаженное с нижней стороны придаточными корнями. Стебель однолетний, прямостоячий, ветвистый. Листья двухрядные, влагалищные, прикорневые, мечевидные, цельнокрайные, голубовато-зеленые. Цветки большие, фиолетовые, сидящие на концах стебля и ветвей. Плод—продолговатая многосемянная коробочка.

Разводится в садах и парках как декоративное растение.

Семейство Орхидные (Orchidaceae). К этому семейству относятся только травянистые растения. Число видов, входящих в семейство орхидных, превышает 15 тысяч. В большинстве своем эти растения распространены в лесах тропических зон, в более северных широтах встречаются на лугах, полянах и реже— в лесах.

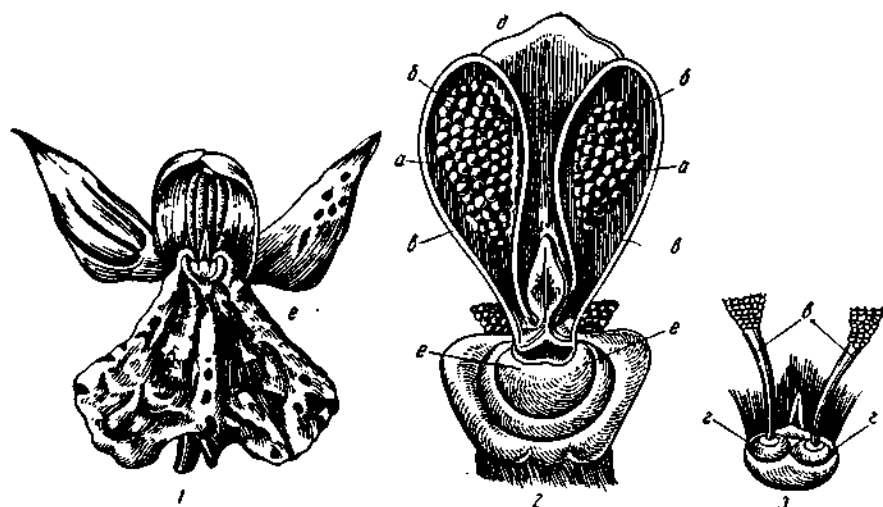


Рис. 243. Цветок ятрышника (*Orchis maculata*).

1—цветок ятрышника, вид спереди; 2—пестик и тычинка; 3—ножки поллиев с липкими подушечками: а—половина пыльника, б—поллиний, в—ножка поллиния, г—липкая подушечка; д—связник; е—рыльце.

Разнообразие цветков орхидных зависит главным образом от устройства губы (*Labellum*), в которую превращается задний листочек внутреннего круга, и от развития остающихся тычинок, срастающихся со столбиком, и дающих так называемую колонку (*Gynostemium*). Губа у многих видов при основании имеет ямку, в которой находится нектарник, или на ней развивается трубочка (шпорец), на дне которой скапливается выделяемый нектар. В тех случаях, когда тычинок развивается много (до 5), колонка не образуется. Обычно тычинок в типе б, они у некоторых видов складываются все, но потом остается одна или две плодущих тычинки, а остальные не развиваются. В тех случаях, когда развивается одна тычинка, то она принадлежит к наружному кругу, а если две—то к внутреннему, причем в обоих случаях тычинки срастаются со столбиком почти целиком.

Пыльца у семейства орхидных слипающаяся, а у однотычиночных форм она еще образует один или несколько комков (поллиний) (рис. 243).

Завязь состоит из трех плодололистков, по пшам сращения которых развиваются многочисленные семяпочки. Рылец у орхидных три, но только два, расположенные по бокам колонки, плодущих, а третье часто совсем не развивается. Плодущие рыльца столбика помещаются всегда ниже пыль-

ников тычинки. Обычно развиваются тычинки, противоположные губе. Опыление происходит при помощи насекомых. При опылении поллинии приклеиваются своими липкими дисками к верхней поверхности головы насекомого.

Губа венчика служит для помещения насекомого, производящего опыление, которое просовывает голову между губой и колонкой. После опыления получается плод—коробочка, раскрывающаяся тремя трещинами и содержащая огромное количество чрезвычайно мелких семян. Семена содержат очень слабо развитый зародыш, состоящий из нескольких клеток. Семена имеют очень малый вес и легко разносятся ветром. Прорастание семян происходит только при заражении зародыша грибом. Вид этого гриба живет в корнях старого растения. После внедрения гриба в клетки зародыша последний начинает разрастаться и на нем образуются точка роста стебля, зачатки листьев и корней. Молодой проросток на второй год дает 2—3 зеленых листочка, и через 5—6 лет получают цветущие растения.

Вегетативные органы у орхидных очень разнообразны. У наземных форм развиваются или корневища, или особые подземные корневые клубни.

Орхидные имеют крупные, красивые, часто хорошо пахнущие цветки и разводятся как декоративные растения.

Подземные клубни некоторых видов используются для медицинских целей. Наиболее часто для медицинских целей используются следующие виды семейства орхидных: ятрышник мужской (*Orchis masculata*), ятрышник шлемовидный (*O. militaris*), ятрышник пятнистый (*O. maculata*), ятрышник широколистный (*O. latifolia*), любка двулистная (*Platanthera bifolia*), любка зеленоцветная (*P. chloranta*) и др. Это небольшие травянистые многолетние растения с клубневидными корнями. Виды эти имеют продолговатоэллиптические или широколанцетовидные дугонервные листья, охватывающие одиночную цветочную стрелку. Цветки собраны в густую конечную кисть. У ятрышников цветки большей частью окрашены в пурпурный или фиолетовый цвет; у любки цветки белые или зеленоватые. У ятрышников цветок имеет неправильную форму: из шести окрашенных листочков околоцветника один нижний разрастается и образует губу. У основания губы находится длинный полый вырост—шпорец, наполненный нектаром, привлекающим насекомых. Завязь нижняя, из которой после оплодотворения развивается плод—коробочка с многочисленными, очень мелкими семенами. Подземная часть растений состоит из нескольких тонких мочек и двух клубнекорней: одного старого, более крупного, но дряблого, и другого—молодого, сочного. Цветут растения в июне—июле.

Распространены ятрышники от Вологодской области и до приднепровских областей СССР. Много их также на Кавказе. В Европейской части они встречаются на влажных, сыроватых лугах, среди кустарников и на лесных полянах. Для медицинских целей используются клубневидные корни указанных выше видов под названием «клубни салапа» (*Tuber Salep*). Применяются они в медицине в виде порошка, идущего для приготовления слизистых отваров при отравлениях ядами и при поносах. Клубни содержат около 50% слизи, 27% крахмала, 5% белковых веществ, 1% сахара, щавелевокислый кальций и минеральные соли. Сбор клубней ятрышников производят после отцветания растений. Используются только молодые бледно-желтые, мясистые и сочные клубни.

Семейство Ароидные (Araceae). Характерной особенностью этого семейства является присутствие при основании соцветия большого кроющего листа (*Spatha*), который часто принимает вид венчика, ярко

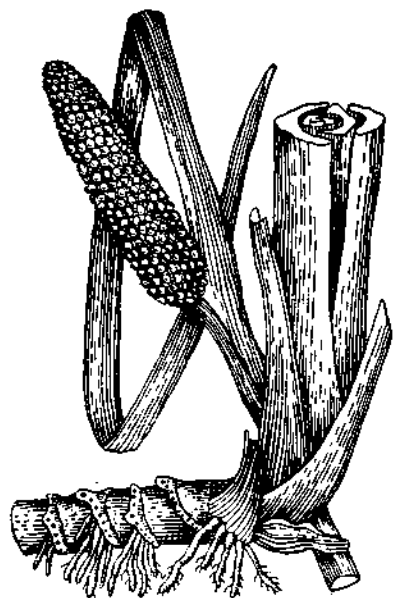


Рис. 244. Аир (*Acorus calamus*).
Цветущее растение.

меньше, причем при редукции тычинки часто сливаются друг с другом. Иногда тычинки совсем редуцированы, вследствие чего получаются женские цветки, а при редукции и пестика—цветки бесплодные. Плодолистиков или три, дающих трехгнездную завязь, или они редуцированы до одного, или совсем отсутствуют. В каждом гнезде имеется много семенных зачатков или только один.

Соцветие представляет, как правило, конечное образование, но у некоторых родов (например, у *Acorus*) оно отклоняется в сторону сильно разрастающимся кроющим листом, вследствие чего получается впечатление, что соцветие развивается сбоку на листе. Плод—ягода.

Опыление происходит при помощи насекомых. Распространение семян производится главным образом птицами, поедающими сочную оболочку плодов и семян.

Ароидные большей частью тропические растения; они образуют нередко основную массу травянистых растений тропических лесов; среди них много лазающих и вьющихся форм с воздушными и длинными корнями. Всего около 1000 видов. Большинство ароидных ядовитые растения. Некоторые используются в медицине и парфюмерии. Из растущих в наших условиях для этих целей используется аир (*Acorus calamus*) (рис. 244).

Acorus calamus—это многолетнее травянистое растение, имеющее толстое (до 3 см в диаметре) ползучее корневище, от верхнего конца которого отходят пучки длинных, ярко-зеленых линейно-мечевидных листьев и безлистный трехгранный стебель (стрелка). На верхушке стебля находится отклоненное в сторону толстое мясистое соцветие, так называемый початок. Соцветие цилиндрической формы, к концу несколько суженное, длиной 4—12 см, сплошь усаженное мелкими зеленовато-желтыми, малозаметными обоеполыми цветками. К соцветию в виде чехла прилегает длинный зеленый кроющий лист (покрывало), образующий как бы непосредственное продолжение цветочного стебля.

окрашен и делает все соцветие иногда похожим на цветок. Биологическое значение этой особенности—делать более заметным цветок. Соцветие представляет собой початок.

Большинство ароидных являются травянистыми растениями. Строение стеблей очень сложное, так как стебли являются симподиальными. У многих наземных форм стебель имеет вид клубней, а у некоторых развиваются большие, толстые корни, в которых откладываются питательные вещества. Листья очень разнообразны. У ряда видов они снабжены черешками, которые нередко расширяются при основании в большие влагалища. Пластинки листьев бывают простые и более или менее сильно рассеченные. Цветки расположены на утолщенных осях. Строение цветков разнообразное, чаще всего из 4—5 трехчленных кругов. Околоцветник состоит из 6 лепестков, окрашенных иногда в очень яркие цвета, или редуцированный. Тычинок или 6, или

Все растение, особенно корневище, сильно пахучее. Цветет айр в июне—июле, но в наших условиях обычно плодов не дает и поэтому размножается вегетативно. Растет около прудов, на болотах, в стоячих водах, по берегам рек и ручьев, где нередко образует густые заросли.

С лекарственной целью используется корневище айра (*Rhizoma Calami*). Корневища содержат эфирные масла, акорин, каламин, крахмал и другие вещества, применяются в ветеринарной практике, иногда в медицине при желудочных заболеваниях. Корневища айра обычно собирают осенью.

Семейство Пальмовые (*Palmaceae*). Это семейство представлено только деревянистыми растениями, чаще всего с прямыми колонновидными стволами, реже—кустарниковидными и лианами. Высота колонновидных стволов у многих видов достигает 30—40 м, а их толщина—1 м в поперечнике. Обычно стволы пальм имеют одинаковую толщину на всем протяжении, на вершине у некоторых видов ветвятся и несут огромную крону листьев.

Листья у всех пальм очередные, междуузлия у колонновидных пальм короткие, но благодаря тому, что листья развиваются в течение целого года, рост пальм происходит очень быстро. У лиановых пальм стебли тонкие (2—3 см в поперечнике), но зато очень длинные (до 300 м длины), междуузлия длинные. Число листьев 40—50. Листья бывают веерные и перистые. Те и другие имеют длинные черешки, при основании расширенные в мощные влагалища. У веерных листьев пластинка не расщепляется. Только когда лист разворачивается, ее края надрываются на большее или меньшее количество надрезов. Пластинка листа у некоторых пальм может достигать огромных размеров и покрывать площадь до 4 м². Черешки листьев у таких пальм построены очень крепко, и влагалища листьев, охватывающие стебель, пронизаны массой сосудистых пучков и механических тяжей. Перистые листья у некоторых пальм могут достигать огромной длины—до 14 м, и у них черешки и влагалища построены очень крепко. Такое мощное развитие черешков и влагалищ обусловлено тем, что листья расположены на вершине стебля и представляют огромную парусную поверхность, которая должна выдерживать сильные порывы ветров. Для ослабления силы действия ветра листья могут колебаться около ствола, подставляя ветру лишь свои острые края.

Корни у пальм главным образом придаточные, выходящие постоянно из стволов параллельно развитию новых листьев. Иногда такие корни выходят высоко над землей, нижняя часть ствола отмирает, и вся пальма стоит, как на ходулях. У некоторых пальм весь ствол может быть покрыт придаточными корнями, которые, однако, быстро теряют способность расти в длину, сбрасывают корневой чехлик и превращаются в шипы. Длина подземных корней у некоторых пальм может быть очень большой, вследствие чего они доходят даже до глубоко расположенных источников воды.

Вегетативное размножение у пальм в природе почти отсутствует. Цветение пальм начинается довольно рано; некоторые из них зацветают с 6—8-летнего возраста. Пальмы бывают многократно цветущие (полликарпические) и однократно цветущие (монокарпические). У поликарпических соцветия с цветками развиваются в пазухах самых старых листьев, и пальмы приносят в течение многих лет все новые соцветия; у монокарпических цветение начинается в 15—20, а иногда в 30 лет, затем точка роста пальмы дает обычно мощное соцветие, и пальма отмирает (рис. 245). Между этими двумя типами существуют переходные формы, у которых соцветия начинают появляться в пазухах, вначале нижних, а потом и верхних листьев, и вся пальма по окончании плодоношения отмирает.

Соцветия пальм представляют очень большое разнообразие; они всегда более или менее сильно разветвлены и образуют короткие или длинные кисти. Молодые соцветия окружены одним большим покрывалом, которое иногда остается замкнутым до полного созревания цветков. Покрывала обычно вначале зеленые, а затем буреют; часто они покрыты крепкими, длинными и густыми колючками. Величина соцветий сильно варьирует от нескольких десятков сантиметров до многих метров. У некоторых пальм ветви соцветия при образовании плодов принимают яркую, обычно кораллово-красную окраску.

Цветки пальм также представляют большое разнообразие. У некоторых они состоят из 6 листочков околоцветника, 6 тычинок и 3 плодolistиков, срастающихся друг с другом или не срастающихся. В каждом гнезде завязи находится один семенной зачаток, но нередко в трехгнездном пестике развивается только один зародыш. От таких полных цветков есть все переходы к цветкам мужским и женским, расположенным или на одном и том же соцветии, или даже на различных растениях. Однополые цветки располагаются на соцветиях различно: или на каждом соцветии только цветки одного пола, или в нижней части соцветия помещаются женские цветки, а затем мужские.

После оплодотворения развивается небольшой зародыш и обыкновенно мощный эндосперм, состоящий из клеток с очень утолщенными стенками, получающими иногда твердость кости. При развитии зародыша завязь превращается в плод, представляющий также большое разнообразие; стенка завязи (перикарпий) делается сочной и часто богатой сахаристыми веществами (финики) или завязь превращается в костянку с сочным или сухим перикарпием (кокосовый орех). Прорастание семян происходит иногда через очень продолжительное время. Первичный корень вначале развивается, но спустя некоторое время заменяется придаточным.

Пальмы принадлежат к числу полезнейших растений. Они распространены под тропиками всего света и встречаются не только во влажных частях их, но и в более сухих местностях с периодически выпадающими осадками и даже в пустынях. Всего известно около 1500 видов пальм.

Пальмы находят широкое применение в хозяйственной деятельности. Плоды употребляются в пищу или прямо, или идут для получения масла; из соцветий получают сладкий сок, используемый для приготовления пальмового вина; листья используются для получения волокнистых веществ; из мягких частей стволов вымывается большое количество крахмала (саго) и т. д. Кроме этого, пальмы разводятся как декоративные растения в комнатах или на открытом воздухе. У нас на Черноморском побережье акклиматизировано около 25 видов.

Семейство Банановые (Musaceae). Это семейство представлено крупными травянистыми растениями или деревьями с большими черешковидными листьями, имеющими мощную пластинку и сильно развитое влагалище. Цветки сравнительно небольшие, зигоморфные, обоеполые, собранные массами в крупные сложные, чаще кистевидные соцветия, которые помещаются обычно в пазухах больших кроющих листьев. Листочки околоцветника венчиковидные, сросшиеся друг с другом или же один из них свободный. Тычинок 6; у некоторых видов часто все 6 тычинок плодущи, а у других одна из них во внутреннем круге несколько меньше других редуцируется или развивается в виде чешуевидного стаминодия. Завязь трехгнездная, многосемянная или бессемянная (у культурных бананов), дающая плод ягоду или корбочку. Семена разнообразного строения. У разводимых сортов бананов (*Musa*) нередко наблюдается партенокарпия и бессемянность. Бананы растут только в тропиках и субтропиках.



Рис. 245. Цветущий экземпляр пальмы *Cocurpa*.

Наиболее важным родом является род банан, или пизанг (*Musa*), виды которого разводятся под тропиками из-за плодов, употребляющихся как фрукты. Виды этого рода представляют огромные травы с ползучими корневищами, от которых отходит пучок листьев, поднимающийся в высоту иногда до 15 м. Мощные влагалища листьев завертываются одно около другого, образуя трубку, кажущуюся стволем, сквозь которую проходят более молодые листья. Точка роста дает соцветие, которое тоже проходит сквозь трубку листьев и погибает вниз в виде огромной кисти. После плодоношения вся плодущая часть отмирает и из корневища развиваются новые побеги.

Таким образом, раз посаженное растение в течение многих лет может приносить все новые и новые урожаи. Размножаются бананы только вегетативно.

В листьях некоторых видов имеются очень крепкие волокна, дающие хороший прядильный материал. В частности, из листьев *Musa textilis* получают так называемую манильскую пену. Другие виды разводят как овощи и как декоративные растения. У нас на Черноморском побережье в качестве декоративного растения разводится японский вид *Musa basjoo*, дающий несъедобные плоды.

Семейство Осоковые (Cyperaceae). К этому семейству относятся исключительно травы, чаще всего многолетние, с характерными трехгранными стеблями, выполненными паренхимой. Листья в большинстве случаев линейные, с замкнутыми влагалищами, без язычка и со слабо развитым язычком. Осоковые характеризуются сильным развитием корневищ, образующих чаще всего короткие междоузлия. Цветки собраны в колосовидные соцветия, обычно соединенные вместе в метельчатые или головчатые образования; околоцветник или сильно редуцирован, или совсем отсутствует. Цветки обоеполые или однополые; во втором случае нередко наблюдается двудомность. Тычинок обычно 3, редко больше, пыльники прикреплены к нити основанием, пыльца сухая. Завязь состоит из 1—3 плодolistиков с одним обращенным семенным зачатком, всегда верхняя. Плод—орешек; зародыш окружен эндоспермом. Кроющий лист цветка нередко (осоки) охватывает весь пестик, вследствие чего получается мешочек.

Семейство осоковых включает свыше 3500 видов, распространенных по всему свету. Представители этого семейства всюду предпочитают сырые, болотные места. Значение для человека небольшое. Несмотря на обилие листьев, осоковые дают лишь грубый, жесткий и малопитательный корм для скота.

Важнейшие роды семейства осоковых: 1) осока (*Carex*), 2) сыть (*Cyperus*), 3) камыш (*Scirpus*) и 4) пушица (*Eriophorum*).

Род *Carex* включает около 1000 видов, растущих обыкновенно по сырым (кислым) лугам, по травяным болотам, где они способствуют образованию кочек. Цветки всегда однополые, часто собранные в колосовидные соцветия, всегда голые; мужские из 3 тычинок, сидящих в пазухах кроющего листа, женские—на особой короткой оси, выходящей из пазухи кроющего листа (рис. 246). Рылец в зависимости от числа плодolistиков 2 или 3.

Представителем рода *Cyperus* (сыть) может служить *C. esculentus* с подземными клубеньками, богатыми маслом и белками,—так называемый земляной миндаль, или чуфа, разводимая на юге. К этому же роду относится *C. papyrus*, использовавшийся раньше для приготовления папируса.

Виды родов *Scirpus* и *Eriophorum* встречаются на торфяных болотах и являются торфообразователями.

Семейство Злаки (Gramineae). Злаки—весьма обширное семейство среди однодольных растений, включающее около 500 родов и свыше 6000 видов, распространенных по всей земле, в СССР имеется около 1000 видов. Сюда относятся как однолетние, так и многолетние виды, в большинстве случаев с подземными корневищами, от которых отходят наземные стебли. Обычно злаки—травянистые растения, за исключением очень немногих родов и видов, которые являются кустарниковидными или даже древовидными, как большинство бамбуковых (Bambuseae). Величина стеблей варьирует очень сильно; есть злаки со стеблями в 1—2 см, а есть такие, у которых стебли поднимаются на высоту 15—20 м и в поперечнике достигают 25—30 см (бамбуки). Несмотря на такое огромное различие в размере стеблей у крайних представителей, все же у подавляющего большинства видов стебли представляют один тип—соломины, т. е. состоят из многих члеников с несколько вздутыми узлами и обычно полыми междоузлиями. В узлах всегда находится перегородка. И только у немногих видов (рис. сахарный тростник, маис и некоторые другие) междоузлия заполнены паренхимной тканью, в которой проходят сосудистые пучки.

Естественно, что соломины, особенно у высокостебельных видов, имеют очень крепкие стенки. У некоторых злаков вздутие узла окружено другим вздутием, принадлежащим листу (рис. 247). На каждом узле помещается один лист, прикрепляющийся к узлу влагалищем, плотно прилегающим к стеблю. Влагалище переходит в более или менее длинный и узкий злаковидный лист, причем во многих случаях в месте отхождения пластинки листа имеется пленчатый, волосистый или иначе устроенный язычок (ligula) различной длины. Междоузлия растут всегда вставочно благодаря способным к делению клеткам при их основании. Поэтому междоузлия злаков при основании мягкие и поддерживаются в вертикальном положении только с помощью трубчатых влагалищ. Обычно отмершие листья сваливаются со стебля вместе с влагалищем. В пазухе каждого листа помещается обычно одна почка.

Цветки злаков собраны в соцветие. Соцветие верхушечное, редко пазушное, состоящее из многочисленных (реже немногих) колосков, собранных в виде колоса, метелки или кисти. Колоски состоят из чешуй и органов цветка, расположенных на укороченной колосковой оси в два ряда, и только у некоторых родов они сидят спирально.

В каждом колоске имеется от 1 до 10 обоеполых или однополых цветков, причем из них иногда недоразвиты или верхние, или нижние, или и те и другие. Нижние чешуи колоска бесплодные, обыкновенно числом 2, и называются они колосковыми, или кроющими, чешуями (glumae). За ними следуют чешуйки, прикрывающие цветок, так называемые цветковые чешуи: нижняя цветковая чешуя (paleae inferior) и верхняя цветковая чешуя (paleae superior), между которыми и находятся части цветка. Нижняя цветковая чешуя без ости или с остью. Ость



Рис. 246. Carex.

м—мужские колосья; ж—женские.

выходит или из основания нижней цветочной чешуи, или из средней части ее, или из вершины; она может быть прямой, коленчатой или изогнутой (овес), короткой или длинной, гладкой или усаженной волосками (ковыль), легко обламывающейся или плотно соединенной с цветочной чешуей. Морфологически ость является редуцированной пластинкой листа, тогда как сами цветочные чешуи гомологичны влагалищам (рис. 248).

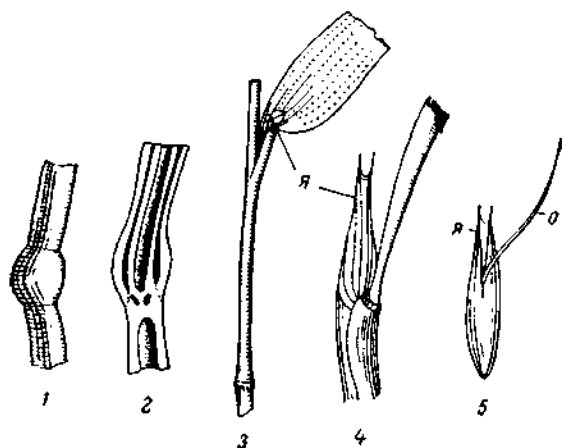


Рис. 247. Стебли и листья злаков.

1—узел стебля снаружи; 2—узел в разрезе; 3—лист с влагалищем, пластинкой и язычком (я); 4—язычок и начало пластинки; 5—нижняя цветочная чешуя и ость (а).

За цветочными чешуями следуют две так называемые пленочки (lodicules), сильно взбухающие при созревании пыльцы и способствующие раскрытию цветков (рис. 249).

Тычинок обыкновенно 3, реже 2, как у душистого колоска (*Anthoxanthum odoratum*), 1 или 6, как у риса (*Oryza*) и некоторых бамбуковых (*Bambuseae*). Тычиночные нити тонкие, нежные, быстро удлиняющиеся при цветении, свободные. Пыльники качающиеся, раскрывающиеся обыкновенно продольной трещиной. Завязь одногнездная, состоящая из 3 или 2 сросшихся плодолистиков. Рылец 2, реже 1 или 3, они сидят на небольшом столбике, часто пурпуровые или желтого цвета, короткоперистые или почти нитевидные.

Опыление у большинства злаков ветровое, в связи с чем у них имеются большие пушистые рыльца и большие пыльники с массой сухой пыльцы. Пыльники обычно прикреплены серединой к длинным тонким нитям. У некоторых

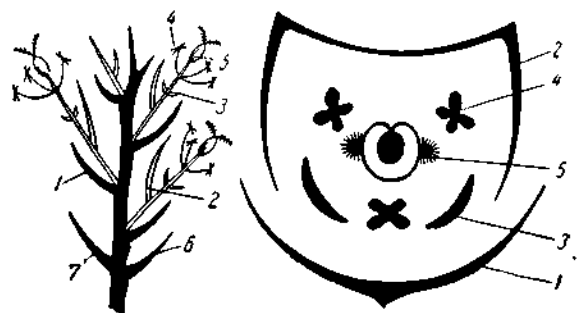


Рис. 248. Схема строения колоска и диаграмма цветка злаков.

1—нижняя цветочная чешуя; 2—верхняя цветочная чешуя; 3—пленочки; 4—тычинки; 5—пестик с двумя рыльцами; внизу колоска две колосковых чешуи (6 и 7).

родов ярко выражено самоопыление (пшеница, ячмень, овес и др.).

Плоды злаков почти всегда зерновки (*Caryopsis*), у которых семенная оболочка срастается с внутренней поверхностью завязи. Зародыш в семени прилегает одной стороной к эндосперму, обычно мучнистому. Семядоля зародыша развивается в виде растворяющего эндосперм и всасывающего образования щитка (*scutellum*). Зерновка при созревании у многих злаков тесно срастается с цветочными чешуями, так что обмолот таких злаков крайне затруднен. Такое срастание имеет место не только у диких злаков, но и у некоторых культурных (пленчатые ячмени, овсы, просо, рис и др.) (рис. 250).

При прорастании зерен злаков наружу выходит не семядоля, но первый лист, который обыкновенно развит в виде влагалища без пла-

стинки и получил название *п е р ы ш к а* (plumula). Первичный (главный) корень имеет нормальное положение, но у большинства злаков не развивается и заменяется придаточными корнями.

Хозяйственное значение злаков весьма невелико. К злакам принадлежат не только все хлебные растения, которые дают основные продукты питания человека, но и преобладающее количество луговых и степных трав. Многие злаки являются также важными техническими культурами, дающими основное сырье для ряда технических производств. Велико значение злаков и в природе. Благодаря сильно развитым корневищам злаки способны энергично бороться с другими видами растений и составляют господствующий тип растительности во многих местах, где находят подходящие условия. При этом развиваются

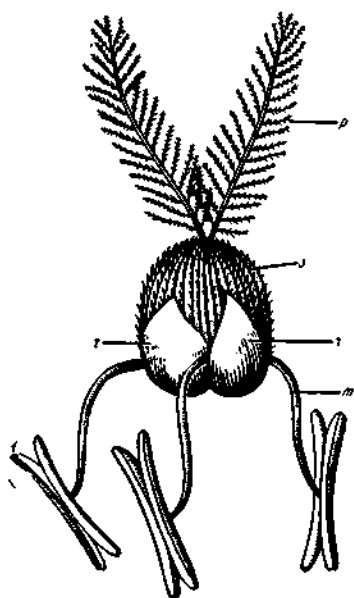


Рис. 249. Отдельный цветок пшеницы (*Triticum*).

ч—пестик; z—завязь; р—рыльце; т—тычинки.

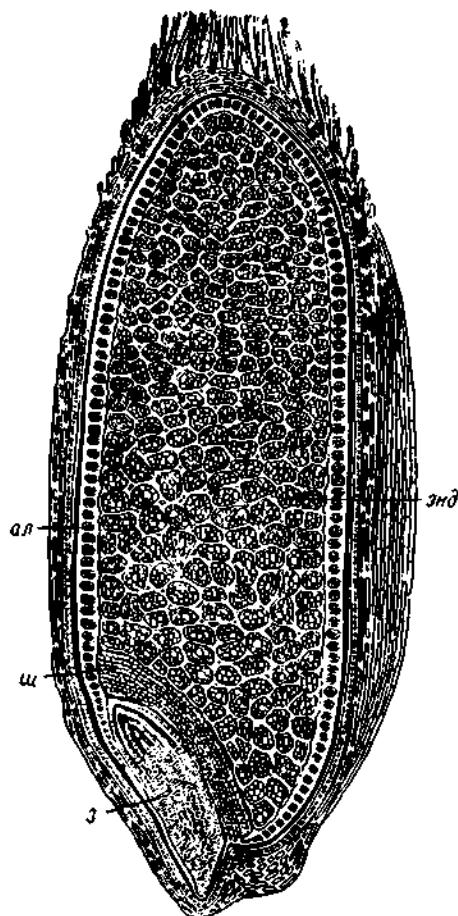


Рис. 250. Схематический продольный разрез зерновки пшеницы.

з—зародыш; ш—щиток; ал—алейниковый слой; энд—эндосперм.

миллионы экземпляров одного и того же вида, что придает местности особый характер. Таковы, например, злаки наших лугов, степей (различные ковыли), злаки американских прерий, пампасов Аргентины, саванн Африки и т. д.

Систематика семейства злаков основывается на строении соцветий и цветков. Отличают: 1) злаки с метельчатым соцветием, у которых каждый колосок сидит на длинной ножке (например, овес, просо, рис, сахарный тростник и др.); 2) злаки с колосовидным соцветием, у которых колоски не имеют ножек и помещаются на выступах главной оси (рожь, пшеница, ячмень и др.); 3) злаки с султанами, у которых колоски имеют очень



Рис. 251. Соцветия злаков.

1—голось (рожь); 2—метелка (овес); 3—султан (тимфеевка); 4—початок (женское соцветие).

короткие ножки и прижаты к стеблю, вследствие чего на первый взгляд напоминают колосья. Такой тип соцветия у тимфеевки (рис. 251).

Подсемейство Маисовые (Maydeae). Мужские и женские цветки в разных соцветиях. Колоски с мужскими цветками собраны на верхушке стебля в раскидистую метелку, пестичные цветки—в цилиндрический початок. Початки возникают в пазухах нижних листьев с листовыми обертками. Цветковые чешуйки мягкие, пленчатые, колосковые—жесткие, твердые.

К этому подсемейству относится род *Zea* и др. Представителем рода *Zea* служит *Z. mays*—кукуруза. Кукуруза является однолетним растением достигающим высоты до 2 м и являющимся важнейшим хлебным злаком. В диком виде не встречается. Возделывается в южных и умеренно теплых широтах на всех континентах. Родина—Средняя или Южная Америка. Наиболее развита культура кукурузы в США; у нас разводится на Кавказе, в Юго-Западной Украине и других республиках и областях. В Европу впервые кукуруза была ввезена в XVI столетии. Она используется как пищевое, а также как ценнейшее техническое растение. Из нее готовят различные технические и пищевые продукты: крахмал, сахар, спирт, масло, резину, фибру, бумагу и др. Особенно высокий процент масла содержится в зародышах.

Кукуруза является перекрестноопыляющимся растением; опыление происходит при помощи ветра.

Для лекарственных целей используются пучки столбиков с рыльцами кукурузы, называемые кукурузными рыльцами (*Stigmata Maydis*). Кукурузные рыльца применяются в народной медицине как мочегонное и желчегонное средство.

Подсемейство Сорговые (Andropogoneae). Соцветие этого подсемейства состоит из колосовидных кистей, собранных метелкой, кистью или колосовидно. Колоски обычно сидят парами, реже по три или по одному.

Подсемейство включает 79 родов, содержащих более 750 видов, встречающихся преимущественно в тропических и отчасти в умеренных поясах Старого и Нового Света. В СССР подсемейство представлено 12 родами, содержащими 24 вида, встречающимися в южных районах.

Подсемейство содержит значительное число видов весьма полезных в хозяйственно-экономическом отношении. Наиболее важными родами и видами подсемейства являются: 1) сахарный тростник (*Saccharum officinarum*), 2) сахарное сорго (*Sorghum saccharatum*), 3) сорго обыкновенное (*S. vulgare*), 4) гаолян и др.

Сахарный тростник (*Saccharum officinarum*)—крупный культурный злак, достигающий 2—6 м высоты, с длинными широкими в 2—5 см листьями и толстыми стеблями 4—5 см толщины. Стебель выполненный, содержит до 20% тростникового сахара. Метелка крупная, 40—80 см длины, пирамидальная, почти никогда не приносит семян, вследствие этого сахарный тростник размножается вегетативным путем—корневищами. Размножение семенами у сахарного тростника утрачено под влиянием многовекового культивирования и отбора на сахаристость стеблей.

В СССР сахарный тростник и его гибриды с другими видами выращиваются в Таджикистане, специально для приготовления рома.

Сорго (*Sorghum*)—густая метелка с членистыми веточками, в нижних узлах всегда мутовчатая. Колоски парные: один—сидячий, обоеполый, другой—на ножке, тычинковый или недоразвитый; на концах веточек по три колоска. Колосковые чешуи кожистые. Цветочные чешуи пленчатые, реснитчатые.

Род *Sorghum* содержит около 40 видов, распространенных преимущественно в тропических и субтропических странах обоих полушарий и заходящий в южные части северного умеренного пояса. В СССР встречается в южных частях.

Растения крупные, достигающие 6 м высоты, преимущественно однолетние формы, значительная часть которых имеет большое хозяйственно-экономическое значение. Используется как зерновое, кормовое или сахароносное растение.

В тропической Азии и Африке сорго является одним из главных зерновых хлебов, от которого во многих засушливых районах зависит существование населения.

Подсемейство Просовые (*Panicaceae*). Соцветие метельчатое, реже колосовидное или кистевидное, раскидистое или сжатое. Колоски одноцветковые или еще со вторым тычинковым или недоразвитым цветком. Колосковых чешуй 2—3, тонкокожистых или бумагообразных. Нижняя и верхняя цветочные чешуи обоеполого цветка твердокожистые или хрящеватые, всегда легко отличающиеся окраской и формой от более тонких колосковых чешуй. Цветковых пленок 2, тычинок 3, пестик с перистыми рыльцами. Зерновка обычно опадает вместе с цветочными чешуями. Язычок листьев обычно реснитчатый.

Главнейшими родами и видами подсемейства являются просо посевное (*Panicum miliaceum*), могар (*P. germanicum*), итальянское просо или бор, гоми, чумиза, пайдза (*P. italicum*).

Просо является типичным ксерофитным растением, культивируемым в наших степных и полупустынных районах. Оно очень чувствительно к заморозкам; прорастает только тогда, когда почва достаточно прогреется. Просо является важным хлебным растением, дающим крупу (пшено). Оно используется в пищу в качестве крупы или муки. Солома используется на корм скоту и на производство низших сортов бумаги.

Могар возделывается главным образом для кормовых целей, бор—для продовольственных целей.

Подсемейство Рисовые (*Oryzaceae*). Подсемейство включает однолетние и многолетние растения, достигающие иногда значительных размеров; большей частью они представляют собой гидрофиты, или водяные растения. Соцветие—крупная раскидистая метелка. Колоски одноцветковые, плоские. Цветки обоеполые. Тычинок 6, 4, реже 3. Подсемейство содержит 15 родов с 97 видами, распространенными преимущественно в тропических и субтропических странах Старого и Нового Света и реже в умеренном поясе. В СССР подсемейство представлено лишь 3 родами с 4 видами, из которых 2 вида культурные.

К этому подсемейству принадлежит одно из самых значительных хлебных растений—рис посевной (*Oryza sativa*). Рис—однолетнее растение, преимущественно самоопыляющееся. У водных форм корни с аэренхимной тканью. Стебли склонны к надземному ветвлению. Зерновка тесно облекается цветочными чешуями. Рис является важнейшим хлебным растением; он уступает только кукурузе и пшенице. В Индии, Китае, Японии, Индонезии имеет первенствующее значение. В СССР культивируется на Дальнем Востоке, в Средней Азии, в Азербайджане, на Северном Кавказе и других местах. Родиной риса является тропическая Азия. Рис представляет собой древнейшее культурное растение, так как уже за 300 лет до н. э. был широко известен и распространен в Китае. В настоящее время известно более 2000 сортов риса. Он употребляется в пищу, используется для приготовления крахмала, спирта и т. д. Солома риса применяется для выделки бумаги.

Подсемейство Ововые (*Aveneae*). У овсовых соцветие в виде раскидистой или сжатой метелки. Колоски от двух-до многоцветковых, редко одноцветковых, все обоеполые, реже с одним из них тычинковым или недоразвитым. Колосковых чешуй 2, обычно не опадающих и длиннее цветочных. Нижняя цветочная чешуя с коленчатосогнутой, реже прямой остью, выходящей со спинки чешуи (редко от ее кончика), иногда она вовсе отсутствует, но в некоторых случаях их несколько. Верхняя цветочная чешуя с двумя киями. Тычинок 3. Рыльца перистые. Зерновка обычно с желобком. Зародыш маленький. Первый лист всхода линейный, вертикально стоящий.

Подсемейство содержит 38 родов, включающих около 500 видов, распространенных преимущественно в умеренных поясах северного и отчасти южного полушария. Это почти исключительно растения открытых мест—лугов и степей, приспособившиеся также к жизни в высокогорных и арктических областях. Большинство ксерофиты и мезофиты, редко гидрофиты.

В СССР подсемейство представлено 14 родами с 74 видами, встречающимися во всех районах. Почти все представители подсемейства являются хорошими кормовыми растениями, некоторые из них культивируются давно. Наиболее важными родами и видами являются овес посевной (*Avena sativa*); рейграс французский и др. (*Arrhenatherum elatius*). К этому же подсемейству относится злостный сорняк—овсюг (*Avena fatua*).

Род *Avena* характеризуется раскидистой метелкой. Колоски крупные, обычно свисающие, 2—4-цветковые. Колосковые чешуи на спинке закругленные, без кия с 7—11 жилками, по краю пленчатые. Нижняя цветочная чешуя на верхушке зазубренная, 2-зубчатая или 2-остая, на спинке с крепкой остью, реже без ости. Завязь в верхней части волосистая.

Род содержит свыше 20 видов, встречающихся почти по всему северному и южному умеренным поясам.

По площади посевов овес (*A. sativa*) занимает в мировом хозяйстве четвертое место (около 60 млн. га), уступая только пшенице, кукурузе и рису; в СССР занимает третье место после пшеницы и ржи.

Овес является преимущественно кормовой культурой: его зерно и солома с мякиной—весьма ценные кормовые средства. Зерно овса особенно ценно для кормления лошадей и другого рабочего скота. В пищу человека овес употребляется редко. Однако из очищенного зерна овса получается хорошая крупа и диетическая мука, используемые в диетическом питании. Особенно пригодны для этого так называемые голые овсы.

Подсемейство Ячменевые (*Frumentaceae*). Характерными свойствами ячменных является соцветие обычно в виде сложного колоса, реже оно колосообразное или метельчатое. Колоски от одного и до многоцветковых, сидячие, иногда по несколько, реже на ножках. Колосковых чешуй 2, редко их нет вовсе. Нижняя цветочная чешуя часто с остью, верхняя—пленчатая, всегда с двумя килями. Тычинок 3. Завязь наверху волосистая; рылец 2. Листья линейные, плоские. Первый лист входа линейный, вертикально стоящий. Хромосомы крупные, в числе, кратном 7.

Подсемейство содержит 21 род, включающий около 400 видов, распространенных почти всецело в умеренных поясах обоих полушарий. В СССР оно представлено 17 родами, включающими свыше 215 видов. Растения по преимуществу лугов и степей, встречаются также в лесах и на песках; мезофиты и ксерофиты. Хозяйственно-экономическое значение этого подсемейства весьма велико, так как к нему относятся наиболее ценные хлебные растения, как пшеница, рожь, ямень, дающие основной продукт питания для значительной части человечества, часть кормовых продуктов для домашних животных и ряд веществ для промышленного производства. Некоторые роды этого подсемейства являются довольно хорошими кормовыми злаками (пырей, елимус) и находят применение при укреплении сыпучих песков.

Наиболее важными родами являются пшеница (*Triticum*), рожь (*Secale*), ямень (*Hordeum*), пырей (*Agropyrum*), эгилопс (*Aegilops*) и др.

Род Пшеница (*Triticum*) представлен однолетними и двулетними (озимыми) растениями. Соцветие—сложный колос. Колоски одиночные, сидящие в выемках колосового стержня. Колоски с 1—5 и больше цветками, из которых нижние 1—3—5 плодущие, верхний же цветок недоразвит. Колосковых чешуй 2, продолговатых, кожистых, реже перепончатых, более или менее вздутых, со многими жилками. Тычинок 3. Рыльца перистые. Зерновка продолговатая, с глубокой бороздкой, на верхушке несколько волосистая, свободная.

Род *Triticum* является наиболее важным родом из всех растений, так как включает главное хлебное растение—пшеницу, занимающую около $\frac{1}{6}$ всей посевной мировой площади. У нас пшеница занимает первое место среди всех зерновых хлебов и дает около $\frac{1}{4}$ всей зерновой продукции этой культуры.

Виды пшениц по числу хромосом разделяются на 3 основные группы: гексаплоидную, тетраплоидную и диплоидную.

Род Рожь (*Secale*) содержит всего 10 видов, встречающихся в диком виде в Средиземноморье, в Юго-Восточной Европе, в Юго-Западной Азии, в Средней Азии и Южной Африке, а также возделываемый вид (*Secale cereale*), культивируемый почти по всему северному и южному умеренным поясам. Это одно-, двух- и многолетние виды. Соцветие—сложный колос. Стержень колоса у диких видов в зрелом состоянии ломкий, распадающийся на членики. Членики при этом остаются при колосках. Колоски 2-цветковые, у культурных форм иногда 3-цветковые, одиночные. Колосковые чешуи линейноланцетные. Нижняя цветочная чешуя вытянута в настоящую ость, редко—в остивидное окончание, усаженное гребенчаторасположенными щетинками. Тычинок 3, рыльце перистое. Зерновка продолговатая, сжатая с боков, глубоко бороздчатая. Виды ржи являются

типичными перекрестноопыляющимися; самоопыляющиеся формы весьма редки.

К этому роду относится один из ценнейших наших хлебных злаков — культурная рожь (*Secale cereale*), имеющая мировое хозяйственно-экономическое значение.

Рожь является культурой, малотребовательной к почвенным условиям и к климату, и обладает значительной зимостойкостью. Эти качества делают ее особенно ценной. Поэтому всюду, где возделывание пшениц становится ненадежным, ее заменяют рожью.

Среди посевов главных зерновых хлебов рожь занимает пятое место. Возделывается рожь главным образом в Европе и Азии. Из общего мирового производства ржи на долю СССР приходится больше половины. По занимаемой площади в нашей стране рожь лишь немного уступает пшенице, но по значимости в питании населения превышает пшеницу.

Род Ячмень (*Hordeum*) содержит около 20 видов, распространенных в умеренных поясах обоих полушарий. В СССР род представлен 12 видами, встречающимися по всей стране, кроме Арктики. Растения однолетние или многолетние, обычно около 1 м высоты, мезофиты или ксерофиты. Колосья плотные, сжатые с боков, обычно с ломкой осью, без верхушечного колоска. Колоски одноцветковые, очень редко 2—3-цветковые, сидящие по три в выемке колосового стержня. При этом средний цветок сидячий, а боковые — часто на ножках. Средний обыкновенно плодущий, а боковые часто бесплодные, тогда колосья получаются плоские; если же все плодущие, то колосья цилиндрические в разрезе 6- или 4-гранные. Колосковые чешуи шиловидные, короткие. Нижняя цветковая чешуя обыкновенно с остью, очень редко безостая. Зерновка часто сростается с цветковыми чешуями (плечатые формы) или же лежит свободно и тогда легко вымолачивается (голозерные формы).

Почти все виды являются хорошими кормовыми растениями. В хозяйственно-экономическом отношении наиболее ценным является ячмень посевной (*Hordeum sativum*), представленный значительным числом разновидностей и большим количеством селекционных сортов.

Ячмень также является одной из наиболее широко распространенных хлебных культур, встречающихся почти по всему земному шару. Он дальше всех культур заходит на север, где достигает границы земледелия вообще; он выше всех поднимается в горы, успевая за короткое теплое время вызреть.

По размерам посевов и сбору зерна ячмень в мировом хозяйстве занимает шестое место, в нашей стране он занимает четвертое место. По производству зерна ячменя СССР стоит на первом месте, а Китай — на втором.

Для лекарственных целей из семейства злаков применяют душистый колосок (*Anthoxanthum odoratum*), зубровку душистую (*Hierochloë odorata*) и пырей ползучий (*Agropyrum repens*). Как источник крахмала используется пшеница, рис, кукуруза.

Душистый колосок (*Anthoxanthum odoratum*) широко распространен в лесной зоне СССР и содержит душистое вещество кумарин, которое употребляется в народной медицине против удушья, иногда используется для придания запаха нюхательному и курительному табакам.

Зубровка душистая (*Hierochloë odorata*) имеет запах также благодаря содержанию кумарина; применяется для приготовления ароматических настоек.

Пырей ползучий (*Agropyrum repens*) в своих корневищах содержит особый углевод тритицин ($C_{12}H_{22}O_{11}$); используется в качестве основы для приготовления пилюль.

К л а с с Двусемядольные, или Двудольные (Dicotyledoneae)

Название класса дано по строению зародыша, в большинстве случаев имеющего две семядоли, между которыми помещается верхушечная почка будущего растения. Первичный корешок у большинства видов этого класса дает главный корень. Сосудистые пучки расположены в молодом стебле обычно кружком и имеют между дубом и древесиной тонкую прослойку камбия, который сохраняет способность у многих видов постоянно откладывать внутрь стебля новые элементы древесины, кнаружи — новые элементы коры. Благодаря этому общее количество древесины увеличивается. Листья двудольных в подавляющем большинстве случаев имеют сетчатое жилкование и различны по своей внешней форме. Только двудольным свойственны настоящие сложные листья (перистые или пальчатые).

Цветки двудольных в большинстве случаев построены по пятерному или, реже, по четверному типу; трехчленные цветки встречаются крайне редко.

Молодые проростки у двудольных, развивающиеся из семян, дают наземные семядоли, которые обычно резко отличаются от последующих листьев.

Двудольные представлены разнообразными формами, вследствие чего число семейств двудольных в несколько раз превышает число семейств однодольных. Число семейств двудольных равно 264, а число видов достигает 150 тысяч. т. е. число семейств и видов превышает в 4—5 раз такое у однодольных.

В биохимическом отношении двудольные отличаются многообразием веществ. Обширные семейства этого класса характеризуются синтезом определенной группы более сложных веществ. Так, семейства молочайных, кутровых, сложноцветных имеют каучук; семейства маковых, пасленовых, бобовых богаты алкалоидами и т. д.

В практическом отношении двудольные растения имеют более разнообразное применение, нежели однодольные. Они дают белки, жирные масла, эфирные масла, глюкозиды, алкалоиды, дубильные вещества, разнообразные кислоты, текстильные волокна, каучук, пигменты и многие другие промышленные, лекарственные и пищевые вещества, а также весьма ценные плоды и овощи, как-то: яблоки, груши, абрикосы, персики, сливы, виноград, инжир, цитрусовые, различные ягоды, миндаль, капусту, морковь, картофель, свеклу и др.

Двудольные растения многими систематиками разделяются на два подкласса: *раздельнолепестные* (Choripetalae) и *спайнолепестные* (Sympetalae). У первых лепестки околоцветника, главным образом венчика, разделены до основания и опадают по отдельности. В подкласс раздельнолепестных входят и такие растения, цветки которых лишены околоцветника. Их называют безлепестными (Apetalae). У спайнолепестных лепестки венчика срастаются в трубочку и опадают вместе. Но есть отдельные виды, у которых лепестки сросшиеся. Поэтому некоторые систематики не придают этому признаку абсолютного значения. Однако попытки построить систему двудольных на основе отказа от двух упомянутых подклассов не были удачными. В нашем курсе мы исходим из разделения двудольных на два подкласса.

Подкласс Раздельнолепестные (Choripetalae)

Порядок Многоплодниковые (Polycarpicae). Подкласс раздельнолепестных по числу относящихся сюда видов и групп превышает второй подкласс. Исходным порядком этого подкласса является порядок

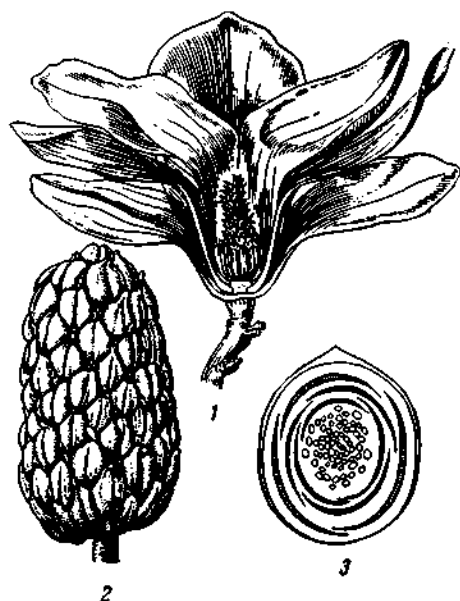


Рис. 252. Магнолия.

1—цветок в разрезе; 2—сборный плод *Magnolia grandiflora*; 3—диаграмма цветка *M. grandiflora*.

лена от венчика. Для большинства многоплодных характерно простое анатомическое строение стеблей, особенно вторичной древесины у деревянистых форм, причем у некоторых родов вторичная древесина напоминает по отсутствию сосудов древесину хвойных. У некоторых родов (особенно травянистых) имеются замкнутые сосудистые пучки, как у однодольных.

Семейство Магнолиевые (Magnoliaceae). Семейство магнолиевых является наиболее типичным представителем порядка. Оно представлено древесными растениями, обычно с очередными, крупными, чаще всего цельнокрайными листьями, снабженными прилистниками или лишеными их. В листьях и в коре имеются внутренние железки с эфирным маслом. Цветки двуполые, околоцветник крупный, трудно разделяемый на чашечку и венчик. Тычинки многочисленные, расположенные спирально или, реже, круговозно; пыльники обращены наружу. Нити тычинок обыкновенно расширенные и пыльники помещаются по краям нити несколько ниже конца ее. Цветоложе выпуклое, конусообразное, пестики многочисленные, расположенные на нем спирально. Рыльце сидячее. Плод сборный, похожий на шишку, состоит из листовок (рис. 252).

Представителем семейства может служить род *магнолия* (*Magnolia*), включающий деревья с вечнозелеными или с опадающими листьями. Первые родом из Северной Америки, вторые—из Юго-Восточной Азии. Листья простые, цельнокрайные. Цветки крупные, одиночные, белые или розоватые. Имеется свыше 60 видов. В СССР культивируются в Крыму и Закавказье как декоративные растения. Наиболее часто культивируется магнолия крупноцветная (*Magnolia grandiflora*). Этот вид выделяется своими крупными, чисто белыми или кремовыми душистыми цветками, используемыми в парфюмерии.

Близко к магнолии стоит **тюльпанное дерево** (*Liriodendron tulipifera*) с крупными трехчленными цветками, напоминающими по форме тюльпан. Разводится на Кавказе.

Многоплодные (Polycarpicae). В этом порядке имеются признаки, приближающиеся к признакам, наблюдающимся у низших голосемянных.

К порядку многоплодных относится около 25 семейств. Основная группа семейств этого порядка характеризуется наличием большого числа пестиков, которые нередко располагаются спирально на выпуклом или даже удлиненном цветоложе (магнолия) и превращаются в листовки, орешки или односемянные коробочки. В редких случаях число пестиков сокращается до нескольких, которые срастаются вместе, образуя коробочку. Крайне редко число пестиков сокращается до одного (лавр, барбарис), и тогда пестик дает плод—односемянную ягоду. Околоцветник у типичных форм многочленный, состоящий из чашечки и венчика, причем чашечка может происходить из прицветных листьев и нередко слабо отделена от венчика.

Из лекарственных растений этого семейства следует отметить лимонник китайский (*Schizandra chinensis*), представляющий собой деревянистую лиану. Стебли вьющиеся, достигают 10 м и более длины и 1,8 см толщины. Кора темно-коричневая, морщинистая. Листья простые, эллиптические. Цветки двудомные, белые или розовые, душистые, около 1,2—2 см в диаметре. Плоды—красные ягоды, собранные в плотную кисть. Стебли, корни и плоды лимонника при растирании пахнут лимоном (рис. 253).

Распространен лимонник в смешанных лесах Приамурья, Уссурийском крае и других местах Дальнего Востока.

Препараты лимонника применяются в медицине как возбуждающие дыхание и понижающие кровяное давление. По некоторым данным, принятый внутрь лимонник способствует сохранению сил у лиц, занятых тяжелым трудом, и повышает трудоспособность.

Для приготовления лечебных препаратов из лимонника используются плоды и семена, которые содержат лимонную, яблочную и другие кислоты. Кроме кислот, в лимоннике содержатся эфирные и жирные масла, сахар и дубильные вещества.

Лимонник используется также в пищевой и вкусовой промышленности.

Семейство Лавровые (Lauraceae). Это семейство представлено деревянистыми растениями с многолетними спирально расположенными простыми листьями без прилистников. В мякоти листьев находятся многочисленные железки с эфирным маслом, издающие характерный и резкий запах. Цветки обоеполые или однополые, чаще трехчленные, но бывают также дву- или пятичленные. Околоцветник из двух кругов. Тычинки в трех-четыре кругах. Пыльники открываются четырьмя или двумя клапанами и на основании нитей несут две железки. Пестик один, помещающийся на дне вогнутого цветоложа, из одного плодолистика с одним семенным зачатком. Плод—ягода или костянка. Большинство видов этого семейства распространены под тропиками, часть заходит и в более умеренные области. Многие виды являются ценными техническими и пряными растениями.

Главнейшим родом этого семейства является род *Cinnamomum* (коричник), распространенный в Юго-Восточной Азии и Австралии. Род представлен деревьями и кустарниками. Из коры видов *C. zeylanicum* и *C. cassia* готовят корицу.

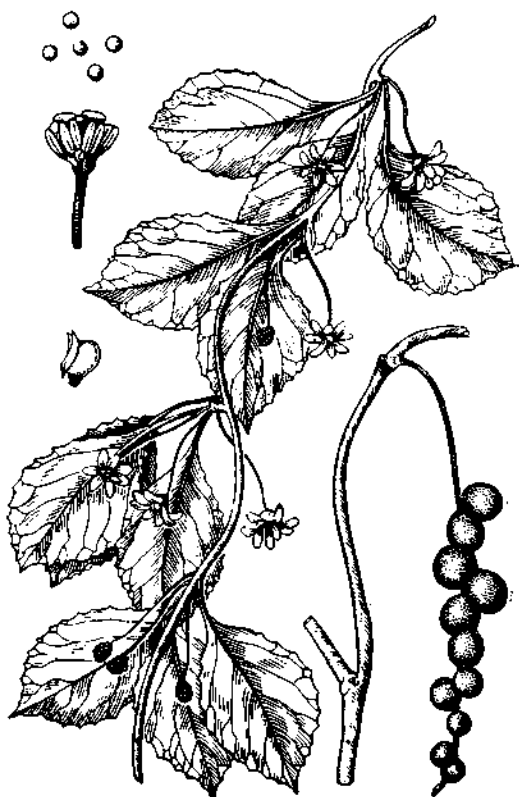


Рис. 253. Лимонник китайский (*Schizandra chinensis*).



Рис. 254. Камфарный лавр (*Cinnamomum camphora*).

К этому же роду относится камфарное дерево (*C. camphora*). Это мощное, красивое, долговечное дерево до 50 м высоты. Листья неопадальные, при растирании пахнут камфарой. Характеризуется быстрым ростом. Из *C. camphora* (рис. 254) добывают эфирное масло, содержащее камфару и ряд других душистых веществ.

Наиболее известным представителем рода *Laurus* (лавр) может служить *L. nobilis* (лавр благородный). Это небольшое дерево или кустарник, широко распространенный во всей средиземноморской области. В СССР встречается на Черноморском побережье. Листья неопадальные, издающие резкий запах. Цветки в пазушных зонтиках, двудомные или однодомные. Плод—костянка. Все части дерева, в том числе и древесина, содержат эфирные масла; их добывают из листьев. Высушенные

в тени листья лавра широко используются как пряность, употребляемая в кулинарии при мариновании, консервировании и пр.

С лекарственной целью применяются плоды лавра, которые содержат около 1% эфирного и до 50% жирного масла. Это масло используется для втирания при ревматических болях и как составная часть некоторых мазей.

К этому же семейству относится род Авокадо (*Persea*). Представителем рода может служить *Persea drymifolia*—тропическое и субтропическое плодовое дерево. Плод—крупная ягода с наружной кожистой частью околоплодника. Мякоть сочная, зелено-желтая, маслянистая, с нежным вкусом, напоминающим вкус грецкого ореха. Содержание жирного масла в плодах от 10 до 30%. *Persea drymifolia* является весьма ценным плодовым деревом, успешно внедряемым в субтропики Советского Союза.

Семейство Барбарисовые (*Berberidaceae*). Представители этого семейства—деревянистые растения или многолетние травы. Листья простые или сложные. Цветки состоят обычно из двух кругов листочков, за которыми следуют тычинки с пыльниками, вскрывающимися клапанами. Цветки обыкновенно обоеполые. Тычинки расположены кругами, кругов 2—6 и более. Пестик с верхней завязью, из одного плодолистика, обычно со многими, реже с немногими или даже с одной основной семяпочкой. Плод—односемянная ягода, реже коробочка. Листья на побегах чаще всего превращены в колючки, а из пазушных почек развиваются пучки многочисленных листьев. Для всех представителей семейства характерно присутствие алкалоида **б е р б е р и д и н а**. Всего в семействе насчиты-

вается свыше 200 видов, распространенных в умеренных поясах Европы, Азии и Америки.

Наиболее известным представителем этого семейства является барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris*) (рис. 255). Это кустарник с небольшими зубчатыми листьями, выходящими пучками из пазух трехраздельных больших колючек, дико растущий в лесах и нередко разводимый в садах как декоративное и ягодное растение. Колючки эти представляют измененные листья, из пазушных почек которых развиваются короткие побеги. Барбарис цветет поздней весной. Цветы желтые в поникших кистях, состоят из 6 чашелистиков, 6 лепестков и 6 тычинок, прилегающих плотно к лепесткам.

При основании каждого лепестка помещается два ярко-оранжевых нектарника. Завязь состоит из одного плодolistика, после оплодотворения превращающегося в плод — ярко-красную ягоду. Ягоды съедобные, на вкус приятно-кислые. Из цветков добывают желтую растительную краску.

Семейство Лютиковые (Ranunculaceae). Семейство лютиковых включает около 1500 видов. Виды весьма разнообразны как по устройству цветка, так и вегетативных органов. Цветки большей частью актиноморфные, реже зигоморфные. Преобладает спиральное расположение частей цветка. Тычинок много и они свободны. Плодolistиков много или они редуцированы до одного. Семяпочек одна или несколько, чаще всего горизонтальных. Плоды — листовки, орешки, реже — ягоды. Семена с маслянистым эндоспермом. Преобладает энтомофилия, реже — анемофилия как вторичный признак.

Большинство лютиковых является многолетними травянистыми растениями, но есть и однолетники, а также деревянистые формы — ломонос (*Clematis*). У большинства листья очередные, с маленьким влагалищем, более или менее разделенные. Семядоли иногда срастаются в одну, как у чистяка (*Ficaria*). Сосудистые пучки у многих замкнутые, как у однодольных. Многие лютиковые живут в воде, и тогда у них часто наблюдается разнолистность. Весьма многие лютиковые содержат ядовитые вещества, опасные для человека и особенно для различных домашних животных. Многие виды лютиковых имеют красивые цветки и размножаются как декоративные растения (пионы, дельфиниумы и аконитумы и др.).

Многие систематики делят все семейство на три подсемейства: Раео-ниеae, Helleboreae и Aletopoeae. У первых двух подсемейств в каждом плодике содержится много семян и только в ягодных плодах одно семя, а в третьем подсемействе ягодных плодов нет и семя одно.

Важнейшим родом первого подсемейства является род пион (*Paeonia*), включающий около 15 видов, распространенных в Азии, в Средней и Южной Европе и в средиземноморских странах. Почти все виды представ-



Рис. 255. Барбарис (*Berberis vulgaris*).
1—цветущая ветка; 2—цветок сверху; 3—цветок в разрезе; 4—диаграмма цветка.



Рис. 256. Морозник (*Helleborus niger*).
1—цветущий экземпляр; 2—цветы в разрезе; 3—
нестамин; 4—гинецей; 5—плоды.

ляют травы с большими, сильно рассеченными листьями и крупными ярко окрашенными цветками с многочисленными тычинками, легко переходящими под влиянием культивирования в лепестковидные стаминодии, вследствие чего цветки делаются махровыми. Виды этого рода легко дают помеси; многие из них обладают сильным запахом и являются хорошими декоративными растениями. Корневища многих видов, особенно *P. officinalis*, содержат ядовитый алкалоид и употребляются в медицине.

Представителем второго подсемейства может служить калужница (*Caltha palustris*), часто встречающаяся по сырым лугам, ярко-желтые блестящие цветки которой появляются ранней весной. Ярко окрашенной у калужницы является чашечка, а венчик совершенно отсутствует. Листья калужницы темно-зеленые, большие, почковидные и по краям усажены крупными зубцами. Все растение ядовито.

Близок к калужнице род *Helleborus*, виды которого распространены в целом ряде горных областей Западной Европы, на Кавказе и в Крыму. Самый известный видом является морозник (*H. niger*), представляющий собой многолетнее вечнозеленое травянистое растение (рис. 256). Листья крупные, прикорневые, кожистые, разделенные на 7—9 долей. Цветочный стебель безлистный с одним-тремя беловатыми крупными поникшими цветками. Встречается в лиственных лесах в южной и юго-западной частях СССР. В Юго-западной Европе и на Кавказе морозник зацветает еще зимой, вследствие чего и получил свое название. В корнях и корневищах *H. niger* содержатся действующие на сердце глюкозиды: геллеборин и геллеборин.

К этому же подсемейству относится род *Aconitum* (борец) с целым рядом видов, распространенных в северном полушарии. Как медицинское растение имеет значение *A. soongoricum* (аконит, или борец джунгарский). Это многолетнее, сильно ядовитое растение (рис. 257). Корневище аконита состоит из крупных конусовидных клубней, соединенных между собой в виде горизонтальной цепочки. Стебель до 70 см высоты, простой, крепкий, голый (*var. glabrum*) или опушенный (*var. pubescens*). Листья на черешках, кроме самых верхних; пластинка листа до основания рассечена на 5 клиновидных долей, каждая из долей разделяется на 2—3 ланцетные дольки с крупными зубцами. Листья жесткие, с обеих сторон совершенно голые. Соцветия в конечной кисти из крупных фиолетовых цветов. Цветы зигоморфные с пятилистной венчиковидной чашечкой. Растение цветет летом. Плод состоит из одной, реже трех



Рис. 257. Аконит джунгарский (*Aconitum soongoricum*).



Рис. 258. Лютик едкий (*Ranunculus acris*).

листонок. Аконит джунгарский распространен в районах Средней Азии, Тянь-Шаня и др.

С лекарственной целью применяют клубни аконита (*Tuber Aconiti*) в форме настоек, мазей как наружное болеутоляющее средство при невралгиях, простуде, ревматизме и других заболеваниях. Клубни являются также предметом экспорта.

Близким к описанному относится род *Delphinium* (живокость), включающий свыше 150 видов, распространенных по всему северному полушарию. Особенно часто встречается как сорное растение по всем полям полевая живокость (*D. consolida*) с ярко окрашенными чашелистиками, из которых один вытянут в длинный, прямой, мешковидный вырост, напоминающий шпору. Внутри этого мешка у полевой живокости находится один постоянный нектарник, сросшийся из двух лепестков; у других видов этого рода лепестки остаются свободными. Плод — листовка. Растет полевая живокость в посевах и на сорных местах в большей части СССР. Растение ядовито, содержит несколько алкалоидов. С лекарственной целью в народной медицине ранее применялись венчики цветков живокости как противоглистное и мочегонное средство. Большое количество видов этого рода разводится в садах. С успехом испытано как инсектицидное.

Самым распространенным родом является род лютик (*Ranunculus*), содержащий около 250 видов, растущих большей частью в се-

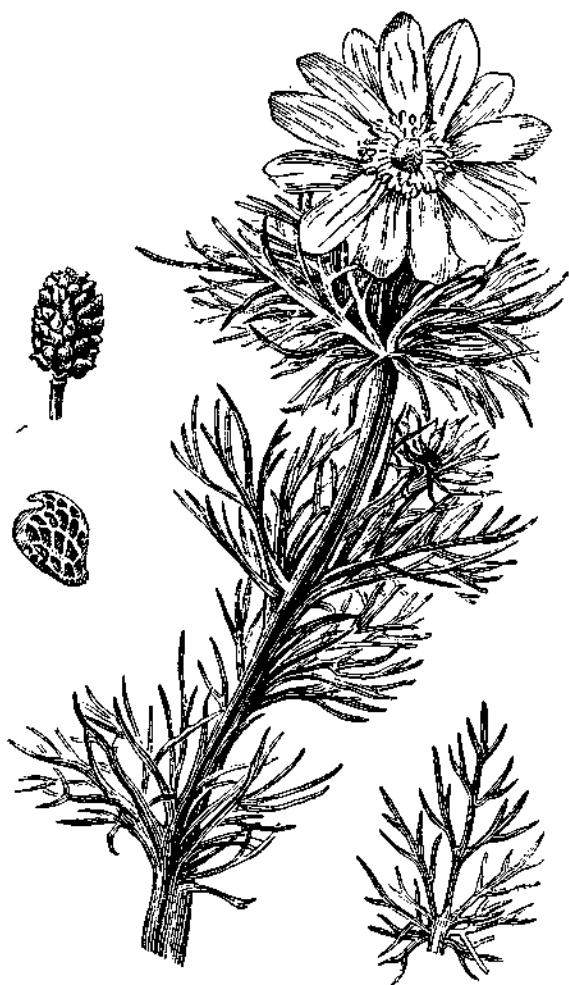


Рис. 259. *Adonis vernalis*.

тоносы изогнутые; цветки обычно поникающие, бледно-лиловые, реже красноватые, или зеленовато-желтые. Растет в сосновых лесах, на открытых песчаных холмах, по сухим склонам, на западе Европейской части СССР. Экстракт из листьев *Pulsatilla pratensis* обладает сильным бактерицидным и фунгицидным свойствами.

Из ранневесенних растений следует также отметить ветренницу, или печеночницу обыкновенную (*Hepatica nobilis*, или *Anemone hepatica*). Это многолетнее травянистое растение с сердцевидными трехлопастными листьями. Цветы голубые, реже красные или белые, одиночные, расположенные в углах нижних листьев. Чашечка окрашенная и состоит из 8—10 чашелистиков. Цветет ранней весной. Все части растения ядовиты. Встречается в лиственных и хвойных лесах Европейской части СССР. Используется в народной медицине от золотухи, ревматизма, зубной боли и от других болезней.

Важным в лекарственном отношении родом является адонис (*Adonis*), виды которого распространены в степной и лесостепной зонах Европейской части СССР и в Сибири. Из них следует отметить адонис весенний (*A. vernalis*). Это многолетнее травянистое растение, имею-

верном полушарии, а отчасти и в южном. У лютиков имеется двойной околоцветник, причем внутренний круг обычно окрашен в ярко-желтый цвет, реже в белый. Лютики составляют существенную часть лесной и луговой флоры; часто встречаются в таком количестве, что значительные пространства окрашиваются ими в желтый цвет. Все лютики содержат едкие и ядовитые вещества.

В народной медицине применяется лютик едкий (*R. aser*), широко распространенный в лесах, на полянах, заливных лугах и в горных районах (рис. 258).

Близок к лютикам род прострел (*Pulsatilla*), который многими систематиками соединяется в один род с ветренницей (*Anemone*). Некоторые виды этого рода принадлежат к широко распространенным растениям на всем северном полушарии. Все они ядовиты. С лекарственной целью употребляется прострел луговой или сон-трава (*P. pratensis*, или *Anemone pratensis*). Это многолетнее травянистое растение, имеющее прямостоячий, густоволосистый стебель. Цвет-

шее толстое короткое темно-бурое корневище, от которого отходят 3—4 стебля (рис. 259). Стебли у основания покрыты бурыми чешуевидными листьями. Стеблевые листья сидячие; очередные, пальчаторассеченные на многочисленные голые узколинейные цельнокрайные дольки. Цветки одиночные желтые, от 4 до 5,5 см в поперечнике; чашелистиков 5, тонко опушенных; лепестков 12—20; плодики овальные. Цветет в апреле—мае плодоносит в июне—июле. Все растение ядовито.

С лекарственной целью используется надземная часть адониса (*Herba Adonidis vernalis*); применяется при сердечных заболеваниях.

В СССР встречается 11 видов адониса, однако для лекарственных целей применяется только *A. vernalis*.

П о р я д о к Розоцветные (*Rosales*). Этот порядок весьма обширен. Он включает травы, кустарники и деревья. У большинства представителей цветки циклические, с двумя покровами, правильные или неправильные, большей частью обоеполые, реже однополые. Тычинок обычно по числу лепестков или их неопределенно много. Плодолистиков один или несколько, свободных или сраженных. Цветоложе часто расширено, выпуклое или вогнутое. При расширенном и выпуклом цветоложе завязь верхняя, а при вогнутом может быть верхняя или нижняя. К краю цветоложа прикреплены часто и листочки околоцветника, а также тычинки. Семяпочки многочисленные или одиночные. Плоды очень различные. Листья с прилистниками или без них.

Порядок розоцветных очень близко примыкает к порядку многоплодных. Однако некоторые семейства этого порядка, например, камнеломковые (*Saxifragaceae*) весьма близки к порядку миртоцветных (*Myrtales*), так что некоторые систематики включают семейство *Saxifragaceae* в порядок миртоцветных. Все это свидетельствует о генетической связи этих двух порядков.

Семейство Камнеломковые (*Saxifragaceae*). Это семейство включает травянистые и деревянистые формы со спирально расположенными листьями без прилистников. Листья у многих мясистые, толстые. Цветки актиноморфные, реже зигоморфные, в большинстве случаев пятичленные, но плодолистиков обыкновенно два. Завязь верхняя, полунижняя или нижняя, чаще всего двухгнездная. Плод — коробочка или ягода. Опыление насекомыми. Насекомых привлекают превращенные в нектарники стаминодии или нектарники на дне цветка.

Семейство *Saxifragaceae* включает около 700 видов, распространенных в умеренных и холодных странах северного полушария. Свое русское название «камнеломковые» семейство получило от рода камнеломка (*Saxifraga*), многие виды которого растут в горах, по скалам, причем корни их, как и многих других растений, входят в трещины скал и способствуют их разрушению.

Из видов рода *Saxifraga* у нас по торфяным болотам произрастает *S. hirculus*, которая цветет красивыми желтыми цветами. У некоторых северных видов этого рода в пазухах листьев развиваются луковички, способствующие вегетативному размножению.

К этому же семейству относится род *Ribes*. Это кустарники с очередными листьями. Соцветие — поникающие кисти. Завязь нижняя, одногнездная; плоды — ягоды. Род представлен видами: *R. rubrum* (смородина красная), *R. nigrum* (смородина черная) и *R. grossularia* (крыжовник). Эти виды, а также гибриды между ними разводятся как ягодные, а также как декоративные кустарники.

С лекарственной целью используются листья (*Folia Ribis nigri*) и ягоды черной смородины (*Fructus Ribis nigri*) (рис. 260). Наибольшее применение имеют ягоды. Их употребляют в пищу в сыром виде, из них

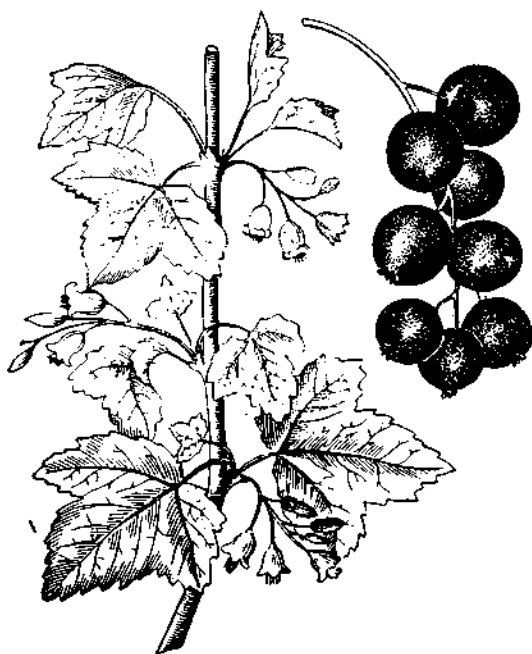


Рис. 260. Смородина черная (*Ribes nigrum*).

готовят варенье, используют в ликерной и кондитерской промышленности.

Ягоды черной смородины содержат в большом количестве противодиабетический витамин С, сахар, пектиновые вещества, фосфорную кислоту, дубильные вещества и эфирное масло.

Из декоративных растений к этому семейству относится садовый жасмин (*Philadelphus*) с приятно пахнущими цветками, гортензия (*Hydrangea*) и др.

Семейство розоцветные (*Rosaceae*). Это обширное семейство представлено травами, кустарниками и деревьями. Вегетативные органы чрезвычайно разнообразны. Листья более или менее сильно рассеченные, перистые или пальчатые, реже простые (груша, яблоня и др.). Расположение листьев

очередное; листья с прилистниками. Цветки у большинства представителей с чашечкой и венчиком, пятичленные, актиноморфные, обооплодные. Тычинок обычно много, вдвое, вчетверо больше, чем лепестков; умножение числа тычинок произошло за счет расщепления их или возникновения нескольких крутов андроеца. Тычинки и листочки околоцветника прикреплены к окраине цветоложа. Цветоложе нектаропносное, широкое, чашевидное, плоское или вогнутое, или, наконец, сильно выпуклое. Плодолистиков один или много, они так же, как и тычинки, расположены циклически. Завязь с 1—2 семяпочками, верхняя, средняя или нижняя. Плоды разнообразного строения. Наблюдаются сборные плоды (малина) и одиночные, цельные и распадающиеся, сухие и сочные. Большей частью это многогнездные коробочки, орешки, костянки или ягодообразные плоды (яблоко, груша). У *Fragaria* плоды ложные; семянки развиваются на сочном цветоложе, которое в общежитии называется ягодой.

Опыление осуществляется насекомыми, которые привлекаются нектаром, выделяемым цветоложем. Многие представители семейства склонны к апомиксису, партенокарпии.

Семейство включает свыше 120 родов и более 2000 видов, распространенных в умеренных широтах. Оно имеет весьма важное значение, так как к нему относятся все наиболее важные формы плодовых деревьев и кустарников (яблони, груши, сливы, вишни, черешни, абрикосы, малина, ежевика и др.). Многие розоцветные используются также и в медицинской практике, так как содержат в коре и в семенах сапонины, танины, глюкозиды и пр. В семействе различают следующие четыре подсемейства: 1) спирейные (*Spiraeoideae*), 2) розовые (*Rosoideae*), 3) яблоневые (*Pomoideae*) и 4) сливовые (*Prunoideae*).

Подсемейство Спирейные (*Spiraeoideae*). Цветоложе более или менее плоское, цветки подпестичные (завязь верхняя из 5 плодолистиков, дающих многосемянные коробочки). Важнейшими представителями этого

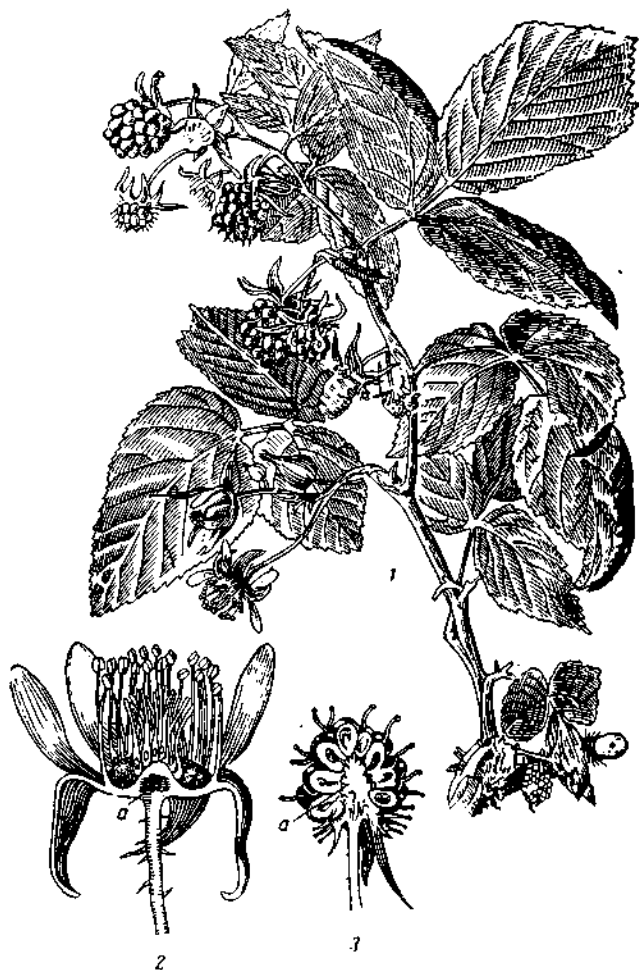


Рис. 261. Малина (*Rubus idaeus*).

1—плодоносная ветвь; 2—разрез цветка; 3—разрез плода; а—цветоложе.

подсемейства являются: спирея (*Spiraea*)—красиво цветущий декоративный кустарник; рябинник (*Sorbaria*) тоже декоративный кустарник с обильными цветами.

Подсемейство Розовые (*Rosoideae*). Подсемейство включает травы и кустарники. Цветки околопестичные, плодolistиков один или много. Плодiki односемянные, нераскрывающиеся.

Важнейшими родами этого подсемейства являются земляника (*Fragaria*), малина (*Rubus*), лапчатка (*Potentilla*), роза (*Rosa*).

Род малина представлен кустарниками, полукустарниками и многолетними травянистыми растениями. Стебли часто покрыты шипами. Цветки обоеполые, иногда однополые. Опыление перекрестное. Плод — многокостянка. Отдельные косточки прикреплены к выпуклому цветоложу тончайшей плодоножкой.

Главнейшие виды: малина (*R. idaeus*) (рис. 261), ежевика (*R. caesius*), морошка (*Ch. chamaemorus*) и др. Виды этого рода легко скрещиваются и образовали в природе множество гибридных форм. Плоды многих дикорастущих видов используются в свежем, сушеном и консервированном виде. Многие виды культивируются.

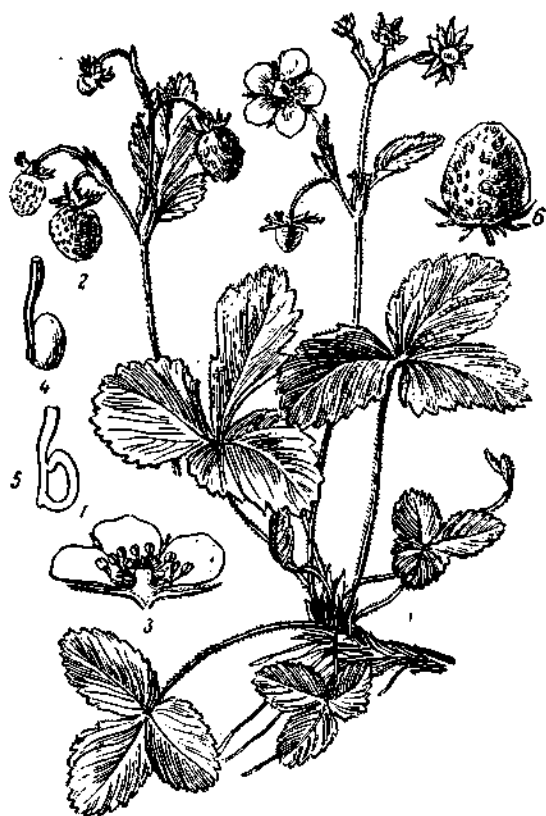


Рис. 262. Земляника (*Fragaria*).

1—цветущая ветвь; 2—плодоношение; 3—разрез цветка; 4—пестик; 5—пестик в продольном разрезе; 6—плод.

ника, дающие плоды, используемые в свежем виде, в кондитерских изделиях (рис. 262).

С лекарственной целью используются плоды земляники (*Fructus Fragariae*), реже листья (*Folia Fragariae*) и еще реже — корневища (*Rhizoma Fragariae*). Плоды земляники содержат яблочную, лимонную и хинную кислоты, дубильные вещества, сахар, витамин С и другие вещества. Они применяются в народной медицине при подагре, почечных камнях и других болезнях.

Из других близких родов, имеющих лекарственное значение, следует отметить род лапчатка (*Potentilla*). *P. erecta* (син. *P. tormentilla*) — это многолетнее травянистое растение, имеющее почти горизонтальное, изогнутое или прямое цилиндрическое корневище, усаженное многочисленными тонкими придаточными корнями (рис. 263).

Стебли длиной в 15—40 см, прямостоячие или приподнимающиеся. Стеблевые листья все тройчатые, сидячие. Цветки правильные, одиночные пазушные или верхушечные. Чашечка не опадающая, двойная, из четырех наружных и четырех внутренних чередующихся долек. Венчик четырехлепестный, золотисто-желтый. Цветет с мая по август.

Распространена в лесной зоне Европейской части СССР. Растет между кустарниками на сухих и сырых лугах, на болотистых пустошах, пастбищах.

С лекарственной целью применяются плоды малины (*Fructus seu Baccae Rubi idaei*). Сушеные плоды употребляют как потогонное средство при простудных заболеваниях. Из свежих плодов варят сироп, часто входящий в состав микстур для улучшения вкуса лечебных препаратов. Плоды малины содержат эфирное масло, яблочную и лимонную кислоты, сахар, красящие вещества, витамин С и др.

Род земляники включает многолетние травянистые растения, образующие надземные ползучие побеги — плети, при помощи которых происходит вегетативное размножение. Цветки обоеполые, иногда однополые и двудомные. Цветоложе после оплодотворения сильно разрастается, становится мясистым и сочным, образуя плод, называемый ягодообразной многосемянкой. В СССР произрастает много диких и культурных видов земляники. Дикie виды растут в редких лесах, по кустарникам, на лугах. К культурным видам относятся клубника и крупноплодная земля-



Рис. 263. Лапчатка (*Potentilla erecta*).

Для лекарственных целей используются корневища лапчатки (*Rhizoma Tormentillae*). Они содержат 20—35% дубильных веществ. Их применяют в отварах и настойках, главным образом в народной медицине, в качестве хорошего вяжущего средства, а также в виде полосканий при ангине, слабости десен и пр.

Лекарственное применение находит также кровохлебка аптечная (*Sanguisorba officinalis*). Это многолетнее травянистое растение, имеющее прикорневую розетку листьев и горизонтальное, толстое, деревянистое корневище с длинными, тонкими корнями. Растет на лугах, по опушкам лесов, на окраинах болот почти во всех районах Европейской части СССР, Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и других местах.

Кровохлебка содержит в корневище значительное количество дубильных веществ, эфирное масло, щавелевокислый кальций, крахмал и др. Она используется в народной медицине в качестве вяжущего средства, а также в ветеринарии при болезнях кишечника и как потогонное.

Род роза, или шиповник, представлен в СССР свыше 60 видами шиповника, растущего в северном полушарии (рис. 264). Он образует в горах, особенно в Средней Азии и на Кавказе, целые заросли. Это кустарники, побеги которых покрыты шипами. Листья перистые. Цветоложе кувшинообразновыгнутое, чашелистиков 5, лепестков 5. Тычинки



Рис. 264. Шиповник.

1—цветущая ветвь; 2—плод; 3—цветок в разрезе; 4—разрез плода; 5—диаграмма цветка.

многочисленные; пестиков много, они погружены внутрь цветоложа, но не сростаются с ним.

Плод — ложная много-семянка. Цветоложе некоторых видов богато содержанием аскорбиновой кислоты.

Многие виды склонны к образованию махровых цветков и послужили для выведения многочисленных сортов декоративных роз. Некоторые виды роз используют в эфиромасличной промышленности. Эфироносными видами являются *R. damascena*, *R. centifolia*, *R. gallica* и др. Эфироносные виды возделываются в Крыму, на Кавказе, в Молдавии и в некоторых районах Средней Азии.

Некоторые виды шиповника пригодны для лесоразведения; они морозостойки, засухоустойчивы, нетребовательны к почве и могут использоваться для образования подлесков. Не-

которые виды шиповника, особенно *R. cinnamomea*, *R. acicularis*, *R. davurica*, *R. Beggeriana* и др., характеризуются исключительно высоким содержанием витамина С и используются в медицинской практике. С лечебной целью применяются плоды шиповника (*Fructus Rosae*), содержащие противощегольный витамин С (аскорбиновую кислоту) и провитамин А (каротин).

Подсемейство Яблоневые (*Pomoideae*). Цветоложе вогнутое. Завязь нижняя, состоит из 2—5 плодolistиков, столбиков 2—5 или 1; тычинок обычно 20 (иногда 25 или 10), чашелистиков и лепестков по 5. Плодolistики при образовании плода чаще сростаются между собой и с разрастающимися листовыми элементами оси цветка, образуя ложный плод. На верхушке плода — остатки чашечки. Плоды сочные, ягодообразные.

Подсемейство яблоневых является наиболее важным, так как к нему относятся наши главнейшие плодовые растения: яблоня (*Malus*), груша (*Pirus*), айва (*Cydonia*), рябина (*Sorbus*) и др.

Яблоня домашняя (*Malus domestica*) разводится во многих местах всего света в огромном количестве сортов, полученных в результате скрещивания многих видов яблонь. В связи с гибридным происхождением признаки разводимых яблонь при выращивании их из семян неустойчивы. Для сохранения хороших сортов приходится их размножать вегетативно, главным образом путем прививки. Число сортов яблонь постоянно увеличивается, а качество их плодов все время улучшается благодаря скрещиванию и отбору.

Культурная груша (*Pirus communis*) также представляет помесь нескольких видов, вследствие чего обладает, как и яблоня, способностью расщепляться при выращивании из семян. Существующие сорта груш также разводятся прививкой. Груша менее холодостойка, чем яблоня.

Айва (*Cydonia vulgaris*) разводится у нас на юге ради крупных, употребляемых как лакомство плодов, а также как декоративное растение. В диком состоянии растет в лесах Дагестана, Грузии, Абхазии, Азербайджана. Размножается черенками, семенами и прививкой.

Семена айвы используются с лекарственной целью. При размачивании они образуют слизь, употребляемую в качестве наружного обволакивающего средства, а также примочки при глазных заболеваниях.

Рябина (*Sorbus*) отличается от других родов этого подсемейства тем, что ее листья перистые или лопастные. Цветки в многочисленных щитовидных соцветиях. Плод — ложная костянка. Плоды мелкие, горьковатые, но съедобные. Плоды богаты каротином (провитамином А). Они используются в кондитерском и ликероводочном производствах. В СССР свыше 30 видов рябины. Они легко скрещиваются между собой.

В лечебных целях используют плоды рябины, содержащие сахар, яблочную кислоту, дубильные вещества, каротин и пр.

К этому же подсемейству относится боярышник (*Crataegus*), кизильник (*Cotoneaster*), мушмула (*Mespilus*), ирга (*Amelanchier*) и др. Многие виды имеют крупные шипы и разводятся для живых изгородей. Часть из них дает съедобные плоды. Между боярышником и мушмулой получены прививочные помеси (химеры).

С лекарственной целью используются плоды боярышника, реže листья и цветки его. Препараты боярышника в виде водного настоя и жидкого экстракта применяют при нервных заболеваниях, сердечных неврозах и гипертонии.

Подсемейство Сливовые (*Prunoideae*). Подсемейство включает деревья и кустарники. Цветок околопестичный, плодолистик один, цветоложе бокальчатое, но не срастающееся с завязью. Семянных зачатков 1—2, но развивается только один. Плод — костянка. К этому подсемейству относится целый ряд очень распространенных и важных косточковых плодовых деревьев и кустарников: слива, вишня, черешня, миндаль, абрикос, персик, черемуха и др.

Слива садовая (*Prunus domestica*) — культурное плодовое дерево, распространенное на большей части СССР, преимущественно в средней и южной полосах. Плоды используют в свежем или сушеном виде, перерабатывают в компоты, варенье, джемы и пр.

Терн (*Prunus spinosa*) — небольшой многоветвистый кустарник, очень колючий. Плоды мелкие, шаровидные, терпкие на вкус. В свежем виде плоды мало съедобны, но после заморозков вкус улучшается. Растет в диком виде почти по всей Европейской части СССР.

Алыча (*Prunus divaricata*) — дерево до 8 м высоты, с колючками. Плоды эллиптические или шаровидные, на поникающих плодоножках, желтые или красные, реže синеватые. Растет в диком виде в горных лесах Кавказа и Средней Азии. Там же культивируется.

Абрикос (*P. armeniaca*) — деревья с развесистой кроной. Цветки на очень коротких цветоножках. Завязь опушенная. Плоды желтые или оранжевые, ароматные, более или менее сочные. Косточка свободная. Широко культивируется в Средней Азии, на Кавказе, в Крыму, на юге Европейской части СССР.

Персик (*P. persica*) — дерево. Листья ланцетовидные. Плод шаровидный, крупный, сочный, покрытый пушком, сладкий. Мякоть обычно

срастается с косточкой. В СССР культивируется только в южной части Средней Азии, на Кавказе и в Крыму.

Миндаль (*Amygdalus communis*) — деревья и кустарники. Листья ланцетовидные на коротких черешках. Цветки сидячие, плоды также сидячие. Лепестки розовые или белые. Плод с кожистым сухим мезокарпием. Косточка твердая или нередко хрупкая. Семя у некоторых разновидностей сладкое, а у других горькое. В семенах горького миндаля содержится глюкозид амигдалин. Эти семена ядовиты; применяются в медицине для приготовления горькоминдальной воды. Семена сладкого миндаля амигдалина не содержат: они съедобны и употребляются для изготовления различных кондитерских изделий и миндального молока. В семенах миндаля содержится до 60% жирного масла.

Растет миндаль в диком виде в Туркменской ССР, Малой Азии, Иране, возделывается в Средней Азии, на Кавказе и в Крыму.

Вишня обыкновенная (*Cerasus vulgaris*) и черешня (*C. avium*) — деревья и кустарники. Цветки в простых зонтиках, на длинных цветоножках. Чашелистиков и лепестков по 5. Костянка обычно шаровидная, небольшая. Листья эллиптические. Цветки по 2 или несколько, цветоножки длинные, в основании срастаются. У вишни ствол красноватый, у черешни — серый.

Культура вишни продвигается довольно далеко на север, в то время как черешня разводится в южных районах СССР.

Черемуха кистевидная (*Radus racemosa*) — дерево, распространенное на севере, с душистыми белыми цветками, собранными в многоцветковые кисти. Костянки мелкие, шаровидные, черные; на вкус сильно вяжущие. Плоды используются в ликероводочном производстве.

С лекарственной целью применяются плоды черемухи, которые употребляют как вяжущее средство, заменяющее ягоды черники. Иногда применяют цветы черемухи, которые при перегонке дают черемуховую воду, употребляемую в качестве глазной примочки.

Лавровишня лекарственная (*Laurocerasus officinalis*), — кустарник с вечнозелеными листьями высотой до 3 м. Листья продолговатоовальные, глянцевые, неоппадающие. Цветки мелкие, белые, собранные в длинные кисти. Растет в диком состоянии как подлесок в Западной Грузии. Плоды — мелкие костянки, съедобны. Лечебное применение имеют листья лавровишни; из них готовится лавровишневая вода, содержащая синильную кислоту.

Семейство Бобовые (Leguminosae). Главным отличием этого семейства является строение пестика, который состоит почти всегда из одного плодолистика со швом, обращенным к задней стороне цветка. Развивающийся из завязи плод — боб в большинстве случаев одногнездный, при созревании раскрывающийся по шву, редко разделяющийся на односеменные членики или нераскрывающийся (клевер). Форма бобов очень разнообразная. Цветки бобовых также разнообразны. Они бывают правильными или неправильными; околоцветник почти всегда образован из двух кругов, состоящих из 4—5 членов. Тычинок чаще всего 10, но иногда много, редко меньше. Нити тычинок в большинстве случаев спаяны, но у некоторых представителей свободны; завязь верхняя с плацентами по спинному шву. Семенных зачатков много, реже один; семенные зачатки обращенные. Столбик один. Семена почти всегда без эндосперма и перисперма, семядоли мясистые. Листья у большинства сложные и имеют прилистники. Семейство включает деревья, кустарники, лианы и травы. Число видов превышает 12 тысяч, распространенных по всей земле. Для всех представителей бобовых характерно присутствие на корнях клубеньков с азотфиксирующими бактериями.

Семейство бобовых тесно примыкает к порядку розоцветных, поэтому многие систематики рассматривают это семейство в пределах этого порядка.

Бобовые разделяются на три подсемейства: 1) мимозовые (*Mimosaceae*), 2) цезальпиниевые (*Caesalpinaceae*) и 3) мотыльковые (*Papilionaceae*). Первые два подсемейства распространены главным образом под тропиками, а третье — в умеренных странах.

Подсемейство Мимозовые (*Mimosaceae*). Подсемейство включает деревья, кустарники, реже травы. Цветки правильные; околоцветник 4—5-листный; тычинок, 4, 5, 10 или много, в большинстве случаев они не спаяны нитями. Цветки небольшие обычно собраны в более или менее плотные соцветия шаровидной или удлинненной формы, вследствие чего цветки становятся гораздо заметнее. Нектарники находятся у основания тычинок. Опыление насекомыми. Семенные зачатки многочисленные; семена часто крупные, с прямым зародышем. Листья сложноперистые, с сильно развитыми и часто превращенными в колючки прилистниками. Колючки иногда полые, и тогда в них поселяются муравьи. Листочки сложного листа прикрепляются к черешку особыми сочленениями, которые позволяют листьям производить движения. У некоторых видов, например у чувствительной мимозы (*Mimosa pudica*), листочки отвечают на различные раздражения, складываются, а листья опускаются вниз.

Наиболее крупным родом является род акация (*Acacia*) с числом видов около 500, из которых более 300 растут в Австралии и на прилегающих островах. У некоторых австралийских видов черешки сильно разрастаются и превращаются в филлодии. Многие виды акаций содержат в своей коре дубильные вещества и являются важными техническими растениями.

Род мимоза (*Mimosa*) распространен главным образом в Америке, но некоторые виды встречаются и в Старом Свете. Некоторые виды мимозы содержат большое количество дубильных веществ.

Подсемейство Цезальпиниевые (*Caesalpinaceae*). Подсемейство включает деревья, кустарники и лианы, распространенные в тропических, реже в субтропических зонах. Цветки зигоморфные, причем задний лепесток в цветке охватывается всеми остальными (восходящее сложение). Тычинок чаще всего 10 или менее, иногда много; они свободны или спаяны нитями. Встречаются формы с сильно редуцированным околоцветником и двудомные. Все подсемейство включает около 900 видов, около половины которых входит в род кассия (*Cassia*).

Лекарственное значение имеют 2 вида кассии: кассия узколистная (*Cassia angustifolia*) и кассия остролистная (*C. acutifolia*). Это небольшие тропические кустарники высотой от 50 до 100 см, листья парноперистые. Цветки желтые, почти зигоморфные, собраны в пазушные кисти. Плод — боб плоский, широкоовальный, буроватый. Семена плоские, морщинистые (рис. 265).

Возделывается в субтропиках Грузии и Таджикистана.

С лекарственными целями используются листья и плоды кассии, известные под названием сенны, или александрийского листа и александрийских стручков (*Folia Sennae* и *Folliculi Sennae*). Листья и плоды кассии применяют как слабительное.

Из декоративных растений этого подсемейства следует указать гледичию (*Gleditschia*). Это небольшое дерево с очень длинными, плоскими, не опадающими на зиму бобами и крупными, острыми шипами на стволах и ветвях, разводимое на юге.

Подсемейство Мотыльковые (*Papilionaceae*). Подсемейство включает травы, кустарники и деревья. Листья перистые, пальчатые и тройчатые. Соцветие — кисть или головка, реже цветки одиночные. Цвет-



Рис. 265. Кассия узколистная (*Cassia angustifolia*).

ки с прицветниками, обоеполые, неправильные. В отличие от предыдущих подсемейств в цветках мотыльковых самый верхний лепесток является самым большим. За ним следуют два боковых, менее крупных, и, наконец, два нижних, которые срастаются или слипаются вместе в плоское образование, получившее название лодочки; два боковых лепестка называются крыльями, а самый верхний лепесток — парусом, или флагом. В почке самый большой лепесток, или парус охватывает лепестки-крылышки, а крылышки в свою очередь лепестки-лодочки, т. е. наблюдается нисходящее почтосложение в бутонах (рис. 266). Чашечка сростнолистная из 5 листочков. Тычинок почти всегда 10, причем 9 тычинок обыкновенно срастаются нитями в трубочку, а одна тычинка свободна (двубратственные тычинки) или все они срастаются (однобратственные), реже все они свободны. Трубочка сросшихся тычинок охватывает пестик, состоящий из типичной для бобовых завязи, столбика и рыльца. На дне трубочки тычинок или при основании неспаянных тычинок всегда помещается нектарник, выделяющий нектар. В цветках со спаянными тычинками нектар скопляется в трубочке и извлекается из нее насекомыми, которые посещают цветки мотыльковых и производят опыление; пыльца обычно пристает к брюшку насекомого. При созревании завязь превращается в плод, в большинстве случаев — в типичный боб, раскрывающийся двумя створками, или боб, распадающийся на отдельные членики, иногда боб односемянный, который называют орешком (клевер). Семенные зачатки в большинстве случаев согнутые, семена чрезвычайно разно-



Рис. 266. Горох (*Pisum sativum*).

1—побег с плодами и цветками; 2—назревшие бобы; 3—цветок; 4—цветок в раз-
резе; 5—лепестки: а—парус, б—весла, в—лодочка; 6—андроцей; 7—пестик;
8—строение семян: а—семядоли, б—зародышевый корень, в—почечка.

образны по величине, форме, развитию шва, окраске оболочки и т. д. Эндосперма нет. Семядоли обычно толстые, у одних видов остающиеся при прорастании под землей, а у других выходящие на поверхность и зеленеющие. У мотыльковых, как и у других бобовых, ярко выражена способность входить в симбиоз с бактериями, усваивающими азот атмосферы, вследствие чего уже давно известно, что представители этого подсемейства обогащают почву азотом.

К подсемейству мотыльковых относится свыше 6000 видов, распространенных главным образом в умеренных областях; деревянистые представители этого подсемейства заходят также под тропики. В умеренных же областях это подсемейство представлено многолетними и однолетними травянистыми растениями и кустарниками.

Подсемейство мотыльковых включает большое количество полезных для человека растений. Здесь имеются пищевые, кормовые, сидерационные, красильные, лекарственные, технические, декоративные и пр.

Соя (*Glycine, Soja, hispida*) — однолетнее растение. Листья тройчатые. Соцветие — кисть 1—5-цветковая. Бобы 3—7-семянные. Культурная соя (*G. hispida*) возделывается на Дальнем Востоке, в Средней Азии, в Западной Грузии, на Северном Кавказе, на юге Украины и др. Семена содержат 30—35% белка и 10—15% жирного масла. Соя широко используется в пищевой промышленности.

Фасоль (*Phaseolus*) — обширный род, представленный однолетними и многолетними растениями. Стебли вьющиеся и прямые. Бобы висятые, длинные. Возделывается фасоль (*Ph. vulgaris*) в южной и средней полосах Европейской части СССР, в Сибири и на Дальнем Востоке.

Маш (*Ph. mungo*) — однолетнее растение, пищевое, культивируется в Средней Азии.

Горох (*Pisum sativum*) — однолетнее растение. Возделывается по всему СССР. Семена очень питательные.

Чечевица съедобная (*Lens esculenta*) культивируется в Поволжье. Семена очень питательные и употребляются в пищу.

Чина посевная (*Lathyrus sativus*) — однолетнее растение. Семена зубовидные. Возделываются во многих районах СССР.

Нут полевой (*Cicer arietinum*) — однолетнее растение. Семена крупные, с клювиком. Возделывается в Татарской АССР, на Украине, Кавказе, в Средней Азии в качестве пищевого растения. Очень засухоустойчиво.

Арахис (*Arachis hypogaea*) — однолетнее растение. Листья парноперистые. Цветки одиночные, пазушные. После отцветания гинофоры сильно растут и зарывают завязь в почву. Бобы созревают в почве. Семена содержат 50—60% жирного масла. Очень ценное культурное растение. Родина — Бразилия. В СССР возделывается на Кавказе и в Средней Азии.

Род клевер (*Trifolium*) представлен большим количеством видов (около 50). Среди них однолетние травы. Стебли лежащие или приподнимающиеся. Листья тройчатые. Соцветие — головка, цветки мелкие, сидят плотно. Виды клевера являются важнейшими кормовыми растениями. Наиболее важными из них являются клевер красный (*T. pratense*), клевер шведский (*T. hybridum*), клевер ползучий (*T. repens*) и др.

Лекарственное значение имеют следующие роды и виды подсемейства мотыльковых.

Донник лекарственный желтый (*Melilotus officinalis*) — двухлетнее травянистое растение, достигающее 1,5 м высоты, встречающееся в большей части СССР и растущее на полях, сор-

ных местах, межах, при дорогах и пр. Листья тройчатые, мелкозубчатые с шиловидными прилистниками. Цветки душистые, лимонно-желтые, в кистях. Бобы односемянные, покрытые поперечными складчатыми морщинками. Листья и цветы содержат кумарин. Донник является медоносным растением, а некоторые разновидности его являются хорошей кормовой травой (рис. 267).

Для лекарственных целей используются листья и цветки донника (без стеблей) под названием «травы донника» (*Herba Meliloti*). Из травы готовят мелилотовый пластырь. Он имеет также и техническое значение.

Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra*) и солодка уральская (*G. uralensis*)—оба вида представляют собой многолетние травянистые растения с хорошо развитой мощной корневой системой. От корневища отходят горизонтальные подземные побеги (столоны), а вниз — один глубоко внедряющийся толстый, в изломе светло-желтый корень. Листья очередные, непарноперистые, с 11—15 листочками, покрытые длинными железистыми волосками. Цветки бледно-фиолетовые мотылькового типа, собранные в лазущие кисти. Плод — бурый кожистый боб (рис. 268).

Солодка голая имеет бобы прямые или слегка изогнутые и растет по солонцеватым степям и берегам степных рек, образуя сплошные заросли. Она распространена на юго-востоке Европейской части СССР, на Северном Кавказе, в Дагестане, Азербайджане, а также в Средней Азии.

Солодка уральская имеет плоды сильно серповидноизогнутые. Растет она в Уральских степях, в Казахстане и степной полосе Сибири.

Для лекарственных целей используются корни солодки (*Radix Glycyrrhizae* или *Radix Liquiritiae*), которые содержат гликозиды, сахарозу, глюкозу, горечи, камеди, крахмал, белки и пр. Они входят в состав лакричного порошка. Из корней готовят также сухие и густые экстракты. Корень солодки применяется и в пищевой промышленности.

Термопсис ланцетовидный, или мышатник (*Thermopsis lanceolata*) — многолетнее очень ядовитое травянистое растение с длинным, ветвистым корневищем (рис. 269). Распространен термопсис главным образом в Западной и Восточной Сибири, в Казахстане и Киргизии. В Европейской части СССР встречается только в Заволжье. Растет по низменным солонцеватым или песчаным местам, пологим склонам, в степях и предгорьях. Встречается также в по-



Рис. 267. Донник желтый (*Melilotus officinalis*)
1—цветки; 2—продольный разрез завязи.



Рис. 268. Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra*).

севах как сорняк. Стебель до 25 см высоты, прямостоячий, простой или ветвистый, бороздчатый, покрытый мягкими волосками. Листья дланевиднотройчатые, короткочерешковые. Цветки желтые, крупные, собранные в верхушечные кисти. Все тычинки свободные. Плоды — линейно-продолговатые бобы. Все растение очень ядовито, так как содержит ядовитые алкалоиды, из которых главным является термопсин.

С лекарственной целью используется надземная часть термопсиса (*Herba Thermopsisidis*) в виде настоя или в порошках как отхаркивающее средство. Из семян получают ядовитый алкалоид цитизин, применяемый в медицине.

Галега лекарственная (*Galega officinalis*) — многолетнее травянистое растение, достигающее 1,5 м высоты, распространенное в теплых местах лесной зоны Крыма, Северного Кавказа, Черноморского побережья и Грузинской ССР. Стебли ветвящиеся, густо облиственные. Листья непарноперистые, имеют 7—17 продолговатых листочков. Цветки светло-голубые, собраны в густые кисти в пазухах листьев (рис. 270).



Рис. 269. Термopsis ланцетовидный (*Thermopsis lanceolata*).



Рис. 270. Галега лекарственная (*Galega officinalis*).

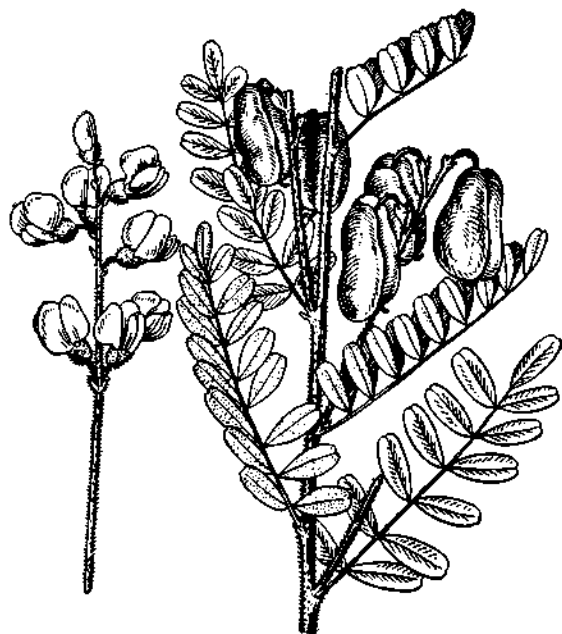


Рис. 271. Сферофиза солонцовая (*Sphaerophysa salsula*).

Надземная часть содержит алкалоид галегин ($C_8H_{13}N_3$), открытый в 1914 г., который обладает свойством понижать содержание сахара в крови. Применяется галегин как заменитель инсулина при сахарном диабете.

Стальник колючий (*Opuntia spinosa*) — колючий полукустарник, встречающийся в западной части СССР на лугах, полях и при дорогах. Стебли приподнимающиеся, обычно красно-бурые, метельчатоветвистые. Листья короткочерешковые; нижние — тройчатые, верхние — простые. Цветки розовые, реже белые, обоеполые, довольно крупные, на коротких цветоножках. Расположены цветки одиночно, реже по два в пазухах листьев верхней части стебля и ветвей. Цветет стальник в июне—июле.

С лекарственной целью применяют корень стальника; его употребляют в водных отварах в качестве мочегонного и потогонного средства.

Сферофиза солонцовая (*Sphaerophysa salsula*) — многолетнее травянистое растение, встречающееся на солонцах, песках, по берегам рек, в степях Средней Азии, Сибири, Алтая и др. Стебли прямые, до 1 м высоты. Листья очередные, непарноперистые, с 6—10 парами листочков; листочки продолговатойцевидные. Цветки красные, собранные в кисти. Плод — вздутый, шаровидный, поникший боб с мелкими, гладкими семенами (рис. 271).

Из сферофизы выделен алкалоид сферофизин, препараты из которого применяются при лечении гипертонии. Сферофизин оказался также хорошим средством (заменяющим спорынью), усиливающим родовые схватки и обуславливающим сокращение матки в послеродовом периоде.

С лекарственной целью применяют также головки красного и белого клеверов, а также чину луговую. Соцветия красного клевера употребляют в народной медицине в качестве отхаркивающего, мочегонного и антисептического средства в виде отваров и чая. Соцветия белого клевера также применяют только в народной медицине в форме настойки. Чина луговая используется как мягкодействующее отхаркивающее средство.

Порядок Гераниецветные (*Geraniales*). К этому порядку относятся главным образом травянистые растения с простыми, реже сложными листьями. Цветки в большинстве случаев актиноморфные с чашечкой и венчиком. Тычинок 10 или меньше, часто сросшихся основанием нитей. Около тычинок (главным образом наружных) отдельные нектарники. Завязь верхняя, многгнездная. Семяпочки обращенные, чаще всего вислые, с пыльцевходом, обращенным вверх, и брюшным швом или с пыльцевходом, обращенным вниз, и со спинным швом. Принадлежащие к этому

порядку семейства во многих признаках весьма сходны. К этому порядку относятся около 20 семейств. Мы рассмотрим только основные.

Семейство Льновые (Linaceae). К этому семейству относятся травянистые или кустарниковые растения с простыми очередными листьями, иногда имеющими прилистники, с правильными, обыкновенно пятичленными цветками, с 5 или 10 тычинками и с двойным или пятерным пестиком, дающим пятигнездную завязь. Число гнезд иногда увеличивается благодаря образованию ложных перегородок. Плод — 5—10-гнездная коробочка, раскрывающаяся по перегородкам.

Главным родом этого семейства является род **лен** (*Linum*), широко распространенный во всей северной внетропической области. Важнейшим видом этого рода является **прядильный лен** (*L. usitatissimum*), растение с пятичленными цветками, довольно большими, почти сердцевидными лепестками, 5 тычинками внешнего круга, тогда как внутренние развиты в виде зубцов на кольце, происшедшем от срастания оснований тычинок. Завязь пятигнездная с двумя семенными зачатками в каждом гнезде. Пыльники и рыльца развиваются одновременно; возможно самоопыление (рис. 272).

Лен посевной разводится в двух разновидностях: одной, высокой, с нераскрывающимися плодами, идущей главным образом на приготовление пряжи из лубяных волокон, развивающихся в коре (лен-долгунец), и другой — не такой высокой, но ветвистой, с раскрывающимися коробочками, которые дают главным образом семена, богатые маслом (лен-кудряш). Льняное масло быстро высыхает на воздухе и используется в большом количестве для приготовления масляных красок и лаков.

Семейство Гераниевые (Geraniaceae). К этому семейству принадлежат травянистые, реже кустарниковые растения с очередными, реже супротивными, часто лопастными и даже сложными листьями, обыкновен-

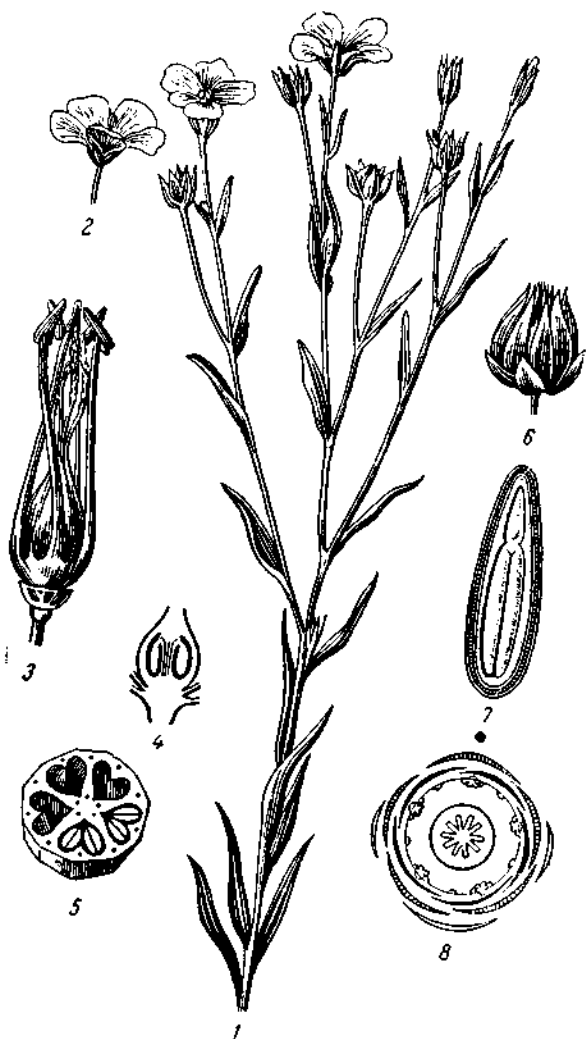


Рис. 272. Лен (*Linum usitatissimum*).

1—верхняя часть цветущего растения; 2—цветок; 3—андроцей и гинецей; 4—продольный разрез завязи; 5—поперечный разрез завязи; 6—раскрывшаяся коробочка; 7—продольный разрез семян; 8—диаграмма цветка.

но снабженные прилистниками. Цветки правильные или слегка неправильные. Тычинок чаще всего 10, реже 5 или 15. Между лепестками обычно 5 нектарников в виде бугорков. Пестик из 5 плодолистиков, которые срастаются вместе и дают пятигнездную завязь и один столбик с пятилучевым рыльцем. В каждом гнезде обычно имеется только один семенной зачаток. Опыление у крупноцветных видов осуществляется при помощи насекомых, а у мелкоцветных — часто самоопыление. При созревании завязь чаще всего разрывается на отдельные части, содержащие по одному семени. При созревании плодов верхняя часть пестика сильно вытягивается в длину и продольно расщепляется на 5 полосок, прилегающих к центральной колонке. Благодаря развитию в таких полосках особой ткани они делаются гигроскопичными, закручиваются спирально и облегчают разбрасывание семян и ввинчивание их в землю. Обитают гераниевые в теплых и умеренных странах обоих полушарий. Всего изучено около 650 видов этого семейства.

Наиболее распространенными родами являются герань (*Geranium*), пеларгоний (*Pelargonium*), аистник (*Erodium*) и др.

Виды рода *Geranium* имеют 10 тычинок; при созревании плодолистики с сплюснutoй закручиваются и разбрасывают семена. Широко распространенные луговые и лесные травы. У нас часто встречаются *G. pratense*, *G. silvaticum*, *G. palustre* и др.

Близок к герани род *Pelargonium* со слегка зигоморфными цветками. Виды этого рода распространены главным образом в Южной Африке и часто разводятся как комнатные растения под неправильным названием «герани». У некоторых видов этого рода листья покрыты железистыми волосками, выделяющими ароматические эфирные масла, напоминающие по запаху розовое масло. Особенно богата таким маслом так называемая розовая герань (*P. roseum*), вследствие чего этот вид разводится в настоящее время во многих южных районах нашей страны.

Аистник, или журавельник (*Erodium*) имеет 5 тычинок. Плоды ввинчиваются в землю благодаря гигроскопическому закручиванию верхней, оттянутой части плодолистиков. У нас распространен *E. cicutarium* как сорное растение огородных и полевых культур.

Порядок Мальвоцветные (*Malvales*). Большинство представителей этого порядка — деревья или кустарники с простыми, часто лопчатыми, очередными листьями с прилистниками. Цветки чаще всего обоеполые, актиноморфные, с двойным околоцветником из пяти чашелистиков и пяти лепестков. Чашечка часто двойная, из двух кругов. Венчик в почке (бутоне) скрученный. Тычинки в двух кругах, но обыкновенно наружный круг тычинок недоразвивается, а внутренний вследствие расщепления первоначальных бугорков многочленный. Иногда нити тычинок спаяны все вместе или группами. Почти для всех представителей этого порядка характерно присутствие одноклеточных (хлопчатник), многоклеточных и ветвистых волосков, затем развитие, особенно в коре, слизевых ходов или слизистых клеток и большое количество лубяных волокон как в коре, так и в древесине.

К этому порядку относятся четыре больших семейства: Мальвовые (*Malvaceae*), Баобабовые (*Bombacaceae*), Липовые (*Tiliaceae*), Стеркулиевые (*Sterculiaceae*) и несколько маленьких.

Семейство Мальвовые (*Malvaceae*). Это семейство включает травы, кустарники, деревья. Листья очередные, простые, лопатные с пальчатым жилкованием и прилистниками. Цветки обоеполые, правильные, одиночные или в верхушечных соцветиях. Околоцветник пятичленный. Чашечка нередко слайнолистная; лепестки венчика в почкосложении закрученные. Тычинки большей частью в двух кругах. Пыльники

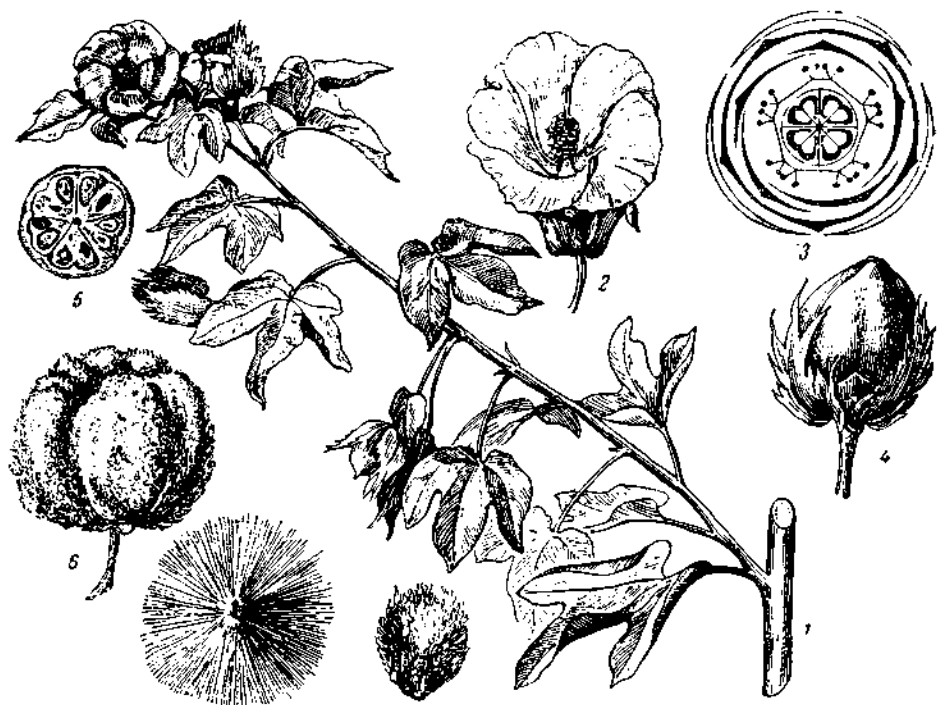


Рис. 273. Хлопчатник (*Gossypium*).

1—цветущая ветвь; 2—цветок; 3—диаграмма цветка; 4—нераскрывшаяся коробочка; 5—та же в поперечном разрезе; 6—раскрывшаяся коробочка; 7—семя с расчесанными волосками; 8—семя в разрезе.

двухгнездные, с шиповатой крупной пылью. Плодолистиков 5 или много, сростающихся в общую верхнюю завязь. Плод дробный или коробочка. Опыление насекомыми. Семейство включает около 900 видов, среди которых важнейшие технические и лекарственные растения.

Род хлопчатник (*Gossypium*) представлен рядом видов: *herbaceum*, *hirsutum*, *barbadense*, *peruvianum* и др. Хлопчатник — важнейшее придильное растение мира. Около $\frac{3}{4}$ человечества земного шара одевается в хлопчатобумажные ткани. Из семян хлопчатника добывают масло, широко употребляемое в пищу и в технике.

Плод — коробочка. Семена густо покрыты длинными одноклеточными волосками, доставляющими хлопок и идущими на пряжу (рис. 273).

Известно много сортов хлопчатника, отличающихся по длине волосков, их окраске, гибкости и т. д.

Канатник (*Abutilon avicennae*) — однолетнее растение, дает ценное волокно, напоминающее джут или кенаф. Семена богаты маслом. Возделывается в Маньчжурии; в нашей стране возделывается на юге. В Средней Азии и Закавказье засоряет хлопковые посевы.

Кенаф (*Hibiscus cannabinus*) — однолетнее растение. Культивируется для получения волокна, идущего для производства мешкотары, шпагата и пр.

Ба м и я (*H. esculentus*) дает коробочки, которые в зеленом и разваренном виде употребляются в пищу, а из спелых семян получают суррогат кофе.

Из лекарственных растений этого семейства следует отметить алтей и мальву.



Рис. 274. Алтей (*Althaea officinalis*).

1—соцветие; 2—разрез цветка; 3—колонка тычинок; 4—пестик; 5—диаграмма цветка; n—листочек покрывала.

Алтей лекарственный (*Althaea officinalis*)— крупное, многолетнее травянистое растение, образующее короткое, толстое, многоголовчатое корневище с простыми или ветвистыми, довольно толстыми (до 2 см), буровато-желтыми гладкими корнями, внедряющимися почти отвесно в землю. Из корневища вырастают один или несколько прямостоячих, войлочно-волосистых, серовато-зеленых, внизу древеснеющих, кверху травянистых стеблей высотой в 1—1,5 м. Листья очередные, черешчатые, также серовато-зеленые, с обеих сторон опушенные, трех-пятилопастные, с округлым или сердцевидным основанием и с городчато-пильчатыми краями.

В пазухах верхних листьев расположены короткие кисти бледно-розовых цветков, которые состоят из двойной непадающей чашечки, пятилепестного венчика, многочисленных тычинок, сросшихся своими нитями почти доверху в одну общую трубочку, прикрывающую пестик. Плод — сухая многосемянка, окруженная чашечкой и распадающаяся на 15—18 бурых семян. Цветет в мае — июле. Растет в сырых и влажных местах. В диком виде встречается в средних и южных районах Европейской части СССР, в Крыму, на Северном Кавказе и в других местах (рис. 274).

С лекарственной целью используют корни алтея (*Radix Althaeae*), а иногда листья и плоды. Корни алтея применяются в медицинской и ветеринарной практике как отхаркивающее и обволакивающее средство при воспалении дыхательных органов, при катаральных состояниях желудка и кишок, при поносах и других болезнях.

Шток-роза (*Althaea rosea*) разводится в садах южной части СССР как декоративное растение. С лекарственной целью применяют цветы. Их употребляют как слизистое и вяжущее средство для полосканий, размягчающих припарок и пр.

Мальва лесная (*Malva silvestris*) — однолетнее растение с характерным шершавоволосистым стеблем. Листья длинночерешковые, округлосердцевидные, с пятью-семью лопастями. Цветы розовые, на ножках, по несколько в пазухах листьев. Высохшие цветы становятся темно-фиолетовыми (рис. 275).

Растет мальва в средней и южной полосах Европейской части СССР. Цветы и листья мальвы применяются в народной медицине в качестве слизистого смягчительного средства (входят в состав веществ для полоскания горла).

Другой вид мальвы (*M. rotundifolia*) также используется для указанных целей.

Семейство Липовые (Tiliaceae). Семейство липовых представлено деревьями, кустарниками, редко травянистыми растениями, с простыми цельными или лопастными листьями и прилистниками.

Цветки собраны в соцветия, большей частью двуполые, реже однополые, с чашечкой и венчиком. Тычинки свободные или срастаются в 4—5 пучков. Пыльники четырехгнездные. Пестик из 3—5 плодолистиков, которые, срастаясь, образуют 3—5-гнездную завязь с одним столбиком и одним или многими семенными зачатками в каждом гнезде. Завязь верхняя. Плод сухой, чаще всего коробочка. Семена с эндоспермом, содержащим масло.

В нашей флоре к этому семейству относится род липа (*Tilia*), включающий около 10 видов. Наиболее распространенным видом в СССР является **липа мелколистная** (*Tilia cordata* Mill., снп. *T. parvifolia* Ehrh.). Это — крупное дерево с хорошо развитой кроной. Цветет липа в середине лета, покрываясь массой крупных щитковидных соцветий. Общий цветонос соцветия несет крупный прицветный лист, который сохраняется при плодах и служит летательным аппаратом (рис. 276). Цветок липы имеет пятилистную чашечку, пять белых или слегка кремовых лепестков и многочисленные тычинки в пяти пучках. Завязь верхняя пятигнездная с двумя семяпочками в каждом гнезде. При созревании плода часть гнезд не развивается, вследствие чего плод бывает односемянным и не раскрывается.

Цветки липы имеют приятный запах, который привлекает пчел. Пчелы собирают в цветках нектар, выделяемый железистыми выступами в основании лепестков.

Липовый мед высоко ценится.

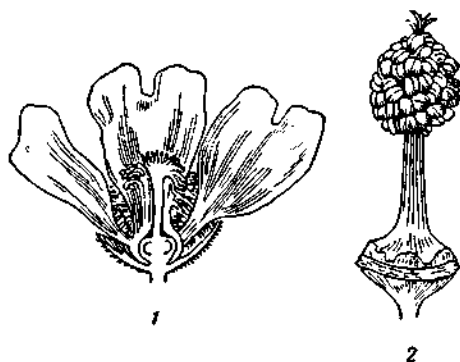


Рис. 275. Мальва.

1—цветок в разрезе; 2—тычинка и пестик.

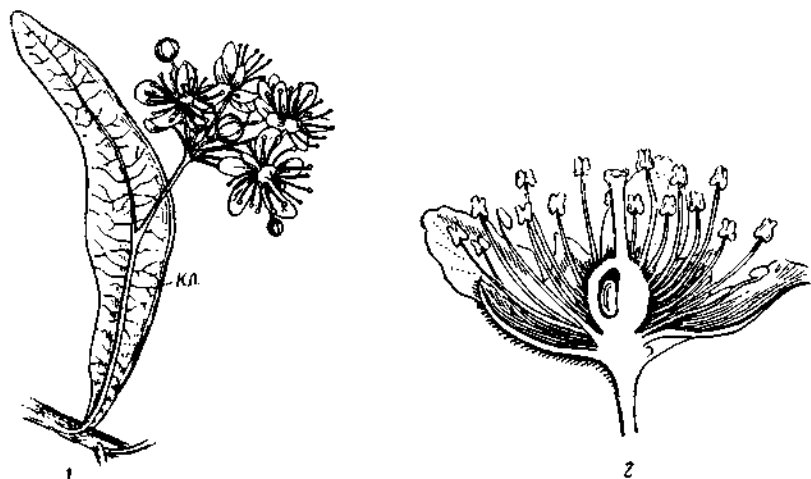


Рис. 276. Липа (*Tilia*)

1—соцветие с кроющим листом (кл); 2—цветок в продольном разрезе.

С лекарственной целью применяются высушенные цветки липы (*Flores Tiliae*), известные под названием «липовый цвет». «Липовый цвет» является старейшим потогонным средством, широко употребляемым в быту в виде горячего водного отвара (чая). Цветки липы применяются также для приготовления мягчительных припарок, полосканий и для ароматизации вин.

Древесина липы мягкая, ровная. Ее используют для столярных изделий. Широкое применение находит и кора липы, богатая лубяными волокнами. Из нее готовят рогожи, мочалу и др.

К семейству липовых относится также род джута (*Corchorus*), родной которого является Индия. Два вида этого рода введены в культуру в Индии и Китае для получения волокна, из которого готовят мешкотару и канаты. Опыты по возделыванию джута (*Corchorus capsularis*) в СССР показали, что культура его вполне возможна в Средней Азии и в Закавказье. Виды джута являются однолетними травянистыми растениями.

Семейство Стеркулиевые (*Sterculiaceae*). К порядку *Malvales* принадлежит также тропическое семейство **стеркулиевые (*Sterculiaceae*)**, куда относится шоколадное дерево, или шоколадник (*Theobroma cacao*). Это небольшое дерево Южной и Центральной Америки с мелкими цветками, появляющимися на стволах (*Cauliflora*) (рис. 277). Из цветков развивается ребристый продолговатый плод оранжевого или желтого цвета. В каждом плоде имеется 2—3 десятка крупных семян, внутри которых находится зародыш. Семена после соответствующей обработки (ферментации) идут на приготовление какао и масла какао. Из поджаренных и мелко размолотых семян, смешанных с сахаром, жирным маслом какао, ванилью и другими веществами готовят шоколад.

Масло какао используется также в фармацевтической практике.

Порядок Молочаецветные (*Euphorbiales*). Характерной особенностью порядка является строение пестика из трех плодолистиков, срастающихся и дающих трехгнездную завязь с 1—2 семяпочками в каждом гнезде. Цветки почти всегда однополые, чаще без околоцветника и только иногда с простым и даже двойным околоцветником. Мужские и женские цветки собраны в сложные соцветия.

К порядку молочаецветных принадлежит лишь два семейства: большое семейство молочайных (Euphorbiaceae) и маленькое семейство самшитовых (Buxaceae).

Семейство Молочайные (Euphorbiaceae).

К этому семейству относится свыше 450 видов, распространенных по всему земному шару, за исключением приполярных стран; отдельные виды этого семейства живут в очень различных условиях, что обуславливает разнообразие вегетативных органов. Молочайные представлены деревьями и кустарниками, реже травами, кактусовидными формами и лианами. Листья молочайных почти всегда имеют прилистники, которые иногда срастаются и превращаются в шипы. Листья очередные или супротивные. В анатомическом отношении для некоторых молочайных характерен обильный млечный сок, содержащийся в нечленистых или членистых трубочках. Млечный сок содержат как листья, так и стебли; он часто ядовит, а у ряда видов содержит каучук (Hevea). У некоторых видов на стеблях и листьях имеются шерстистые волоски.

Цветки молочайных всегда однополые, одно- или двудомные, весьма разнообразного строения. Околоцветник слабо развит, большей частью чашечковидный, реже двойной, иногда он вовсе отсутствует. Тычинки в числе чашелистиков или их неопределенно много, иногда же редуцируют до одного. В женских цветках пестик один, состоящий из трех плодolistиков. Завязь верхняя, трехгнездная с одной редко двумя семязпочками в каждом гнезде. Плод — коробочка, раскрывающаяся на три створки; реже плод — костянка, ягода или орешек. Семя с эндоспермом. Опыление осуществляется насекомыми и ветром.

Род молочай (Euphorbia) представлен большим числом видов. Это травы и кустарники. Листья сидячие. Соцветия конечные или пазушные. Цветки без околоцветника. В СССР имеется свыше 150 видов, распространенных повсеместно. Среди них есть вредные и технические растения. Некоторые виды являются сорными травами. Все они ядовиты.

Среди этого рода имеются кактусовидные формы, характерные для сухих степей и пустынь Африки. Они представляют собой шаровидные или колонновидные формы, а иногда имеют вид деревца с филлокладиями.

Представителем рода клещевина (Ricinus) может служить клещевина обыкновенная (R. communis) — многолетнее растение с древеснеющим стеблем родом из тропической Африки; в более северных странах разводится как однолетнее. Стебель голый, сизый. Листья крупные, пальчатолопаст-

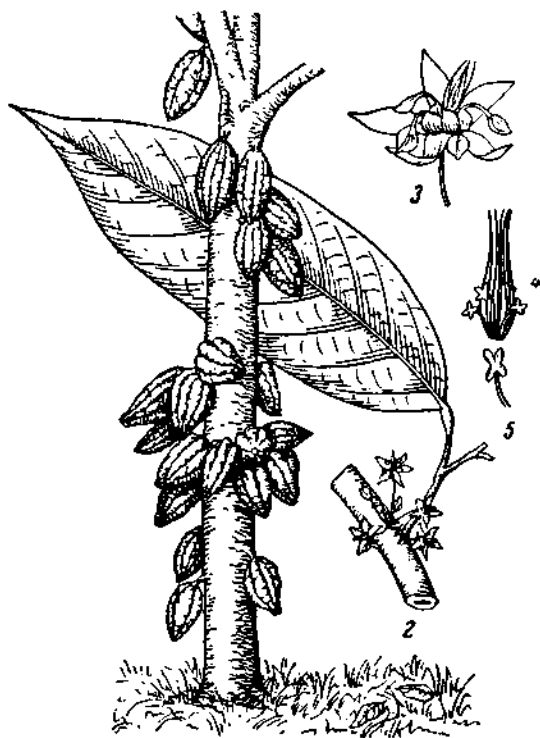


Рис. 277. *Theobroma cacao*.

1—ствол с плодами; 2—ветка с цветками; 3—цветок; 4—тычинки и пестик; 5—тычинка.

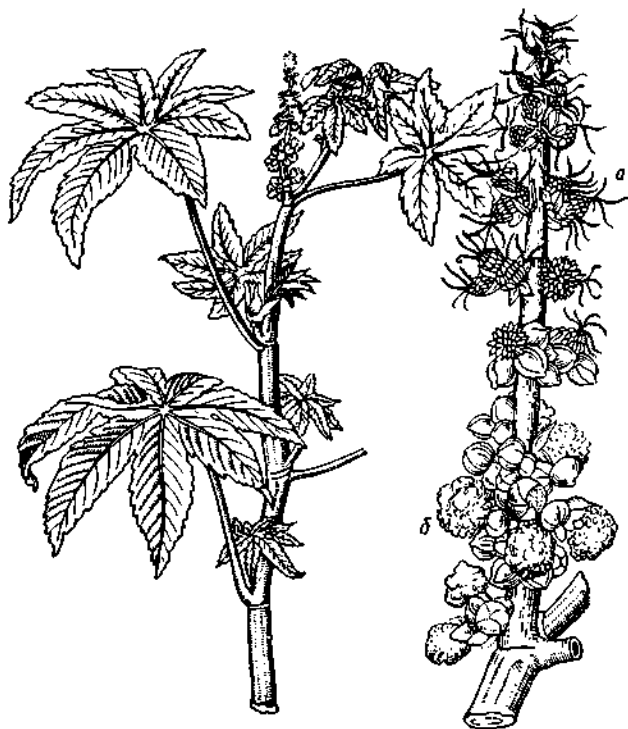


Рис. 278. Клевещина (*Ricinus*).
а—женские цветы; б—мужские цветы.

ные, длинночерешковые. Соцветия кистевидные; цветки в кистях однополые; мужские и женские расположены в одном и том же соцветии; мужские в виде полузонтика внизу, женские в верхней части соцветия. Цветки зеленоватые с простым околоцветником. Тычинок много. Завязь трехгнездная. Плод — коробочка, гладкая или покрытая шипами, раскрывающаяся или нераскрывающаяся. Семена блестящие, пестрые, плоскойцевидные, снабжены присемянником, образованным из покровов семечки. Семена ядовиты и содержат 50—60% жирного невысыхающего масла, ради чего клещевина и возделывается. Масло, добытое холодным путем, применяется в медицине как слабительное средство (*Oleum Ricini*). Масло, полученное другими методами, употребляется для смазки моторов, производства мыла и других целей (рис. 278).

Главными районами возделывания клещевины является Северный Кавказ.

Из других ценных растений этого семейства следует отметить тунговое дерево, или тунг (*Aleurites*). Родина тунга — Китай. Разводится тунг во влажных субтропиках многих стран для получения плодов и семян. Листья у тунга очередные, крупные, цельные или 3—5-лопастные, часто располагаются на концах ветвей. Соцветие кистевидное или метельчатое. Растения однодомные или двудомные. Чашечка опадающая при расцветании, лепестков 5. Тычинок 8—12. Завязь 2—3-гнездная. В каждом гнезде по одной семечке. Плод крупный, нераскрывающийся, костяноковидный. Наружная часть плода мясистая, внутренняя — в виде скорлупы. Семена тунга содержат до 60% жирного технического масла, из которого готовят лучший лак для покрытия самолетов, подводных

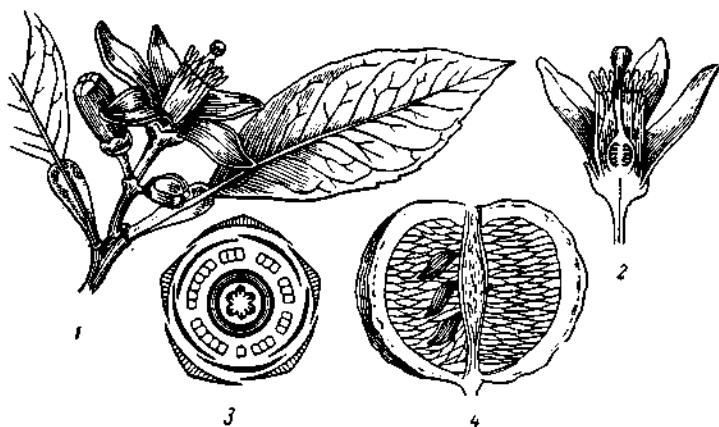


Рис. 279. Апельсин (*Citrus aurantium*).

1—цветущая ветвь; 2—разрез через цветок; 3—диаграмма цветка; 4—продольный разрез плода.

лодок, деревянных частей морских судов, автомобилей и пр. В СССР во влажных субтропиках акклиматизировано 2 вида *A. fordii* и *A. cordata*.

К семейству молочайных относится также важнейшее каучуконосное растение гевея бразильская (*Hevea brasiliensis*). Это тропическое дерево родом из бассейна реки Амазонки. Культивируется в тропических странах и является основным источником получения естественного каучука.

К этому же семейству относится хрозифора изящная (*Chrozophora gracilis*) — сильно ветвистое растение, имеющее широкие, плотные, слегка зубчатые листья. Растет в пустынной зоне Средней Азии. Хрозифора содержит вещества нежного слабительного действия.

П о р я д о к Сумахонцевые

Семейство Померанцевые (*Rutaceae*). К этому семейству относятся главным образом деревянистые растения с очередными простыми или сложными, обыкновенно голыми листьями, с маслянистыми, просвечивающими железками в основной ткани. Цветки чаще всего правильные, пятичленные, тычинок вдвое больше, чем лепестков. Цветоложе образует под завязью округлый или вогнутый чашевидный диск. Плодолистиков 4—5; они дают многогнездную, чаще всего четырех-пятигнездную завязь, содержащую в каждом гнезде 1—2 семенных зачатка. Плоды весьма различные: коробочка, костянка, ягода или дробный плод. Опыление насекомыми или мелкими птицами.

Важнейшим родом этого семейства является род *Citrus* (апельсины, лимоны, мандарины и пр.). Это плодовые деревья. Плоды в виде многогнездной ягоды с толстым железистым экзокарпием и с пленчатыми перегородками. Семена окружены сочной тканью из выростов (эмергенцы), разрастающихся из внутренней стенки плода. Цветки белые, сильно и приятно пахнущие (рис. 279). Родной цитрусовых является тропическая Азия. В настоящее время они культивируются во всех теплых странах. У нас широко внедряются в южных районах СССР.

Листья, цветки и плоды многих видов цитрусовых содержат ценные эфирные масла, пищевые, пряные, диетические и лекарственные вещества (рутин, аскорбиновая кислота и др.), которые широко применяются в парфюмерном и косметическом производстве, консервной промышленности.

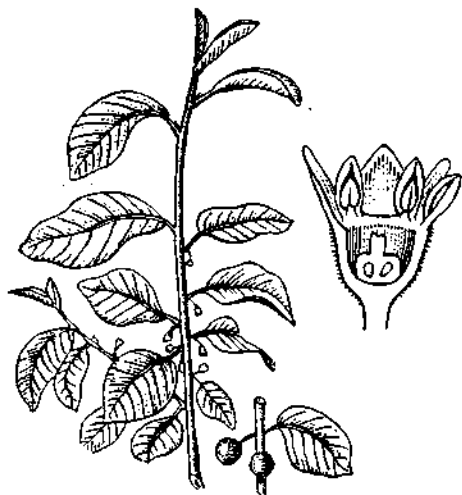


Рис. 280. Крушина ломкая (*Rhamnus frangula*). Цветущая ветка и цветок в разрезе.

Порядок Крушиноцветные (*Rhamnales*). Этот порядок включает деревья и кустарники, большей частью с простыми очередными листьями. Цветки мелкие, четырехкруговые вследствие выпадения внешнего круга тычинок. В цветках имеется нектароносный диск. Из этого порядка мы рассмотрим только два семейства: крушинные и виноградные.

Семейство Крушинные (*Rhamnaceae*). Семейство представлено кустарниками или лианами, реже травянистыми растениями. Листья простые с прилистниками. Цветки мелкие, правильные, собранные в цимозные соцветия, обоеполые или предоразвитин однополые, 4—5-членные с плоским или вогнутым цветоложем, к краю которого прикреплены

чашелистики и лепестки. Число тычинок равно числу лепестков венчика. Плодолистиков 3—4, дающих 2—4-гнездную завязь с одним семенным зачатком в каждом гнезде. Плод — костянка с одной или несколькими косточками.

К этому семейству относятся виды крушины — ломкая крушина (*Rhamnus frangula* L., син. *Frangula alnus* Miller) и слабительная крушина (*Rh. cathartica* L.).

У ломкой крушины листья очередные и ветви без колючек (рис. 280). Растет она в лесах в составе подлеска. Распространена почти по всей Европейской части СССР. С лекарственной целью используется кора ломкой крушины (*Cortex Frangulae*) в качестве слабительного средства.

У слабительной крушины (*Rh. cathartica*), называемой еще жостер слабительный, листья и ветви супротивные, на концах часто переходящие в колючки (рис. 281). Встречается в средней и южной полосе СССР, на Кавказе и в Средней Азии. Растет в лиственных лесах на солнечных каменистых местах. Плод — костянка почти черного цвета, величиной с горошину. С лекарственной целью у этого вида крушины используют плоды (*Fructus Rhamni catharticae*). Их применяют как нежное слабительное средство.



Рис. 281. Крушина слабительная (*Rhamnus cathartica*.)

Семейство Виноградные (Vitaceae). Это деревянистые лианы с очередными лопастными или сложными листьями с прилистниками. Цветки обоеполые или однополые, большей частью четверного или пятерного типа. Чашечка часто редуцирована. Завязь у большинства представителей 2-гнездная. Плод — ягода.

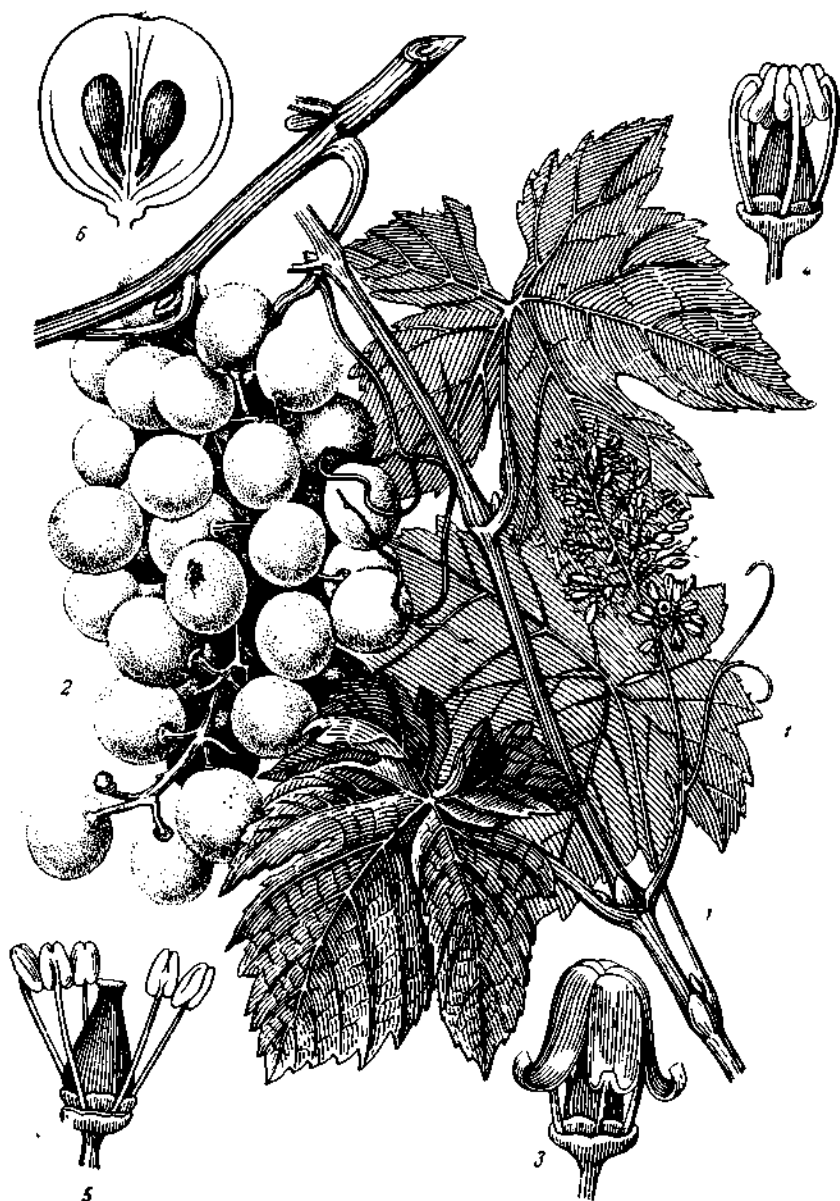


Рис. 282. Виноград (*Vitis vinifera*).

1—лиственная ветвь с соцветием; 2—плоды; 3—раскрывание цветка (сбрасывание венчика); 4—цветок, сбросивший венчик; 5—полное раскрывшийся цветок; 6—поперечный разрез ягоды.

Наиболее важным видом этого семейства является виноград (*Vitis vinifera*), представленный большим числом культурных сортов, разводимых у нас в Молдавии, Крыму, на Кавказе, в Средней Азии и других

местах (рис. 282). Ягоды винограда используются в сыром виде, а у некоторых сортов сушатся и поступают в продажу в виде изюма. Большая же часть урожая винограда используется для получения виноградных вин путем сбраживания виноградного сока. Спиртовое брожение вызывается дрожжевыми грибами, которые имеются на поверхности плодов и разносятся насекомыми.

Порядок Зонтикоцветные (*Umbelliflorae*). В этот порядок включаются семейства с зонтичными или зонтиковидными соцветиями. Цветки в большинстве случаев актиноморфные, с двойным околоцветником из 4—5 членов. Тычинок только один круг. Плодолистиков в большинстве случаев два; завязь нижняя, двухгнездная, в каждом гнезде с одной висющей почкой. Столбиков два, при основании сильно вздутых и образующих нектарниковый диск. Листья сложные или нередко рассеченные на мелкие доли; у некоторых семейств листья часто огромные, с большими влагалищами.

Для некоторых семейств характерны смоляные ходы и плоды также с эфиромасличными каналами. Семена с эндоспермом. Порядок представлен травянистыми растениями и кустарниками.

К порядку относятся три семейства: аралиевые (*Araliaceae*), зонтичные (*Umbelliferae*) и деренные (*Cornaceae*).

Семейство Аралиевые (*Araliaceae*). Семейство включает в большинстве случаев деревянистые растения, реже травянистые, с простыми или пальчатосложными листьями, нередко снабженными прилистниками. Цветки правильные, обоеполые, с пятичленными чашечкой (иногда редуцированной) и венчиком. Тычинок чаще всего столько же, сколько лепестков чашечки, редко их больше. Пестик из 1—5 плодолистиков; завязь нижняя с вислыми семяпочками. Плод — ягода или костянка, реже плод сборный.

Наиболее известным представителем этого семейства является род плющ (*Hedera*) с двумя видами, распространенными в гористых местностях Европы и Южной Азии. Оба вида имеют ползучие по земле, но легко взбирающиеся на скалы и деревья тонкие, гибкие стебли, имеющие обычно пятилопастные листья. На этих стеблях развиваются ветки, несущие овальные листья и цветки. Таким образом, у плюща наблюдается разнолистность.

Из лекарственных растений к семейству аралиевых относится женьшень (*Panax ginseng*), встречающийся по лесам Дальневосточного края, в Корее и Маньчжурии. Это многолетнее травянистое растение. Имеет довольно мощный продолговатый мясистый корень, обычно к концу разветвляющийся. Стебель травянистый, простой, одиночный, около 30 см высоты. Листья в числе 2—3, длинночерешковые, до основания пальчатопятираздельные. Цветы бледно-розовые, редко белые, собранные в простой зонтик из 5—16 цветков. Завязь двухгнездная. Плод — светло-красная ягода; семена белые, плоские, дисковидные. Цветет в августе (рис. 283).

С лекарственной целью применяют корень женьшеня и в редких случаях семена. Корню женьшеня приписывают всеисцеляющее и афродизическое свойство. Женьшень является средством китайской медицины и употребляется в Китае, Корее, Японии, Индокитае, Индии, на Филиппинах и в Индонезии как универсальное целебное средство. В странах Дальнего Востока его применяют при лечении туберкулеза, порока сердца, ревматизма, различного рода других болезней. Но главным образом его применяют для продления человеческой жизни и восстановления сил, в силу чего его принимают и здоровые, начиная с сорокалетнего возраста. Корень женьшень в этих странах ценится очень высоко.

Лекарственные свойства корней женьшеня не достаточно изучены, в серьезной научной медицинской литературе нет указаний о всесторонних целебных свойствах женьшеня; в европейских и американских фармакопеях он не принят.

Семейство Зонтичные (Umbelliferae). Семейство представлено многолетними, двух- и однолетними травянистыми растениями, распространенными преимущественно в умеренном поясе обоих полушарий. Стебли обыкновенно полые, с масляными ходами. Листья очередные, в большинстве случаев весьма сложно рассеченные, большей частью без прилистников. Черешки в основании часто вздутые и образуют стеблеобъемлющие влагалища. Соцветие — сложный или простой зонтик, с оберткой из кроющих листьев при основании сложного зонтика и с обверточками в основании зонтичков. Иногда соцветия без обверток или обверточек, или без тех и других вместе. Цветки обоеполые, правильные, иногда неправильные, большей частью с неяснопятизубчатой чашечкой и пятичленным венчиком. Тычинок пять, скрученных в цветочной почке, чередующихся с лепестками. Пестик из двух плодолистиков, образующих при срастании двухгнездную завязь. Завязь нижняя, с висячими семяпочками, покрытыми только одним интегументом. При созревании плодов оболочка семян плотно прилегает к внутренней стенке завязи и иногда даже срастается с ней, подвергаясь более или менее сильной редукции. Плод — двураздельная зерновка. Семена с эндоспермом. Эндосперм маслянистый, зародыш прямой. Форма и строение эндосперма очень

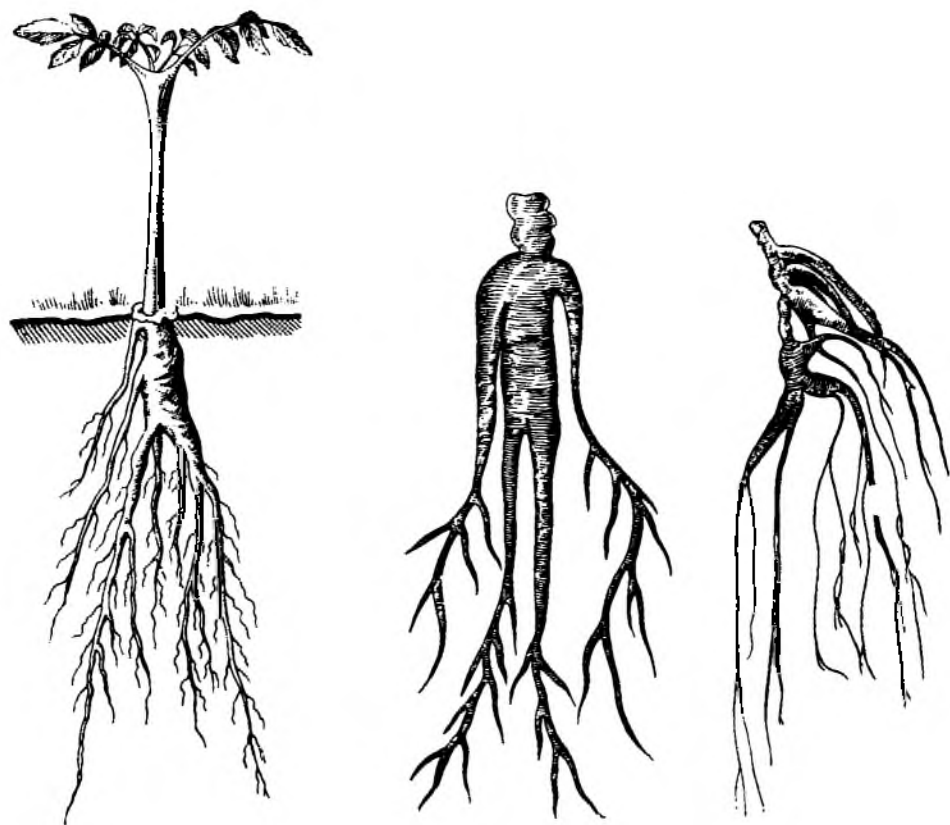


Рис. 283. Женьшень (*Panax ginseng*).

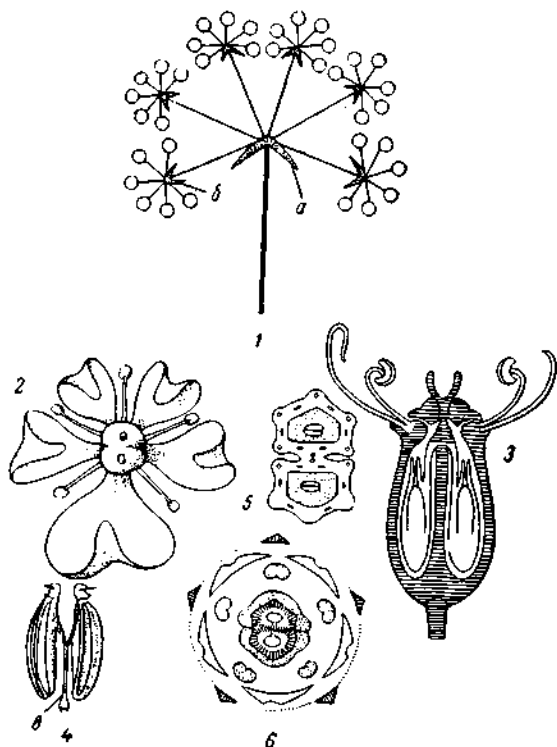


Рис. 284.

1—сложный зонтик (а—обвертка, б—обверточка) 2—цветок 3—продольный разрез цветка; 4—плод (а—карпофор); 5—плод в поперечном разрезе; 6—диаграмма цветка.

разнообразны, чем пользуются при систематике зонтичных. Распространение плодов у зонтичных производится чаще всего ветром (рис. 284).

Семейство зонтичных включает до 3500 видов, среди которых имеются растения, богатые эфирными маслами, смолами, алкалоидами и др. Многие из видов этого семейства используются в качестве пищевых, пряных и лекарственных растений.

Из пищевых растений к этому семейству относится морковь (*Daucus carota*), пастернак (*Pastinaca sativa*) и др.

Морковь (*Daucus carota*) — двухлетнее растение, образующее в первый год пучок прикорневых листьев и веретеновидный корень. Корень богат каротином (провитамином А), витаминами, сахаром и является важным продуктом питания. Листья двояко- и тройко-перисторассеченные. Цветы белые, обоеполые, но бывают

однополые. Ребра плода усажены тонкими острыми шипиками. Плоды с пряным запахом. Культивируется морковь по всему СССР.

Из лекарственных растений следует указать на анис, кориандр, тмин, ажгон, дягиль и др.

Анис (*Pimpinella anisum*, син. *Anisum vulgare*) — однолетнее невысокое растение, имеющее круглый, травянистый стебель, покрытый коротким пушком. Листья разнообразной формы. Цветы мелкие, с белым опадающим венчиком из пяти лепестков. Плоды зеленовато-серые, яйцевидной или обратногрушевидной формы. Они имеют специфический запах, сладковато-пряный вкус и содержат 2—3% анисового масла, используемого в медицине, в парфюмерии, а также в пищевой промышленности.

В медицине анис употребляется как отхаркивающее средство, возбуждающее деятельность кишечника и улучшающее вкус других лекарств.

Культивируется анис в Воронежской и Курской областях и в УССР. В севообороте размещают после озимых, после пропашных и бобовых культур. Цветет в июне.

Дягиль лекарственный (*Archangelica officinalis*) — крупное двухлетнее травянистое растение с коротким толстым корневищем и отвисно отходящими от него корнями. Стебель прямостоячий, дудчатый, цилиндрический. Листья очередные, крупные, с расширенными основаниями, охватывающими стебель.

Цветки мелкие, собранные в пышные крупные зонтики. Цветет летом во втором году вегетации (рис. 285).

Распространен в Европейской части СССР по берегам рек, ручьев, озер и на сырых местах.

В медицине используют корневище с корнями дягиля под названием «корень дягиля» (*Radix Angelicae*). Корни и корневища лекарственного дягиля очень ароматичны, их применяют как средство, возбуждающее деятельность органов пищеварения и как мочегонное.

Кориандр (*Coriandrum sativum*) — однолетнее травянистое растение с прикорневыми тройчатораздельными и стеблевыми перистыми листьями. Цветы мелкие, бледно-розовые, иногда белые. Плод шаровидный, в зрелом состоянии желтовато-бурый, размером в 2—4 мм в диаметре. Зрелые плоды обладают приятным запахом. Недозрелые же плоды и листья при растирании имеют неприятный («клоповый») запах. Культура кориандра развита во многих странах Европы. У нас он культивируется в Воронежской, Курской, Саратовской и Тамбовской областях, а также в Краснодарском, Ставропольском краях и Украинской ССР.

Плоды кориандра содержат эфирное масло, используемое для приготовления духов, одеколонов, туалетного мыла и синтеза душистых веществ.

Тмин (*Carum carvi*) — широко распространенное в средней части СССР двухлетнее травянистое растение. Стебель ветвистый, бороздчатый. Листья очередные, перистые, с узколинейными долями. Соцветия в сложных зонтиках, цветки белые или слегка розовые. Плоды — двусемянки, в зрелом состоянии буреющие. Растет на влажных лугах. Культивируется во многих странах. Культивируется и у нас. Возделывается из-за эфирного масла, содержащегося в семенах. Семена тмина находят применение в пищевой промышленности, а также в ликерном и парфюмерном производствах. В медицине их также иногда применяют при атонии кишечника и как слабительное средство.

Укроп (*Anethum graveolens*) — однолетнее травянистое растение, разводится на огородах. Стебель ветвистый, достигающий 40—80 см высоты. Листья многораздельные на линейнонитевидные дольки. Плоды плоские, эллиптические. Листья укропа используются как пряность. Из семян получают эфирное масло. Семена применяют в народной медицине.



Рис. 285. Дягиль лекарственный (*Archangelica officinalis*).



Рис. 286. *Ferula assa-foetida*.

Ферула вонючая (*Ferula assa-foetida*) — многолетнее мощное растение с толстым травянистым,верху разветвленным стеблем с крупными листьями. Цветки желтые, собранные в сложные зонтики, сидящие на разветвлениях стебля. Растение живет в течение 8—10 лет, но плодоносит только один раз, а до этого дает лишь розетки прикорневых листьев.

Встречается в виде зарослей в центральной и южной частях Казахской ССР и других среднеазиатских республик (рис. 286).

С лекарственной целью используется засохший на воздухе млечный сок (камедь), известный в фармацевтической практике под названием *Gummi assa-foetida*. Он применяется в виде tinkтуры, пиклюль, эмульсий как противоспазматическое средство при астме, истерии и других болезнях. Также употребляется в гомеопатии и в народной медицине.

Петрушка посевная (*Petroselinum sativum*) — двухлетнее травянистое растение. В первый год образует утолщенный корень и розетку прикорневых листьев. Листья голые, с верхней стороны гляцевитые, снизу матовые. Цветки обоеполые, правильные, мелкие, собраны в плоские сложные зонтики на концах ветвей. Плод — зеленовато-бурая семянка. Корень, листья и мелкие плоды издают специфический запах. Возделывается как пряность для приправы к пище. Плоды содержат эфирное масло, состоящее из аннола и пинена.

С лекарственной целью применяют плоды, листья и корни петрушки как мочегонное средство.

Фенхель обыкновенный (*Foeniculum vulgare*) — многолетнее травянистое растение с высоким ветвистым стеблем, достигающим 1—2 м высоты. Листья сизоватые, рассеченные на длинные, узкие, нитевидные дольки, переходящие у основания в желобчатый черешок. Цветки мелкие, желтые, похожие на цветки обыкновенного укропа. Плоды — двусемянки, серовато-зеленого цвета, на вкус сладковатые, пряные и обладают своеобразным приятным ароматическим запахом (рис. 287).

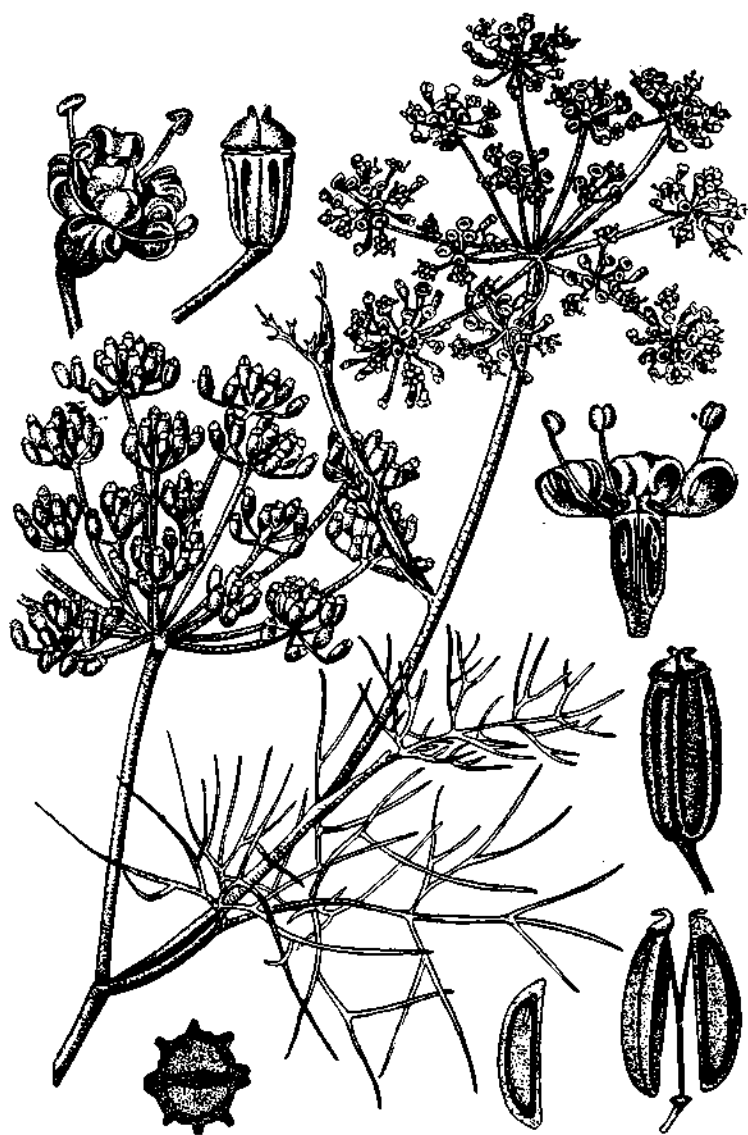


Рис. 287. Фенхель обыкновенный (*Foeniculum vulgare*).

В диком виде фенхель встречается в Крыму и на Кавказе. Культивируется для получения семян на Украине.

С лекарственной целью применяют плоды фенхеля (*Fructus Foeniculi*) как средство от кахексии, а также как улучшающее деятельность органов пищеварения.

Ажгон (*Trachyspermum copticum* = *Carum ajowan*) — однолетнее травянистое растение, похожее на тмин. Оно образует толстый стержневой корень, цилиндрический стебель и голые трижды перисторассеченные листья. Цветки мелкие, белые и фиолетовые, собранные в сложные зонтики.

Культивируется в Средней Азии для получения эфирного масла из плодов. Масло ажгона употребляется в медицине, ветеринарии и в мыло-

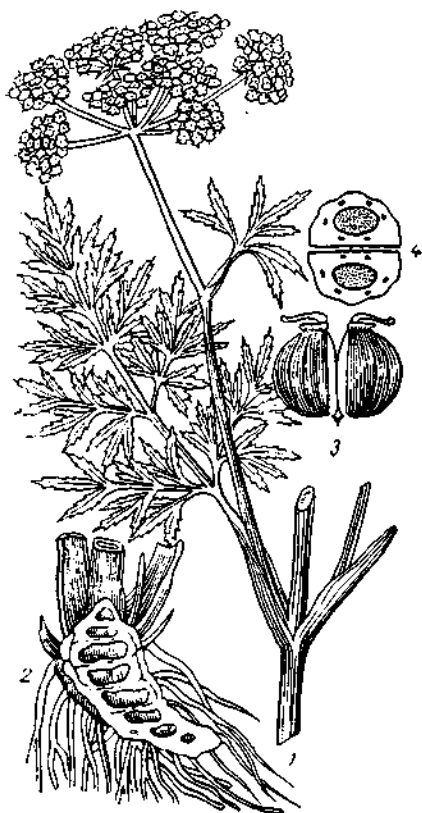


Рис. 288. Вех ядовитый (*Cicuta virosa*).
1—соцветие; 2—корневище в продольном разрезе; 3—плод; 4—плод в поперечном разрезе.



Рис. 289. Болиголов пятнистый (*Conium maculatum*).

1—часть одлиственного побега—видна пятнистость стебля; 2—простой зонтик; 3—плод; 4—плод; 5—плод в разрезе.

варенной промышленности. Основными компонентами масла ажгона является тимол (40—50%) и паратимол (30—40%).

Вех ядовитый (*Cicuta virosa*) — многолетнее травянистое растение. Стебель ветвистый высотой до 1,5 м. Листья перисторассеченные с узколанцетными, остропильчатыми долями. Цветы мелкие; белые, собранные в сложные зонтики. Плод — двусемянка, распадающаяся при созревании на два плодика. Цветет в июле—августе. Растет на сырых местах, в поймах, у берегов почти во всех районах СССР. Одно из самых вредных растений. Очень ядовитое. Скотом не поедается; небольшая примесь к корму вызывает отравление, которое часто бывает смертельным.

Ядовитые свойства веха изменяются в зависимости от времени года и климатических условий. Весной наиболее ядовито корневище. Корневище веха толстое, мясистое, в разрезе с укороченными полыми междоузлиями и перегородками в узлах (рис. 288). Его часто смешивают с корневищем сельдерея, на вкус оно сладкое, что соблазняет детей. Отравление вехом приводит к параличу дыхательных мышц и смерти.

В народной медицине и в гомеопатии применяют надземную часть растения как наружное средство при хронических кожных заболеваниях.

Болиголов пятнистый (*Conium maculatum*) — очень ядовитое двухлетнее растение, издающее неприятный мышиный

запах. В первом году развивается только пучок прикорневых листьев, а на второй год — стебель. Он сильно ветвистый, бороздчатый, совершенно голый, внизу с темно-красными пятнами, в междоузлиях полый. Листья голые, трижды перистые на длинных черешках, с небольшими влагалищами. Плоды — яйцевидно-шаровидные, сплюснутые с боков (рис. 289).

Растет как сорняк по всему СССР, кроме Восточной Сибири и Дальнего Востока. Цветет с июня до осени.

Болиголов содержит несколько алкалоидов, из которых главным, очень ядовитым является конииин, по своему действию сходный с кураре.

В народной медицине употребляется трава болиголова в качестве болеутоляющего и противосудорожного средства.

Порядок Макоцветные (*Rhoeadales*). К порядку относятся травянистые растения, реже кустарники. Листья очередные, иногда супротивные, прилистники отсутствуют. Цветки обоеполые, правильные или зигоморфные, одиночные или в кистевидных соцветиях. Околоцветник с чашечкой и венчиком, по 2—4 (редко 5) члена в каждом круге. Тычинок много, иногда несколько, большей частью в двух кругах. Завязь верхняя, из двух или многих, большей частью сросшихся плодолистиков, одно-, дву- или многогнездная вследствие образования вторичных перегородок. Семяпочки расположены постенно (паритально).

Порядок тесно связан с лютикоцветными, представляет дальнейшее развитие и усовершенствование. К этому порядку относятся семейства: маковые, крестоцветные, каперцовые и резедовые; они хорошо связаны друг с другом и образуют весьма целостный естественный порядок.

Семейство Маковые (*Paraveraceae*). Это семейство представлено однолетними и многолетними травами, часто с членистыми сосудами, содержащими белый или окрашенный млечный сок. Цветки большей частью одиночные, иногда в кистевидных соцветиях, правильные или неправильные, с двумя чашелистиками, опадающими во время расцветания бутона. Венчик из 4 лепестков, расположенных в двух супротивных парах. Тычинок 4 или неопределенное число. Завязь верхняя, состоит из 2—16 сросшихся плодолистиков, обычно со многими семяпочками. Рыльце сидячее. Плод — коробочка, раскрывающаяся различными способами; иногда орешек. Семена с маслянистым эндоспермом. Опыление чаще всего при помощи насекомых (рис. 290).

Семейство распространено главным образом в северных внетропических областях; содержит около 800 видов.

Главнейшими родами являются мак (*Paraver*), чистотел (*Chelidonium*), хохлатка (*Corydalis*), дымянка (*Fumaria*) и др.

Представителем рода мак (*Paraver somniferum*) может служить мак снотворный. Это однолетнее растение, имеющее прямостоячий, круглый, голый, гладкий, синева-зеленый стебель высотой до 1,2 м. Листья крупные, синева-зеленые, голые, продолговатые с сердцевидным стеблеобъемлющим основанием. Цветы крупные, однопольные с двухлистной чашечкой и четырехлепестным венчиком. Лепестки венчика белые, фиолетовые, розовые или красные, с темным пятном при основании. Тычинок много.



Рис. 290. Плоды и семена маковых.

1 — коробочка мака; 2 — стручок чистотела; 3 — семя мака в разрезе.



Рис. 291. Верхушка побега мака опийного.

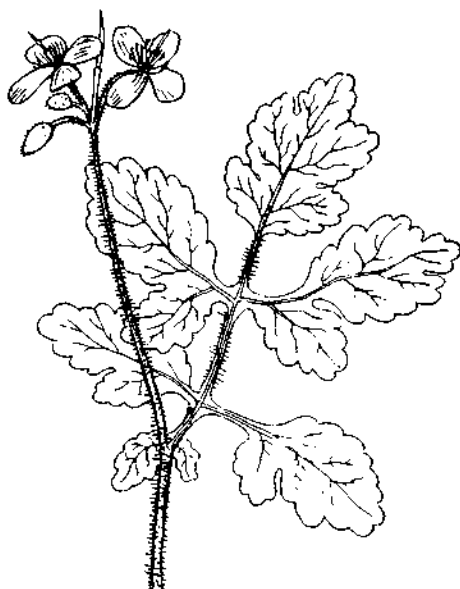


Рис. 292. Верхушка побега чистотела.

Рыльце сидячее, звездчатое. Завязь верхняя. Плод — яйцевидная или шаровидная коробочка. Семена мелкие, почковидные, белого, серого, синевато-черного цвета, с неровной поверхностью и маслянистым эндоспермом. Цветет в июне—июле; плоды созревают в августе. Все растение, за исключением зрелых семян, ядовито. Культивируется с исторической древности для получения съедобных семян, из которых готовят пищевое и техническое масло, а также для изготовления ценных лекарственных средств. В процессе многовекового культивирования резко обособились по хозяйственным признакам две группы мака — мак опийный и мак маслянистый (голубой). Маслянистый мак характеризуется высокой урожайностью семян и повышенным содержанием масла. В СССР он широко культивируется в Украинской ССР, Татарской АССР и др.

Опийный мак возделывается для получения из незрелых коробочек млечного сока (латекса) опия, из которого готовят ряд ценных лекарственных препаратов — морфин, кодеин и др. Опиумные маки разводят в Индии, Китае, Иране, Турции, а в нашей стране в Средней Азии (рис. 291).

Махровые формы мака разводят в садах как декоративные растения. Для этой цели используются следующие виды: мак самосейка (*P. rhoeas*), альпийский мак (*P. alpinum*), мак восточный (*P. orientale*) и др.

Чистотел (*Chelidonium majus*) — многолетнее травянистое растение, растет в тенистых местах, рощах, в садах и около заборов почти по всему СССР. Стебель ветвистый, усаженный рассеянными оттопыренными волосками. Листья глубокоперистораздельные. Цветки золотисто-желтые, собраны зонтиком. Плод — стручковидная, одногнездная коробочка. Цветет все лето (рис. 292).

Все части растения ядовиты. Они содержат едкий желтоватый млечный сок. Применяется в народной медицине как средство от бородавок, язв, ран и других кожных заболеваний. В последнее время чистотел стали

применять для лечения кожного туберкулеза, при заболеваниях печени, желчного пузыря и др.

Дымчянка лекарственная (*Fumaria officinalis*) — мелкое, серо-зеленое, однолетнее растение, с рассеченными листьями. Млечного сока не содержит. Цветки мелкие, зигоморфные, собранные в кисти. Лепестки пурпуровые, у верхушки темнее. Плод — односемянный орешек. Растение цветет с апреля до сентября, представляет собой сорную траву, часто встречающуюся на необработанных полях и пустырях почти по всей Европейской части СССР и на Кавказе.

Употребляется в народной медицине при атонии кишечника и отсутствии аппетита.

Семейство **Крестоцветные (Cruciferae)**. Семейство крестоцветных представлено однолетними, двухлетними и многолетними травянистыми растениями, изредка — полукустарниками. Распространены крестоцветные главным образом в северных умеренных широтах. Среди них много культурных овощных и лекарственных растений. Довольно большое количество среди них и сорных растений.

Характерной особенностью многих культурных форм является то, что корни у них имеют вид «корнеплодов». Листья очередные, прикорневые, в виде розетки; чаще всего без прилистников. Цветки почти всегда в кистях, первоначально обычно тесно собранные в более или менее плоское, зонтиковидное соцветие, потом удаленные друг от друга вследствие вытягивания оси кисти. Цветки без прицветников и кроющих листьев, в большинстве случаев актиноморфные. Чашечка из двух двухчленных кругов. Венчик из четырех крестообразно расположенных лепестков, отчего и произошло название семейства (рис. 293). Тычинок почти всегда 6;

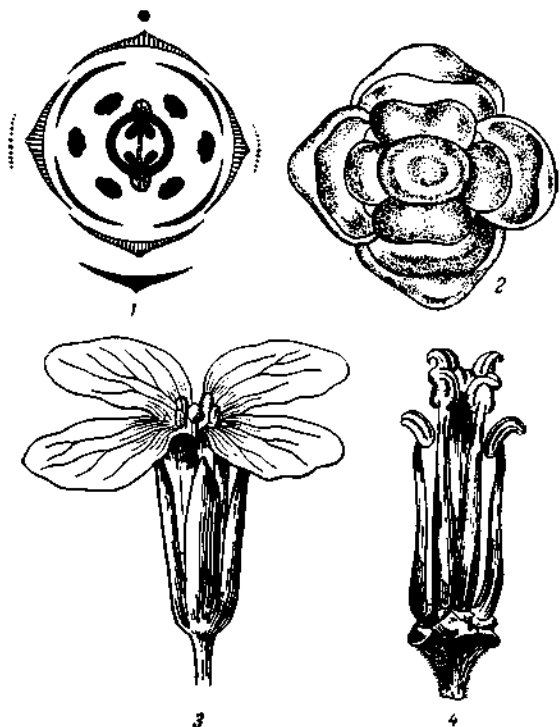


Рис. 293. Строение цветка крестоцветных.

1—диаграмма цветка; 2—зачаток цветка; 3—зрелый цветок черной горчицы; 4—андроцей и гинецей цветка капусты.

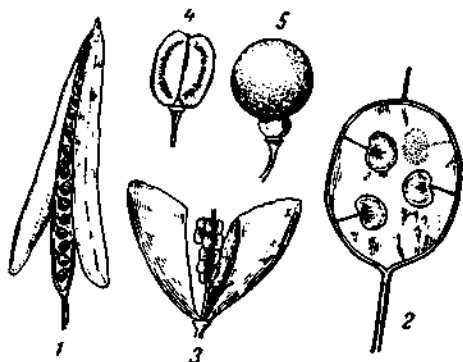


Рис. 294. Плоды крестоцветных.

1—стручок *Cheiranthus*; 2—стручок *Lupinus* без створок; 3—стручок *Capsella*; 4—орешек *Lepidium*; 5—тычиночник *Crambe*.



Рис. 295. Желтушник серый (*Erysimum canescens*).



Рис. 296. Пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris*).

1—общий вид растений; 2—цветок; 3—раскрывшийся плод.

4 тычинки внутреннего круга длиннее 2 внешних, первые произошли благодаря расщеплению из 2 бугорков. Пестик нормально состоит из двух плодолистиков, срастающихся краями и дающих одногнездную завязь; рылец часто 2. Плод — многосеменной, длинный стручок или короткий стручочек, редко орешек (рис. 294). Семена обычно без эндосперма, с жирными и эфирными маслами. Эфирные масла в семенах входят в состав глюкозидов. В состав жирных масел входят соединения азота, серы. Опыление осуществляется насекомыми, которые привлекаются разнообразными развитыми на цветоложе нектарниками.

Число видов, входящих в семейство крестоцветных, достигает 2000, распределяемых в 180 родов; среди этих видов и родов много овощных, витаминных, лекарственных, декоративных и пр.

Важнейшими родами являются *Brassica*, *Raphanus*, *Cochlearia*, *Sinapis*, *Camelina*, *Capsella*, *Matthiola* и др.

Род *Brassica* представлен весьма важным культурным растением *B. oleracea* (капуста) родом из Средиземноморской области. Капуста введена в культуру очень давно; была уже широко распространена в древней Греции и в древнем Риме.

Из лекарственных растений семейства крестоцветных особо следует остановиться на ряде видов, среди которых в первую очередь следует указать на виды желтушника — желтушник серый (*Erysimum canescens*), желтушник левкойный (*E. cheiranthoides*).

Желтушник серый (*E. сапесценс*) — двухлетнее травянистое растение. Имеет один или несколько стеблей, чаще ветвистых, достигающих в высоту 30—80 см. Листья сужены в черешок, продолговатые, зубчатые, иногда почти цельнокрайные. Стеблевые листья линейно-продолговатые, или линейные, цельнокрайные. Цветки с желтыми лепестками; лепестки 12—14 мм длины; плоды — длинные (45—70 мм), тонкие четырехгранные стручки шириной до 1 мм. Все растение беловатое от прижатых двухраздельных волосков (рис. 295).

Растет в степях и на сухих каменистых местах, иногда в сосновых борах Европейской части СССР, на Кавказе, в Западной и Восточной Сибири и в Средней Азии.

Желтушник введен в Фармакопею СССР как сердечное и мочегонное средство. Из травы серого желтушника получен специальный препарат эрзид.

Пастушья сумка (*Carsella bursa pastoris*) — однолетнее травянистое растение. По внешнему виду растение довольно изменчиво: на сухой почве оно обычно низкое, с маленькими листьями, на влажной — пышно развивается. Стебель простой или ветвистый. Нижние листья раздельные, верхние — цельные. Цветки мелкие, белые, собраны в длинную кисть. Плод — треугольный стручок с выемкой наверху, сжатый со стороны швов. Цветет с апреля до осени (рис. 296).

Пастушья сумка распространена по всему СССР. Растет по сорным местам, на полях, среди посевов, в садах, огородах.

С лекарственной целью с давних времен применяется вся надземная часть (*Herba Bursae pastoris*) как кровоостанавливающее средство.

Ложечная трава, или ложечница (*Cochlearia arctica*) — двухлетнее сочное растение с тонким, беловатым, перетенообразным корнем, усаженным многочисленными мочками. В первый год развиваются прикорневые листья, образующие розетку; весной следующего года вырастает из середины розетки прямостоячий, ветвистый стебель 15—40 см высоты. Прикорневые листья длинночерешковые, широкоовальные или почти круглые. Цветки белые, сидят на довольно длинных ножках, имеют четырехлистную чашечку и четырехлепестный венчик. Плод — округлояйцевидный стручок, слегка сдавленный с боков. Цветет в мае и июне. Встречается в арктических областях СССР. Содержит до 0,20% витамина С. Ложечница является хорошим противодинготным средством (рис. 297).

Чесночник лекарственный (*Alliaria officinalis*, или *Sisymbrium alliaria*) — двухлетнее травянистое растение высотой в 30—100 см. Листья цельные; нижние — почковидные, длинночерешковые, верхние — сердцевидноовальные с короткими черешками. Цветы белые. Цветет весной. Встречается в лесной зоне Европейской части СССР, в лесах Кавказа и в некоторых областях Казахской ССР (рис. 298).

С лекарственной целью применяются семена и листья чесночника.

Порядок Центросемянные (*Centrospermae*). Из обширного порядка центросемянных, включающего около 10 семейств, будет рассмотрено только семейство гвоздичных.

Семейство Гвоздичные (*Caruophyllaceae*). Это самое обширное семейство данного порядка, объединяющее около 2000 видов, широко распространенных во всей умеренной зоне и в части северной. Семейство включает главным образом травы, реже полукустарники. Листья чаще простые, узкие, расположены супротивно, редко спирально, прилистников обычно нет. Цветки правильные, у большинства представителей пятичленные, из пяти кругов, обычно в дихазальных соцветиях, редко оди-



Рис. 297. Ложечная трава (*Cochlearia arctica*).

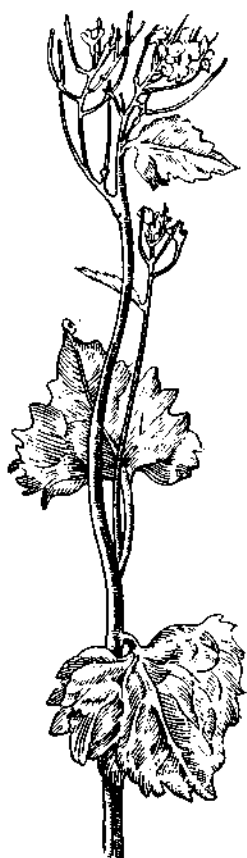


Рис. 298. Чесночник лекарственный (*Alliaria officinalis*).

почные. Околоцветник дифференцирован на чашечку и венчик. Тычинок два круга, но чередуются обыкновенно с остальными частями цветка. Плодолистиков большей частью пять. Завязь одногнездная. Семяпочки часто располагаются на особой колонке, поднимающейся со дна завязи, на так называемом центральном семяносе (гиностемий). Плод — обычно коробочка, раскрывается зубчиками на верхушке, реже — ягода. Семена с периспермом и часто с согнутым зародышем.

Семейство гвоздичных богато представлено в нашей стране.

Род звездчатка (*Stellaria*) представлен широко распространенным видом мокрица (*S. media*). Это невысокое светло-зеленое растение с яйцевидными короткими листьями и ползучим стеблем. Растет как сорняк почти повсюду, особенно на рыхлых, влажных почвах; цветет в течение всего вегетационного периода. Охотно поедается птицами.

Род торница (*Spergula*) представлен у нас шестью видами. Они произрастают как сорняки среди культурных растений.

Род *Agrostemma* включает вид куколь посевной (*A. githago*) с крупными одиночными цветками, с крупными зубцами чашечки и темно-розовыми лепестками. Это вредный сорняк. Семена черные, ядовиты, даже незначительная примесь их опасна.

Род гвоздика (*Dianthus*) включает около 80 видов, многие из которых являются декоративными растениями и широко представлены в садовой культуре.

Лекарственное значение имеет гвоздика разноцветная (*D. versicolor*) — многолетнее растение с толстым корнем (рис. 299). Растет в сосновых борах, на степных лугах и по каменистым склонам в Европейской части СССР, Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и в Средней Азии. Препараты этой гвоздики применяются при гинекологических заболеваниях и обладают кровоостанавливающими свойствами. Лекарственное значение имеют также виды рода грыжник (*Herniaria*): грыжник гладкий (*H. glabra*), грыжник душистый (*H. odorata*). Используется для лекарственных целей надземная часть грыжника (*Herba Herniariae*) (рис. 300). Травя грыжника применяется в народной медицине в качестве мочегонного средства и при хроническом и остром катаре мочевого пузыря.

Незначительное медицинское применение находит мыльнянка лекарственная (*Saponaria officinalis*) (рис. 301) и кукушкин цвет (*Coronaria fls. cuculi*) (рис. 302). Оба вида являются многолетними растениями. Первый вид (*S. officinalis*) изредка используется в качестве отхаркивающего и слабительного средства, а из второго изготавливают препараты кровоостанавливающего действия при внутренних кровотечениях.

Корневища и корни мыльнянки лекарственной содержат большое количество сапонинов и дают отвары, пенящиеся подобно мылу. На этом основано их применение для мытья шерстяных и шелковых тканей.

Порядок Ивоцветные (*Salicales*). Порядок включает только одно семейство ивовых, и поэтому признаки порядка совпадают с признаками семейства.

Семейство Ивовые (*Salicaceae*). К семейству относятся деревья и кустарники с очередными простыми листьями, с прилистниками, которые у некоторых видов рано опадают, а у других остаются. Цветки однополые, растения однодомные и двудомные. Околоцветник отсутствует или он сильно редуцирован (рис. 303). Тычинок от 2 до 30 и более. Пестик один из двух плодolistников с двумя рыльцами и одногнездной верхней завязью, содержащей много семянпочек. Плод — коробочка, раскрывающаяся двумя створками. Семена без эндосперма, покрыты волосками.



Рис. 299. Гвоздика разноцветная (*Dianthus versicolor*).



Рис. 300. Грыжник гладкий
(*Herniaria glabra*).

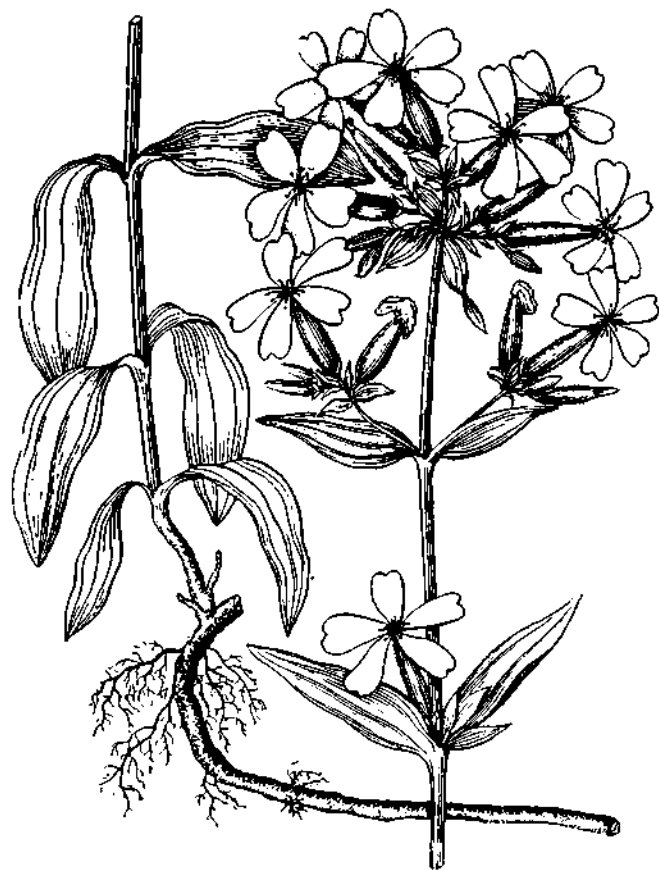


Рис. 301. Мыльнянка лекарственная (*Saponaria officinalis*).



Рис. 302. Кукушкин цвет (*Coronaria flos cuculi*).

1—прикорневые листья и нижняя часть стебля; 2—верхняя часть стебля и соцветие; 3—строение цветка (чашечка удалена): а—лепесток с придатком (с), б—тычинка, в—пестик; 4—лепесток; 5—поперечный разрез через завязь; 6—продольный разрез через коробочку, окруженную чашечкой.

Цветки собраны в соцветия, сережки или колосья и помещаются в пазухах кроющих листьев по одному. Большинство представителей этого семейства цветет до появления листьев.

Семейство ивовых объединяет три рода, которые широко распространены: тополь (*Populus*), ива (*Salix*) и хозевия (*Chosenia*). Последний род имеет один вид, растущий на Дальнем Востоке.

Род тополь представлен 28 видами. В нашей флоре наиболее распространенными видами являются осина (*P. tremula*), белый, или серебристый, тополь (*P. alba*), черный тополь (*P. nigra*). Разновидностью черного тополя является пирамидальный тополь, часто разводимый на юге. У всех тополей чешуй почек выделяют большое количество приятно пахнущей смолы. Лекарственное значение имеет тополь черный (*Populus nigra* L.) (рис. 304), у которого используют листовые почки (*Gemmae Populi*). Их употребляют в народной медицине в виде настоев и мазей. Почки тополя используются также для получения эфирного масла, применяемого в парфюмерии и косметике.

Род ива объединяет около 170 видов, большинство кустарников, но есть и деревья. Многие виды ив являются хорошими медоносами. Нап-

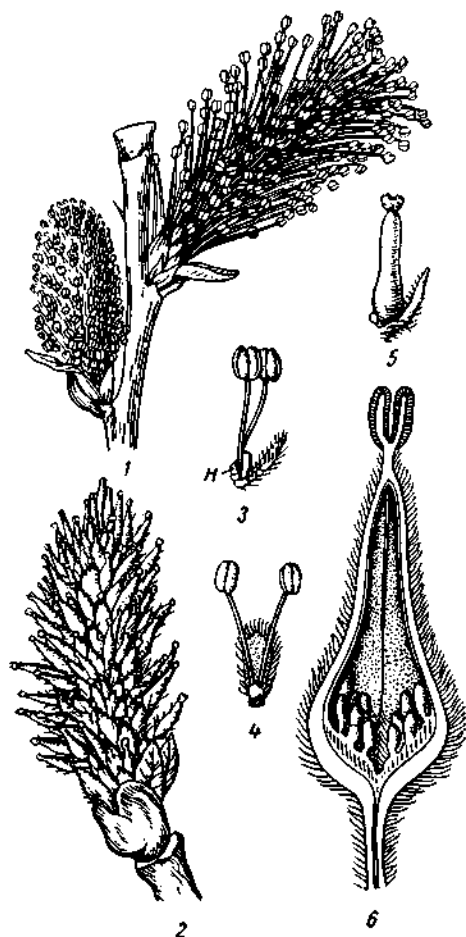


Рис. 303. Ивовые.

1—ветка с двумя мужскими соцветиями; 2—ветка с женскими соцветиями; 3—мужской цветок с двумя тычинками и нектарником (H) сбоку; 4—то же от оси; 5—женский цветок сбоку; 6—пестик в продольном разрезе, внизу семенные зачатки.

более распространенными в нашей флоре являются следующие виды: ива белая, верба (*Salix alba*), ломкая верба (*S. fragilis*), белотал (*S. viminalis*), используемый для плетения корзин. Многие ивы разводятся в качестве декоративных растений. Кора некоторых видов применяется в качестве дубильного сырья.

Ива белая растет по берегам рек, прудов, арыков и разводится около жилья почти всей Европейской части СССР, на Кавказе, в Западной Сибири и в Средней Азии (рис. 305).

С лекарственной целью использовалась кора ивы белой (*Cortex Salicis*). Ее применяли при малярии.

Порядок Букоцветные (Fagales). К этому порядку относятся деревья и кустарники с простыми очередными листьями, имеющими прилистники, легко опадающими. Цветки однополые, мелкие, без околоцветника или с маленьким зеленым околоцветником, собранные в сложные цимозные соцветия; мужские соцветия — сережки, а женские шишечки или сложные колоссы. Все виды опыляются ветром и имеют соответствующие приспособления. Завязь у женских цветков одношестигнездная, нижняя, с 1—2 семяпочками в каждом гнезде. Плод — орешек, который развивается только из одного гнезда.

У представителей этого порядка установлено проникновение пыльцевой трубочки в зародышевый мешок через основание семяпочки (халазогамия).

Порядок включает два семейства: березовых и буковых, к которым принадлежат наиболее важные лиственные деревья наших лесов.

Семейство Березовые (Betulaceae). Семейство включает деревья и кустарники с цельными простыми очередными листьями с прилистниками, рано опадающими. Цветки однополые в сережках или головчатых сложных соцветиях, составленные из дихазиев. Мужские цветки сросшиеся с кроющим листом дихазия. Околоцветник невзрачный, из четырех листочков. Тычинки в числе листочков околоцветника. Женские цветки без околоцветника или с редуцированным околоцветником. Пестик из двух плодолистиков с двумя рыльцами. Плод — орех или орешек.

Семейство березовых объединяет пять родов, включающих около 70 видов.

Одним из важнейших родов является род березы (*Betula*). Из видов этого рода наибольшее значение имеет береза бородавчатая (*Betula verrucosa*) — дерево с характерной белой корой и бородавчатыми



Рис. 304. Тополь черный (*Populus nigra*).



Рис. 305. Ива белая (*Salix alba*).

ветвями, и береза пушистая (*B. pubescens*), у которой ветки покрыты волосками, а кора не такая белая. Обе березы образуют значительные насаждения наших лесов. Они имеют большое экономическое значение, так как дают ценную древесину для топлива и различных поделок, а кора используется для выгонки дегтя и дубления кож (рис. 306).

Береза имеет и лекарственное значение. С лекарственной целью применяют почки березы (*Gemmae Betulae*), а иногда и листья (*Folia Betulae*). Собирают березовые почки для медицинских целей в период их набухания и обязательно до распускания. В этот период они наиболее пригодны для указанных целей.

Род ольха (*Alnus*) представлен у нас несколькими видами. Они отличаются от берез тем, что в пазухах чешуек их женских соцветий помещается только по два цветочка (рис. 307) и сами чешуйки делаются деревянистыми, вследствие чего несколько напоминают шишечки хвойных. Более распространенным видом является черная ольха (*A. glutinosa*) — довольно большое дерево, растущее по берегам рек, ручьев и другим влажным местам. Менее распространена серая ольха (*A. incana*), отличающаяся от черной наличием волосистого опушения на нижней стороне листа.

Для лекарственных целей применяются листья, кора и «шишки» (соплодия) ольхи. Соплодия ольхи для лекарственных целей собирают осенью и зимой.

Граб (*Carpinus*) включает около 18 видов. Наиболее распространенным у нас является граб обыкновенный (*Carpinus betulus*). Этот вид является довольно ценным лесообразующим деревом, дает прочную древесину, которая служит хорошим материалом для поделок и используется в тех случаях, когда требуется большое сопротивление трению. Кора

применяется для дубления кож, а внутренние ее слои — для окрашивания шерсти в желтый цвет.

Лещина, или орешник (*Corylus avellana*), является широко распространенным растением подлеска лиственных лесов, дает обыкновенные, или лесные, орехи. Цветет лещина весной, до появления листьев. Мужские соцветия имеют форму сережек, женские цветки имеют форму шишечек, направленных вверх. В пазухе каждой чешуйки

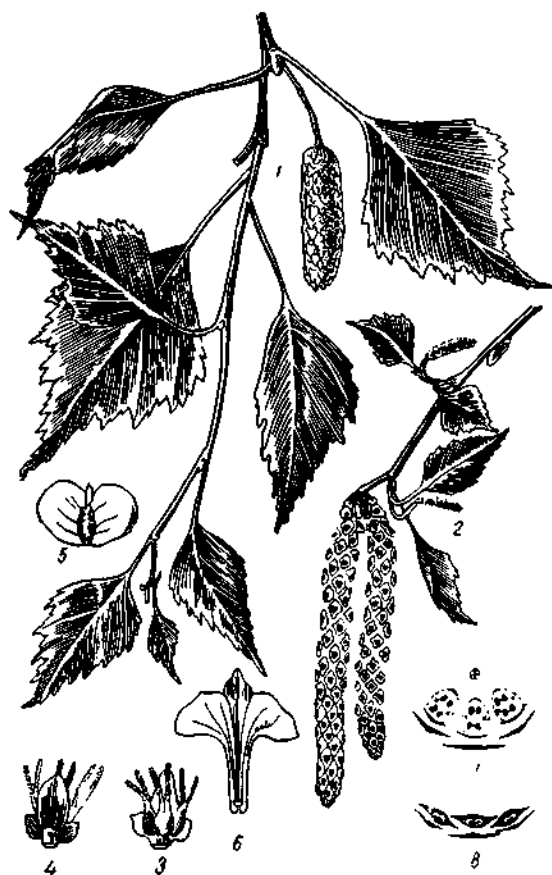


Рис. 306. Береза бородавчатая (*Betula verrucosa*).

1—ветвь с женской сережкой; 2—мужские сережки; 3—трехцветковый женский дихазий со стороны оси сережки; 4—то же со стороны чешуйчатого кроющего листа; 5—плод; 6—его кроющая чешуя; 7—диаграмма мужского дихазия; 8—диаграмма женского дихазия.

такой шишечки находится по два цветка, окруженных особым покровом из прицветных листьев, которые потом разрастаются в зеленую, по краю зазубренную плюску (рис. 308).

Семейство Буковые (Fagaceae). Семейство включает деревья с очередными простыми, цельными или лопастными листьями, опадающими прилистниками.

Цветки раздельнополые, редко пестичные, с недоразвитыми тычинками, однодомные, одиночные или собраны по два-три, пыльниковые — в головчатые или цилиндрические сережки, а пестичные — в короткие колосовидные соцветия. Околоцветник простой из 4—7 листочков. Мужские цветки с 4—7 или 8—14 тычинками. Плодолистиков в женских цветках

3, реже 6, сросшихся в одну нижнюю трехгнездную завязь с двумя вислыми почками в каждом гнезде. Рылец 3—6. Плод—орех, окруженный у основания особым покровом — плюской. Семейство объединяет около 400 видов, распространенных в странах умеренной и отчасти тропической зоны.

Наиболее известным представителем этого семейства является род дуба (*Q u e r c u s*), содержит около 200 видов, в том числе 18 видов произрастает в СССР. Один из видов, дуб черешчатый (*Q. robur*), является важнейшим лесообразующим деревом зон лиственных лесов Восточной Европы (рис. 309). Дуб является крупным деревом, дающим весьма прочную и ценную древесину. Часто используется в насаждениях лесозащитных полос. Кора дуба идет на дубление кож; из плодов (желудей) изготовляют суррогат кофе.

Из других видов этого рода важен пробковый дуб (*Q. suber*), распространенный в Юго-Западной Франции, Южной Испании, Португалии и Северной Африке. В СССР он культивируется в Южном Крыму, в Западном и Восточном Закавказье. Пробковый дуб достигает не более 30 м

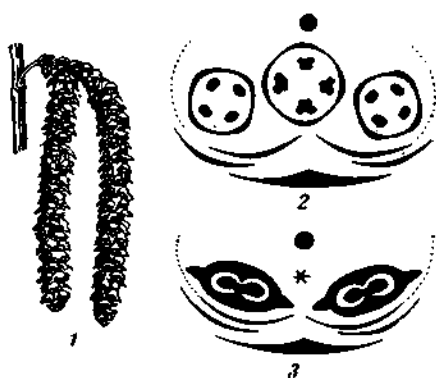


Рис. 307. Олива (*Alnus*).

1—двойное мужское соцветие; 2—диаграмма частного мужского соцветия; 3—то же женского и недоразвитый цветок.



Рис. 308. Орешник, лещина (*Corylus avellana*).

1—мужские цветущие сережки; 2—женский цветок 3—орехи в плюсках.

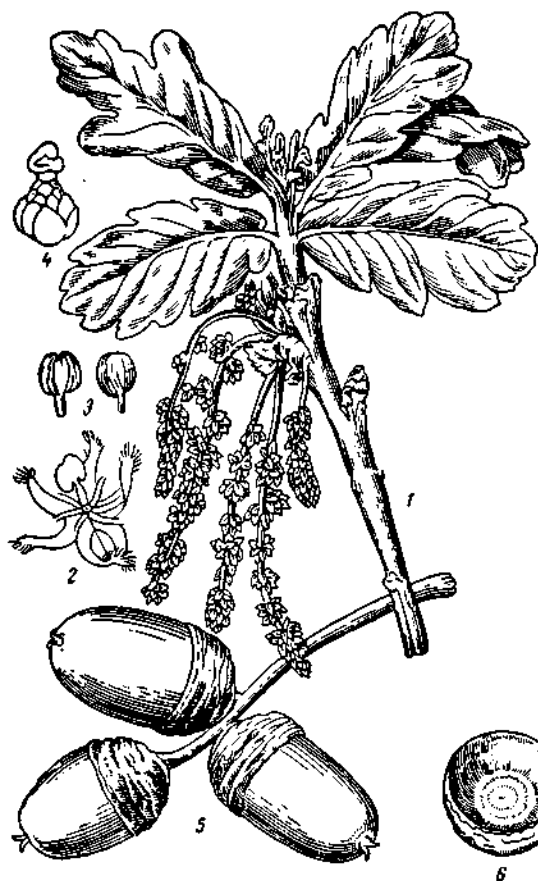


Рис. 309. Дуб черешчатый (*Quercus robur*).
1—ветвь с соцветиями; 2—мужской цветок; 3—тычинки; 4—женский цветок; 5—плоды (желуди) с плошками; 6—плюска.

высоты, способен после снятия коры образовывать на своей поверхности мягкую и нежную пробку, используемую для закупоривания бутылок.

Для лекарственных целей применяют кору дуба (*Cortex Quercus*), которую снимают только с молодых побегов и тонких стволов вида *Q. robur* ранней весной, во время сокодвижения. Кору употребляют в отваре, часто с квасцами, как хорошее вяжущее средство для полоскания горла, при стоматитах и разрыхлении десен.

Другим важным родом является бук (*Fagus*). В Европе широко распространен лесной бук (*Fagus silvatica*), который во многих местах является одной из основных лесообразующих пород (рис. 310). На Кавказе и в Крыму распространен близкий к нему вид — восточный бук (*F. orientalis*). Древесина бука является прекрасным материалом для столярных изделий, особенно для мебели, и обладает высокой теплопроводной способностью. Плоды бука съедобны

и в большом количестве идут на откорм свиней. Они используют также для приготовления масла, годного в пищу.

Каштан (*Castanea vulgaris*, сян. *C. vesca* Gärt n) высокое дерево, распространенное в Европе. Дает съедобные плоды, которые употребляются в пищу в сыром и печеном виде; из них готовят суррогат кофе. Древесина прочная и ценится в столярном производстве.

Порядок Крапивоцветные (*Urticales*). Порядок крапивоцветных включает весьма разнообразные по внешнему виду растения, как травы, так и деревья, достигающие значительных размеров. Цветки обычно однополые, реже двуполые, собранные чаще всего в сложные конечные соцветия, реже одиночные, с простым зеленым околоцветником из 4—6 листочков или без него. Тычинок 4—6, расположенных против листочков околоцветника. Завязь верхняя, одногнездная, с одной семязпочкой, превращающейся в орешек или костянку. Многие представители содержат членистые млечные трубки с млечным соком, выступающим при повреждении наружу. У многих видов в лубе имеются очень длинные, тонкие, но прочные лубяные волокна. Листья у всех форм простые, обычно срастающиеся в виде колпачков с прилистниками.

Порядок делится на ряд семейств: Тутовые (*Moraceae*), Коноплевые (*Cannabaceae*), Крапивные (*Urticaceae*) и Вязовые (*Ulmaceae*), которые



Рис. 310. Бук (*Fagus silvatica*).

1—цветущая ветвь; 2—плодоносящая ветвь; видны выступающие из плоскости орехи.



Рис. 311. Шелковица (*Morus alba*).

1—ветвь с соцветиями; 2—мужской цветок; 3—женский цветок.

отличаются по присутствию или отсутствию млечного сока, положению семяпочки и завязи, форме тычинок и пр.

Семейство Тутовые (Moraceae). В семейство входят древесные, кустарниковые или травянистые тропические и субтропические растения (обыкновенно с млечным соком). Листья очередные или супротивные, цельные или лопастные, с прилистниками. Цветки однополые, в оригинальных, сложных (цимозных) соцветиях с чашевидными или головчатыми осями. Околоцветник невзрачный, четырехчленный (иногда двух-шести-членный). Число тычинок обычно соответствует числу листочков околоцветника. Пестик с двумя рыльцами и одногнездной завязью. Плод — сборная костянка или орешек. Семейство распространено главным образом под тропиками и является одним из важнейших тропических семейств; в умеренном климате представлено лишь небольшим числом видов.

Важнейшими родами являются шелковица (*Morus*), фикус (*Ficus*), хлебное дерево (*Artocarpus*) и анчар (*Antiaris*).

Род шелковицы, или тута, включает деревья или кустарники. Листья опадающие, цельные или пальчатонадрезанные. Цветки одно- или двудомные; тычинок 4; пестик один. Соплодие из односемянных костянок, заключенных в мясистые сочные околоцветники белой или темно-лиловой окраски. В СССР разводится два вида: шелковица белая (*M. alba*) и шелковица черная (*M. nigra*), различающиеся по окраске плодов. Плоды съедобны, из них готовят варенье, пастилу и пр. Из сушеных



Рис. 312. Инжир (*Ficus carica*).

1—ветвь с соплодиями; 2—разрез соплетя; 3—тычиночный цветок; 4—плодущий пестичный цветок; 5—пестик.

плодов получают муку. Листья этих деревьев используются для выкор шелковичного червя. Древесина очень ценная. Из молодых ветвей про зводят бумагу (рис. 311).

Род фикус, или смоковница, включает до 600 видов, распространенных в тропических и субтропических странах. Млечный сок некоторых видов содержит каучук, который раньше из них добывался. К этому же роду относится и инжир (*F. carica*). Это — небольшое дерево с глубоколопастными листьями. Разводится у нас в Крыму и в Закавказье как плодое дерево. Сладкий и питательный плод этого дерева, называемый винной ягодой, представляет собой соплодие. Плодики в виде орешков находятся внутри соплодия (рис. 312).

Хлебное дерево (*Artocarpus*) доставляет съедобные соплодия, из которых жители тропических стран готовят туземный хлеб. Распространено в культуре.

Анчар (*Antiaris toxicaria*) — дерево с ядовитым млечным соком. Распространено на Зондских островах.

Семейство Коноплевые (*Cannabaceae*). В семейство входят травы с прямостоячим или вьющимся стеблем, с дланевидными листьями, имеющими опадающие прилистники. Цветки мелкие, однополые. Мужские цветки собраны в метельчатые соцветия, имеют невзрачный околоцветник из пяти листочков и пяти супротивно им расположенных тычинок. Женские цветки имеют пестик из двух плодолистиков и несут два столбика, собраны в маленькие соцветия в виде шишечек, сидящих между сукучными листьями. Млечного сока нет.

Семейство коноплевых включает два рода: конопля (*Cannabis*) и хмель (*Humulus*). Один из видов конопли (*Cannabis sativa*) издавна широко культивируется как прядильное и масличное растение (рис. 313). Конопля — растение двудомное. Мужские растения, или посконы, развиты слабее, они образуют метельчатое соцветие из тычиночных цветков

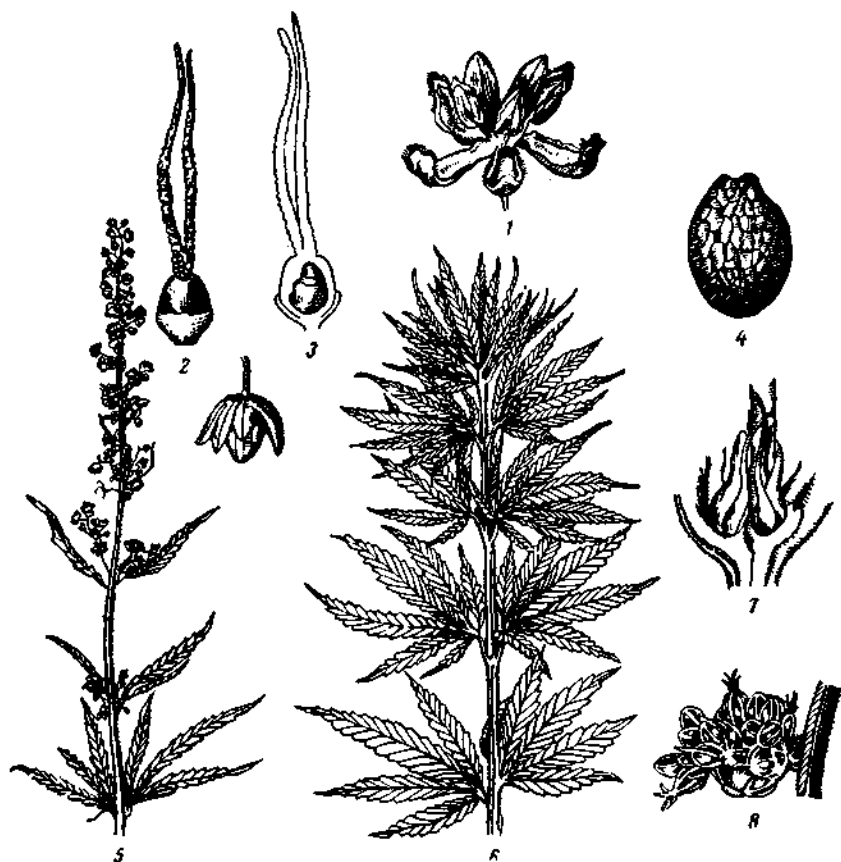


Рис. 313. Конопля (*Cannabis sativa*).

1—тычиночный цветок; 2—пестичный цветок; 3—он же в разрезе; 4—плод; 5—мужское соцветие; 6—часть женского растения; 7—кучка пестичных цветков; 8—кучка тычиночных цветков.

и созревают несколько раньше. Женские растения более ветвистые и гуще облиственны. Лучшие сорта пеньки дают женские растения. Волокно конопли используется для изготовления веревок, канатов, парусов и пр. Семена содержат до 35% жирного масла, употребляемого в пищу, а также на изготовление мыла и олифы.

Особая разновидность конопли — *var. indica* содержит ядовитую горькую смолу — гашиш, употребляемую в странах Южной Азии для курения и жевания. Гашиш является сильнейшим одурманивающим средством, оказывающим разрушающее действие на здоровье людей.

Второй род семейства коноплевых — хмель (*Humulus*) включает два вида. Один из видов его — обыкновенный хмель (*H. lupulus*) — находит применение в пивоваренном производстве, хлебопечении и в медицине. Хмель — растение раздельнополое, двудомное, достигающее 5—6 м высоты. Мужские соцветия его представляют довольно большие метелки, а женские — овальные головки, усаженные большими округлыми кроющими листьями, в пазухах которых помещается по 2 женских цветка; кроющие листья после оплодотворения разрастаются и делают соплодия хмеля похожими на шишку ели. Эти соплодия («шишки») содержат лупулин и используются для лекарственных целей. Вещества, добываемые



Рис. 314. Крапива (*Urtica dioica*).
1—мужское растение; 2—тычиночный цветок;
3—диаграмма тычиночного цветка; 4—диа-
грамма пестичного цветка.

из соплудий хмеля, применяют в качестве успокаивающего средства при болезненных раздражениях мочевого пузыря.

Семейство Крапивные (*Urticaceae*). Крапивные в основном травянистые растения, без млечного сока, но часто со жгучими волосками. Цветки раздельнополые, растения двудомные и однодомные. Женские и мужские цветки собраны в многоцветковые соцветия, выходящие из пазух листьев. У мужских цветков имеется четырехлистный околоцветник и 4 тычинки с согнутыми внутренними нитями; нити при раскрытии цветка выпрямляются и создают известное напряжение, обуславливающее разрыв пыльника и выбрасывание пыльцы. В женских цветках околоцветник также четырехлистный, плодolistиков два. Завязь одногнездная, семяпочка прямая.

Представителем этого семейства в нашей флоре является двудомная крапива (*Urtica dioica*) (рис. 314). Это многолетнее травянистое растение, размножающееся при помощи корневищ. Растет вблизи поселений, особенно на богатых нитратами почвах, в запущенных лесах и др. Стебли двудомной крапивы содержат длинные и тонкие волокна, что позволяет при соответствующей обработке использовать ее в качестве прядильного материала. У нас встречается также однодомная жгучая крапива (*U. urens*). Так называемая китайская крапива, или рами (*Boehmeria nivea*), относится к другому роду; из волокна этого вида изготавливают ткани, а также канаты.

Крапива (*Urtica dioica*) находит разнообразное применение в медицине. Листья ее (*Folia Urticae*) введены в Фармакопею СССР

и применяются при различных заболеваниях, главным образом как кровоостанавливающее, мочегонное и противолихорадочное средство. Из крапивы извлекают растительную краску.

Порядок Гречишниковые (*Polygonales*). В этот порядок входит только одно семейство — гречишные, и поэтому признаки порядка совпадают с признаками семейства.

Семейство Гречишные (*Polygonaceae*). Это семейство довольно большое, содержит около 800 видов, в наших широтах представлено

только травами, но в южных широтах есть кустарники и древесные формы. Листья простые, очередные, цельные или лопастные, с прилистниками, которые, срастаясь, охватывают основание лежащего выше междоузлия, образуют так называемый раструб. Цветки в щитовидных метелках, сидящих на цветоносах и выходящих из пазух листьев. Околоцветник зеленый или окрашенный и состоит из 3—6 свободных листочков. Тычинок 3—9. Пестик одногнездный, состоит из 2—3 плодолистиков с 3 рыльцами. Плод—орешек. Семена с эндоспермом. Зародыш с двумя семядолями.

Наиболее важный род—**гречиха** (*Fagopyrum esculentum*, син. *F. sagittatum*). Родиной гречихи считается Средняя и Восточная Азия. Это однолетнее растение с широкими, слегка стреловидными листьями и довольно сильно ветвистым стеблем, достигающим 100 см и более высоты. Гречиха является хорошим медоносным растением, цветкам ее свойственна гетеростилия (рис. 315 и 316). Экономическое значение гречихи как пищевого растения довольно большое, из ее плодов готовят гречневую крупу и муку.

Трава гречихи в фазе цветения используется для получения ценного лекарственного препарата **рутина**, обладающего способностью понижать кровяное давление.

Другими родами, представленными в нашей флоре, являются **горец** (*Polygonum*), **щавель** (*Rumex*), **ревень** (*Rheum*). Некоторые из них включают ценные лекарственные растения.

Водяной перец (*Polygonum hydropiper*)—однолетнее травянистое растение; стебель зеленый, к осени краснеющий, ветвистый. Листья очередные, продолговато-ланцетовидные, цельнокрайные, суженные у основания и к концам. По краю верхней поверхности листа имеются волоски, нижняя поверхность листа голая. Цветки мелкие, собраны в прерывистые поникшие кисти. Растение цветет с конца июня до осени. Растет на сырых местах, около рек, канав, прудов (рис. 317).

С лекарственной целью используется надземная часть растения (*Herba Polygoni hydropiperis*). Применяется в медицине от поносов и при крово-



Рис. 315. Гречиха (*Fagopyrum esculentum*).
1—цветущая ветка; 2—цветок сверху; 3—цветок в разрезе; 4—плод; 5—плод в поперечном разрезе.



Рис. 316. Два цветка гречихи (*Fagopyrum*).
1—с короткими тычинками и длинными столбиками;
2—с длинными тычинками и короткими столбиками.



Рис. 317. Водяной перец (*Polygonum hydropiper*).

течениях. Обладает хорошим кровоостанавливающим действием. Заготавливают траву в начале цветения.

Змеевик, или **горец змеенный**, раковые шейки (*P. bistorta*), — многолетнее травянистое растение с прямым цилиндрическим голым стеблем, достигающим 50—80 см высоты, имеет толстое корневище, змеевидно изогнутое. Растет на влажных лугах, лесных полянах, опушках и в кустарниках в Европейской части СССР, в Западной и Восточной Сибири (рис. 318).

С лекарственной целью используются корневища змеевика (*Rhizoma Bistortae*). Их употребляют в качестве сильно вяжущего средства в виде жидкого экстракта и отвара. Препараты из корневища применяют при расстройствах кишечника.

Из других видов этого рода находят частичное применение в медицине **почечуйная трава** (*P. persicaria*) и **спорыш** (*P. aviculare*). Оба вида являются однолетними травянистыми растениями. Первый вид обладает мочегонными свойствами и применяется как средство против геморроя, а второй — в качестве вяжущего и мочегонного средства.

Род Ревень (*Rheum*) представлен крупными многолетними травянистыми растениями с большими, часто глубокопальчаторассеченными

листьями. Из них ревень тангутский (*Rheum tanguticum*) используется в медицине. С лекарственной целью применяются корневища и корень ревеня (*Rhizoma et Radix Rhei*). В китайской медицине ревень применяли еще до начала нашей эры. Оттуда он проник в европейскую медицину. Ревень обладает тоническими свойствами и в зависимости от дозы действует и как вяжущее и как слабительное.

В качестве овощного растения разводится ревень огородный (*Rheum rhabarbaricum*) и другие виды и сорта. Из обширного рода щавель (*Rumex*) широко используется в качестве овощного растения щавель кислый (*R. acetosa*). Многие другие виды известны как сорные растения, засоряющие поля, сады и огороды.

Корень конского щавеля (*R. confertus*) ранее употреблялся в народной медицине для лечения различных кожных болезней, в частности чесотки.

В современной гомеопатической медицине используются корни щавеля курчавого (*R. crispus* L.), произрастающего в Европейской части СССР.



Рис. 318. Змеевик (*Polygonum bistorta*).

Подкласс Спайнолепестные (Symptetales)

Наиболее характерными признаками этого подкласса считается срастание лепестков венчика вместе, в одно целое, а также однопокровность семенных зачатков. Хотя оба эти признака встречаются порознь и у раздельнолепестных, но все же выделение этого подкласса по обоим этим признакам весьма удобно, так как оно позволяет легче ориентироваться среди большой массы двудольных. Многие систематики считают, что спайнолепестные — это более высокая ступень развития цветковых растений сравнительно с раздельнолепестными.

Многие ботаники спайнолепестные разделяют на две группы: пятикруговые (*Pentacyclae*) и четырехкруговые (*Tetracyclae*). У первых в цветке имеется пять кругов (чашечка, венчик, два круга тычинок и гинецей), у вторых — один круг тычинок выпадает. Пятикруговые стоят ближе к раздельнолепестным и у них иногда лепестки почти не срастаются.

Число порядков, объединяемых в подкласс спайнолепестных, невелико; в этот подкласс включаются некоторые широко распространенные семейства с характерным устройством цветков (например, губоцветные, сложноцветные).

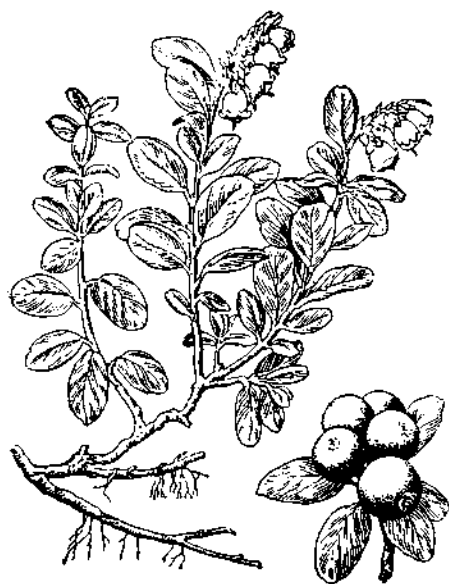


Рис. 319. Брусника (*Vaccinium vitis-idaea*).



Рис. 320. Толокнянка (*Arctostaphylos uva-ursi*).



Рис. 321. Черника (*Vaccinium myrtillus*).



Рис. 322. Багульник болотный (*Ledum palustre*).

Весьма ценным лекарственным и пищевым растением является черника (*Vaccinium myrtillus*). Это низкий кустарничек с остроребристыми гладкими ветвями. Листья кожистые, гладкие, светло-зеленые, короткочерешковые, эллиптические или яйцевидные, опадающие на зиму. Цветки на коротких цветоножках расположены поодиночке в пазухах листьев. Цветет в мае—июне. Распространена в северной и средних частях РСФСР, БССР, УССР, на Кавказе и в Сибири. Растет в лесах, преимущественно в еловых и сосновых, в особенности на ровных местах (рис. 324).

В лечебных целях широко используются ягоды черники (*Fructus Myrtilli*). Их применяют в

сушеном виде при расстройствах кишечника, при катаральном состоянии желудка и пр.

Ягоды черники в свежем виде перерабатываются на вино, соки и пр., а в сушеном виде используются для подкрашивания виноградных вин.

Лечебное действие ягод черники обуславливается содержанием в них дубильных веществ. Сбор их производят в период полного созревания.

Близким к чернике видом является голубика (*V. uliginosum*). Это кустарник с прямостоячими, округлыми зелеными стеблями. Листья обратнояйцевидные, цельнокрайные, снизу сизые. Цветки мелкие, белые или красноватые, сидят поодиночке в пазухах листьев. Плод — сизая овальная ягода, несколько крупнее ягоды черники. Цветет в мае—июне. Распространена в северной и средней частях СССР, включая всю Сибирь. Растет на торфяных болотах и в сырых лесах. Ягоды применяют в пищу как противогнилостное средство; их используют также в ликерном производстве.

Клюква (*Oxycoccus palustris*), стелющийся кустарник, растущий на торфяных болотах, распространенный в северной и средней полосах СССР, включая Сибирь и Дальний Восток. Листья мелкие, продолговатояйцевидные, с загнутыми краями, снизу серые. Цветки пурпурные. Ягода шаровидная, красная, сочная, употребляется в пищу и для изготовления клюквенных экстрактов.

Багульник болотный (*Ledum palustre*) — вечнозеленый кустарничек. Листья кожистые, линейнопродолговатые, очередные, на зиму не опадающие. Цветки правильные, белые, реже красноватые. Плод — поникшая многосемянная коробочка. Все растение обладает резким опьяняющим запахом и горьким вкусом; ядовито; распространено в лесной и тундровых зонах. Растет в болотистых лесах (рис. 322).

Применяется в народной медицине при лечении ревматизма, золотухи и пр. Им окуривают комнаты для уничтожения насекомых.

Порядок Первоцветные (*Primulales*). К этому порядку относятся растения с актиноморфными пятичленными, реже с четырехчленными цветками. Плодолистиков 4—5, дающих одногнездную завязь. Семязачки

с двумя покровами. Порядок включает 3 семейства, из которых в СССР встречаются первоцветные и свинчатковые.

Семейство Первоцветные (Primulaceae). Травянистые растения с листьями без прилистников; у многих представителей листья собраны в прикорневые розетки. Цветки пятичленные, обоеполые, почти у всех актиноморфные, у некоторых гетеростильные. Тычинок один круг, сросших с лепестками венчика. Завязь верхняя, реже полунижняя, из пяти плодолистиков. Столбик один, рыльце головчатое. Плод — многосемянная коробочка. Семена с эндоспермом. Опыляются чаще всего насекомыми. Семейство объединяет около 500 видов, распространенных главным образом в умеренных областях Северного полушария. Многие виды введены в культуру как декоративные.

Самый обширный род первоцвет (Primula) содержит свыше 200 видов, растущих в горных местах северной умеренной области. В СССР наиболее распространен первоцвет весенний, или лекарственный (Primula veris, P. officinalis), — многолетнее растение высотой 15—30 см с длиннотрубчатыми гетеростильными желтыми цветками (рис. 323). Растет на лугах, поймах, редких лесах и в кустарниках. Цветет во вторую половину весны. В листьях первоцвета находится много витамина С, корни содержат сапонины. Из первоцвета лекарственного готовят ряд препаратов, применяемых в качестве отхаркивающего средства.

В гомеопатической медицине из семейства первоцветных применяют еще цикламен европейский (Cyclamen europaeum).

Китайские примулы (P. chinensis, P. obconica) разводятся в комнатных условиях в качестве декоративных растений.

Порядок Скрученные (Contortae). Характерным признаком порядка являются скрученные венчики в бутоне. Цветки четырехкруговые, 4- или 5-членные, актиноморфные или слегка зигоморфные. Пестик из двух плодолистиков; завязь верхняя, одногнездная или двугнездная.

Из этого порядка мы рассмотрим семейство горечавковых, в котором наиболее полно выражены признаки порядка.

Семейство Горечавковые (Gentianaceae). К этому семейству относятся почти исключительно травянистые растения с супротивными листьями без прилистников. Цветки одиночные или в димозных соцветиях, обычно довольно крупные, чаще актиноморфные, четырехкруговые. Гинецей состоит из двух плодолистиков, остальные части цветка — из

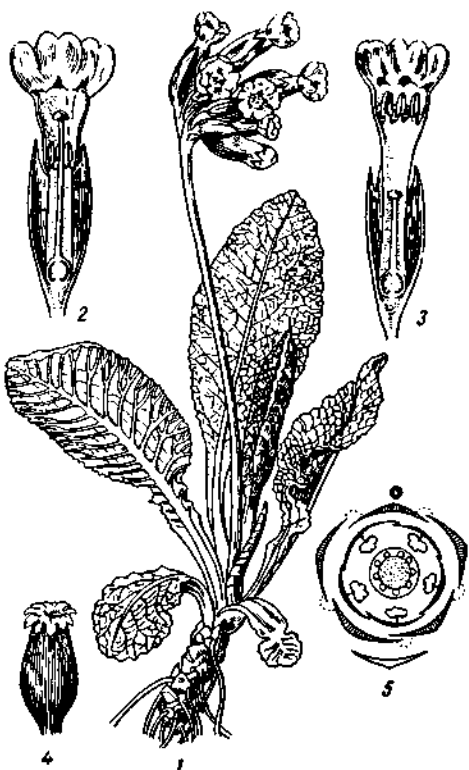


Рис. 323. Первоцвет лекарственный (Primula officinalis).

1—общий вид; 2—длинностолбчатый и 3—короткостолбчатый цветки в продольном разрезе; 4—плод; 5—диаграмма цветка.

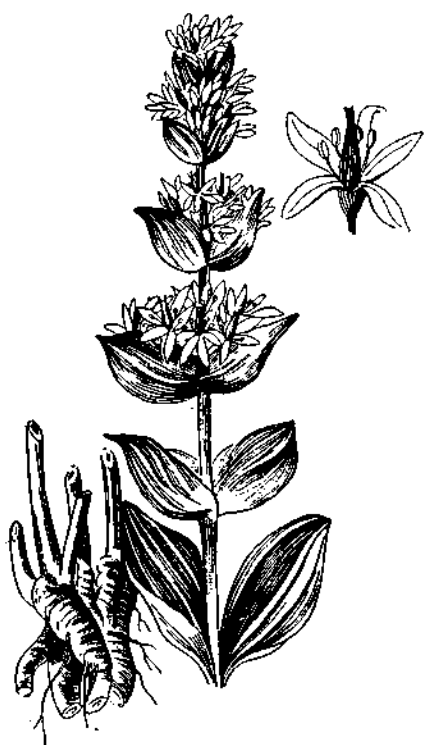


Рис. 324. Горечавка желтая (*Gentiana lutea*).



Рис. 325. Золототысячник (*Erythraea centaureum*). Общий вид растения, справа цветок в продольном разрезе.

4—5 членов. Завязь верхняя, одногнездная, реже двугнездная. Плод — коробочка, вскрывающаяся по створкам. Семена с эндоспермом.

Семейство объединяет около 70 родов, к которым относится около 1000 видов. Многие виды этого семейства содержат гликозиды, что обуславливает применение некоторых из них в научной и народной медицине. Несмотря на красоту цветков, они мало распространены в декоративном садоводстве, так как выращиваются с трудом.

Самым обширным родом является род горечавка (*Gentiana*), насчитывающий свыше 400 видов, распространенных во всех частях света, кроме Африки.

В медицине применяется горечавка желтая (*Gentiana lutea*). Это многолетнее растение родом из Средней и Южной Европы (рис. 324). С лекарственной целью используются корневища и корни горечавки (*Rhizoma et Radix Gentianae*). Их применяют в виде порошка и густого экстракта как средство, возбуждающее аппетит.

Находит применение в медицине также золототысячник зонтичный (*Centaureum umbellatum*, или *Erythraea centaureum* L.)—мелкое травянистое растение, растущее у нас на лесных лугах, между кустарниками и как сорное растение на полях (рис. 325). С лекарственной целью используется надземная часть золототысячника в качестве средства, улучшающего пищеварение. Сходное применение находит третий вид—вахта, или трифоль (*Menyanthes*

trifoliata L.), растущая у нас по болотам, берегам водоемов и имеющая красивые кисти воронковидных беловато-розовых цветков (рис. 326). Для лекарственных целей применяют листья трифоли (*Folium Trifolii*). От других видов горечавковых трифоль отличается тем, что у нее венчик в бутоне не скрученный, а створчатый, листья не супротивные, а очередные.

П о р я д о к *Трубоцветные* (*Tubiflorae*). К порядку трубкоцветных относятся травянистые растения с цельными листьями без прилистников. Цветки правильные или неправильные; плодolistиков 2, завязь двугнездная, в каждом гнезде по две семяпочки, часто отделенные друг от друга ложными перегородками. Лепестки венчика, сросшиеся в трубочку. Тычинок 5 или вследствие редукции 4 или 2, они прикреплены к венчику. Завязь верхняя; вокруг основания завязи расположен кольцевой нектарник.

С е м е й с т в о *Бурачниковые* (*Boraginaceae*). Это семейство включает более 1500 видов, распространенных главным образом в умеренном поясе северного полушария. Представители семейства почти исключительно травянистые растения с ребристыми стеблями, простыми листьями без прилистников. Листья очередные, часто покрытые жесткими волосками. Соцветие обычно представляет двойной завиток. Все распустившиеся цветки в завитке направлены вверх. Цветки актиноморфные, реже зигоморфные. Венчик с пятилопастным отгибом; чашечка также пятичленная. Тычинок 5. Пестик из двух соединенных плодolistиков. Завязь двугнездная или вследствие вторичных перегородок четырехгнездная, с четырьмя висющими семяпочками. Столбик один. Плод — костянка или дробный, рассыпающийся на четыре орешка (рис. 327).

Некоторые виды семейства бурачниковых являются хорошими медоносными растениями, например медуница (*Pulmonaria officinalis*), декоративными, например незабудка (*Myosotis*), гелиотроп (*Heliotropium*) и др., а также лекарственными.

Из лекарственных растений этого семейства следует указать на чернокорень лекарственный, окопник лекарственный и др.

Чернокорень лекарственный (*Synoglossum officinale* L.) — двухлетнее травянистое растение. Стебель прямой, в верхней части ветвистый, высотой от 35 до 100 см (рис. 328). Листья ланцетовидные, покрытые тонкими сероватыми волосками. Цветы темнопурпурные, редко белые, в длинных завитках. Растет по бесплодным каменистым и сорным местам в средней и южной полосах СССР, на Кавказе и в Средней Азии. Растение ядовито. В семенах и корнях содержится алкалоид циноглюсин, действующий подобно кураре.

Окопник лекарственный (*Symphytum officinale*) — многолетнее жесткошершавое травянистое растение. Цветы

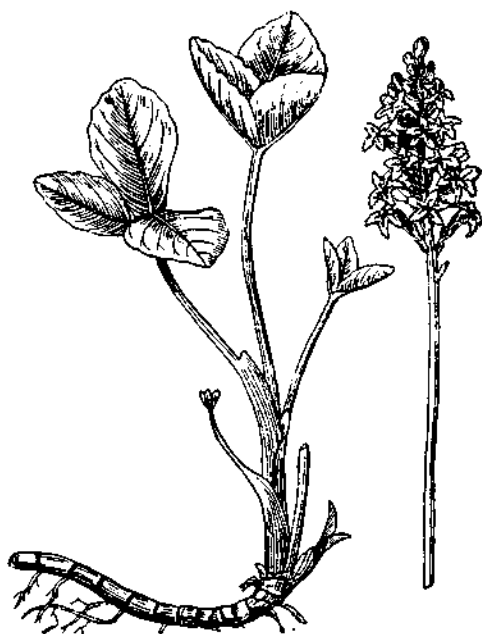


Рис. 326. Трифоль (*Menyanthes trifoliata*).

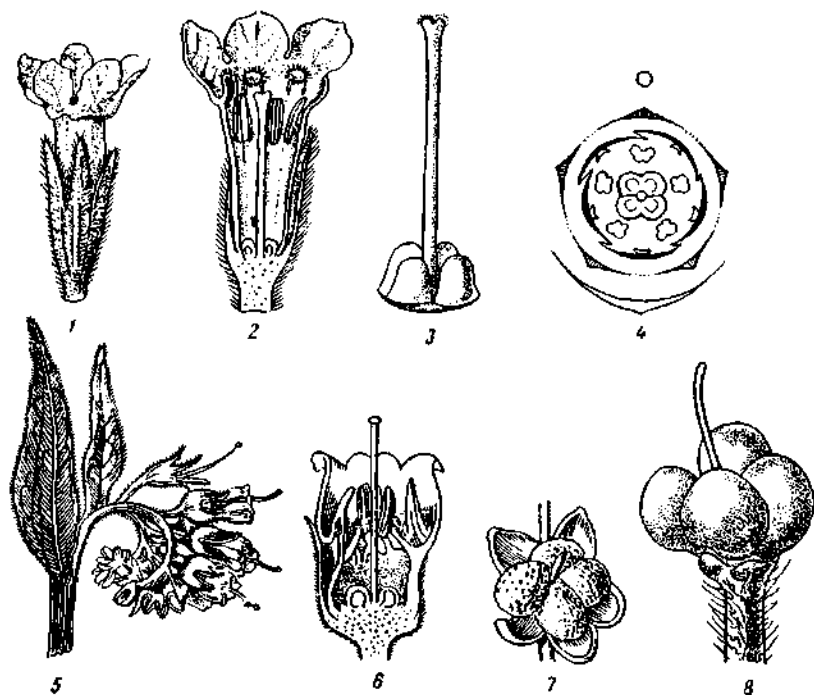


Рис. 327. Бурачниковые.

1—общий вид цветка; 2—продольный разрез цветка у *Anchus officinalis*; 3—пестик у него же; 4—диаграмма цветка у него же; 5—соцветие и 6—продольный разрез цветка у окопника (*Symphytum officinale*); 7—плод у чернокопья (*Synoglossum officinale*); 8—плод у воробейника (*Lithospermum officinale*).



Рис. 328. Чернокопье лекарственное (*Synoglossum officinale*).

1—верхняя часть стебля; 2—цветок в продольном разрезе; 3—плоды.

фиолетовые или беловатые, в завитках на концах цветоносов. Растет на влажных местах, по берегам рек, озер и сырым лугам Европейской части СССР, на Кавказе и в Сибири. Все части растения ядовиты.

Синяк обыкновенный (*Echium vulgare*) — двухлетнее травянистое растение, растет как сорняк по сухим склонам и оврагам. Встречается почти всюду, кроме Крайнего Севера. Является хорошим медоносным растением. Цветет летом. Цветки в густых завитках. Венчик синий, редко белый воронковидный. Все части растения ядовиты.

Семейство Пасленовые (Solanaceae). Цветки обычно правильные, одиночные или в разнообразных соцветиях. Венчик и чашечка пятичленные. Тычинок 5; они сросшиеся с трубкой венчика. Плодолистиков 2, завязь верхняя, 2—5-гнездная, со многими, реже немногими семяпочками. Плод — коробочка или ягода. Семена с эндоспермом. Листья большей частью цельные, очередные, без прилистников. Часто все части растений покрыты железистыми волосками, иногда с неприятным запахом. Семейство включает около 1700 видов. Это травы или кустарники, распространенные главным образом в тропических странах Нового Света. Некоторые виды широко распространились и в умеренных областях обоих полушарий. Среди них много ядовитых и богатых алкалоидами растений.

Главнейшими родами семейства являются табак (*Nicotiana*), дурман (*Datura*), белена (*Hyoscyamus*), паслен (*Solanum*), красавка, или белладонна (*Atropa*), скополия (*Scopolia*) и др.

Род *Nicotiana* представлен рядом видов. Среди них наибольшее распространение получили табак (*N. tabacum*) и махорка (*N. rustica*). Листья содержат алкалоид никотин, действующий на сердце.

Род *паслен* включает около 1200 видов, широко распространенных по всему свету. Среди них ряд важнейших культурных растений — картофель (*S. tuberosum*), томат (*S. lycopersicum*) и др.

Из лекарственных растений этого семейства следует отметить белену, белладонну, дурман, скополию и др.

Белена черная (*Hyoscyamus niger*) — двухлетнее травянистое растение с неприятным запахом. В первый год образуется розетка из прикорневых листьев. На втором году развивается разветвленный стебель, густо покрытый мягкими железистыми волосками. Стеблевые листья очередные, сидячие, удлиненоовальные, мягкие, клейкие. Цветки довольно крупные, собраны на верхушке стебля и ветвей в виде завитков. Венчик пятилопастный, грязновато-желтый, с темно-фиолетовыми жилками, у основания темно-фиолетовый. Чашечка зеленая, пятилистная клейкая, железистая. Плод — двугнездная яйцевидная коробочка, вскрывающаяся крышечкой, с мелкими буровато-серыми семенами. Белена цветет с июня до октября. Встречается по всему СССР, кроме тундрной зоны Сибири и тундры (рис. 329).

С лекарственной целью используются листья белены (*Folia Hyoscyami*). Из листьев готовят разные препараты, которые употребляются только по рецептам врачей.

Белладонна, или красавка (*Atropa belladonna*) — многолетнее травянистое, весьма ядовитое растение, распространенное в Крыму, на Северном Кавказе и в Закавказье. Растет по горным склонам и в буковых лесах. Подземная часть растения состоит из корневища с крупными ветвистыми корнями. От корневища отходят стебли, которые в момент цветения достигают 1—1,5 м высоты. Листья очередные. Цветки довольно крупные, расположены в пазухах листьев. Венчик буро-фиолетовый, колокольчатый с пятью отогнутыми лопастями. Плод — многосемянная ягода, похожая на вишню, очень ядовитая. Растение цветет в июне — июле (рис. 330).



Рис. 329. Белена черная (*Hyoscyamus niger*).

С лекарственной целью используются листья красавки, или белладонны (*Folia Belladonnae*), реже корни и трава.

Из белладонны готовят различные лекарства, применяемые как противоспазматические и болеутоляющие средства при желудочно-кишечных заболеваниях и как противоядие при отравлении морфином.

Дурман (*Datura stramonium*) — однолетнее травянистое растение до 1 м высоты. Стебель стоячий, в верхней части ветвистый. Листья очередные, почти яйцевидной формы, по краям зубчатые, с неравномерными выемками. Цветки крупные, одиночные, расположены в пазухах листьев. Венчик белый, воронковидный, пятизубчатый. Плод — коробочка с многочисленными шипами. Семена крупные, почковидные. Все растение ядовито. Цветет в июле—августе. Распространено в южной и средней полосах Европейской части СССР, на Кавказе, в Крыму и др. Растет на пустырях, огородах и по сорным местам (рис. 331).

С лекарственной целью используются листья дурмана (*Folia Stramonii*). Препараты из дурмана употребляют в качестве антиспазматического и наркотического средств. Их применяют при невралгиях, хроническом и остром ревматизме, астме и при других заболеваниях.

К семейству пасленовых принадлежит стручковый перец (*Сарсисум апиум*). Культура перца в СССР распространена



Рис. 330. Белладонна (*Atropa belladonna*).
1—ветвь с цветами и плодами; 2—развернутый цветок.



Рис. 331. Дурман (*Datura stramonium*).

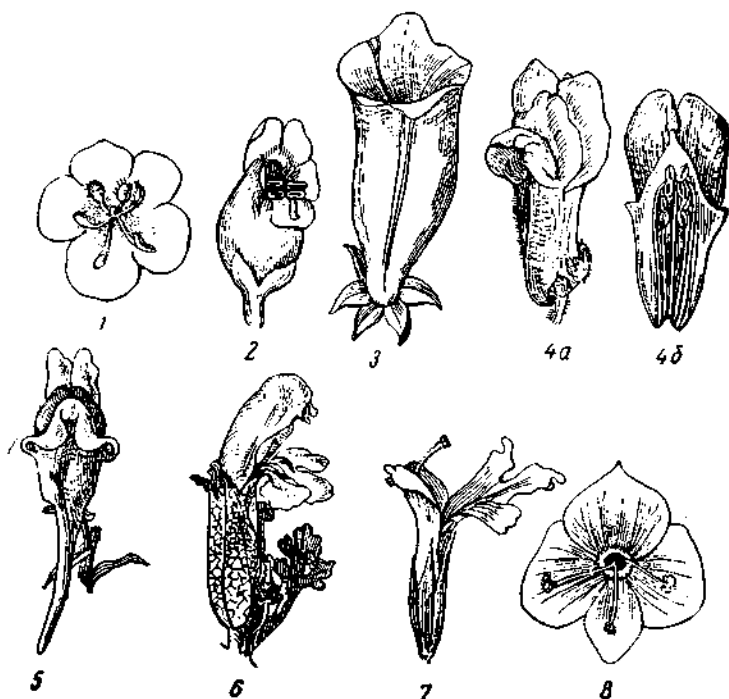


Рис. 332. Цветки норичниковых.

1—коровяка (*Verbascum*); 2—норичника (*Scrophularia*); 3—наперстянки (*Digitalis*); 4a и 4б—львиного зева (*Antirrhinum*); 5—линянки (*Linaria*); 6—мытника (*Pedicularis*); 7—очанки (*Euphrasia*); 8—вероники (*Veronica*).

в Узбекской ССР и в Сталинградской обл. Находит применение в качестве мази при отморожении и острой приправы к блюдам.

Семейство Норичниковые (Scrophulariaceae). Цветы зигоморфные, иногда почти правильные, одиночные или в кистевидных соцветиях. Околоцветник обычно пятичленный; чашечка четырех-пятизубчатая. Венчик четырех-пятилепестный, большей частью двугубый, но бывает также трубчатый, колокольчатый. Тычинок 5, но в большинстве случаев задняя тычинка редуцирована. Пестик с длинным столбиком и головчатым или лопастным рыльцем. Плодолистиков 2. Завязь верхняя, двугнездная, редко одногнездная, с многочисленными семечками на центральной плаценте. Плод — двустворчатая коробочка, вскрывающаяся по перегородкам, реже через отверстия наверху; редко — ягода. Семена с эндоспермом (рис. 332).

Семейство норичниковые — преимущественно однолетние и двухлетние травянистые растения, реже кустарники и еще реже древесные формы. Листья цельные, супротивные или очередные, без прилистников. Растения распространены главным образом в умеренных поясах обоих полушарий. Опыление осуществляется насекомыми, которые привлекаются нектарниками, расположенными под завязью. Семейство включает около 2600 видов, среди которых имеются ценные лекарственные и декоративные растения.

Род Коровяк (*Verbascum*) представлен видами *V. phlomidoides*, *V. thapsiforme* и *V. thapsus*. Это — двухлетнее травянистое растение, у которого развивается в первый год только розетка прикорневых листьев, а на второй — высокий цветоносный стебель, достигающий

180 см высоты. Первые два вида очень сходны и различаются главным образом по форме листьев. Цветки собраны по 3—4 в пазухах прицветников; соцветие колосовидное, более густое кверху; цветки расположены на коротких цветоножках, довольно крупные, плоские. Чашечка пятираздельная. Венчик плоский, опадающий, желтый, состоит из короткой трубочки и из 5 сростшихся до половины лепестков с приросшими к ним 5 желтоватыми тычинками. Венчик снаружи опушенный.

Распространены в средней и южной полосах Европейской части СССР; растут по лугам, опушкам лесов, на песчаной почве и на солнечных холмах.

С лечебной целью применяют высушенные желтые венчики под названием «цветы коровяка» (*Flores Verba-sci*). Иногда используют листья. Цветы и листья употребляют в качестве отхаркивающего и обволакивающего средств при кашле, катаре легких и при других болезнях.

Весьма ценными лекарственными растениями являются виды наперстянок, культивируемых в нашей стране: пурпурной (*Digitalis purpurea*), шерстистой (*D. lanata*), произрастающей на Кавказе ржавой (*D. ferruginea*) и в Европейской части СССР и Западной Сибири крупноцветковой наперстянки (*D. grandiflora*, синон. *D. ambigua*). Это двухлетние или многолетние растения, у которых развиваются в первый год розетка прикорневых листьев, а на второй год — цветоносный стебель 30—120 см высоты. Стебли и листья густо покрыты простыми и железистыми волосками, листья бархатистые, сверху темно-зеленые, снизу седоватые, войлочные. Край листьев пурпурной наперстянки неравномерногогородчатый. Розеточные и нижние стеблевые листья 12—20 см длины и 3—7 см ширины, черешки длинные и широкие, крылатые. Венчик пурпурный или бледный; цветки крупные, неправильной наперстковидной формы, собраны в прямую кисть. Тычинок 4, реже 5. Завязь верхняя. Плод — коробочка, окруженная неоппадающими чашелистиками. Культивируется как лекарственное и декоративное растение на Украине и в Белоруссии (рис. 333).

С лекарственной целью используются листья наперстянки (*Folia Digitalis*). Препараты из наперстянки и кристаллические глюкозиды, получаемые из наперстянки шерстистой, применяются как средство, регулирующее сердечную деятельность при сердечной недостаточности.

Из других лекарственных растений семейства норичниковых следует отметить ядовитый авран лекарственный (*Gratiola officinalis*), веронику лекарственную (*Veronica officinalis*), льнянку обыкновенную (*Linaria vulgaris*).



Рис. 333. Наперстянка красная (*Digitalis purpurea*).

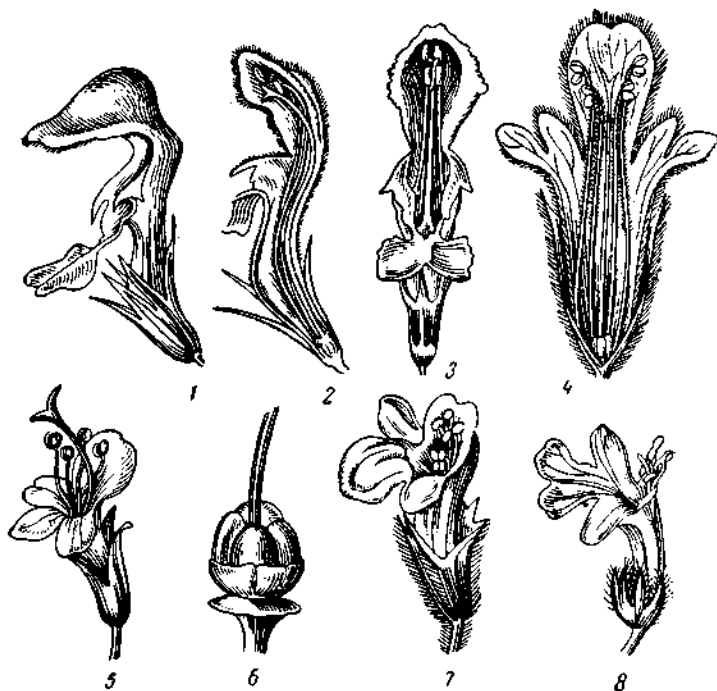


Рис. 334. Цветки губоцветных.

1—цветок глухой крапивы (*Lamium album*); 2—продольный разрез этого цветка; 3—вид его спереди (с отвернутой верхней губой); 4—цветок пуштырника (*Leonurus lanatus*) в развернутом виде; 5—цветок чебреца (*Thymus*); 6—его завязь с нижней частью столбика; 7—цветок мелиссы (*Melissa officinalis*); 8—цветок живучки (*Ajuga reptans*).

Ценным декоративным растением этого семейства является левиний зе в (*Antirrhinum majus*) с характерным неправильным двугубым венчиком.

Семейство Губоцветные (*Labiatae*). Цветки всегда зигоморфные, собраны в супротивные полумутовки на конечной цветной оси. Околоцветник пятичленный. Венчик двугубый; нижняя губа трехлепестковая, верхняя — двухлепестковая. Тычинок 4, из них 2 передние прикреплены к нижней губе, которая обычно длиннее двух других. У некоторых видов только две тычинки плодущие, другие же превращены в стаминодии (у шалфея). Пестик из двух плодолистиков; завязь верхняя, двугнездная, но вследствие образования вторичной перегородки становится четырехгнездной. В каждом гнезде завязи развивается по одной семечке. Плод — сборный из 4 односемянных орешков. Семена с эндоспермом (рис. 334).

Губоцветные в большинстве травы, реже полукустарники, с характерными четырехгранными стеблями и супротивными листьями, большей частью опушенными и железистоволосистыми. Растения богаты железками, выделяющими эфирные масла. Опыление преимущественно насекомыми; имеются многочисленные приспособления к энтомофилии. Число видов, входящих в семейство, достигает 3000, распространенных главным образом в Средиземноморской области по сухим солнечным местам. Среди них много эфиромасличных и лекарственных растений.

Лаванда настоящая (*Lavandula vera*) — ветвистый полукустарник. Листья с эфиромасличными железками, при расти-



Рис. 335. Шалфей лекарственный (*Salvia officinalis*).

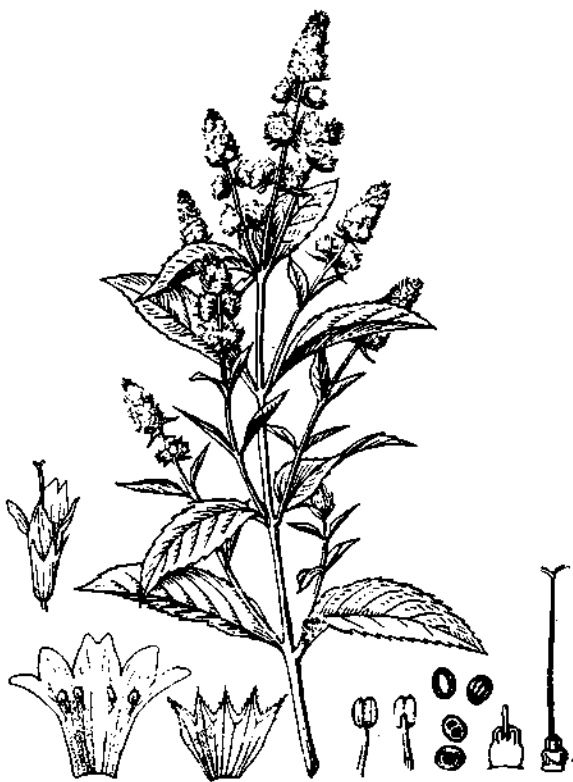


Рис. 336. Мята перечная (*Mentha piperita*).

рании сильно ароматичные. Культивируется в Крыму и на Кавказе для получения эфирного масла. Масло используется в парфюмерии.

Шалфей лекарственный (*Salvia officinalis*) — многолетний полукустарник. Возделывается в Молдавии, на Украине, Северном Кавказе и в Крыму. Цветки лиловатые, редко розовые или белые. Листья длинночерешковые, серовато-зеленые, сетчатые; они применяются в медицине для полосканий (рис. 335).

Мята перечная (*Mentha piperita*) — многолетнее травянистое растение. Разводится только черенками, так как является сложным межвидовым гибридом. Листья черешковые продолговатойцевидные, остропильчатые; применяются в медицине для добывания эфирного масла. Из этого масла получают ментол (рис. 336).

Бasilik камфарный (*Ocimum menthaefolium*) — высокое травянистое растение. Культивируется на Украине и в Крыму для получения камфарного масла и камфары, которые имеют весьма важное лечебное значение. Масло содержится в соцветиях и листьях.

Душица (*Origanum vulgare*) — сильно пахнущее многолетнее травянистое растение. Цветки собраны в пазухах темно-красных прицветников в щитковиднометельчатые соцветия. Цветет с июля до сентября. Растет по поемным и степным лугам, реже по лесам и в горах, почти по всей территории СССР, кроме Дальнего Востока.

С лекарственной целью применяют цветы и листья душицы под названием травы душицы (*Herba Origani*).



Рис. 337. Пустырник пятилопастный, или волосистый (*Leonurus quinquelobatus*, *L. villosus*).

Тимьян ползучий, или чабрец обыкновенный (*Thymus serpyllum*) — небольшой многолетний полукустарничек. Растет на открытых песчаных местах в Европейской части СССР. Стебель стелющийся, листья мелкие, яйцевидные или линейные; цветы очень мелкие, розовые или фиолетовые, с сильным ароматным запахом.

Пустырник пятилопастный, или волосистый (*Leonurus quinquelobatus*, *L. villosus*) — многолетнее травянистое растение. Растет по пустырям, горным местам, обрывам и сухим берегам рек почти во всех областях Европейской части СССР и Западной Сибири. Стебель сероватый, опушенный, прямостоячий, большей частью ветвистый, 50—100 см высоты. Листья на длинных черешках. Цветки двугубые. Верхняя губа венчика пурпурная, нижняя — посередине желтая, с пурпурными крапинками. Цветки собраны густыми расставленными мутовками, сидящими в пазухах прицветных листьев, соцветие

длинное. Прицветники линейные, колючие (рис. 337).

С лекарственной целью используется надземная часть пустырника. Препараты пустырника применяются при сердечно-сосудистых неврозах, гипертонии, некоторых формах грудной жабы и др.

П о р я д о к Мареноцветные (*Rubiales*). Характерным признаком порядка мареноцветных является нижняя завязь. Цветки обычно четырехкруговые, но иногда вследствие редукции чашечки встречаются и трехкруговые. Околоцветник пяти- или четырехчленный. Венчик актиноморфный или в различной степени зигоморфный. Тычинок чаще всего 5, редко их больше, иногда вследствие редукции даже 3—1. Пестик обычно из двух плодолистиков. Завязь чаще двугнездная, но встречается одногнездная и даже многогнездная. Семяпочки обычно обращенные, одноплодные. Листья супротивные, простые или перистые, с прилистниками или без них.

Порядок представлен деревьями, кустарниками и травами, включает четыре семейства с большим количеством видов.

С е м е й с т в о Мареновые (*Rubiaceae*). Цветки актиноморфные, обоеполые, 4—5-членные. Чашечка иногда не развивается. Венчик из 4—5 лепестков, в почкосложении складчатый. Тычинок 4—5. Плодолистиков обычно 2, дающих двугнездную завязь, реже одно- или многогнездную. Все гнезда завязи плодущие. Плод — коробочка, орешек, ягода или костянка. Семена с эндоспермом.

К семейству принадлежат травы, кустарники, лианы, небольшие деревья и своеобразно устроенные эпифиты. Семейство включает свыше 4500 видов, распространенных главным образом в тропических странах.

В нашей флоре из этого семейства встречаются подмаренник (*Galium*) с крупными листовидными прилистниками; ясменник пахучий (*Asperula odorata*) — многолетнее растение с ползучим корневищем, прямостоячим стеблем и сидящими мутовчатыми листьями по восьми в мутовке, произрастающее в лесах средних и

южных районов СССР (рис. 338); марена красильная (*Rubia tinctorum*) — многолетнее травянистое растение. Стебель марены с расставленными ветвями, покрытыми загнутыми назад колючими щетинками. Листья ланцетовидные, блестящие, по 4—6 в мутовке.

Растет марена на юге СССР, культивируется на Кавказе и в Средней Азии. Используется как краситель.

К этому же семейству относится кофейное дерево (*Coffea*). Из семян видов этого рода (*C. arabica*, *C. liberica* и *C. stenophylla*), получают кофе (рис. 339).

Культура кофейных деревьев широко распространена в тропических странах, особенно в Бразилии и на Зондских островах.

К этому же семейству относится важнейшее лекарственное растение — хинное дерево (*Cinchona*). Это горные деревья и кустарники, растущие по восточным склонам Анд Южной Америки. Алкалоид хинин добывается главным образом из коры видов *Cinchona succirubra*, *C. calisaja*, *C. ledgeriana* и гибридов между ними, полученных в культуре. Культура хинного дерева в настоящее время широко распространена в тропических странах; на острове Ява под хинным деревом занято 90% всей миртовой площади.

Соли хинина издавна известны как противомаларийные средства и сильные яды для микроорганизмов.

Семейство Жимолостные (Caprifoliaceae). К этому семейству относятся деревья и кустарники с простыми или перистосложными листьями, в большинстве случаев без прилистников (в этом их отличие от мареновых). Цветки обоеполые, из четырех-пятичленных кругов. Плодолистиков 3—5, чаще всего 3, дающих 3—5-гнездную нижнюю завязь. Плод — ягода или костянка.

Семейство жимолостных объединяет 12 родов, содержащих около 350 видов, распространенных главным образом в умеренных областях северного полушария. Наиболее распространенные роды: бузина (*Sambucus*), калина (*Viburnum*), жимолость (*Lonicera*) и др.

У бузины цветки правильные; плодолистиков 3 или 5; завязь 3—5-гнездная. Плод — костянка. В лесах северной и центральной полосы Европейской части СССР в качестве подлеска произрастает красная бузина (*S. racemosa*) с красными несъедобными плодами — костянками и буровой сердцевиной ветвей. В лесах южной полосы Европейской части СССР, в Крыму и на Кавказе растет черная бузина (*S. nigra* L.) —

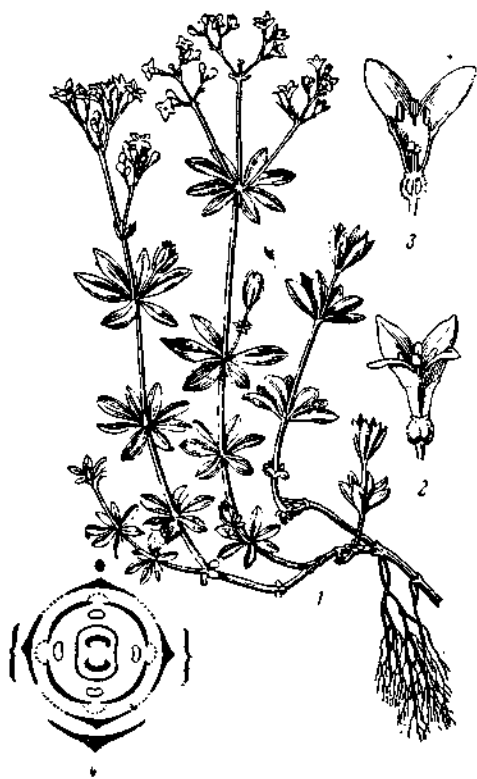


Рис. 338. Ясменник пахучий (*Asperula odorata*).

1—общий вид; 2—цветок; 3—цветок в продольном разрезе; 4—диаграмма цветка.

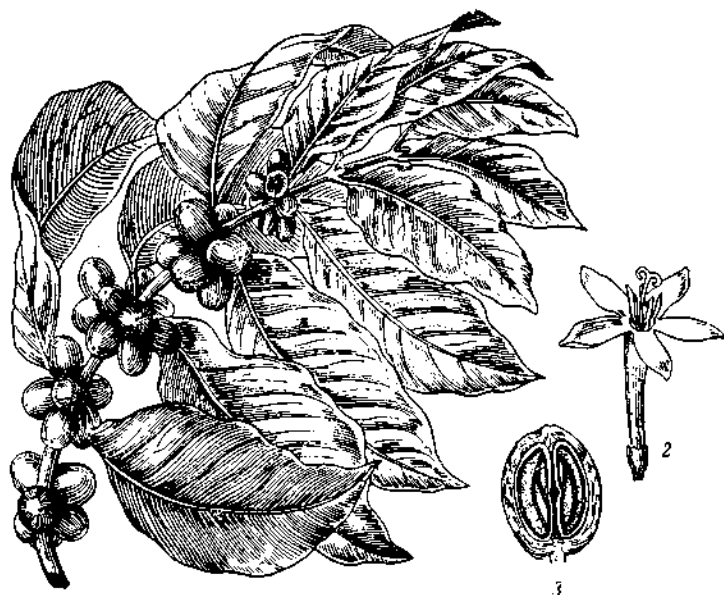


Рис. 339. Кофейное дерево (*Coffea arabica*).
1—ветка с плодами; 2—цветок; 3—продольный разрез плода с двумя семенами.

кустарник с щитковидным соцветием из желтовато-белых цветков, черными плодами и белой сердцевинной ветвей (рис. 340). Цветки, плоды, а иногда и кору ветвей черной бузины используют для лекарственных целей. Плоды применяют при ревматизме, невралгии и других болезнях, цветки употребляют как потогонное средство, кору ветвей — в качестве мочегонного средства.

Род *Калина* (*Viburnum*) содержит около 25 видов. В лесах и кустарниках широко распространена обыкновенная калина (*Viburnum opulus* L.). Листья супротивные, трех-, пятилопастные, крупнозубчатые, сверху почти голые, снизу пушистые. Цветки белые, пятилепестные, в щитковидных соцветиях. Плоды овальные, ярко-красные костянки. С лекарственной целью используют кору ветвей и стволов калины (*Cortex Viburni*). Ее применяют в виде жидкого экстракта при внутренних кровотечениях.

Семейство Валерьяновые (Valerianaceae). В семейство входят травы и полукустарники с супротивными листьями без прилистников. Цветки мелкие, асимметричные, в типичных дихазальных соцветиях. Околоцветник пятичленный. Чашечка зачаточная, после цветения разрастается в перистый хохолок. Венчик с длинной трубкой. Из 5 тычинок обычно развивается только 3 или даже одна. Пестик из 3 плодolistиков, но в завязи развивается только одно гнездо с одной висячей семяпочкой. Столбик один, но рыльце трехлопастное. Опыление насекомыми. Плод — орешек с остающейся чашечкой в виде летучки. Семя без эндосперма.

Число видов семейства около 350, распространенных главным образом в умеренных поясах северного полушария.

К этому семейству принадлежит популярнейшее лекарственное растение валерьяна (*Valeriana officinalis*). Это многолетнее травянистое растение с толстыми короткими корневищами, от которых отходят многочисленные корешки. Стебель дудчатый, зеленый или красноватый, достигает 1—2,5 м высоты. Листья непарноперистые. Соцветие щитковидно-



Рис. 340. Бузина черная (*Sambucus nigra*).

метельчатое из мелких бледно-розовых, фиолетовых и реже белых цветков. Плод — семянка с хохолком. Распространена валерьяна в лесной и лесостепной зонах Европы и Азии, по долинам рек заходит в лесо-тундровую зону. Культивируется на Украине и в Белоруссии (рис. 341).

В медицине используются подземные части валерьяны (*Rhizoma et Radix Valerianae*). Лекарственные вещества из валерьяны действуют успокаивающе на нервную систему и применяются при нервном возбуждении, бессоннице и т. д. в виде валерьяновых капель.

П о р я д о к Тыквенные (*Cucurbitales*). К этому порядку относятся одно семейство — тыквенные, поэтому признаки порядка совпадают с признаками семейства.

Семейство Тыквенные (*Cucurbitaceae*). Подавляющее большинство тыквенных — это однолетние лановидные травы со стелющимся или лазающим стеблем, весьма немногие представляют собой кустарники, а два вида — даже небольшие деревца. Листья очередные, без прилистников. Цветки в большинстве случаев однополые; околоцветник двойной, пятичленный, актиноморфный. Венчик в большинстве случаев спайнолепестный, редко — раздельнолепестный. Тычинок 5, в большинстве случаев сросшихся пыльниками и нитями, редко свободных. Пестик из 2—5, в большинстве случаев из 3 плодолистиков. Завязь нижняя,

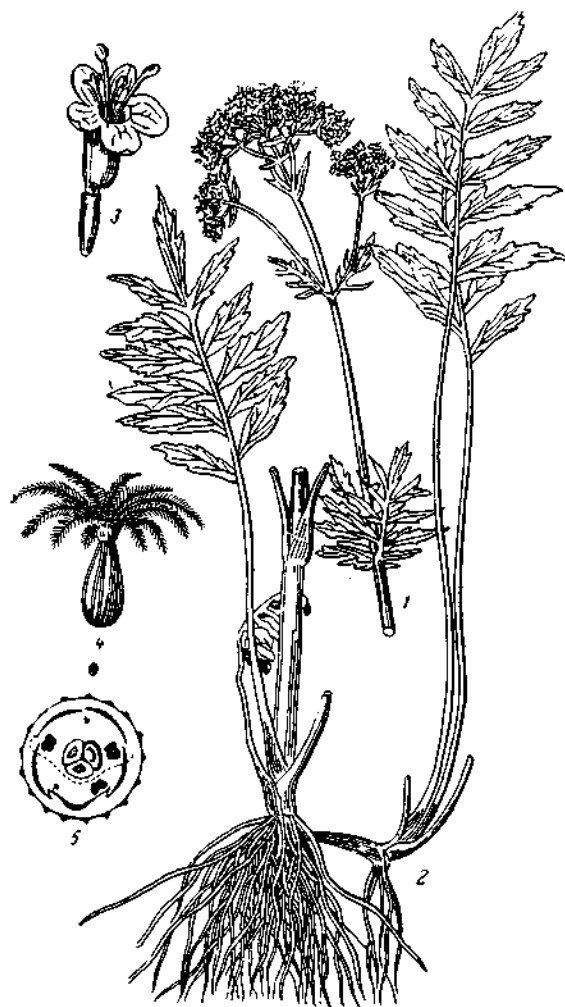


Рис. 341. Валерьяна (*Valeriana officinalis*).
1—часть соцветия; 2—прикорневые листья и корни;
3—цветок; 4—плод; 5—диаграмма цветка.

большей частью трехгнездная. Семяпочки с двумя покровками. Плод у большинства крупный, ягодообразный, реже коробочка. Семена многочисленные, без эндосперма. Большинство растений опыляется насекомыми.

Семейство тыквенных содержит около 90 родов, объединяющих свыше 760 видов, распространенных главным образом в тропических областях. Наибольшее практическое значение среди семейства тыквенных имеют однолетние бахчевые растения со съедобными плодами. Среди этого семейства есть виды, имеющие лекарственное значение. Главными родами в нашей флоре являются огурец (*Cucumis*), арбуз (*Citrullus*), тыква (*Cucurbita*), переступень (*Bryonia*) и др.

К роду *Cucumis* относятся огурцы (*C. sativus*) и дыни (*C. melo*). У огурца тычиночные цветки расположены пучками в пазухах листьев, а пестичные—одиночные. Венчик желтый. Плод продолговатый. Родина—Ост-Индия и Индокитай. В диком состоянии неизвестен. В культуре много сортов. У дыни венчик светло-желтый. Плод яйцевидный или шаровидный, сладкий,

сахаристый. Родиной дыни является Средняя Азия, Иран, Малая Азия. Сорнополевые дикие формы растут по долинам Сыр-Дарьи и Аму-Дарьи. По строению цветка к роду *Cucumis* близок арбуз (*Citrullus*). Родиной арбуза считается пустыня Калахари в Южной Африке. Там имеются дикие виды арбуза. В культуре разводится съедобные арбузы (*C. edulis*) с сочной, сладкой мякотью плодов, а также кормовые и цуканые (*C. colocynthis*) с твердой, несладкой мякотью. Из мякоти съедобных видов арбуза готовят арбузный мед, а из семян—масло, применяемое в пищевой и мыловаренной промышленности.

У нас арбуз разводится на юге, главным образом в степной зоне. В последнее время проводятся успешные опыты по культивированию арбуза в открытом грунте в Московской области.

У тыквы (*Cucurbita*) плоды крупнее, чем у других наших тыквенных. Стебли лежащие, до 5 м длины. Листья очень крупные 5—7-лопастные. Цветы крупные, желтые, хорошо пахнут, имеются нектарники. В семенах тыквы много масла. Родиной тыквы считается тропи-

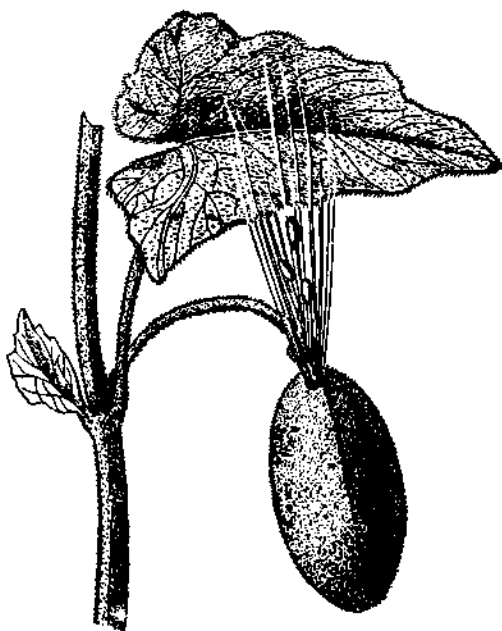


Рис. 342. Бешеный огурец (*Echallium elaterium*).

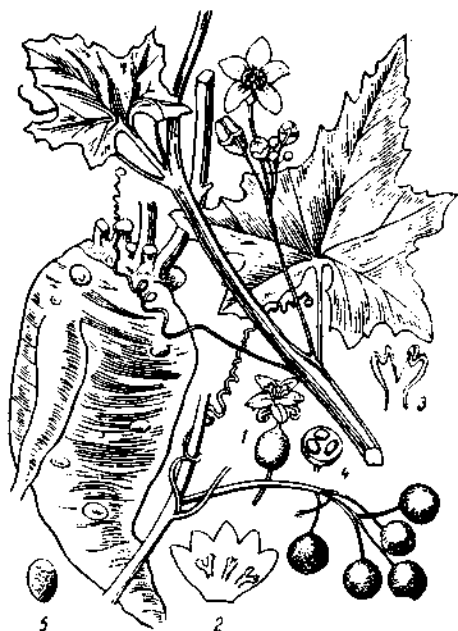


Рис. 343. Переступень белый (*Bryonia alba*).

1—цветок; 2—цветок в развернутом виде; 3—тычинка; 4—плод в разрезе; 5—семя.

ческая Америка. У нас наиболее распространена в культуре обыкновенная тыква (*C. pepo*), меньше — крупноплодная тыква (*C. maxima*). Кустовые сорта тыквы без стелющихся плетей, с плодами, употребляемыми в пищу в незрелом виде, называют кабачками, а сорта с плоскими плодами — патиссонами.

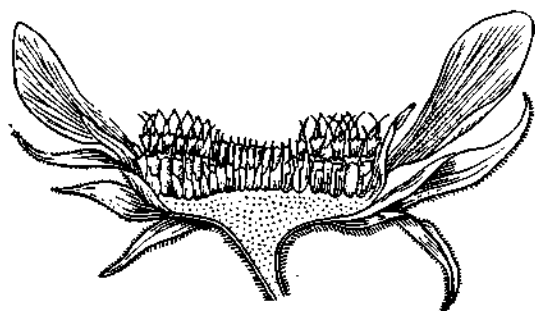
Лекарственное значение имеют следующие виды семейства тыквенных: бешеный огурец (*Echallium elaterium* L.), колоцинт (*Citrullus colocynthis*), переступень белый (*Bryonia alba* L.) и тыква обыкновенная (*Cucurbita pepo* L.).

С лекарственной целью используется отжатый сок из незрелых плодов бешеного огурца, употребляемого в гомеопатической медицине при поносах и детской холере (рис. 342). У колоцинта применяют плоды; их употребляют в виде порошка и экстракта как сильное слабительное средство. У брioniи используют корень; он применяется в настойках и экстрактах в качестве болеуспокаивающего, кровоостанавливающего и ослабляющего кашель (рис. 343). У тыквы обыкновенной используются семена в качестве хорошего противоглистного средства.

П о р я д о к Спайнопыльничковые (*Synantherales*). К порядку спайнопыльничковых принадлежат растения с четырехчленистыми актиноморфными или зигоморфными цветками, у которых пыльники тычинок склеиваются в трубочку. В эту трубочку высыпается пыльца сквозь трещины пыльников. Снизу трубочка закрыта рыльцем столбика, нередко с венцом «выметающих» волосков под ним. Волоски помогают рыльцу при росте вывести пыльцу через верхний край трубочки наружу. Только после выхода конца столбика из трубочки пыльников пыльники начинают раскрываться благодаря высыханию эпидермиса в соответствующих местах. Как правило, цветки являются протерандрическими и перекрест-

но опыляемыми, однако в некоторых случаях развиваются приспособления и для самоопыления. После выхода пыльцы пыльники иногда расклеиваются и расходятся. Пыльца клейкая, крупная, обычно с тремя порами в экзине для выхода пыльцевых трубочек.

Большинство представителей этого порядка характеризуется присутствием членистых млечных или секреторных трубочек с обильным, иногда содержащим каучук млечным соком, а также отложением запасных веществ в виде инулина. Большинство относящихся к этому порядку растений — травы, реже кустарники и небольшие деревья.



К этому порядку относятся три семейства: колокольчиковые (Campanulaceae), лобелиевые (Lobeliaceae) и сложноцветные (Compositae).

Семейство Сложноцветные (Compositae). Сложноцветные являются обширнейшим семейством покрытосемянных, включающим свыше 800 родов, охватывающих около 15 000 видов (по другим данным, до 1000 родов и 23 000 видов). Это семейство объединяет травы, полукустарники, кустарники, лианы и небольшие деревья. Несмотря на большое разнообразие по внешним признакам, все сложноцветные характеризуются определенным строением соцветий и отдельных цветков. Цветки правильные и неправильные, обоеполые или однополые,



Рис. 344. Корзинки сложноцветных.

1 — подсолнечник (*Helianthus*); 2 — арника (*Arnica*); 3 — ромашка (*Matricaria*).

иногда бесполое (стерильные), соединены в соцветия — головки или корзинки. Корзинки снаружи окружены бесплодными листочками — оберткой, имеют плоское или выпуклое цветоложе, на котором размещаются отдельные цветки (рис. 344). Цветки мелкие, четырехкруговые, 5-членные, листочки обертки расположены черепитчато или одно-двурядно. У некоторых представителей все цветки в корзинке одинаковые, у других наружные отличаются от внутренних. Типичной чашечки нет, она заменена летучкой из простых или перистых волосков. На вершине завязи у некоторых представителей находятся 5 пленчатых выростов, соответствующих чашелистикам. Волоски, реже щетинки, также соответствующие чашечке, разрастаются при плодах, образуя так называемый хохолок, или летучку, служащую для распространения плодов при помощи ветра (рис. 345). У некоторых других сложноцветных чашечка превращена не в хохолок, а в щетинки: тогда плоды распространяются животными и человеком. Венчик сростно-лепестный, актиноморфный или зигоморфный. Наиболее распространенные формы венчика — трубчатые и язычковые (рис. 346). Трубчатый венчик имеет короткую трубочку, в верхней части обычно колокольчатозвднутую, расщепленную на 5 зубчиков. Язычковый венчик имеет внизу короткую трубочку, которая в верхней части вытянута в длинную язычковую пластинку с 5 зубчиками на конце, соответственно 5 сросшимся

лепесткам, образующим венчик. Есть также ложноязычковые и воронковидные венчики. Ложноязычковый отличается от язычкового тем, что у него на вершине не пять зубчиков, а три. Такая форма венчика имеется у наружных цветков — ромашки и других сложноцветных. Воронковидный венчик имеет неравные зубцы. Воронковидные цветки обычно бесплодны. В них нет ни тычинок, ни пестика. К трубочке венчика прикреплены 5 тычинок со свободными тычиночными нитями и сросшимися в трубочку пыльниками. Сквозь трубочку пыльников проходит столбик, несущий двулопастное рыльце. Завязь нижняя, образована двумя плодолистиками. Плод — семянка; семена без эндосперма.

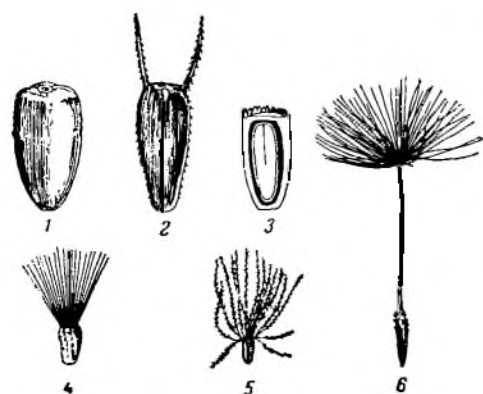


Рис. 345. Плоды сложноцветных.

1—подсолнечника (*Helianthus annuus*); 2—череды (*Bidens*); 3—цикория (*Cichorium*); 4—чертополоха (*Carduus*); 5—бодяка (*Cirsium*); 6—одуванчика (*Taraxacum*).

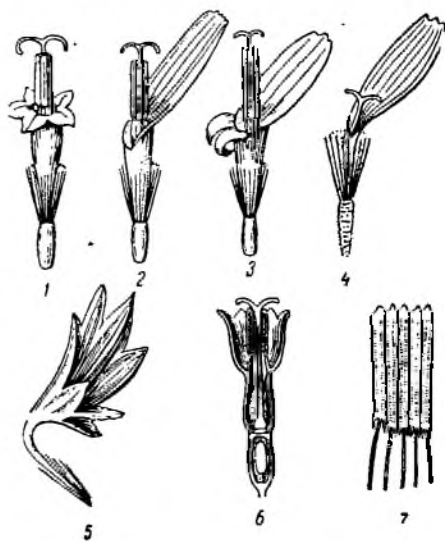


Рис. 346. Формы венчика сложноцветных.

1—трубчатый; 2—язычковый; 3—двулобый; 4—ложноязычковый; 5—воронковидный бесполой; 6—продольный разрез трубчатого венчика; 7—тычинки, развернутые в плоскости.

Примером бесполой цветков являются крупные краевые воронковидные цветки у васильков. Их биологическое значение заключается в привлечении насекомых. Корзинки у многих сложноцветных состоят только из обоеполых цветков (цикорий, салат, одуванчик и др.), у других в середине корзинки помещаются обоеполые трубчатые цветки, а по периферии — пестичные ложноязычковые (ромашки, полины, астры, маргаритки и др.), у некоторых же в середине находятся тычиночные, а на периферии — пестичные (мать-и-мачеха). Цветение не одновременное. Раньше распускаются периферийные цветки корзинки, а затем центральные. Пыльники вскрываются на внутренней стороне, и пыльца высыпается внутрь трубочки в то время, когда столбик еще короток. Затем столбик начинает подрастать и выталкивает кверху из пыльниковой трубочки пыльцу. В это время лопасти рыльца еще не раскрыты и самоопыление произойти не может. Позже, когда столбик выйдет наружу из тычиночной трубки, рыльце его раскрывается двумя лопастями и может опыляться пыльцой из других цветков той же самой или другой корзинки. Часто в случае неудачи перекрестного опыления имеет место самоопыление. Это происходит вследствие того, что у многих сложноцветных к концу цветения лопасти рыльца закручиваются вниз, прикасаются своими вос-

принимающими пыльцу частями к нижней части столбика или верхушке пыльниковой трубочки и опыляются пыльцой того же цветка.

Нектар выделяется цветками сложноцветных в небольшом количестве нектароносным кольцом, находящимся на дне цветка, вокруг основания столбика, и доступен насекомым с длинным хоботком. Цветки посещаются многими насекомыми, питающимися пыльцой.

Сложноцветные распространены по всему земному шару во всевозможных местообитаниях и составляют около 10% общей флоры цветковых растений. Они хорошо приспособлены к борьбе за существование и находятся на одной из высших ступеней эволюционного развития мира растений. В СССР произрастает свыше 1000 видов сложноцветных.

Экономическое значение семейства сложноцветных довольно велико в связи с тем, что к ним относятся некоторые масличные растения (подсолнечник, сафлор и др.), овощные (цикорий, салат-латук и др.), кормовые (топинамбур), многие ценные лекарственные растения (цитварная полынь, ромашка, сушеница), а также ряд декоративных растений (георгин, астры, хризантемы, маргаритки, ноготки и др.).

Среди сложноцветных имеются и ядовитые растения: горчак (*Astragalus*), крестовники (*Senecio*), а также много злостных сорняков полей и огородов (виды осотов, будяков, чертополохов, полыней, ромашек, васильков и др.).

В систематическом отношении сложноцветные делят на два подсемейства: трубчатые и язычковые, или трубкоцветные и языкоцветные. Трубчатые (*Tubuliflorae*, или *Tubiflorae*) имеют или все цветки соцветия трубчатые, или срединные трубчатые, а краевые — ложноязычковые. В анатомическом отношении для этого подсемейства характерны каналы с маслами, смолами, бальзамами; млечного же сока нет. Язычковые (*Liguliflorae*) имеют все цветки язычковые; в анатомическом отношении для них характерны млечные сосуды. Подсемейства эти делят на более мелкие систематические единицы — трибы.

Подсемейство Трубкоцветные (*Tubuliflorae*). Это подсемейство более многочисленное: оно содержит около 740 родов. Из видов этого подсемейства наибольшее значение имеет подсолнечник (*Helianthus annuus*). Это высокое однолетнее растение, достигающее 2—3 м высоты, с простыми листьями и очень крупными корзинками. Срединные цветки обоопольные, трубчатые, краевые — язычковые, желтые, бесплодные. Родиной подсолнечника считается Мексика. В Европу введен в XVI веке. В СССР разводится в полевой культуре в черноземной полосе и южнее как масличное растение, в семенах которого содержится до 50% жирного масла. Подсолнечное масло применяется для пищевых, технических и лекарственных целей. С лекарственной целью используют также цветки и листья подсолнечника.

К этому же роду относится земляная груша (*Helianthus tuberosus*), которая имеет более мелкие корзинки и разводится ради подземных клубней стеблевого происхождения, богатых инулином и употребляемых в корм скоту и в пищу людям.

К этому же подсемейству принадлежит обширный род полынь (*Artemisia*). В СССР произрастает около 100 видов, большинство в Средней Азии, на Кавказе и юго-востоке Европейской части СССР. Виды рода *Artemisia* являются многолетними растениями с деревянистым стеблем. Корзинки мелкие, собраны в метелки. Корзинки содержат немного трубчатых цветков, причем и периферийные цветки у них узкотрубчатые.

Наибольшее практическое значение имеет полынь цитварная (*Artemisia cina*) — корневищное растение с дваждыперисторассеченными ли-

стями. Корзинки мелкие, продолговатые, содержат ядовитый лактон сантониновой кислоты, применяемый против глистов аскарид. Под названием «цитварное семя» используются нераспустившиеся цветочные корзинки (бутоны), в которых содержится наибольшее количество действующих веществ (рис. 347).

Широко распространена как сорняк горькая полынь (*A. absinthium*), также применяемая в медицине. У этого вида с лекарственной целью используются листья и цветущие верхушки растения. Их употребляют в виде настоя, экстракта и пилюль в качестве горького вещества, способствующего пищеварению и улучшению аппетита. В народной медицине отвар горькой полыни употребляют при перемежающейся лихорадке. Горькая полынь применяется также в ветеринарии и используется в ликерном производстве.

Русское название «ромашка» объединяет 4 рода подсемейства трубкоцветных: *Matricaria*, *Leucanthemum*, *Pyrethrum* и *Anthemis*. Средние трубчатые цветки у них желтоватые, периферические ложноязычковые — белые, желтые, розовые, красные. В медицине применяют цветочные корзинки однолетних, весьма ароматных ромашек — аптечной (*Matricaria chamomilla*) и пахучей (*M. suaveolens*, или *M. matricarioides*). Ромашка аптечная имеет сильно разветвленный стебель; листья сидячие, дважды- или триждыперисторассеченные с линейными даже нитевидными долями. Цветочные корзинки многочисленные, размером до 1,5 см в поперечнике, с оберткой, состоящей из черепитчаторасположенных яйцевидных листочков. Ложечки соцветия сильно выпуклые, коническое, внутри полая. Краевые цветки — язычковые, белые, к концу цветения отогнутые вниз. Распространена в среднем и южном поясах Европейской части СССР и Западной Сибири. Растет на легких почвах между посевами, по паровым полям, дорогам, садам (рис. 348).

В медицине применяют цветочные корзинки в отварах для полосканий, припарок, клизм, ванн и др., внутрь — как вяжущее, потогонное и ветрогонное средство.

Ромашка пахучая (*M. suaveolens*, синон. *M. matricarioides*) имеет зеленовато-желтые цветочные корзинки без краевых язычковых цветков. Завезена в Европу из Северной Америки и быстро распространилась по сорным местам, у жилья и пр., вытесняя аптечную ромашку в северной половине СССР.

Корзинки пахучей ромашки обладают теми же свойствами, что и цветочные корзинки аптечной, и применяются наряду с ними.

Виды *Pyrethrum* — культурная ромашка далматская (*P. cinerariaefolium*), дикие кавказские ромашки — розовая (*P. roseum*) и красная (*P. carneum*) являются многолетними растениями, используются как инсектицидные растения для борьбы с насекомыми в быту и с вредителями растений и паразитами животных.

М а т ь-и-м а ч е х а (*Tussilago farfara*) — многолетнее сорное растение с длинным ветвистым подземным корневищем. Ранней весной появляются цветочные стебли, на верхушках которых развиваются одиночные корзинки желтых цветков, затем возникают розетки прикорне-



Рис. 347. Полынь цитварная (*Artemisia cinna*).

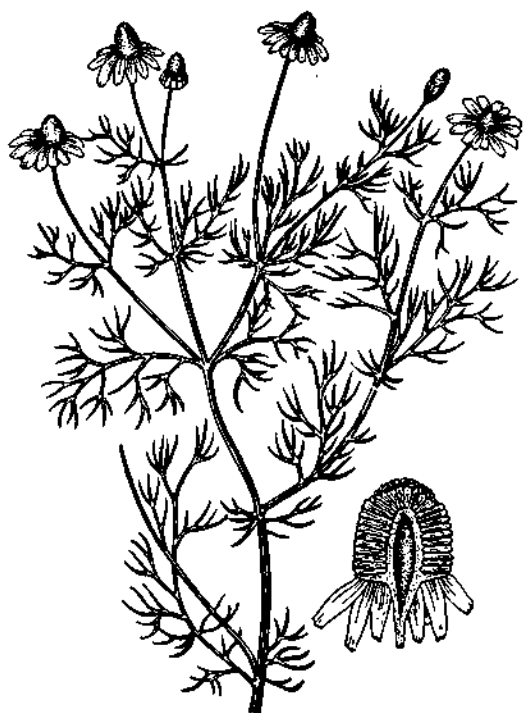


Рис. 348. Ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla*).

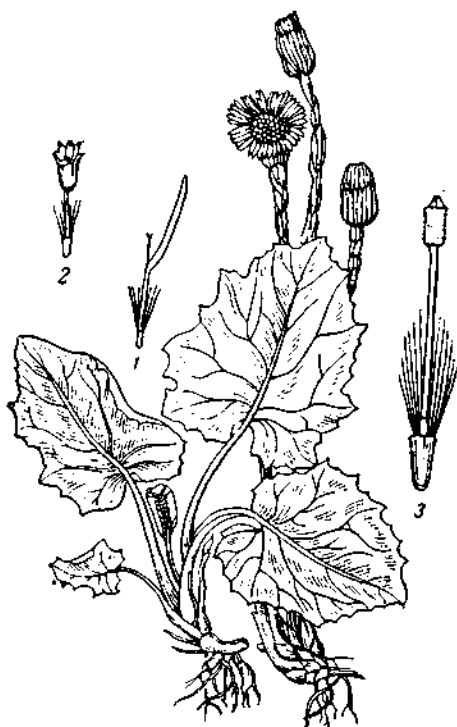


Рис. 349. Мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*).

1—краевой пестичный цветок; 2—средний обоеполюй цветок; 3—цветок с удаленным околочветником и тычинками.

вых листьев. Листья округлосердцевидные, неравнозубчатые, сверху темно-зеленые, гладкие, на ощупь холодные, снизу белые, пушистые, на ощупь теплые. Встречается по всему СССР. Растет по оврагам, железнодорожным насыпям, берегам рек и ручьев (рис. 349). С лекарственной целью используются листья (*Folia Farfarae*) и цветки (*Flores Farfarae*). Листья и цветки идут на приготовление отхаркивающих и смягчительных средств, применяемых в отварах, в виде чая и в других формах.

Сушеница болотная (*Gnaphalium uliginosum*) — маленькая войлочнопушная травка с мелкими, невзрачными корзинками, растет по сырым местам в северном полушарии и применяется при гипертонии и туберкулезе легких и как ранозаживляющее (рис. 350).

Цмин, или бессмертник песчаный (*Helichysum agnatum*), белая войлочнопушная многолетняя трава с лимонно-желтыми суховатыми корзинками. Растет на сухих песчаных местах в сосновых борах, в Европе и Азии и применяется при болезнях желчного пузыря и желчных путей.

Небольшое применение в медицине имеет еще череда (*Bidens tripartita*) — однолетник с буро-желтыми корзинками без ложноязычковых цветков, растущий близ воды во всем северном полушарии; арника (*Arnica montana*) — травянистый многолетник с оранжево-желтыми, довольно крупными одиночными корзинками, растущий на лесных лугах в западных районах Европейской части СССР; тысячелистник (*Achillea millefolium*) — многолетник с мелкодвойдыше-

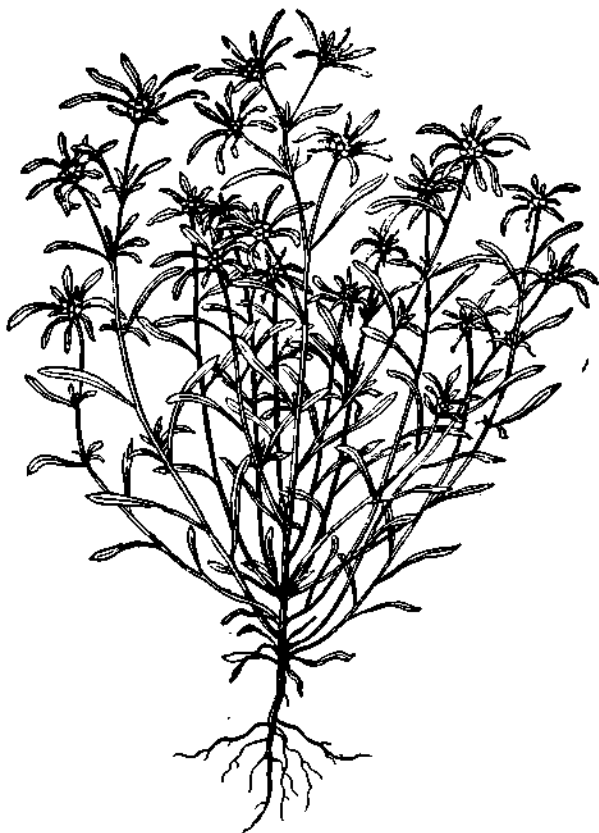


Рис. 350. Сушеница болотная (*Gnaphalium uliginosum*).

ристорасеченными листьями и маленькими беловатыми корзинками, собранными в щиток. Растет на лугах, пустырях, в кустарниках во всем северном полушарии.

Многие трубкоцветные разводятся в садах как декоративные растения. Таковы маргаритки (*Bellis perennis*) из Западной и Южной Европы, лекарственные ноготки (*Calendula officinalis*), мексиканские георгины, разводимые в большом количестве сортов и являющиеся гибридами нескольких видов (*Dahlia variabilis*, *D. coccinea* и др.), китайско-японские садовые астры (*Callistephus chinensis*), насчитывающие несколько тысяч сортов, северо-американские циннии (*Zinnia elegans*) и др.

К этому же подсемейству относится ряд сорных растений, например будяк (*Cirsium arvense*) — растение с колючим стеблем и листьями, *C. incanum* и др.

Сорняками являются также некоторые виды крестовников (*Senecio*). Заслуживает особого внимания произрастающий на Кавказе крестовник широколистный (*S. platyphyllus*), содержащий алкалоид, применяемый в медицине.

Род васильков (*Centaurea*) включает около 500 видов, имеющих корзинки с краевыми воронковидными бесполоыми цветками и центральными трубчатыми обоеполыми цветками. У нас в качестве сорняка широко распространен василек синий (*C. cyanus*) — озимый и яровой однолетник с ярко-синими цветками.

Подсемейство Язычковые (Liguliflorae). Подсемейство характеризуется наличием только настоящих язычковых цветков в корзинках, а также присутствием млечников в вегетативных органах. Из пищевых растений сюда относятся несколько второстепенных овощных растений.

Салат-латук (Lactuca sativa) — однолетнее растение, прикорневые листья которого используются в пищу.

Цикорий (Cichorium intybus) — растение с красивыми синими цветками, дикорастущее в СССР в средней и южной полосе по пустырям у дорог, в культуре разводятся однолетние формы с толстым корнем (на семена как двулетники). Обжаренные корни цикория применяются для добавления в качестве суррогата к натуральному кофе.

Из большого рода *одуванчиков (Taraxacum)* по всему СССР распространен *T. officinalis*, или *T. vulgare*, — очень полиморфный вид. Корни одуванчика используются в медицине в качестве средства, возбуждающего аппетит и улучшающего деятельность пищеварительных органов.

Из других родов подсемейства язычковых, встречающихся в СССР, следует отметить *осоты (Sonchus)*, некоторые виды которых широко распространены как сорняки; *хондриллы (Chondrilla)*, растущие на юге и юго-востоке СССР; *скерды (Crepis)*; *ястребинки (Hieracium)* — большой полиморфный род с трудно определяемыми видами.



ВОПРОСЫ ЭВОЛЮЦИИ

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Современная наука установила, что растения возникли когда-то в виде простейших организмов, лишенных видимой структуры, и в процессе развития дифференцировались и приспособились к жизни в определенных условиях внешней среды. Это влияние среды на растительные организмы обуславливало различие физиологических процессов и привело к тому, что сложились различные формы и виды растительных организмов, число которых в настоящее время превышает 500 000.

Растительный мир прошел длительный процесс развития. Это развитие происходило в самом тесном взаимодействии с развитием земной поверхности. Поэтому для понимания развития растительного мира необходимо рассмотреть некоторые вопросы истории развития земной коры.

Историю земной коры принято рассматривать в виде последовательных геологических эр. Таких эр насчитывается пять. Каждая эра характеризуется своими осадочными породами.

Всякая история основывается на сохранившихся от прошлого документах. И в распоряжении ботаников также имеются соответствующие точные документы—это окаменелости и отпечатки органов и тканей растений, сохранившиеся в осадочных пластах земной коры. Процесс этот идет и в настоящее время. На дне морских заливов, озер и даже прудов происходит отложение осадков, образующих донный ил. Падающие на дно листья и другие части растений ложатся на слой ила, отложившийся ранее, и покрываются сверху слоем ила, осевшим позже. Заключенные между слоями минерального осадка части растений—листья, плоды и пр.—пропитываются кремнеземом, минерализуются или сгнивают, оставив после себя рельефный отпечаток на минеральном веществе. Со временем слой осадка отвердевает и превращается в слой сланца или других осадочных пород. Разбивая породу, можно иногда обнаружить заключенные в ней отпечатки или окаменевшие части растений, живших в прежние геологические эпохи. Естественно, что процесс этот очень медленный и исчисление времени образования пород весьма приближенное. Последнее объясняется тем, что отложения претерпели позднейшие изменения вследствие различного рода движений земной коры. При подсчете возраста слоев осадочных пород земной коры основываются на толщине осадочных пород.

Как было отмечено, историю земной коры изображают в виде геологических эр, каждая из которых характеризуется своими осадочными породами. В порядке исторической последовательности эти эры следующие: 1) архейская, 2) протерозойская, 3) палеозойская, 4) мезозойская и 5) кенозойская. Некоторые из этих эр делятся на периоды.

Архейская эра является наиболее древней. Осадочные породы этой эры залегают в горизонтальном порядке наиболее глубоко. В осадочных породах имеется очень мало остатков живых существ. Однако и в отложениях, относящихся к концу этой эры, отмечаются известняки, которые были образованы организмами, осаждавшими известь из водных растворов. Таким образом, архейская эра была на каком-то этапе началом органической жизни на земле. Существование бактерий в период архейской эры доказывается на основании нахождения особых трубочек, пропитанных окисью железа. Эти бактерии, по-видимому, принадлежали к роду, представители которого существуют и в настоящее время под названием железобактерий. Неко-

торые авторы считают, что в эту эру уже существовали синезеленые водоросли. На основании имеющихся остатков живых организмов этой эры считается, что в архейскую эру появились простейшие растительные формы с автотрофным типом питания. Продолжительность архейской и протерозойской эр исчисляется 2500—3500 млн. лет.

В протерозойскую эру живые формы уже достаточно развились и произошло их разделение на животный и растительный мир. Среди животных выделялись корненожки, близкие к амебным организмам, и некоторые другие беспозвоночные.

В палеозойскую эру образовались осадочные породы, которые находятся на слоях, отложившихся в протерозойскую эру. Палеозойская эра разделяется на пять периодов. В порядке геологической последовательности эти периоды следующие: кембрийский, силурийский, девонский, каменноугольный и пермский. Продолжительность эры около 360 млн. лет.

Кембрийский период характеризуется значительным развитием бактерий и синезеленых водорослей; в этом же периоде большого разнообразия достигли и красные водоросли. На суше растений еще не было.

Беспозвоночные животные в кембрийском периоде были представлены многими ныне живущими типами.

В силурийском периоде водоросли все же составляют основной тип растительности. Среди них уже существовали многоядерные зеленые водоросли, бурые и красные.

Фауна беспозвоночных в этот период достигла значительного разнообразия. Особенно разнообразными формами были представлены типы кишечнополостных, моллюсков, членистоногих и иглокожих, которые населяли силурийские моря. Из позвоночных животных в силурийском периоде встречаются только панцирные рыбы.

Силурийский период замечателен в том, что примерно в середине его появились первые растения суши, или, как иногда говорят, растения вышли на сушу. Первыми растениями суши были псилофиты, которые образовывали целые береговые ковры наземных зеленых растений.

Естественно, что суша силурийского периода была еще мало приспособлена для жизни растений. Недавно сложившаяся, она нарушалась вулканическими и тектоническими движениями и недостаточно увлажнялась. Поэтому растения не находили на ней достаточных условий для своего развития в начале этого периода и были представлены классами бактерий, жгутиковых и водорослей.

Животный мир в силурийский период достиг достаточно большого разнообразия в морях. Последнее обуславливалось наличием здесь достаточного количества пищи. Многие животные питаются более мелкими животными, а эти последние — растениями. Для существования рыб, ракообразных, моллюсков, червей и пр. необходимо существование различных типов водорослей, которые к тому времени заселяли моря и океаны и фиксировали лучистую энергию солнца и превращали ее в источник жизненных процессов для всего живого.

Первые растения суши появились на увлажняемых покатоках, обращенных к морю; эти растения не имели листьев и корней, а состояли из ползучих корневищ с ризоидами и поднимающегося вверх вильчато разветвленного стебля. На верхушке ветвей находились спорангии, содержащие споры. Споры эти разносились ветром и обеспечивали расселение первых обитателей суши по новым увлажненным местам земли.

Первые растения суши имеют некоторое сходство с ныне существующим древнейшим растением *Psilotum*, распространенным вечно влажных тропических лесах. Это растение также имеет ползучие корневища, которые стелются по субстрату и от которых отходят ризоиды и вильчато разветвленные зеленые стебли, несущие спорангии с многочисленными спорами.

Первыми растениями суши верхнесилурийских отложений были псилофиты, которые произошли, по всей вероятности, от бурых морских водорослей, образующих часто заросли на прибрежных рифах. Псилофиты могли появиться из бурых водорослей в результате морских отливов, при которых водоросли оказывались на хорошо увлажняемой морскими приливами части суши. В процессе развития в условиях периодического увлажнения и высыхания у водорослей возникли новые свойства и качества, которые позволяли им перейти к существованию на суше. Новые условия жизни вызвали у них появление различных новых приспособлений, сделавших их еще более стойкими к существованию на суше.

В девонском периоде псилофиты достигли своего наибольшего расцвета и в нижнем и среднем девоне были главной растительностью суши этого периода. В начале своего возникновения и на первых этапах жизни на суше псилофиты были представлены сравнительно низкорослыми формами, не превышающими метровой высоты, но с течением времени разнообразие форм все возрастало. Если первые псилофиты отличались крайней простотой форм и тело их не было дифференцировано на стебель, корень и листья, то у более поздних представителей развивались органы, похожие на корни и листья, в виде чепуевидных выростов стебля. Впоследствии возникли формы,

достигающие 3 м высоты и имеющие более совершенные ассимиляционные аппараты. С возникновением листоносных форм сильно возросла ассимиляционная деятельность растений и накопление ими органических веществ.

Это повело к накоплению органического вещества в почве, что сделало возможным появление новых, еще более сложных типов растений.

От псилофитов в середине девонского периода произошли плауновые растения. От них же произошли папоротники и каламиты. Плауновые растения (*Lycopodiinae*) в те времена достигали крупных размеров. Но особенно большого развития они достигли в следующий, каменноугольный, период. Каламиты, возникшие в конце девона, представлены были членистыми растениями, у которых стебли и ветви состояли из отдельных членков. В узлах этих членков сидели чешуевидные листья. Из растений этой группы в наше время сохранились только хвощи, играющие незначительную роль в современной флоре.

Потомками псилофитов являются и папоротники (*Filicinae*), среди которых были и такие, которые давали не споры, а семена. Некоторые из них имели древовидные стволы крупных размеров.

В девонский период возникли и кордаиты, которые достигли наибольшего своего расцвета в следующий, каменноугольный, период и исчезли в пермский период. Кордаиты—это высокие деревья в 30 м высоты и более. Они принадлежат к типу голосемянных, куда относятся и хвойные, но отличаются от хвойных более простым строением древесины, без годичных колец, и отсутствием смоляных ходов.

Господствующими представителями позвоночных животных являются рыбы. В девонском периоде начинается выход позвоночных на сушу. В верхнедевонских отложениях обнаружены первые достоверные остатки наземных позвоночных—амфибий.

Таким образом, в девонском периоде сформировались четыре перечисленные группы крупных наземных растений, которые образовали настоящие леса, росшие на влажных почвах, у воды, частью на болотах или по мелководьям. Остатки этих растений погребались в осадочных пластах, обугливались и образовывали наиболее древние угленосные породы. Накопления торфа и появление грибов также относят к девонскому периоду.

Большое число остатков древних растений позволило восстановить картину первоначальных лесов земли. Полагают, что атмосфера земли первоначально содержала значительно больший процент углекислоты, чем теперь, так как тогда земная кора была менее мощной и устойчивой. Нарушения земной коры часто сопровождалась вулканическими явлениями с большим выделением свободной углекислоты. Естественно, что жизнь животных была затруднена, но растения развивались прекрасно, особенно при наличии влаги, тепла и прочих факторов жизни.

Каменноугольный период был эпохой мощного развития папоротникообразных плаунов, хвощей и других членистых растений. Древовидные формы этих типов были широко распространены. Мощные лепидодендроны и сигиллярии с толстыми чешуйчатыми стволами до 40 м высоты, с дихотомическим ветвлением составляли характерный ландшафт каменноугольного периода. Климат в то время был равномерно теплый в течение круглого года, на что указывает отсутствие годичных колец в ископаемых стволах камбияльных растений, к которым относятся лепидодендроны, сигиллярии, кордаиты и пр.

Развивающиеся большие леса с громадными лепидодендронами, сигилляриями, зарослями древовидных хвощевых каламитов, с массами папоротников и кордаитов повысили ассимиляцию углекислоты. Углерод углекислоты оказался постепенно связанным и отложился в пластах каменных углей, в залежах углекислых солей кальция, т. е. в толщах известняков, а кислород перешел в состав атмосферы и сделал ее более благоприятной для жизни животных.

Если в девонский период из позвоночных животных самыми распространенными были рыбы, то в каменноугольном периоде получили широкое распространение амфибии. В этом же периоде появились насекомые, причем сразу в большом количестве. Благодаря деятельности растений в каменноугольный период миллиарды тонн углерода были фиксированы и отложились в состав земной коры. К концу периода уменьшалась облачность, климат стал суше и солнечнее, образовались крупные горные хребты, вытянутые в меридиональном направлении. В наиболее высоких местах они покрылись снегами и ледниками. Действие ледников обуславливало появление более холодных районов. Под влиянием пониженных температур происходило изменение растений и приспособление их к жизни в условиях более холодного и сухого климата. Однако это изменение климата оказалось губительным для многих растений каменноугольного периода, и они, не будучи в состоянии приспособиться к жизни в изменявшемся климате, постепенно вымирали. Вместо них появились новые типы растений.

Пермский период был последним в палеозойской эре. Этот период характеризуется вымиранием древовидных плауновых и хвощей. Возникли современные папоротникообразные. Появились хвойные, гинкговые и саговниковые, которые заменили типичную каменноугольную флору во второй половине пермского периода. Некоторые из хвойных произошли от кордаитов.

Со второй половины пермского периода и в течение почти всей мезозойской эры голосеменные занимают господствующее положение.

Животный мир пермского периода характеризуется развитием нового класса наземных позвоночных—рептилий. Из пермских рептилий можно указать на парей-назавров, скелеты которых были найдены на Северной Двине.

Мезозойская эра разделяется на три периода: триасовый, юрский и меловой. Продолжительность эры около 140 млн. лет. В целом мезозойская эра до середины мелового периода характеризуется развитием голосеменных растений—саговниковых, гинкговых и хвойных.

Наиболее древний период мезозойской эры был триасовый, который отличался новыми условиями существования растений. Земная кора претерпела большие изменения: климат стал более сухим и солнечным, и растения должны были приспособляться к этим условиям. Голосеменные заселяли все части суши и преобладали до мелового периода.

Юрский период является наиболее типичным для мезозойской эры. Это был период расцвета голосеменных растений. Семейство гинкговых было представлено в юрском периоде многими родами и видами крупных деревьев. От этого семейства сохранился в настоящее время только один вид—*Ginkgo biloba*.

Среди хвойных выделились деревянистые формы, потомки которых и существуют в настоящее время,—араукарии с высокими стройными стволами, хорошо развитыми кронами и крупными шишками, содержащими съедобные семена.

Среди саговниковых выделялась весьма интересная группа беннеттитовых, являющихся прототипами цветковых, с плодоношениями, приближающимися по своему строению к цветкам, например к цветкам магнолии. В этот период выделялась еще и группа кейтониевых (*Caytoniales*); некоторые авторы считают ее более близким родоначальником цветковых растений. Кейтониевые имели плодолистники, образовывавшие замкнутую завязь с рыльцем, ягодообразные плоды, а также тычинки с четырьмя пылевыми мешками, но цветка не имели. В юрском периоде произошло вымирание семенных папоротников, появились диатомовые водоросли и покрытосеменные растения.

Меловой период характеризуется пышным развитием еловых, араукариевых, кипарисовых, тисовых, секвой и других хвойных, давших разнообразный и обильный древесный лесной покров. Под покровом хвойных лесов развивались и цветковые растения, которые быстро распространились по всему матерiku. С развитием и расселением цветковых древесных растений саговниковые, гинкговые частью вымерли и заняли подчиненное положение. В меловой период широко были распространены дубы, ивы, ильмы, тольпановые деревья, магнолии, фиговые деревья, клены, лавры, платаны, эвкалипты, виноград, тополя и др. В этот же период распространились древовидные однодольные, особенно пальмы. Из травянистых растений, по-видимому, раньше возникли двудольные и однодольные водные, а затем сухопутные травянистые.

Фауна мезозойской эры была представлена самыми разнообразными формами рептилий, живущими повсюду. Они достигли своего высшего развития в группе динозавров. В конце мелового периода подавляющее большинство мезозойских рептилий вымерло. Одновременно с покрытосеменными появились насекомые, питающиеся нектаром цветков.

Климат в мезозое был теплым и там, где теперь район Арктики, тогда росли вечнозеленые теплолюбивые деревья.

Кенозойская эра наступила вслед за мезозойской и продолжается и в настоящее время. Она разделяется на два периода: третичный и четвертичный.

Третичный период обычно делит на две эпохи: нижнетретичную, или палеогеновую, и верхнетретичную, или неогеновую. Палеогеновую эпоху делят на три века: палеоценовый, эоценовый и олигоценный. Неогеновую эпоху делят на два века: миоценовый и плиоценовый. Общая продолжительность третичного периода исчисляется 54—62 млн. лет. В течение третичного периода движения земной коры создали складчатые зоны, вытянутые в широтном направлении, представляющие собой современные горы: Гималаи, Альпы, Пиренеи, Кавказские и др. От палеоценового века к плиоценовому постепенно происходило снижение средних температур в более северных широтах и произошло разделение на экваториальные и бореальные области.

Третичный период в общем характеризовался теплым климатом и пышным развитием растительности. Материк третичного периода были покрыты дремучими лесами, в которых преобладали широколиственные породы деревьев с большими кронами и могучими стволами. Цветковые растения имели современный нам облик. Леса были весьма разнообразны по составу видов. В них было много вьющихся и лазающих лиан, много тропических двудольных. Были широко распространены магнолии, лавровые деревья, каштаны, фикусы, пальмы, хлебное дерево, миртовые деревья, клены, дубы, ясени, грецкие орехи, многие хвойные деревья, среди которых выделялись богатые смолой виды.

Наиболее типичной для третичного периода была растительность зоцена. Растения жаркого климата, как пальмы, фикусы, магнолии, лавровые и др., в зоценовую эпоху

росли в Европе и Америке вплоть до Гренландии. Климат Европы в эоцене был почти тропическим. В эоценовых отложениях Швейцарии сохранились остатки лесных деревьев, свойственных растительности Малайского архипелага. Миртовые и сандаловые деревья, фикусы, эвкалипты и другие представители жаркого климата изобиливали там, где теперь растут лишь дубовые леса.

К концу олигоцена произошло значительное понижение температур, а это повело к изменению растительности. На севере появилась береза, ольха, осина и др. К концу третичного периода похолодание земли усилилось, которое еще более изменило характер растительности.

Четвертичный период характеризуется еще более резким понижением температуры. Это привело к образованию мощного ледяного покрова на Северном полушарии и наступлению льдов на юг. Одновременно оледенение охватило и крайнюю оконечность Южного полушария. Вблизи полярных стран скопилось масса льдов, которая, двигаясь на юг, погребла под собой растительный покров всей Северной Европы и Северной Америки. Наступившая ледниковая эпоха сменялась временными потеплениями. На территории нашей страны один ледниковый выступ доходил до Киева, а другой—до Воронежа. Ледники покрывали и более южные горные страны, как Альпы Швейцарии, Карпаты, Кавказ, Алтай и др.

По вопросу о причинах такого резкого похолодания, при котором в северных странах образовались мощные ледяные покровы, высказывались различные гипотезы. Согласно одной из этих гипотез, земля на своем пути через мировое пространство вместе с солнцем проходит через скопления космической пыли. Эта пыль, находясь между землей и солнцем, задерживает лучи солнца. В такие периоды земли получает значительно меньше солнечного тепла, и температура на поверхности земли резко снижается. Когда же земля вместе с солнцем опять попадает в прозрачные участки мирового пространства, то влияние солнца усиливается, и климат становится теплее, а растительность развивается пышнее.

Похолодание и наступление ледников сменялось более теплыми межледниковыми периодами. При этих сменах климата на поверхности земли резко изменялись и условия жизни растений. Многие растительные формы не выдерживали перемен климата и вымирали, а другие, более стойкие, сохранялись в горных долинах, которые не были покрыты льдом, и выжили. Некоторые из них претерпевали существенные изменения и приспосабливались к изменившимся условиям климата, положив начало флоре послеледникового периода.

Однако временные, хотя и продолжительные охлаждения не охватывали всей поверхности суши. Между экватором и сороковым градусом северной и южной широты оставались территории с достаточно высокими температурами для развития растительности третичного периода. С наступлением более теплого времени и с освобождением более северных широт от льда они начинали заселяться растениями. Но большие массы льда, скопившиеся на полюсах, оказывали влияние и на климат соседних областей, не бывших под ледником или вышедших из-под него. Весеннее таяние льдов и снегов поглощало такое количество тепла, что и лето в этих областях было более холодным. Под влиянием более низких температур началось образование новых растительных форм, приспособленных к жизни при более низких температурах летом и выдерживающих анаичательный снеговой покров зимой. В этот период образовались травянистые растения наших лугов и полей, приспособленные к жизни в северных странах. Среди них можно отметить злаки, играющие весьма важную роль в жизни людей и животных.

Растительный мир в ледниковый период развивался в благоприятных условиях теплого и умеренного климатов. Резкое похолодание в ледниковый период привело к гибели огромного количества растительных видов или оттеснило их в более теплые районы земного шара. Вместе с тем понижение температуры изменило условия жизни растений, к которым последние должны были приспособливаться. Это приспособление шло на основе наследственной изменчивости и отбора более холодостойких видов. Среди этих типов были хвойные—сосны, ели, можжевельники и др., которые унаследовали некоторые черты от своих предков и в то же время приобрели ряд новых свойств, спасающих их зимой.

Характерная особенность четвертичного периода—пышный расцвет травянистой растительности.

Третичный же период отличался широким развитием деревьев и кустарников и слабым развитием трав.

Возникновение человека приурочено к четвертичному периоду. Изменение условий существования предков человека в неблагоприятную сторону вызвало потребность в труде—основном факторе человеческого существования.

Если раньше в теплом и влажном климате, среди богатого растительного и животного мира первобытные предки находили для себя достаточно пищи и не думали об утеплении своих жилищ, то при понижении температуры они должны были заботиться об обеспечении себя на неблагоприятный период года. А это повело к возникновению ряда трудовых процессов, которые явились исходным моментом развития обезьяноподобных предков и человека.

Если в дочеловеческую эпоху эволюция растений и животных происходила на основе естественного отбора, то с возникновением и развитием человека последний стал оказывать и существенное влияние на эволюцию растений. Он начал приспосабливать их к своим потребностям, применяя искусственный отбор.

В результате у растений стали развиваться именно те свойства, которые нужны были человеку: накопление питательных и иных химических веществ, волокна, образование цветков и пр.

Вначале человек научился культивировать растения. Его вмешательство в природе осуществлялось путем бессознательного отбора. Этот процесс, продолжавшийся много тысячелетий, привел к созданию основных форм культурных растений. Однако впоследствии бессознательный отбор был заменен сознательным отбором, или селекцией.

Таким образом, рассматривая историю возникновения и развития растительного мира земного шара, можно выделить следующие периоды: 1) период возникновения и развития бактерий и близких к ним организмов; 2) период возникновения и развития водорослей от простейших до крупных морских форм; 3) период возникновения и развития псилофитов — растений, начавших свое развитие в водной среде и вышедших на сушу; 4) период возникновения и развития гигантских плауновых (лепидодендронов, сигиллярий), хвощевых деревьев (каламиты) и папоротников; 5) период возникновения и развития кордаитов и папоротниковидных голосемянных растений; 6) период расчленения и развития голосемянных; 7) период возникновения и развития различных классов покрытосемянных растений; период развития культурной флоры.

Большое значение в развитии и совершенствовании растительных форм получили насекомые, которые возникли в каменноугольный период. Из насекомых наибольшее значение имели те группы их, которые посещают цветки и питаются пыльцой и нектаром. Эти насекомые, перелетая с растения на растение, с цветка на цветок, способствовали перекрестному опылению, содействуя этим лучшему развитию семян и обновлению организма. Кроме этого, перекрестное опыление и оплодотворение повышало наследственную изменчивость и формообразование.

Изменение климата земли, ее поверхности обусловило изменение среды, в тесном взаимодействии с которой растения вырабатывали все новые и новые формы, а естественный отбор, уничтожая все несовершенное, сохранял все наиболее жизнеспособное.

Таким путем вырабатывались различные типы растительных организмов, хорошо приспособленные к условиям среды.

С возникновением и развитием человека появился новый могучий фактор развития растений, который вызвал появление высокопроизводительных культурных растений, обеспечивших создание ряда сложных производств, необходимых для жизни и развития человека.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И АНАТОМИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

Эволюция — это процесс развития, который лежит в основе создания всех существующих форм живых существ от более простых до современных и обуславливает их дальнейшее совершенствование.

В области морфологии и анатомии накоплен большой материал, подтверждающий эволюционное учение.

О родственной связи между растениями свидетельствует сходство в их строении. Это выражается в том, что у близких форм имеются так называемые гомологичные органы, т. е. органы сходного строения, одинакового положения и развивающиеся из сходных зачатков. Наличие гомологичных органов можно объяснить только родством растительных форм.

В ряде случаев гомологичные органы обладают весьма значительными различиями. Лишь тщательное сравнение этих органов с их типично устроенными гомологами, а также изучение этих органов у зародышей позволяют определить их истинное происхождение. У некоторых растений наблюдается весьма глубокое превращение гомологичных органов. Так, иногда листья приобретают новую функцию, связанную с глубокими изменениями листовой пластинки. Например, у посевного гороха (*Pisum sativum*) часть листьев видоизменяется в органы прикрепления — усики.

У барбариса листья превращаются в колючки. Подобные же метаморфозы наблюдаются и у стебля. У некоторых растений стебель превращается в корневидные или кладодии; эти последние выполняют функции ассимиляции.

Эти факты превращения органов явственно свидетельствуют в пользу эволюционного развития.

Явление несходства между родственными формами обычно связано с несходством условий их существования. Напротив, явление сходства между неродственными формами объясняется тем, что они живут в сходных условиях существования. Иначе говоря, растительные организмы и их органы оказываются приспособленными к определенным условиям среды.

Наука, изучающая приспособления растений к среде обитания, называется экологией. Данные экологии морфологических приспособлений имеют большое значение для эволюционной теории.

Идея единства плана и гомологии находит свое более конкретное развитие и в ботанике. Так, Де-Кандоль (1787—1841) показал, что многообразие в строении цветка в пределах различных естественных семейств растений может быть сведено к определенному «плану симметрии».

Крупный шаг в этом направлении сделал Гюфмейстер (1824—1877), который, исследуя половой процесс у растений, установил, что в основном закономерности его общи для всего растительного царства. Гюфмейстеру удалось показать с большой убедительностью, что половые элементы споровых растений функционально соответствуют этим же элементам у цветковых. И, таким образом, стало ясно, что общность закономерностей полового процесса связывает споровые растения с цветковыми и, следовательно, эти большие группы не могут рассматриваться оторванно друг от друга. По выражению К. А. Тимирязева, Гюфмейстер перебросил мост через пропасть, разделявшую две большие группы растительного царства.

Примеры эволюции из области эмбриологии. Эмбриология — это наука, занимающаяся изучением индивидуального развития организмов от оплодотворенной яйцеклетки до взрослого состояния.

Данные индивидуального развития свидетельствуют об эволюции, если они сопоставляются друг с другом. Поэтому для эволюционного учения особенно важны данные сравнительной эмбриологии, одной из задач которой является изучение строения и законов развития эмбриональных форм.

При сравнительном изучении факторов эмбрионального развития получены результаты, доказывающие эволюционное учение. Вместе с тем установлено, что сходство в строении зародышевых форм сохраняется на ранних стадиях эмбрионального развития и утрачивается на поздних. Явление сходства проявляется прежде всего в сходстве половых клеток — женских и мужских.

В 1834 г. немецкий зоолог Франц Мюллер высказал мысль, что «историческое развитие вида отражается в истории его индивидуального развития». Это положение после было развито Эрнестом Геккелем (1866) и получило название биогенетического закона Мюллера-Геккеля.

Согласно этому закону, индивидуальное развитие каждой особи данного вида, или ее онтогенез, есть краткое повторение филогенеза, т. е. повторение истории развития данного вида. Иначе говоря, в индивидуальном (онтогенетическом) развитии особей данного вида отражается история его происхождения (филогенез).

Таким образом, онтогенез каждого вида обусловлен (определен) его филогенезом, т. е. исторически обусловлен. Однако в процессе онтоге-

неза могут возникать новые свойства и качества. Следовательно, в онтогенезе закладываются новые направления филогенеза.

Большое значение для доказательства эволюционного учения имели крупнейшие открытия в области клеточной теории. Шлейден (1804—1881) в 1838 г. пришел к выводу, что низшие растения могут быть приравнены к клетке и что всякое более развитое растение представляет комплекс точно таких же клеток. В 1839 г. Шванн обосновал общую клеточную теорию, распространяющуюся как на растительное, так и на животное царство. Этим был установлен важный факт, положивший прочное научное обоснование учению о единстве животного и растительного мира.

Доказательства эволюции из области геологии и палеонтологии. Палеонтология — это наука об ископаемых организмах. На основании остатков организмов, находимых в разных слоях земли, можно судить об их строении и отчасти об их жизнедеятельности, о периодах существования земли, когда эти организмы ее населяли, об их распространении и об их генетической связи друг с другом и с современными живыми существами.

Весьма редко ископаемые организмы сохраняются в земле в целом виде; гораздо чаще палеонтологические находки представляют собой остатки организма, главным образом его твердые части — скелет, череп или их части: челюсти, зубы, рога и пр. От мягких частей ископаемых организмов, как правило, ничего не сохраняется, но о форме этих мягких частей можно судить по отпечаткам в затвердевшем впоследствии грунте. Так, при образовании земных пластов, в которых погребены листья, часто сохраняются отпечатки их жилок, которые сгнивают значительно позже, чем мякоть листа. Таким образом, эти остатки по существу являются частью породы, сохранившей эти отпечатки, и составляют материал, известный под названием палеонтологических документов. Опираясь на эти документы и сличая их с организацией современных нам живых существ, палеонтология пытается восстановить морфологическую структуру ископаемых организмов.

Иногда, впрочем, в мерзлой земле и в болотах удается обнаружить целые организмы. Неповрежденные насекомые и мелкие животные обнаруживаются также в кусках янтаря. Янтарь является смолой хвойных деревьев, вследствие затвердевшей. Будучи в жидком состоянии, вещество янтаря обтекало тела маленьких животных и насекомых и после затвердевания сохраняло их весьма продолжительное время.

Остатки ископаемых организмов обнаруживаются далеко не везде. Иногда они попадают в местах обнажения земных пластов, при земляных работах (в шахтах, каменоломнях, тоннелях и пр.). Организуются также и планомерные поиски ископаемых форм в местах, в которых они могут находиться на основании общетеоретических предположений. В различных слоях земной коры закономерно обнаруживаются остатки разных организмов, причем определенному слою соответствуют те или иные группы ископаемых организмов, типичных для данного слоя.

Палеонтологические находки свидетельствуют о том, что поверхность земли претерпела значительные изменения. Обнаружение остатков кораллов, раковин, морских моллюсков и корненожек в сотнях километров от берегов морей и океанов свидетельствует о том, что в прошлые геологические эпохи это место было дном океана. Нахождение остатков тропических растений и животных в северных широтах свидетельствует о значительных изменениях климата. Естественно, что эти изменения поверхности земли и климата отразились на составе флоры и фауны.

В процессе развития палеонтологии в XIX веке накопился фактический материал большого теоретического значения. Установлены круп-

ные факты, касающиеся эволюции земли, последовательной смены органических форм во времени. Обнаружено, что чем ближе к современности, тем больше сходства между вымершими формами и современными. Выяснено также, что формы все более расходятся по мере удаления друг от друга во времени. В результате было сделано предположение, что группы форм соседних ярусов характеризуются видами, связывающими эпохи.

В общем изучение палеонтологических материалов убедительным образом доказывает факт органической эволюции и подтверждает основную идею, развитую впоследствии Дарвином, об естественном отборе как движущей силе эволюционного процесса.

Исторические данные из области экологии и географии. Экология — это отрасль биологии, изучающая взаимоотношение организмов с окружающей средой. Экология выясняет не только особенности неорганической среды обитания (особенности почвы, воздуха, воды), но и органической среды (биотические условия). К последней категории условий существования относят всю совокупность сложных взаимоотношений организмов между собой, а также влияние хозяйственной деятельности человека на животный и растительный мир.

Разнообразные взаимоотношения организмов с абиотическими и биотическими условиями существования выливаются в форму приспособлений (адаптаций); следствием этого является возникновение таких признаков, которые обеспечивают выживание видов, обладающих этими признаками. Объяснить возникновение приспособительных признаков можно только с эволюционной точки зрения. Следовательно, данные экологии могут служить новыми доказательствами эволюции.

Растительные и животные организмы приспособлены к различным условиям существования. Растения и животные живут на Крайнем Севере, в умеренных областях, в жарких пустынных местах, на суше, в воде и в условиях различной обводненности. Для того чтобы растения и животные могли выживать в резко различных условиях среды, у них выработались соответствующие приспособительные признаки.

Особый интерес представляют насекомоядные растения, обладающие приспособлениями для ловли и переваривания мелких животных.

Одним из примеров изменения живых существ может служить явление симбиоза. Симбиозом, или сожительством, называют такое взаимоотношение двух организмов, при котором оба или один из них извлекают пользу, не причиняя вреда другому. Наиболее типичным примером симбиоза являются лишайники, представляющие сожительство гриба с водорослью. Известно сожительство высших растений с грибами (микоризы), сожительства растений с животными (инфузорий и простейших водорослей, муравьев и тропических растений из рода *Mimodesmodia*).

Явления симбиоза незаметным образом могут перейти в такие взаимоотношения, которые носят название паразитизма и характеризуются тем, что пользу из сожительства извлекает только один организм, а другой терпит от него ущерб.

Таким образом, изучение приспособлений к среде обитания проливает свет на вопрос о причинах различий в устройстве гомологичных органов у родственных форм или о причинах сходства в строении аналогичных органов у организмов, филогенетически далеко отстоящих друг от друга. Данные экологии, которая занимается изучением приспособлений организмов к среде, имеют большое значение для эволюционного учения, являясь хотя и косвенными, но чрезвычайно важными доказательствами изменений, превращений живых существ в соответствии с изменявшимися условиями существования.

Условия существования в разных частях света и в разных географических областях одной и той же части света обуславливают различия растительного и животного населения. Растительность и животный мир полярных стран резко отличаются от растительности и животного населения тропиков, но и в тропиках растения и животные Африки отличаются от растений и животных Южной Америки или Малайского архипелага.

Изучение географического распределения организмов показывает, что закономерности этого распределения могут быть поняты только в свете эволюционного учения. В свою очередь факты экологии и биогеографии являются важными доказательствами происхождения органических форм от общих предков, ранее населявших землю.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭВОЛЮЦИОННОГО УЧЕНИЯ ДАРВИНА

Эволюционная теория Дарвина была изложена им в книге «Происхождение видов». Во введении к этой книге Дарвин развивает общие принципы теории и останавливается на методах исследования.

Дарвин не ограничивается установлением факта эволюции, а показывает причины эволюции видов. Он устанавливает при этом способ, при помощи которого можно вскрыть причины эволюции. Виды эволюционируют в процессе приспособления к среде. Следовательно, нахождение причин приспособительной изменчивости видов позволяет выявить и основной фактор эволюции органических форм.

Дарвин при решении проблемы приспособительного процесса, а следовательно, и эволюционного процесса, основывается на данных практики выведения новых сортов растений и пород животных и показывает, что они возникают путем методического отбора тех особей, которые наиболее соответствуют интересам человека. Посредством методичного отбора наиболее ценных особей происходит накопление новых хозяйственно ценных особенностей. Этот процесс накопления и приводит к качественной перестройке растительных и животных организмов, к созданию новых сортов и пород. Аналогичный процесс происходит и в природе, где дикие виды образуются в результате непрерывного отбора особей, наиболее соответствующих условиям их жизни.

Весь процесс эволюции и приспособления сортов и пород к нуждам и задачам человека складывается из трех, неразрывно связанных процессов: изменчивости, наследственности и отбора. Изменчивость создает необходимый материал, наследственность позволяет закрепить возникшие изменения, а отбор слагает возникшие изменения в определенные формы, соответствующие задачам человека. В конечном итоге создание новых сортов растений и пород животных достигается в результате сочетания всех трех процессов, при этом отбору принадлежит ведущая роль.

Изменчивость, ее формы и причины. Под изменчивостью понимаются процессы изменения, или превращения, органических существ, возникающие во времени и представляющие отклонения от видового типа независимо от пола, возраста и других особенностей, присущих всем живым организмам.

Дарвин различал два типа изменчивости: определенную и неопределенную. Определенная изменчивость — это изменчивость многих организмов, она проявляется у всех особей, подвергнувшихся воздействию определенного фактора среды, и выражается у всех особей сходным образом. Неопределенная изменчивость — это изменчивость единичных особей, проявляющаяся в семенах одной и той же коробочки или у животных одного и того же помета.

Говоря о причинах изменчивости, Дарвин развивает ту мысль, что необходимо различать два фактора: природу организма и природу условий. Природа организма, по Дарвину, является наиболее существенной, так как совершенно сходные изменения возникают при условиях совершенно различных, а несходные изменения могут возникать в совершенно однородных условиях. Влияния на потомство могут быть или определенными, или неопределенными. Они могут быть признаны определенными, когда все или почти все потомство под влиянием известных условий изменяется одинаковым образом. Дарвин допускает, что целый ряд неглубоких изменений может возникать таким путем, например определенный рост — от количества пищи, окраска — от ее качества, толщина кожи и волосистость — от климата и т. д.

Неопределенная изменчивость, по Дарвину, играет более выдающуюся роль в образовании сортов культурных растений и пород животных. Этот тип изменчивости проявляется в разнообразных и слабых различиях. В течение больших промежутков времени у отдельных особей из миллионов существ, выращенных в той же стране и на сходной пище, появляются отклонения в организации, настолько резкие, что получают название уродливостей. Все подобные изменения, проявляющиеся у живых существ, могут быть рассматриваемы как неопределенные воздействия условий существования на каждый индивидуальный организм. Природа условий в произведении неопределенных изменений имеет меньшее значение, чем природа самого организма.

Кроме определенной и неопределенной изменчивости, Дарвин различает еще коррелятивную, или соотносительную, изменчивость, которая состоит в том, что изменение в каком-либо одном органе обуславливает изменения и в других органах. Дарвин приводит ряд примеров коррелятивной изменчивости: белые кошки с голубыми глазами обычно глухи; у бесперстных собак недоразвиты зубы; у голубей с оперенными ногами обычно между наружными пальцами имеется перепонка; у голубей с длинным клювом обычно большие ноги и т. д.

Из подобных фактов Дарвин делает вывод, весьма важный для его теории. Он отмечает, что человек, отбирая какую-нибудь особенность строения, неумышленно изменяет и другие части организма на основании законов корреляции.

Законы корреляции в свете новейших данных о сцепленном наследовании некоторых признаков вполне понятны.

Дарвин отмечает также, что в возникновении изменений большую роль играет скрещивание различных форм. Он считает, что скрещивание увеличивает изменчивость у потомков: под влиянием скрещивания появляются новые признаки и происходит усиление естественного процесса наследственной изменчивости.

Определив основные формы изменчивости, Дарвин делает вывод, что для эволюционного процесса важны именно те изменения, которые наследственны, так как только наследственные изменения могут накапливаться направленно ведущимся из поколения в поколение отбором. Поэтому наибольшее значение Дарвин придает неопределенной наследственной изменчивости.

Крупнейший русский дарвинист К. А. Тимирязев, говоря о роли среды в обуславливании изменений организмов, приходит к выводу, что изменчивость, вызываемая факторами внешней среды, сама по себе безразлична. Одни и те же факторы среды могут вызывать изменения, полезные для организма, безразличные или вредные. Печать приспособления, полезности налагается последующим историческим процессом устранения бесполезного, т. е. отбором.

Таким образом, из различных форм изменчивости, с точки зрения эволюционной теории, наиболее важна изменчивость наследственная, а с физиологической точки зрения та, которая поддается опытного изучению как результат воздействия среды.

Н а с л е д с т в е н н о с т ь. Под наследственностью следует понимать процесс сохранения и передачу сходного внешнего или внутреннего строения, а также и химико-физических особенностей в жизненных отправлениях организмов. Наследственность проявляется как в сохранении неизменного, так и в сохранении изменившегося, только последнее (сохранение изменившегося) наблюдается далеко не во всех случаях. Вопрос о том, когда и при каких условиях возникшие изменения сохраняются, составляет одну из важнейших задач современного учения о наследственности.

Учение о наследственности играет важную роль как в эволюционном учении — дарвинизме, так и в искусственном отборе — селекции.

При рассмотрении проблемы наследственности возникает ряд вопросов, в первую очередь — о причинах полного сходства в признаках ряда следующих друг за другом родственных поколений, а также о закономерностях в появлении отдельных признаков.

Исследования ряда авторов до работ Дарвина и личные наблюдения Дарвина позволили ему выявить некоторые общие закономерности в наследовании отдельных признаков. В частности, им были установлены две общих закономерности: 1) при скрещивании двух резко различных рас потомство в первом поколении более или менее приближается по морфологическим признакам к одному из родителей или занимает промежуточное положение между ними, или же иногда имеет новые признаки; 2) во втором поколении потомство обычно крайне варьирует при сравнении одних особей с другими, а многие из них возвращаются почти к родительским формам.

Таким образом, Дарвин сформулировал важнейшие законы наследования, которые впоследствии получили название: 1) правило доминирования в первом поколении, или закон единообразия первого поколения, и 2) закон расщепления во втором поколении.

Для объяснения причин наследственности Дарвин предложил гипотезу, которую он назвал «временной гипотезой пангенезиса». Согласно этой гипотезе, в каждой клетке любого органа растения или животного содержатся мельчайшие зачатки — г е м м у л ы, которые отделяются отдельными клетками организма и по проводящим путям направляются в органы полового размножения, где из них формируются половые клетки. Таким образом, сходство детей с родителями есть следствие того, что дети получили определенные г е м м у л ы (материальные зачатки признаков).

Гипотеза пангенезиса была чисто умозрительной. Она представляла собой первичную гипотезу наследственности, основанную на представлениях о морфологических (материальных) единицах наследственности — геммулах. В дальнейшем теория наследственности развивалась по пути, намеченному Дарвином, т. е. основывалась на признании материальных факторов наследственности, являющихся структурными элементами зародышевых (половых) клеток.

В 80-х годах прошлого века (1884) ботаник Негели выступил с теорией, согласно которой не все структурные элементы половых клеток имеют одинаковое значение в процессе передачи наследственных свойств, а лишь определенная часть их — диплоплазма, содержащаяся в одинаковом количестве как в мужских, так и в женских половых клетках. В силу этого мужской и женский организмы играют одинаковую роль в процессах

наследования. Большая величина женских половых клеток (яиц) обусловлена наличием большого количества в них менее важной структуры — стероплазмы, которая не играет роли в процессах наследования.

В результате успехов физиологии и выяснения процессов деления клеток, а также процессов оплодотворения была установлена ведущая роль ядра и его структурных элементов — хромосом в процессах наследования.

Успехи современной биохимии дают материал для выводов, что способность к наследственной передаче определенных свойств от родителей к потомкам определяется стойкостью биохимической структуры клетки. Клетка является сложной и внутренне дифференцированной системой, органолы которой выполняют различные функции и тесно связаны между собой биохимически и физиологически. Дифференциация клетки выражается прежде всего в разделении ее на ядро и протоплазму. Обе эти части клетки различны по своей морфологической и биохимической структуре, а также и по физиологическим функциям. Характерной особенностью протоплазмы является то, что она непосредственно связана с внешней средой. Ядро же связано с внешней средой через протоплазму. Элементы внешней среды, проникающие в клетку, перестраиваются протоплазмой в соответствии с биохимической структурой самой протоплазмы. Структурные же элементы ядра строятся из материалов протоплазмы, которая является энергетическим посредником между внешней средой и ядром. В силу этого ядро обладает более стойкой биохимической структурой.

Ядро в свою очередь воздействует на биохимические процессы протоплазмы и обменные реакции в ней. Однако известно, что ядро участвует в этих процессах избирательно, воспринимая совершенно определенные вещества протоплазмы. В силу этого биохимически ядро отличается от протоплазмы; оно содержит особые ядерные белки — нуклеопротейды, характерные именно для ядра, но образующиеся из вещества протоплазмы. Избирательные свойства ядра, воспринимающего только определенные вещества протоплазмы, являются второй причиной стойкости биохимических структур клетки.

Под влиянием ядра становится относительно стойкой и вся биохимическая система клетки. Эта стойкость ее и обеспечивает стойкость реакции клетки как целостной системы на внешние воздействия. Таким образом, можно сделать дополнительный вывод, что в основе наследственности как процесса сохранения специфических свойств организма лежит стойкость биохимической структуры клетки и в особенности стойкость ее ядерного комплекса.

Учение Дарвина об отборе. Естественный отбор. Естественным отбором Дарвин называет процесс выживания наиболее приспособленных особей и гибель менее приспособленных. Отбор есть природный фактор, сохраняющий особи с полезными изменениями. Дарвин подчеркивает, что под естественным отбором не следует понимать какой-либо сознательный выбор. Сохранение наиболее приспособленных есть лишь следствие гибели всех менее приспособленных. Естественный отбор осуществляется естественными факторами среды: температурой, влажностью, светом, климатом, паразитами и пр.

Естественный отбор является весьма сложным процессом, зависящим от взаимоотношения организмов с окружающей их биотической и абиотической средой. Любой организм всегда лишь относительно соответствует условиям среды, частью которой он сам является. Отсюда и возникает та форма отношений организмов к среде, которую Дарвин назвал борьбой за существование.

Борьба за существование, как указывает Энгельс, является нормальным состоянием и неизбежным признаком бытия всякой живой формы. Эволюционное значение борьбы за существование вытекает из наличия в природе биологически различных живых организмов. Биологическое же неравенство вызывается изменчивостью, приводящей к тому, что различные особи в разной степени соответствуют окружающей среде. Поэтому гибнут менее приспособленные и выживают более приспособленные, что приводит к совершенствованию живых организмов.

Одним из условий борьбы за существование в естественной обстановке является перенаселение. Последнее наступает вследствие геометрической прогрессии размножения. Все организмы, дающие даже небольшое количество потомков, размножаются весьма быстро. Если бы все потомство любого организма выживало, то в силу размножения в геометрической прогрессии численность представителей данного вида достигла бы таких размеров, что они заняли бы всю землю.

Вот некоторые примеры плодовитости растений: одно растение осота дает до 19 000 семян, будяка — 35 000, пастушьей сумки свыше 70 000, заразики — около 143 000, белены — свыше 446 000 и т. п.

Несмотря на весьма большой темп размножения, в природных условиях мы не наблюдаем тех огромных количеств особей любого вида растений и животных, которые могли бы получить, если учесть размеры плодовитости видов. Это объясняется именно тем, что большинство потомства гибнет.

Перенаселение, по мнению Дарвина, является основной причиной борьбы за существование. Однако борьба за существование не представляет собой простую схватку. Борьба может иногда носить характер непосредственных конфликтов между живыми организмами, но чаще всего она имеет косвенный характер. Конкурирующие организмы борются за источники жизни, но они могут даже непосредственно и не соприкасаться друг с другом.

Дарвин отмечает, что каждое единичное органическое существо стремится увеличить свою численность и выдерживает борьбу с другими и со средой. Численность вида ограничивается многими условиями, а именно: количеством пищи, климатом, наличием хищников и др. Эти и другие факторы среды действуют на численность организма через посредство очень сложной цепи взаимоотношений.

Большую роль в ограничении численности вида играет взаимная конкуренция между организмами. Очень часто вновь проросшие семена погибают от того, что прорастают на почве, уже густо заросшей другими растениями. Конкуренция между организмами принимает особенно острые формы в тех случаях, когда эти формы обладают сходными потребностями и близкой организацией. Поэтому борьба за существование между видами одного рода является более резкой, чем между видами разных родов.

Дарвин указывает, что если несколько разновидностей одного и того же вида пшеницы посеять вместе, то некоторые из них, более соответствующие климату и почве, в несколько лет вытеснят остальные разновидности. Эти результаты отношений со средой, имеющие своим следствием гибель известной части индивидуумов и переживание другой части, и являются внешним выражением процессов борьбы за существование.

Естественно, что причины гибели одних особей и переживания других могут быть весьма разными; в основном они сводятся к тому, что выжившие и погибшие особи различаются по своим наследственным свойствам. Наследственная изменчивость приводит к неоднородности отдельных особей данного вида, а неоднородность наследственной организации

обуславливает неравноценность по отношению к среде, биологическое неравенство. Таким образом, особи, более соответствующие среде, выживают, а менее соответствующие — вымирают. Таким образом, в природе происходит непрерывный естественный отбор форм, обладающих наиболее полезными в данных условиях изменениями.

Направляющая роль естественного отбора. Творческая роль естественного отбора проявляется в том, что в результате отбора происходит накопление наследственных изменений, выгодных для организмов. Обычно отбор особей, наиболее приспособленных к данной естественной обстановке, достигается не путем какого-либо сознательного выбора, а вымиранием особей, менее приспособленных к данным условиям среды.

Дарвин устанавливает, что отбор идет совершенно закономерно. Особенно большое значение для отбора имеет степень конкуренции между живыми существами. Борьба за существование наиболее напряжена между близкими формами, т. е. обладающими сходной организацией и сходными жизненными потребностями. Вследствие этого близкие между собой формы находятся в менее выгодных условиях, чем взаимно уклоняющиеся. Чем ближе взаимные потребности, тем меньше особей может просуществовать на данной площади и, следовательно, тем больше взаимная конкуренция, тем выше смертность. Напротив, чем различнее особи по своей организации и потребности, тем больше может их выжить на единице площади и тем меньше их взаимная конкуренция и их смертность.

На этих именно отношениях основано применение смешанных посевов разных видов и родов (вика и овес, клевер и тимофеевка и т. п.), а также севооборотов, т. е. чередований культур по годам.

Эти же отношения Дарвин установил и в естественных условиях, где произрастают представители разных видов, родов и даже семейств. Дарвин произвел учет естественной заросли на площадке размером 4×3 фута и обнаружил, что на ней произрастало 20 видов растений, относящихся к 18 родам и 8 семействам.

Естественно, что при таких отношениях взаимная конкуренция между отдельными растениями меньше, так как различные растения характеризуются различными требованиями к почве.

Эти факты позволили Дарвину сформулировать биологический закон полезности многообразия органических форм, согласно которому наибольшая сумма жизни осуществляется при наибольшем разнообразии строения, отправления и потребностей.

Творческая роль естественного отбора в эволюции складывается из ряда процессов.

Как было отмечено, всем организмам присуща неопределенная изменчивость, которая приводит к тому, что в населении вида появляются различные особи с новыми признаками, т. е. среди основной массы средних, исходных форм появляются новые, уклоняющиеся формы.

В силу большей полезности многообразия, по Дарвину, вымирают промежуточные формы (среди которых конкуренция наибольшая) и выживают изменившиеся, уклоняющиеся. Эти последние находятся в более благоприятных условиях, и численность их увеличивается. Обычно, чем больше полезных уклонений, тем они выгоднее для сохранения данных особей. В результате непрерывного действия отбора в ряде последовательных поколений происходит вытеснение промежуточных форм, сохранение наиболее приспособленных уклоняющихся форм и постепенное усиление и накопление различий между уклоняющимися формами.

Процесс расхождения форм Дарвин называет процессом дивергенции (расхождения).

Дивергенция есть биологическая необходимость, неизбежное следствие из того факта, что наибольшая сумма жизни возможна при наибольшем разнообразии. Таким образом, процесс дивергенции, возникнув в результате неоднородности населения вида, в свою очередь усиливает и углубляет эту неоднородность вида и приводит к формированию разновидностей.

Возрастание численности вида увеличивает шансы на возникновение новых изменений, а это обуславливает процветание вида. Увеличение численности приводит к расширению ареала вида. В условиях большого ареала процесс развития вида протекает по-разному, и в различных частях ареала сохраняются разновидности, приспособленные к данным местным условиям. В результате этого в отдельных частях ареала возникают местные разновидности. Эти местные разновидности путем непрерывного выживания наиболее приспособленных превращаются в подвиды. В результате этого процесса ареал вида разбивается на подвидовые ареалы. В конечном счете такие подвиды качественно обособляются и приобретают значение новых молодых видов.

Таким образом, от разновидностей процесс идет в сторону образования местных подвидов, а подвиды развиваются в новые виды. Вот почему Дарвин и говорит, что разновидность есть зачинающийся вид, а вид — обособившаяся разновидность.

Через накопление различий (дивергенцию) происходит дифференциация форм в системе старого вида и образование за счет этой дифференциации новых видов. Каждый новый вид есть исторический продукт накопления новых особенностей. Каждое новое наследственное изменение влечет за собой новые коррелятивные изменения, т. е. перестройку всей системы организма. Следовательно, накопление как количественный процесс постоянно влечет за собой возникновение нового качества, коренную перестройку всей системы организма.

Искусственный отбор. Искусственным отбором называется практический прием выделения лучших растений и животных, удовлетворяющих хозяйственным требованиям человека. Новый признак при этом из поколения в поколение усиливается.

Таким образом, путем методического отбора, проводимого из поколения в поколение, человек постепенно усиливает и накапливает полезные наследственные изменения. А так как всякое новое изменение в силу закона корреляции обуславливает и появление других (коррелятивных) изменений, то систематический отбор приводит не только к усилению и количественному накоплению отбираемых человеком особенностей, но и к глубокой качественной перестройке организма отбираемых форм.

Наряду с отбором форм, обладающих желательными изменениями, все неподходящие формы выбраковываются (элиминируются). Эти мероприятия и приводят к улучшению культурных форм. Таким именно путем создавались и улучшались наши сорта культурных растений и породы животных.

Различие между сортами обусловлено хозяйственными интересами человека. Различие интересов человека в отношении тех или иных культурных растений приводит к дифференцировке сортов по признакам, имеющим хозяйственное значение. Так, например, сорта капусты различаются по строению и форме листьев, тогда как цветки этого растения однообразны. Напротив, у анютиных глазок, пользующихся известной популярностью в цветочодстве, весьма разнообразны цветки и довольно однообразны листья. У различных сортов картофеля листья и цветки мало изменены, а наибольшее многообразие наблюдается в форме, величине, окраске и качестве картофельных клубней, от которых и зависит хозяй-

ственное значение картофеля. Сорта яблонь, груш, слив, вишен и т. п. различаются по плодам. У других растений, у которых используются не плоды, а семена, сортовая дифференцировка идет по семенам. С точки зрения теории отбора это явление понятно.

У разных растений наиболее изменчивыми оказались именно те органы, которые имеют хозяйственное значение. Сам факт большого многообразия хозяйственно важных признаков объясняется тем, что человек производил методический отбор и изменил те особенности, которые представляют хозяйственный интерес.

К числу прямых доказательств искусственного отбора относятся факты выведения новых сортов растений за короткое время. При этом закреплялись те изменения, которые происходили в желательном направлении. Из этого вытекает, что искусственный отбор приводит к усилению хозяйственно полезных признаков культурных форм. Таким образом, искусственный отбор, производимый человеком, и есть движущий фактор эволюции культурных растений и домашних животных.

Успех отбора зависит от ряда условий. К ним относятся степень изменчивости особей вида, число особей, среди которых производится отбор, наблюдательность и глубина познаний отбирающего человека и пр.

Обычно, чем чаще появляются изменения, тем больше вероятность создания новых форм. Поэтому экспериментатор заинтересован в повышении изменчивости живых существ.

Таким образом, искусственный отбор является творческим фактором. В процессе его создаются сорта растений и породы животных.

Дарвин признавал за отбором самую выдающуюся роль. При этом он основывался на следующих соображениях: путем непосредственного воздействия внешними факторами человек может вызвать изменения, но эти изменения мало подчиняются его воле в смысле предвидения получаемого результата. Только путем отбора человек достигает определенных желательных результатов. Это объясняется тем, что каждое изменение организма, возникающее в желательном направлении, тщательно сохраняется путем выделения отдельных особей, которые это изменение имеют. При повторении этого приема возникшее изменение накапливается и закрепляется в последующих поколениях. Таким образом, человек как бы лепит желаемую форму, пользуясь присущей природе изменчивостью. Природа доставляет ему готовый материал, а человек берет из него именно то, что соответствует его целям, и устраняет то, что ему нежелательно.

Дарвин раскрыл исторический процесс образования живых существ и объяснил основную его черту — целесообразность. Основным фактором этого процесса является естественный отбор.

Дарвин признает в разумном смысле слова влияние среды на организмы, но он отрицает целесообразность изменений под влиянием среды. Несомненно, что среда изменяет организмы. Наследственность накапливает эти изменения, усложняет их, но усложнение не есть усовершенствование. Совершенствует организмы, по Дарвину, отбор, который из измененного и усложненного материала сохраняет только наиболее полезное и устраняет вредное и бесполезное.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ О ТЕОРИИ ДАРВИНА

Теория Дарвина сыграла огромную роль в обосновании исторического взгляда на органическую природу и оказала большое влияние на развитие всех разделов биологии. После работ Дарвина исторический подход к исследованиям явлений природы стал основным во всех биологических науках.

При обосновании своей теории Дарвин опирался на огромное количество фактов. Природа для него — это «совокупное действие и результат многих естественных законов», под которыми он понимал «доказанную последовательность явлений».

Материалистическая сущность теории Дарвина проявляется также в ее органической связи с сельскохозяйственной практикой. К. А. Тимирязев по этому вопросу замечает, что одна из главнейших заслуг Дарвина заключается именно в том, что он воспользовался громадным запасом фактических знаний для построения своей теории, что самой основной мыслью своего учения он обязан практике.

Дальнейшее развитие эволюционного учения связано с более точным изучением основных факторов эволюции: наследственности, изменчивости и отбора (селекции).



ЭКОЛОГИЯ, ФИТОЦЕНОЛОГИЯ И ГЕОГРАФИЯ РАСТЕНИЙ

ЭЛЕМЕНТЫ ЭКОЛОГИИ

Отдел ботаники, который изучает взаимоотношения между растениями и окружающей средой, называется **экологией**.

Экология растений изучает отношение растений к почве, климату и другим факторам среды. Но так как между растениями и средой существует взаимное влияние, то экология учитывает не только влияние климата и почвы на растения, но и влияние растений на почву и климат. Общеизвестно огромное воздействие леса на климат. Уничтожение лесов во многих районах значительно изменило климат этих районов.

Огромное влияние оказывают растения на почвообразовательные процессы, структуру почвы, ее химизм, микрофлору, на режим грунтовых вод, на наземную и подземную фауну и пр.

Так закрепление движущихся песков возможно при выращивании на них некоторых видов растений. Это в свою очередь уменьшает перегревание песчаных почв.

Взаимоотношение растений и среды выражается в первую очередь во влиянии факторов среды на жизненные процессы растений, на их морфологические и анатомические особенности. Поэтому имеется тесная связь экологии растений с физиологией, морфологией и анатомией растений. Эта связь носит взаимный характер. Появление той или иной особенности в организации растений или изменение физиологических процессов может быть объяснено лишь при учете экологических условий. Экология имеет очень большое значение также для понимания эволюции и систематики растений, так как процесс видообразования растений связан в конечном счете с условиями среды.

Среди признаков растений различают признаки двоякого рода. Одни из них представляют собой так называемые систематические признаки и используются в систематике при установлении систематических единиц. Это — стойкие наследственные признаки, которые обычно мало изменяются или совсем не изменяются при различных внешних воздействиях, например число тычинок, число пестиков, форма пестиков, форма венчика, форма плода и пр. Другие же признаки весьма изменчивы, в зависимости от внешних условий. К этим признакам относится величина и форма листьев, интенсивность опушения, длина междоузлий, форма кроны деревьев и пр. Признаки первой категории принято называть **организационными**, а признаки второй категории — **приспособительными**. Граница между признаками первой и второй категории достаточно условна.

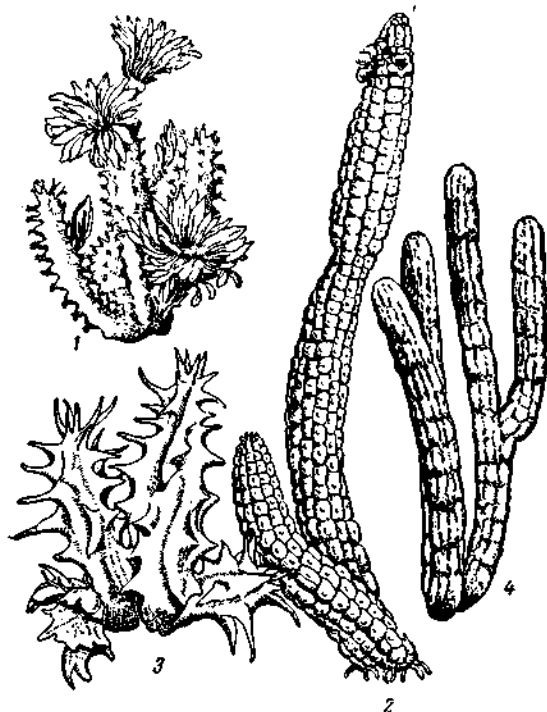


Рис. 351. Кактусовидная жизненная форма у растений различных семейств.

1—*Echinocereus Blankii* (сем. кактусовых); 2—*Neuripia Peuzigii* (сем. кактусовых); 3—*Echinopsis cetriforme* (сем. кактусовых); 4—*Euphorbia blameriana* (сем. молочайных).

Экологическое значение организационных признаков устанавливается путем наблюдений, а экологическое значение приспособительных признаков познается в процессе экспериментов.

Влияние одних и тех же внешних условий на растения различных систематических групп может вызвать сходный эффект, поэтому жизненная форма не может служить критерием систематического родства. Систематические же признаки остаются неизменными в резко различных условиях среды. Так, например, десять тычинок — характерный признак для бобовых, живущих в резко различных условиях, хотя жизненные формы различных представителей этого семейства в зависимости от внешних условий разнообразны: они бывают представлены деревьями, кустарниками, травами, а эти последние распадаются на жизненные формы меньшего порядка.

Весьма разнообразны жизненные формы травянистых растений. Растения степей по своему внешнему виду резко отличаются от растений водных и болотных местообитаний. В степях растения ряда различных семейств приобретают характерную жизненную форму почти правильного шара (перекати-поле), растения водных обитаний (рдесты, роголистник и др.) образуют длинные тесьмовидные или расчлененные на узкие многочисленные дольки листья, растения пустынь имеют так называемую кактусовидную жизненную форму с сочным стеблем (рис. 351), лишенным нормальных листьев и покрытым колючками, являющимися метаморфозами листьев. Эту кактусовидную жизненную форму в условиях пустынь выработали представители разных семейств, совершенно неродственных между собой (кактусовых, молочайных, ласточниковых и др.). Только во время цветения можно обнаружить, что столь сходные по внешнему виду растения относятся к различным семействам.

Весьма редко жизненные формы совпадают с границами систематического родства. В частности, в семействе нимфейных все представители являются водными растениями и имеют характерные округлые плавающие листья. К этому семейству относятся желтая кувшинка, белая водяная лилия, тропическая виктория и др.

Если какой-либо вид растения представлен определенной жизненной формой, то более детальное изучение показывает, что внутри этого вида наблюдаются более мелкие единицы, приспособленные к нескольким различным условиям среды. Виды растений состоят из очень большого числа более мелких таксономических групп, так называемых б и о т и

и о в, под которыми понимается совокупность индивидуумов, одинаковых по своим наследственным свойствам. В различных условиях не все биотипы одинаково жизннны, и в результате конкуренции остаются лишь те биотипы, которые соответствуют данным условиям. Это соответствие проявляется также и во внешнем облике. Подобные мелкие наследственные единицы, приспособленные к определенным условиям среды, называются **э к о т и п а м и**.

В свете сказанного необходимо учесть, что внешний вид растения может иметь двойную природу: наследственную форму, гармонирующую с условиями среды, т. е. тот или иной экотип, или же измененную форму, возникшую под воздействием данной среды, но наследственно не закрепленную, называемую **м о д и ф и к а ц и е й**. При изменении внешних условий экотип также изменяется, но некоторые характерные черты все же сохраняются, модификация же нередко совершенно теряется. Определить в природных условиях, имеем ли мы в том или другом случае экотип или же модификацию, довольно трудно, для этого необходим эксперимент, т. е. культивирование данных растений в различных условиях среды.

Так как экология изучает взаимовлияния растений со средой, а среда накладывает определенный отпечаток на растительные организмы, то необходимо выяснить отдельные факторы среды. В экологии принято различать два экологических понятия: **с р е д а** и **м е с т о о б и т а н и е**. Под средой понимают совокупность всех воздействий на растение или его сообщество в данном месте факторов; местообитание — это участок земной поверхности (участок дуга, леса и пр.). Растение занимает определенное местообитание и находится под воздействием многочисленных факторов среды. Основные группы факторов следующие.

1. **К л и м а т и ч е с к и е**. Это основные факторы, определяющие характер отдельных видов и их сообществ. Климат в основных чертах обуславливает растительность данной территории.

2. **Э д а ф и ч е с к и е** (от греч. эдафон — почва). Это — почвы, подпочвы, грунты. Если климат определяет характер растительности целой страны, то внутри ее почвенно-грунтовые условия вносят различные местные изменения.

3. **О р о г р а ф и ч е с к и е**, или факторы рельефа. Рельеф территории резко влияет на растительность. Растительность на разных элементах рельефа (возвышениях, склонах, долинах) сильно различается.

4. **Б и о т и ч е с к и е**. Это факторы органической природы — животного мира, растений и человека. Животные влияют на состав растительного сообщества в результате пастьбы, распространяют семена, плоды и пр. Насекомые опыляют растения. Растения влияют друг на друга во многих направлениях. Особенно велико влияние человека на растительность.

5. **И с т о р и ч е с к и е**. Это факторы времени, в течение которых растения и их сообщества складывались и приспособлялись к определенным условиям среды.

Необходимо учитывать, что в природе имеет место совокупное действие всех условий, поэтому изучение влияния отдельных условий на растение представляет известные трудности. Рассмотрение факторов удобнее всего начать с группы климатических как наиболее важных.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Климатические условия жизни растений складываются из следующих более частных факторов: вода, свет, тепло и воздух.

Растение получает воду двумя путями: из почвы и воздуха; поэтому водный режим почвы оказывает огромное влияние на растительный покров. Степень насыщенности парообразной водой атмосферы, окружающей растение, также имеет большое значение.

В зависимости от режима влаги в местах естественного произрастания растения разделяют на следующие категории:

- а) гидрофиты — водные (цветковые) растения;
- б) гигрофиты — растения избыточно увлажненных мест;
- в) мезофиты — растения средней степени увлажненных мест;
- г) ксерофиты — растения сухих местообитаний или мест с недоступной для растения водой (торфяные болота, солончаки и пр.).

Арктические растения. Арктические растения выделяются в особую экологическую группу, называемую психрофитами, т. е. растениями холодной почвы. Водный режим арктических растений отличается от водных режимов других экологических групп растений.

Психрофиты—это растения Крайнего Севера, Европы, Азии, Северной Америки и других холодных мест земного шара, где зима холодная и продолжительная, а лето короткое и тоже сравнительно холодное.

В арктических районах выпадает небольшое количество атмосферных осадков при большой и постоянной облачности и малой испаряемости. Снеговой покров незначительный, вследствие этого земля сильно охлаждается в течение продолжительной зимы.

Световой режим весьма своеобразен: летом солнце светит почти целые сутки, хотя интенсивность солнечных лучей меньше, чем в более южных широтах.

Для арктических районов весьма характерны сильные ветры, которые летом дуют с севера, а зимой—с юга.

Наиболее характерными условиями арктических районов является низкая температура почвы не только в зимнее время, но и в летние месяцы. В этих районах имеется слой почвы, который никогда не оттаивает,—это так называемый слой вечной мерзлоты, уровень которого довольно близок к поверхности. Вследствие низкой температуры почвы в арктических районах летом наблюдается очень большая разница между температурами почвы и воздуха.

Низкая температура почвы и иссушающее действие господствующих ветров создают физиологически сухую среду почти в течение всего зимнего и летнего времени.

К жизни в арктических условиях приспособилась особая группа растений, которая характеризуется следующими чертами.

1. Короткий вегетационный период, обусловленный непродолжительным теплым периодом.

2. Отсутствие древесных форм. В тундре растительность представлена кустарничками, кустарничками и травянистыми формами. Тундра безлесна.

3. Небольшой рост надземных частей.

4. Среди растений арктических районов преобладает вегетативное размножение, так как низкая температура подавляет половой процесс в семенное размножение. Некоторые арктические виды дают живородящие формы, т. е. вместо завязей у них развиваются воздушные луковички с зачаточными листочками. Такие луковички в земле прорастают и дают новое растение. Примером может служить живородящая гречиха, многие злаки и др.

5. Для арктических условий характерно почти полное отсутствие однолетников, что также связано с коротким вегетационным периодом и низкими температурами, неблагоприятно влияющими на созревание семян.

6. Для арктических условий характерны небольшие, маловозвышающиеся над поверхностью почвы стелющиеся и подушкообразные формы растений. Низкая температура, сильные ветры создают такие условия, в которых рост надземных частей замедляется, междоузлия укорачиваются, а рост боковых веток усиливается, что и ведет к образованию плотных и низких форм.

7. В связи с физиологической сухостью в анатомо-морфологическом строении листьев и стеблей у многих психрофитов проявляется ксероморфоз, который выражается у этой группы растений в уменьшении листовой поверхности, в свернутости листьев, в сильно развитой кутикуле, в наличии воскового налета.

Для арктических условий характерны следующие экологические типы: вечнозеленый хвойный кустарничковый тип, вечнозеленые кустарнички брусничного типа, летнезеленые кустарнички, арктические осоки и злаки.

Среди арктической растительности имеются виды лекарственных и ядовитых растений, применяемых в медицине и пищевой промышленности. Среди них: брусника (*Vaccinium vitis idaea*), клюква (*Oxococcus quadripetalus*), голубика (*V. uliginosum*), багульник (*Ledum palustre*), подбел (*Andromeda polifolia*), толокнянка и др.

Высокогорные растения. Особенности климата и почвы высокогорных областей создают своеобразные условия роста и развития и определяют отличный тип растительности, который носит название альпийский.

Световой режим в высокогорных районах значительно отличается от светового режима арктических областей. В высокогорных районах интенсивность освещения больше, чем в Арктике, но продолжительность меньше, поэтому суммы их световой энергии за вегетационный период близки между собой.

В горном свете больше синих и ультрафиолетовых лучей. Сходство в условиях местообитания растений альпийских и арктических областей заключается главным образом в коротком периоде вегетации.

При изучении альпийской растительности различных возвышенностей учитывается не только высота места над уровнем моря, но и географическое положение, так как климаты высокогорных областей на одной и той же высоте, но в разных географических областях разные. Поэтому одни и те же вертикальные зоны растительности горных областей в разных географических широтах залегают на разных высотах над уровнем моря. В высокогорных областях имеются чрезвычайно разнообразные условия местообитания, что зависит от рельефа, экспозиции, характера почвы и др.

Низкие температуры в горных условиях в связи с освещением, ветрами и пр. влияют на характер роста альпийских растений, подобно тому как это наблюдается и у арктических растений. Поэтому многие альпийские растения имеют стелющуюся приземистую или подушковидную форму. Низкие температуры высокогорных областей не благоприятствуют также развитию однолетников, как это имеет место и в арктических областях.

Для растений альпийских областей весьма характерно беловойлочное опушение листьев. У многих растений листья собраны в прикорневые розетки. Листья в розетках прикрывают друг друга и выставляют на свет только свои верхушки. Среди альпийских растений много луковичных (*Colchicum*, *Allium*, *Crocus* и др.), большинство из которых является раннецветущими.

Многие высокогорные растения при переносе их в долины теряют некоторые свои признаки и приобретают признаки долинных растений.

Свет как экологический фактор

Свет имеет исключительно важное значение в жизни зеленых растений, так как процесс фотосинтеза идет только на свету; без света жизнь зеленых растений невозможна. В процессе фотосинтеза растения создают органические вещества и пополняют запасы потенциальной энергии в природе. Свет оказывает влияние на транспирацию, минеральное питание, процессы роста, качественные изменения, анатомическое строение и все другие физиологические функции растительного организма.

При отсутствии или недостатке света растения становятся этиолированными, у них удлиняются междоузлия, изменяются листья и пр.

На различных участках земного шара — на экваторе, в умеренных и полярных странах — сила света различна; различна также и продолжительность освещения в течение суток, а следовательно, различны условия роста и развития растений.

Свет, падающий на любое растение, складывается из прямого солнечного света, сильно измененного при прохождении атмосферы, и из рассеянного, или диффузного, отраженного от небесного свода и облаков, а также так называемого нижнего света, отраженного от почвы, водной поверхности и пр. Нижний свет также имеет большое значение для растительности по берегам рек, озер, меловых обнажений и пр.

Наблюдение над распространением растений в природе наводит на мысль, что разные виды растений по-разному относятся к свету. Одни из них встречаются только на открытых, хорошо освещенных местах, а другие — только в тени. В связи с этим все растения по своей потребности в свете делятся на световые (гелиофиты), теневые (сциофиты) и теневыносливые (в различной степени).

Тепло является одним из необходимых условий жизни растений. Рост и развитие каждого вида растений протекают лишь при некотором минимуме количества и продолжительности тепла, причем наиболее интенсивно эти процессы проходят при оптимальном его количестве и продолжительности. Фотосинтез, транспирация, превращение и обмен веществ внутри растения и его органов протекают при определенных температурных условиях.

Поскольку суммы тепла в различных местах земной поверхности крайне различны, то тепло выступает в качестве важнейшего фактора, определяющего распределение различных видов растений на поверхности земного шара. Смена тепла от полюсов к экватору обуславливает изменение растительности и распределение последней по зонам. Северные границы распространения многих видов определяются или недостатком тепла в период вегетации, или недостаточной продолжительностью теплого времени года, или слишком холодной зимой.

Многие растения тропического пояса не могут переносить даже небольшого понижения теплового режима. В частности, шоколадное дерево (*Theobroma cacao*) страдает уже при температуре $+10^{\circ}$. Недостаток тепла обуславливает безлесие тундры и альпийских поясов гор. Многие сельскохозяйственные культуры не могут продвигаться к северу в связи с недостатком тепла.

В зависимости от теплового режима различают следующие зоны.

1. Тропическая зона. В этой зоне минимальная средняя годовая температура более $+16^{\circ}$. Месячные и годовые колебания незначительны. Вегетация растений протекает в течение всего года или иногда прерывается только засухой.

2. Субтропическая зона. В течение 1—4 месяцев наблюдается некоторое понижение температуры. Месячные колебания температуры более значительны.

3. Умеренно-теплая зона. В этой зоне минимальная средняя годовая температура менее $+15^{\circ}$, но выше 0° . Характерно наличие пониженных зимних и повышенных летних температур. Хотя перерыва в вегетации от недостатка тепла не бывает, но во флоре этой зоны нет теплолюбивых форм, свойственных предыдущим зонам.

4. Умеренно-холодная зона. Средняя годовая температура часто колеблется около 0° , но на протяжении 1—4 летних месяцев средняя температура более $+10^{\circ}$. В холодные периоды вегетация прерывается от недостатка тепла, но существование древесной растительности возможно.

5. Холодная полярная зона. Средняя температура летних месяцев меньше $+10^{\circ}$. Вегетационный период короткий. Это зона безлесной тундры и Арктики.

Тепловые границы растительной жизни. Тепловые границы жизни особенно широки у растений, способных переходить в покоящееся состояние, в течение которого все жизненные процессы сводятся к минимуму, но не теряется способность возвращения в деятельное состояние при изменении внешних условий в благоприятную сторону. Известно, что сухие семена переносят продолжительные низкие температуры. Споры бактерий прорастают после длительного пребывания в температуре жидкого воздуха (-190°). Деревья северных районов Сибири переносят сквозное промерзание зимой. Некоторые травянистые растения в листьях и бутонах в состоянии пережить суровые зимы. Если их зима застает в цветущем состоянии, то они зимой не погибают и следующей весной продолжают цвести. Представителем таких морозостойких растений может служить арктический хрен, или ложечная трава (*Cochlearia arctica*), а также некоторые сорнополевые растения—аютипы глазки (*Viola tricolor*, *V. arvensis*), желтушник левкойный (*Erysimum cheiranthoides*), мокрица (*Stellaria media*) и др. Многие наши травянистые растения не теряют листьев на зиму, являясь зимнезелеными, например, зеленчук (*Galeobdolon luteum*), копытень (*Asarum europaeum*) и др.

Известны факты «возвращения к жизни» растительных организмов после многих тысячелетий анабиоза в «вечной мерзлоте севера Евразии». Так известный микробиолог В. Л. Омелянский «оживил» микроба из слизи в хоботе мамонта, пролежавшего много тысяч лет в условиях вечной мерзлоты. Каптерев сообщил (1936) о случаях «оживления» диатомовых и синезеленых водорослей, гиф грибов и протонемы мха, добытых из вечномерзлого грунта. Описаны случаи «оживления» ряда микробов и другими русскими авторами.

Опыты показывают, что одна из причин гибели от холода—это потеря клетками воды; у замерзших растений в межклетниках образуются кристаллы. Поэтому части растений, бедные водой, лучше переносят низкие температуры. В зимнее время для растений вредна не низкая температура сама по себе, а сильное испарение под влиянием сухих зимних ветров. Если клетки растений испаряют воду выше допустимого предела, они отмирают. Естественно, что отмирают в первую очередь части растений, выступающие над снегом, поэтому во многих местах высота древесных форм соответствует высоте снежного покрова.

Верхние тепловые границы жизненных процессов у высших растений невысоки, большей частью не превышают 50°. Наиболее устойчивы к повышенным температурам семена, споры и покоящиеся почки. Споры некоторых бактерий в покоящемся состоянии выносят довольно продолжительное кипячение, проросшие же споры погибают при значительно меньших температурах. В состоянии анабиоза пребывают в жаркое время растения пустынь. Верблюжья трава (*Alhagi camelorum*) выносит нагревание до 60—70°. Водоросли горячих источников живут при температуре 80—90° и выше.

Для растений более опасны резкие колебания температуры, чем постепенные повышения или понижения ее. На Севере и высоко в горах бывают сильные утренние заморозки весной, во время которых растения промерзают даже во время цветения, но при медленном оттаивании днем они не теряют свою жизнеспособность и продолжают вегетацию, в то время как при сравнительно небольшом солнечном перегреве наблюдаются ожоги растений и местное отмирание тканей.

Сравнение нижних и верхних тепловых границ жизненных процессов растений умеренных и северных широт показывает, что в этих условиях растения лучше приспособились к перенесению более низких температур, чем более высоких.

Воздух и ветер как экологические факторы

Состав воздуха характеризуется большим постоянством. Абсолютно сухой воздух на всех широтных поясах содержит около 78% (объемных) азота, около 21% кислорода, около 1% аргона, около 0,03% углекислого газа, следы водорода и в качестве непостоянных примесей некоторые другие газы: аммиак, двуокись серы, летучие выделения растений и т. п.

В природной обстановке в воздухе имеются водяные пары, делающие воздух влажным. Влажность воздуха сильно изменяется в зависимости от географического положения.

Движение воздуха, особенно сильное, называемое ветром, обусловлено географическими закономерностями распределения тепла в атмосфере.

Из газов воздуха наибольшее экологическое значение имеет кислород и углекислый газ. Кислород необходим для дыхания растений, а углекислый газ—для синтеза органического вещества тела растений. Свободный кислород в атмосфере образовался главным образом в процессе фотосинтеза растений.

Содержание кислорода в атмосферном воздухе значительно больше, чем в почве. Поэтому надземные органы растений обычно не испытывают недостатка в кислороде, в то время как корни часто страдают от недостатка его.

Обычно углекислого газа в атмосферном воздухе содержится всего лишь 0,03% или 0,57 мг в 1 л воздуха. Эти величины могут периодически заметно колебаться в ту или иную сторону оттого, что процессам образования и потребления углекислого газа свойственна известная периодичность, обусловленная различием процессов фотосинтеза в разные часы суток и в разные месяцы года.

Источниками атмосферного углекислого газа являются выделения при дыхании животных и растений, при сжигании горючих веществ, при извержении вулканов, при разложении растительных и животных остатков в почве до полной минерализации. Выделение углекислого газа почвой при разложении органических остатков иногда называют «дыханием почвы». Этот биологический процесс идет энергичнее в теплоте

и влажные периоды года и затухает в холодные и сухие. В различных почвах этот процесс протекает с разной интенсивностью: почвы, богатые гумусом, структурные, умеренно влажные, выделяют углекислого газа больше, чем почвы, бедные гумусом или избыточно влажные. Все это создает колебания в содержании углекислого газа в атмосфере.

Высчитано, что общее количество углекислого газа в атмосфере составляет около 2100 миллиардов килограммов. Растительный покров земли потребляет в год около $\frac{1}{30}$ этого количества. Если бы не было источников восстановления этих запасов, то весь запас углекислого газа был бы потреблен в 50 лет. Но на земной поверхности не заметно затухания фотосинтетической деятельности от недостатка углекислого газа и это объясняется тем, что его запасы все время восстанавливаются за счет дыхания, горения и разложения органических остатков. Эти процессы протекают с разной интенсивностью в разное время, поэтому в атмосфере и наблюдаются некоторые колебания в количественном содержании углекислого газа. Колебания концентрации углекислого газа в атмосфере заметно изменяют интенсивность фотосинтеза, т. е. воздушное питание растений.

Влияние комплекса климатических факторов

В целом климат всякой территории складывается из комплексного влияния многих факторов: света, тепла, влажности воздуха и др. Характер влияния климата на растительность в основном определяется степенью участия отдельных факторов в климате. Степень же участия факторов зависит от географического положения местности. Так, например, количество тепла и света зависит от положения местности по отношению к экватору и полюсам, а степень влажности почвы и воздуха — от удаленности ее от океанов. Удаленность от океанов и определяет в основном приморские и континентальные климаты.

Приморский климат свойствен береговым странам и характеризуется большой влажностью воздуха, большой облачностью, небольшими колебаниями годовых и суточных температур, сильными ветрами и пр.

Континентальный климат свойствен местностям, лежащим в глубине материков; для этого климата характерна сухость воздуха, отсутствие облачности, значительные колебания суточных и особенно годовых температур и пр.

Приморский климат близ экватора, характеризующийся наличием большого количества влаги и тепла, способствует развитию влажных тропических лесов. Наличие большого количества влаги и тепла в течение круглого года создает благоприятные условия для круглогодичной вегетации растений влажных тропиков. В связи с этим растения достигают большой мощности и высоты. Во влажных тропических районах растительность представлена вечнозелеными растениями.

Несколько дальше от экватора к полюсам, где влаги меньше, но тепла еще недостаточно, располагаются области лавровых лесов. В этих лесах в силу уменьшения влаги появляется некоторая ксероморфность в строении растений: большинство растений имеет кожистые листья с сильно развитой кутиклой, у которых кожистая многослойная и хорошо выражена. У древесных форм листопад также отсутствует.

Еще далее от экватора дальше от моря, где тепла еще много, но влаги уже меньше, находится область жестколистных лесов с более резко выраженной ксероморфностью. Это проявляется в уменьшении листовой поверхности, в сильном развитии механической ткани и в появлении форм с редуцированными листьями. В этих местах листопад также отсутствует.

В тропических областях, расположенных в глубине континента, где тепла еще много, но климат менее влажный и с периодами засухи, имеются леса, которые сбрасывают свои листья в сухое, жаркое время, а в зимнее время, напротив, покрываются листвою. Это так называемые области лесов с опадающей летом листвою. Сбрасывание листьев в сухое, жаркое время является полезным биологическим приспособлением к перенесению летней засухи.

Еще далее от экватора, в глубь континента, встречаются уже безлесные области, так как в этих местах влаги недостаточно для произрастания древесной растительности. Ближе к экватору расположены сухие пустыни, где так мало влаги, что ее недостаточно для образования сомкнутого травостоя, и произрастают разрозненные растения с сильно выраженной ксероморфной структурой. Ксероморфность у пустынных растений проявляется в форме роста, в наличии колючек, шипов, в сильном развитии механических тканей и пр.

Севернее пустынь, в глубь континента, находится область с несколько большим количеством влаги, но недостаточным для произрастания древесных растений. Это — область степей. Севернее степей расположены лесные области, в которых влаги достаточно для развития древесной растительности. Лесная область, непосредственно прилегающая к степям, занята лиственными лесами с опадающими на зиму листьями. Листопад у этих древесных растений является одним из приспособлений для перенесения зимней физиологической сухости.

За лиственными лесами далее к северу и в глубь континента расположены хвойные леса, состоящие из хвойных пород, не сбрасывающих на зиму хвои (сосна, ель, пихта, кедр) и сбрасывающих ее (лиственница).

Самые крайние к полюсу области — это области арктической пустыни. В приморском климате, ближе к лесной области, выделяется область луговой тундры с травянистым покровом, где произрастают вечнозеленые растения, переносящие неблагоприятные суровые зимы под защитой снега и приспособленные к холодной почве. Это так называемые психрофиты.

ЭДАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Для жизни растений весьма важное значение имеют многочисленные почвенные факторы. Все почвенные (эдафические) факторы могут быть разделены на две группы: химические и физические. Обе эти группы факторов в очень сильной степени оказывают влияние на растения.

Степень и характер влияния отдельных групп эдафических факторов меняются в течение времени и в процессе жизни растений.

Весьма большое влияние на рост и развитие растений оказывает реакция почвенной среды, которая может быть кислой, щелочной и нейтральной; от реакции среды зависят все биохимические и микробиологические процессы в почве, а также рост корней. Реакция среды зависит от соотношения свободных ионов водорода (H^+) и гидроксильных ионов (OH^-). Концентрацию водородных ионов принято обозначать в виде дроби $1/r$, которая показывает, какая доля грамм-молекулы водородных ионов (H) приходится на 1 л раствора. Из этой формулы видно, что с увеличением знаменателя r уменьшается концентрация водородных ионов, т. е. почва становится более щелочной, и, наоборот, при уменьшении r увеличивается кислотность почвы. Эта величина выражается условной формулой pH . Для чистой воды $pH=7$ и соответствует нейтральной реакции, $pH<7$ указывает на кислую реакцию, а $pH>7$ — на щелочную.

Работами последних лет установлено, что различные виды растений приспособлены к существованию в определенных границах кислотности, в определенных показателях pH . При этом одни виды приспособились к существованию на почвах более кислых, другие — нейтральных, а третьи — щелочных. Границы колебаний показателя кислотности (pH) природных почв лежат в пределах от 3,0 до 11,0 pH .

Выяснено также, что разные фазы развития у одного и того же растения более успешно протекают при различных pH .

Влияние солевого режима почвы. Минеральные вещества почвы, служащие для питания растений, находятся в виде солей. Часть этих солей из водного раствора непосредственно всасывается растениями. Остальная часть адсорбирована коллоидами почвы или находится в твердом состоянии в виде почвенных минералов. Растениям необходима определенная комбинация катионов калия, кальция, магния, железа и др. Ни один из них не может быть заменен другим.

Уже давно было замечено, что некоторые растения связаны с определенными почвами. Подобные растения рассматриваются как показатели (индикаторы) почв, на которых они произрастают. Установление зависимости произрастания определенных видов растений на тех или иных почвах имеет важное значение, так как по нахождению их в природных условиях можно судить о качестве почвы без почвенных анализов.

Влияние физических свойств почвы. Одним из важнейших физических факторов, действующим по преимуществу косвенно на растения, является механический состав почв. От него зависит главным образом воздушный и водный режим почвы. Влияние механического состава почвы особенно проявляется у растений, выросших на песках, называемых псаммофитами (от греч. псамма—песок, фитон—растение).

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Растения всюду окружены другими организмами—растительными и животными, и все они находятся в сложных взаимных отношениях друг с другом и со средой обитания.

Совокупность организмов, населяющих данную территорию, связанных друг с другом взаимной зависимостью и взаимным влиянием, называют биоценозом. Отношение между членами биоценоза называют биоценотическими отношениями. Здесь биоценотические отношения рассматриваются лишь в самых общих чертах. Они сводятся к взаимоотношению растений и животных, взаимоотношению растений между собой и влиянию человека на растения.

Влияние животных. В жизни и распределении высших растений большое экологическое значение имеют животные. Их влияние может быть как прямым, так и косвенным.

Многие животные, главным образом насекомые и реже птицы, являются переносчиками пыльцы и способствуют процессам опыления и оплодотворения. Отсутствие опыляющих насекомых в некоторых местах является причиной невозможности существования и размножения того или иного вида растений даже при благоприятных климатических условиях. Давно известно, что клевер не приносит семян в тех странах (Новая Зеландия), где нет насекомых-опылителей—шмелей.

Животные являются переносчиками семян и плодов; у таких растений семена и плоды снабжены зацепками, крючочками и пр., которыми они прикрепляются к шерсти животных и переносятся на большие расстояния. У многих растений имеются сочные плоды. Охотно поедая их, животные (особенно птицы) разносят семена. Часто семена имеют особые мясистые придатки и разносятся муравьями, поедаящими эти придатки.

В результате выпаса животные оказывают сложное влияние на растительность: они поедают определенные виды растений и способствуют отращиванию мало съедобных растений, горьких, колючих, пахучих и пр.; засоряют сорными растениями хорошие луга и поля; вытаптывают семена растений в почву и тем способствуют их прорастанию.

Своей деятельностью животные весьма сильно изменяют характер и свойства почвы, создавая для растений иные экологические условия. Это влияние может идти в таких направлениях: а) крупные животные вытаптывают почву и изменяют ее физическую структуру; б) они удобряют почву и делают ее более плодородной; в) роющие животные (сурки, кроты, суслики) прорывают в почве норы и выносят на поверхность нижние горизонты; г) земляные черви пронизывают почву своими ходами и способствуют ее рыхлению и аэрации.

Муравьи также рыхлят и перемешивают почву. А в некоторых тропических районах они наносят очень большой вред местной и культурной растительности. В частности, в тропической Америке встречаются некоторые виды муравьев, которые совершенно уничтожают культуры кофе, апельсинов, роз и других растений. Это так называемые муравьи-листорезы. Огромные поляны этих муравьев нападают на деревья, вырезают в листьях этих деревьев небольшие кусочки и на спинах уносят их в свои гнезда. В гнездах муравьи пережевывают кусочки листьев и выплевывают их. На этой массе поселяется гриб *Rozites gangulyphora*, который существует в вегетативном состоянии и дает особые образования, напоминающие колраби и служащие пищей муравьям (рис. 352).

Имеются виды муравьев, которые приносят растениям пользу. Они часто поселяются в полых органах растений, питаются их выделениями и защищают растения от муравьев-листорезов—это так называемое симбиотическое взаимоотношение между растениями и муравьями. В тропических областях имеется ряд подобных симбиотических взаимоотношений.

Влияние одних растений на другие. Влияние одних растений на другие, а также их связи могут быть весьма разнообразны. Среди различных типов взаимовлияний растений друг на друга можно выделить такие, когда обе взаимодействующие стороны получают выгоду,—это так называемые симбиотические взаимоотношения, и такие связи, при которых извлекает выгоду только одна сторона, а другая терпит ущерб,—это так называемые связи с односторонней выгодой.

К симбиотическим связям относятся следующие: связь между бобовыми растениями и клубеньковыми бактериями, связь между высшими растениями и грибами при образовании микоризы и связь между водорослями и грибами в лишайниках.

К связям, дающим одностороннюю выгоду, относятся растения-паразиты, органически связанные с растением-хозяином и получающим от него пищу, растения-эпифиты, пользующиеся другими растениями для прикрепления, и лианы, пользующиеся другими растениями в качестве опоры.

Влияние человека. Человек своей деятельностью в очень сильной степени воздействует на растения и их сочетания, а также часто определяет границы произрастания отдельных видов растений. Он расширяет ареалы одних растений, вводя их в культуру в новых районах, например продвигает культуру южных растений (хлопчатника, чайного куста, клеверины и др.) севернее границы их естественного произрастания.

Осушая болота, орошая безводные пустыни, продвигая плодоводство на север, человек видоизменяет растительный лик Земли. Эта творческая роль человека в преобразовании природы особенно сильно выступает в нашей социалистической стране.

Влияние человека на окружающую его природу, как бессознательное, так и сознательное, имело место с самых отдаленных времен. Бессознательное влияние в ряде случаев также приводило к положительным результатам. В частности, бессознательный отбор, производимый первобытным человеком, обусловил, по Дарвину, формирование культурных растений. Но бессознательное влияние часто вело к отрицательному изменению растительности. Что касается сознательного влияния человека на растения, то это влияние в большинстве случаев дает более положительные результаты. Путем сознательного влияния человек может культивировать растения, создавать новые сорта их, а также изменять растительные сочетания, внедряя в естественные группировки полезные растения. Так, например, луговодами уже давно применяется подсев злаковых и бобовых растений в травостой естественных лугов с целью повышения их качества. То же самое имеет место в лесоводстве, когда после вырубок производят посадку более ценных лесных пород.

Особенно велика сознательная деятельность человека в формировании новых видов и сортов культурных растений, которые в дикой природе отсутствуют.

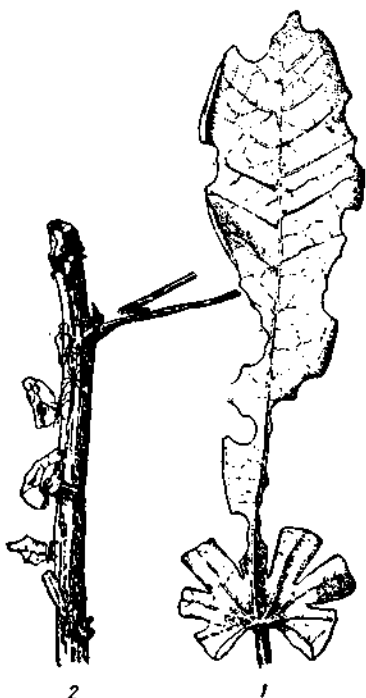


Рис. 352.

1—лист, край которого изрезан муравьями; 2—муравьи-листорезы, нагруженные кусочками листа, сползают по стеблю растения.

Все наши сорта культурных растений—зерновых, овощных, плодовых и многих других—созданы в процессе сознательной творческой деятельности человека. Современная эволюция этих растений целиком направляется человеком.

ИСТОРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Современная флора сложилась в результате длительного исторического процесса. Длительное и сложное историческое развитие оказало соответствующее влияние на внешний облик и внутреннее строение растений. Влияние исторических условий особенно заметно на ритмах развития растений, часто сохраняющихся и в том случае, если растения культивируются в совершенно других климатических условиях, чем те, при которых складывалась их природа. Так, например, наши дубы, буки, плодовые и другие растения, будучи перенесены в более теплые области земного шара, сбрасывают свои листья на время, соответствующее нашей зиме, хотя это не вызывается изменением температуры.

В нашей флоре имеются растения, которые характеризуются различными ритмами развития. Среди них имеются такие, которые вегетируют все теплое время и прекращают вегетацию только в зимнее время. Эти же растения в более теплом климате Западной Европы вегетируют круглый год. К ним относятся маргаритка, зеленчук (*Galeobdolon luteum*) и др. Некоторые же растения развиваются с весны, затем цветут и плодоносят, но вегетация у них идет до осени. Так развиваются многие травянистые растения, а из деревьев и кустарников—липа, бересклет, калина и др. У обеих этих групп растений ритм развития и ритм климата идут параллельно, а это указывает, что они возникли в сходных климатических условиях.

Другие же растения цветут и вегетируют только ранней весной, и вегетация у них очень скоро прекращается (иногда в июне). Такой ритм развития характерен для ветреницы, хохлатки, гусиного лука, подснежника (*Galanthus*) и многих других растений-эфемеров. Естественно, что эти растения используют для своей вегетации очень небольшой отрезок вегетационного периода и при том более холодный и менее благоприятный. У этих растений ритм развития не совпадает с ритмом климата в наших широтах. Не совпадает он и у некоторых видов рода шафрана (*Strocus*), рода безвременника (*Colchicum*), которые начинают вегетацию весной, летом ее прерывают, а цветут поздней осенью. Такое несоответствие ритма развития климату свидетельствует о том, что эти растения сложились при иных климатических условиях. Особенности растений-эфемеров вырабатывались в приледниковом, высокогорном климате и сохранили свой ритм развития с ледникового периода, заняв соответствующее место в нашем климате. Виды рода *Strocus* и рода *Colchicum* сложились в среднеазиатском климате и также заняли соответствующие места в климате наших широт.

Таким образом, видно, что для растений в процессе эволюции оказалось легче приспособиться к менее благоприятным условиям развития, чем изменить свой ритм развития, выработавшийся исторически в процессе эволюции. Исторически сложившаяся наследственная основа, определяющая общий ритм развития растений, является весьма устойчивым и консервативным фактором.

КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

В предыдущих разделах были рассмотрены по отдельности влияния различных экологических условий. В природе же имеет место совместное влияние различных условий. Выделить отдельно влияние того или иного экологического фактора крайне

трудно. Комплекс факторов среды оказывает глубокое влияние на рост и развитие растений. В разных точках земного шара отобраны такие формы растений, ритм развития которых соответствует комплексу многих природных факторов.

Нормальное существование растений возможно только при наличии всех условий жизни растений. Правда, в природе имеет место явление частичного замещения одних условий другими. Явление замещения позволяет растениям произрастать при несколько разных внешних условиях в случае замены одних условий другими. Например, одни климатические условия могут частично замещаться другими климатическими, эдафические условия—другими эдафическими, биотические условия—другими биотическими и т. д.

Так, определенное количество осадков замещается влажностью воздуха.

Физиологическая сухость оказывает то же воздействие, что и физическая. Засоленная почва вызывает те же изменения, что и сухая почва. Выпас скота может оказывать такое же влияние, что и покое.

Северный, более влажный климат на юге замещается влажной почвой. Северные виды на юге поселяются по долинам рек или на северных склонах возвышенностей.

Эти примеры показывают, что один и тот же внешний эффект может быть вызван различными причинами.

Интродукция, натурализация и акклиматизация растений. Растения обладают пластичностью организации и могут произрастать при известных пределах изменчивости климатических и эдафических условий. Однако колебания изменчивости не очень велики и для разных растений различны. Перед человеком часто возникает потребность расширить пределы произрастания ряда ценных растений, продвинув культуру на север или в другие менее благоприятные условия. Такие попытки предпринимались человеком неоднократно.

Сам процесс введения того или иного растения в страну, где оно раньше не произрастало, называется **интродукцией**.

Если интродукция растений происходит в страны с экологическими условиями, почти тождественными тем, какие были на родине данных растений, то такое введение принято называть **натурализацией**. При подобном переносе, когда растение попадает почти в тождественные экологические условия, хотя и в новые районы, очевидно, не происходит глубокой перестройки жизненных отправления.

В тех же случаях, когда то или иное растение переносят в страну с более или менее отличающимися от его родины комплексом экологических и исторически-экологических условий, интродукцию называют **акклиматизацией**. При акклиматизации предполагается большая перестройка жизненных процессов в новых условиях обитания.

Однако некоторые авторы не склонны различать натурализацию и акклиматизацию, так как полагают, что всякая интродукция растения в страну, находящуюся за пределами его естественного обитания, неизбежно влечет за собой изменение условий для него условий существования и вызывает определенную перестройку для приспособления к изменившимся условиям. По мнению этих авторов, всякая интродукция по существу является акклиматизацией.

ЭЛЕМЕНТЫ ФИТОЦЕНОЛОГИИ

В природе довольно редко встречаются пространства, совершенно лишенные растительности; это может иметь место в сухих пустынях, на сыпучих песках, на местах после обвалов и пр. Там же, где условия благоприятны для развития растений, обычно произрастает большое количество растений, которые могут являться индивидуумами одного и того же вида или же различных видов. Чаще всего встречаются сочетания индивидуумов различных видов. Эти сочетания различных видов обусловлены соответствующими экологическими условиями—климатом, особенностями почвы, рельефом и пр.

В результате длительного исторического развития на определенном участке с его характерными экологическими условиями подбирается сочетание вполне определенных видов. На севере подбираются сочетания одних видов, на юге—других. Эти комбинации видов характеризуются и своей внешней особенностью, своей **физionoмией**. Но каждое крупное физиономическое объединение, как лес, болото, степь и пр., распадается на ряд более мелких подразделений, например лес хвойный,

лиственный и пр.; эти подразделения в свою очередь разделяются на сосновые, еловые, пихтовые и пр.

Все эти объединения довольно постоянны и повторяются в сходных экологических условиях. В частности, на песчаных почвах развиваются сосновые леса, на глинистых—еловые, на деградированных черноземных—дубовые. Такое сочетание растительных видов на определенной территории со своей особой физиономией называется растительным сообществом, фитоценозом (от греч. фитон—растение и койнос—общий). Понятие «растительное сообщество» не имеет систематического значения, а отражает растительное объединение различного обьема.

При формировании растительных сообществ подбор видов идет в соответствии с внешними экологическими условиями—климатом, почвой и пр. Но сами растительные виды также создают особую среду, поэтому в сообщество подбираются только виды, соответствующие экологическим условиям и друг другу.

Так как почти всякая поверхность земли уже занята растениями, то закономерности формирования растительных сообществ можно установить только при заселении свободных или обнаженных мест на земной поверхности. Эти обнаженные места могут быть двоякого рода: одни из них не имели и ранее растительности—это песчаные напльвы по берегам рек, поднятия дна над уровнем воды и пр., а другие были уже покрыты растительностью, но растительность на них была уничтожена тем или иным способом—это так называемые вторично обнаженные места.

Обнаженные песчаные отмели по берегам рек представляют собой перемытый песок с шоватыми частицами на пониженных местах. Они не имели ранее растительности и не содержат в себе никаких растительных остатков и семян. Здесь могут поселиться отдельные растения из семян, занесенных водой, птицами, ветром или другими путями. Обычно на таких местах в числе первых видов поселяются некоторые ситники (*Juncus*), череды (*Bidens*) и др. Сначала эти растений разбросаны отдельно и представляют собой только растительную группировку. Термин «группировка» обозначает неопределенные сочетания растений.

Через некоторое время среди отдельных растений—пионеров—появляется подбел (*Petasites*), имеющий крупные широкие листья и длинные корневища; он довольно быстро разрастается и образует сплошные заросли.

По мере развития подбела между его экземплярами поселяются виды ив (чаще всего *Salix triandra*), которые также довольно быстро разрастаются и образуют густые заросли ивняка. Подбел остается в нижнем ярусе. Затем появляются некоторые виды злаков с ползущими корневищами, как костер безостый (*Bromus inermis*), пырей ползучий (*Agropyrum repens*), а также некоторые виды двудольных. Если подобный процесс идет в лесной зоне, то ивняк впоследствии сменяется лесом с господствующей в данной зоне древесной породой (дубом, сосной, елью).

Рассмотренный процесс формирования растительного сообщества на обнаженном месте завершается обычно образованием леса с той или иной господствующей породой в зависимости от экологических условий. К господствующим породам примешивается ряд сопутствующих пород, а также некоторые кустарники: калина, крушина, шиповник и др. В травянистом покрове появляются различные лесные растения, среди которых иногда в большом количестве развивается ландыш. Этот процесс формирования растительного покрова представляет так называемую смену, которая состоит из ряда стадий. Необходимость смены в растительном покрове обусловлена следующими причинами: в природе всегда имеется избыток семян и плодов, приносимых на эту территорию; в результате жизнедеятельности растений местообитание постоянно меняется и создаются более пригодные условия для новых видов растений; между видами растений идет борьба, и биологически более приспособленные вытесняют менее приспособленные.

Если же растительное сообщество формируется на распаханной территории, ранее покрытой растениями, например на распаханной степи, то этот же процесс идет примерно так. Черный пар быстро зарастает однолетними и двухлетними двудольными растениями. Это стадия так называемых бурьянов. Зарастание пара происходит за счет семян и корневищ, находящихся в почве, и за счет семян, заносимых со стороны.

В дальнейшем среди бурьянистой растительности (однолетней и двухлетней) появляются многолетние корневишные растения. Наиболее типичными для данной стадии смены растительности является пырей ползучий (*Agropyrum repens*), иногда зубровка (*Hierochloa odorata*).

Через некоторое время корневишные растения начинают изреживаться, и среди них поселяются степные двудольные растения со стержневыми корнями. Изреживание корневишных растений вызывается уплотнением почвы. Дальнейшее уплотнение почвы ведет к еще большему изреживанию корневишных растений и к появлению злаков

дернового типа—тыпчака (*Festuca sulcata*), а также типичных степных злаков—видов ковыля.

Таким образом, изменение физической структуры почвы обуславливает смену стадий растительного покрова. Эти стадии могут несколько видоизменяться в зависимости от почвенноклиматических условий, но в конечном результате этого процесса сформировывается определенный комплекс видов, соответствующий экологическим условиям и друг другу, который и называется растительным сообществом. Отдельные же стадии смены называются только группировкой растений; естественно, что группировки постепенно переходят в сообщество.

Сложившееся растительное сообщество имеет вполне определенные структурные признаки и определенный внешний вид (физиономию): сосновый лес с вересковым покровом, сосновый лес с наземным липайниковым покровом, еловый лес с черникой и т. п.

Физиономия растительного сообщества есть следствие флористического состава, количественных отношений особей имеющих видов и ряда других признаков.

Флористический состав может быть представлен как видами одинаковой и близкой экологии, так и различной, гораздо чаще различной. В сообществах подбираются растения как экологически разноценные (большинство видов), так и экологически равноценные (некоторые виды и индивидуумы одних и тех же видов). Растения с указанными различными экологическими потребностями находятся в определенных установившихся отношениях, характеризующих известную структуру сообщества. В этой структуре ярусное расчленение сообщества является одним из важных признаков.

Растения различной высоты (и соответственно различных экологических особенностей) располагают свои надземные органы на разных уровнях. Число ярусов в различных сообществах может быть разное. Так, например, в сосновых лесах может быть 2, 3, 4, 5 и более ярусов, образуемых сосной (1-й ярус), орешником (2-й ярус), черникой (3-й ярус), кислицей (4-й ярус), зеленым мхом (5-й ярус) и т. п.

Число ярусов обычно увеличивается в связи с увеличением числа видов, с улучшением условий существования, с возрастом сообщества и т. п. Наиболее древние сообщества имеют более многоярусное строение. Эволюция растительных сообществ идет именно в направлении усложнения ярусного строения.

Размещение видов по ярусам в основном обусловлено экологическими особенностями: виды и индивидуумы с одинаковыми экологическими требованиями (экологически равноценные) располагаются в одном ярусе, а экологически разноценные—в различных.

Известно, что растительные виды характеризуются не только определенными размерами своих надземных органов, но и подземных. Таким образом, помимо наземной ярусности, имеется также и подземная ярусность. Так, например, в степных районах можно различать три подземных яруса: в верхнем ярусе расположены корни однолетних растений, клубни, луковицы и другие неглубоко расположенные органы растений, в среднем ярусе расположены корни злаков (виды ковыля и др.), а в более глубоких слоях почвы расположены стержневые корни многолетних двудольных растений. В других почвенно-экологических условиях число подземных ярусов может быть и большим. Благодаря подземной ярусности на одном и том же месте могут совместно расти различные типы растительности: ксерофиты, мезофиты и даже гигрофиты.

В связи с надземной и подземной ярусностью уместно вкратце остановиться на некоторых вопросах взаимоотношения видов в растительном сообществе. В нашу биологическую литературу проникло совершенно

ненаучное и сугубо субъективное и ни на чем не основанное предположение, которое возведено в догмат, об отсутствии в природе борьбы (внутривидовой конкуренции) между мелкими таксономическими единицами внутри вида. Это положение голословно повторяется во многих учебниках ботаники, изданных после 1948 г.

Естественно, что наследственно близкие формы (биотипы в пределах разновидностей, разновидности в пределах вида) характеризуются одинаковыми или более близкими экологическими требованиями. Они нуждаются в одних и тех же элементах минеральной пищи, в одинаковых условиях освещения и пр. Как более сходные по своим наследственным особенностям они размещают свои надземные и подземные органы в одинаковых ярусах. Следовательно, борьба за все источники жизни между индивидуумами одного вида гораздо более острая, чем между индивидуумами разных видов или разных родов, которые могут размещать свои вегетативные органы в разных ярусах.

Количество индивидуумов каждого вида в сообществе зависит от свойств данного вида, от экологических условий, в которых находится сообщество, от взаимоотношений между видами и других причин. Экологические условия особенно важны, так как часто в одних экологических условиях вид представлен небольшим количеством индивидуумов, а в других число его индивидуумов в известном ярусе является преобладающим — доминирующим. Преобладающие растения в том или ином ярусе называются **доминантами**. Так, в еловом лесу в его первом древесном ярусе ель может быть доминантом. В других случаях к доминанту может присоединяться другой вид, также играющий важную роль в сложении яруса, но представленный меньшим числом индивидуумов. Такой вид будет называться **субдоминантом**.

Во всех ярусах могут быть доминантные виды. Они оказывают большое влияние на сообщество. Особенно велика роль доминантов верхнего яруса леса. Доминант, определяющий структуру и флористический состав растительного сообщества, называют **эдификатором** (от лат. эдификатор — строитель).

Различают доминанты **постоянные** и **временные**; первые остаются в течение всего вегетационного периода, а вторые — в продолжение небольшого периода вегетации, сменяясь другими, тоже временными доминантами.

ПОНЯТИЕ О ТИПАХ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И О ФЛОРЕ

Совокупность растительных сообществ на определенной территории называется **растительностью**. Различают четыре основных типа растительности.

1. Древесно-кустарниковый тип (*Lignosa*). К этому типу относятся леса и кустарники всех климатов.

2. Травянистый тип (*Herbosa*), куда включаются все травянистые растения достаточно увлажненных мест суши, а также высшие растения водных местообитаний.

3. Пустынный тип (*Deserta*). К этому типу относятся все растения пустынь сухого и холодного климатов, засоленных, каменистых мест, скал и пр. Пустынный тип включает как высшие растения, так и некоторые низшие (лишайники).

4. «Блуждающий» тип (*Errantia*). Этот тип включает организмы, не прикрепленные к субстрату и живущие в толще воды, в почве и в воздухе. Этот тип представлен низшими растениями.

Под флорой обычно понимают совокупность систематических единиц (видов, родов, семейств и пр.) на определенной территории.

ЭЛЕМЕНТЫ ГЕОГРАФИИ РАСТЕНИЙ

ПОНЯТИЕ ОБ АРЕАЛЕ

Каждый вид растения обладает свойством распространять свои зачатки (семена, споры, корневища и пр.) по земной поверхности и обычно представлен огромным числом особей. В результате сложных взаимоотношений между видами и окружающей средой виды растений занимают те места на земной поверхности, которые больше соответствуют их природным особенностям. Территория земной поверхности, на которой произрастает тот или иной вид растения, называется **ареалом** вида. Ареал вида является одним из основных понятий в географии растений. Ареалы характерны и для других систематических единиц—родов, семейств, а также для целых растительных сообществ.

Размеры ареала различных систематических групп могут очень сильно варьировать: от небольших пунктов или островов до целых материков. Но ареал не является чем-то постоянным. Его границы могут изменяться. Ареалы одних видов являются более постоянными (более стабильными), а других—более изменчивыми (более лабильными).

Более стабильными являются ареалы в тех случаях, когда вид распространяется по всей территории, соответствующей определенному климату, или если территория, занятая видом, ограничена морями, проливами, высокими горами, определенными почвенными условиями и пр.

В пределах ареала одного вида составляющие его подвиды или другие систематические единицы имеют свои особые ареалы, которые могут находиться на довольно далеком расстоянии друг от друга.

Некоторые виды успели широко распространиться по всем континентам земного шара и занимают обширные ареалы. Такие виды называют **космополитами**. Подобных видов немного. Наибольшее число растений-космополитов относится к водным растениям, что объясняется большей однородностью условий водной среды и более легким способом расселения.

К космополитам относятся также некоторые сорные растения: мокрица (*Stellaria media*), крестовник (*Senecio vulgaris*), осот (*Sonchus oleraceus*), крапива (*Urtica urens*, *U. dioica*), одуванчик (*Taraxacum vulgare*), дурман (*Datura stramonium*) и др.

Если виды ограничены в своем распространении лишь одним определенным районом на земном шаре и нигде в другом месте в диком виде не встречаются, то они называются **эндемичными** видами (от греч. эн—внутри и демос—народ). Примерами могут быть тау-сагыз (*Scorzonera tau-saghyz*), встречающийся лишь в горах Кара-Тау и на Туркестанском хребте, цитварная полынь в степях Казахстана, эльдарская сосна (*Pinus eldarica*), которая растет в Грузии лишь на площади около 50 га, камчатская пихта (*Abies gracilis*), растущая лишь на восточном берегу Камчатки, и др.

Эндемизм бывает различного происхождения. Ограниченный ареал может быть результатом сокращения некогда более обширного ареала или же следствием недавнего возникновения вида, не успевшего еще распространиться более широко. Первый вид эндемизма называется **реликтовым**, а вид, оставшийся на ограниченной территории,—**реликтовым видом** (от лат. реликтус—оставленный). Примером реликтового ареала может быть ареал секвойи (*Sequoia gigantea*), когда-то

широко распространенной на земном шаре, а в данное время сохранившейся в диком состоянии только в Калифорнии. Второй вид эндемизма носит название н е о э н д е м и з м а. Таким образом, эндемичные виды могут быть как очень древними, так и очень молодыми по своему происхождению.

Эндемизм находится в прямой зависимости от древности данной территории и от изоляции ее от соседних территорий. Весьма хорошим примером эндемизма может служить флора островов. Очень древние острова имеют флору с резко выраженным эндемизмом, например, Мадагаскар, Новая Каледония, Новая Зеландия, Гавайские, Капарские острова и др. Число эндемичных видов на древних материковых или океанских островах достигает 50—85%. На островах сохранились многочисленные древние виды, вымершие на соседних континентах, а также возникли новые виды, которые не успели распространиться на соседние территории вследствие их изоляции.

Флоры некоторых областей земного шара весьма богаты эндемичными видами. К ним относится Новая Зеландия, Австралия, Капская провинция в Южной Америке, остров св. Елены и др. На острове св. Елены эндемичные виды составляют около 85%, в Новой Зеландии—72%, среди них такие, как новозеландский «лен» (*Phormium tenax*), драцена (*Cordyline*) и др.

Подобно островам, горы также являются хорошим местообитанием для эндемичных видов. В горах имеет место большое разнообразие условий существования (климат, почва и пр.), что и обуславливает богатство горной флоры.

Примером такой горной страны может служить Кавказ, где имеется 1153 эндемичных вида, что составляет около 20% от всего числа видов, которых там около 6000.

В горных областях отдельные виды иногда разделяются на ряд более мелких видов, каждый из которых занимает отдельный район. Таким образом, ареал родительского вида разбивается на ряд более мелких ареалов. Подобные виды и их ареалы называются в и к а р и р у ю щ и м и, или замещающими (от лат. *викариус*—замещающий).

Викарирующие виды могут возникать и в пределах одного и того же района. В этих случаях изолирующим фактором может быть разнородность почвенно-грунтовых условий. При наличии в небольшом районе различных почв вполне возможно появление новых молодых видов, приспособленных к существованию на разных почвах.

Примером таких викарирующих видов могут служить виды чабреца, типчака и др., которые приспособились к существованию на черноземных и песчаных почвах.

Виды черноземных почв

1. Чабрец стеной (*Thymus Marschalianus*)
2. Келерия степная (*Koeleria gracilis*)
3. Типчак (*Festuca sulcata*)
4. Смолевка (*Silene densiflora*)

Виды песчаных почв

1. Чабрец песчаный (*Th. odoratissimus*)
2. Келерия сизая (*K. glauca*)
3. Овсяница (*F. duriuscula*)
4. Смолевка мелкоцветная (*S. parviflora*)

Известно также, что и в пределах одних и тех же почв могут возникать викарирующие виды. Так, имеются подвиды песчаного василька (*Centaurea margaritacea*), приспособленные к существованию по песчаным берегам Буга, Днепра и Дона, а в пределах каждого из них различаются еще более мелкие систематические подразделения.

Викарирующие виды—это по существу различные наследственные формы (мутации), возникшие в процессе скачкообразных наследственных изменений и закрепленные естественным отбором к существованию в различных эдафических (почвенных) условиях.

Ареалы по своим очертаниям имеют различные конфигурации и различные типы строения. Различают с п л о ш н ы е и н е с п л о ш н ы е (разъединенные) ареалы. Сплошные ареалы представляют одну целостную площадь обитания вида. Но и на сплошных ареалах индивидуумы того или иного вида не занимают весь ареал сплошь. Гораздо чаще даже

и в сплошных ареалах индивидуумы одного вида растут вместе с другими видами, а внутри ареала бывают места, совершенно лишенные индивидуумов данного вида.

При разьединенных ареалах площадь, занимаемая видом, распадается на две, три и более частей; здесь ареал может быть представлен отдельными участками и даже пунктами. Примером такого ареала может служить папоротник (*Dryopteris sudetica*), встречающийся в скалистых местах Судетских и Карпатских гор, а также на Урале и в Сибири. Другим примером видов с разьединенными ареалами являются альпийские, или высокогорные виды,—многие виды кампеломок (*Saxifraga*), горечавок (*Gentiana*) и др., встречающиеся в горах Европы, Кавказа и др., и отсутствующие в промежуточных равнинных местах.

Особым типом ареалов являются ленточные, в которых отдельные участки территории, занятые каким-либо видом, вытянуты в виде ленты по поймам рек, по их террасам или по скалистым берегам. Такой тип ареала характерен для подбела (*Petasites spurius*), произрастающего вдоль пойм по песчаным наносам.

Сплошные ареалы нередко на своих границах переходят в ленточные; в качестве примера можно указать на дуб, который на севере произрастает лишь в поймах рек.

Разьединение ареалов может быть обусловлено различными причинами. Так, в одних случаях сплошной ареал разделился вследствие изменения климатических условий в некоторых его частях и отмирания там данных видов. В других случаях разьединение ареалов происходило в результате расхождения континентов и участков суши. Образование разьединенных ареалов могло быть вызвано и деятельностью человека, и другими причинами.

ЧИСЛО ВИДОВ РАСТЕНИЙ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИИ

Общее число видов растений, описанных к настоящему времени, достигает 500 000; из этого числа покрытосемянные составляют около 160 000, грибы—около 200 000. Остальные приходятся на долю голозерянных и других типов.

Флора земного шара еще недостаточно изучена, поэтому эти числа являются приблизительными.

Что касается распределения видов по различным странам и территориям земного шара, то оно крайне неоднородно. Количественное распределение видов показывает, что некоторые области земного шара более богаты видами семенных растений, чем другие.

В количественном распределении видов по земной поверхности наблюдаются следующие закономерности.

1. В северных районах число видов меньше, чем в южных; это обусловлено лучшими климатическими условиями.

2. Число видов на равнинных местах меньше, чем в горах, где более разнообразны климатические и почвенные условия.

3. Древние территории богаче видами, чем геологически более молодые.

4. Тропические и субтропические территории земного шара богаче видами, чем умеренные; это обусловлено крайне благоприятными климатическими условиями тропических и субтропических районов и ненарушаемым существованием растительности с древнейших времен.

Приведем некоторые цифровые данные, подтверждающие эти закономерности (цифры относятся лишь к цветковым растениям):

СССР	около 16 000 видов	Тропическая Африка	13 000 видов
Китай	» 20 000 »	Капская земля	12 000 »
Индия	» 21 000 »	Сахара	300 »
Остров Борнео	» 11 000 »		
Филиппинские острова	10 000 »	Мексика	7 000 »
Япония	» 5 727 »	Финляндия	1 140 »
Бразилия	40 000 »	Гренландия	390 »
Центральная Америка	12 233 »	Дания	1 370 »
Куба	7 000 »	Британские острова	1 297 »

Приведем некоторые цифровые данные, касающиеся отдельных частей СССР (также только по цветковым растениям):

Новая земля	200 видов
Остров Диксон	104 вида
Московская область	1 100 видов
Тамбовская область	1 150 »
Курская область	1 300 »
Крым	2 010 »
Кавказ	5 667 »
Средняя Азия (горная часть)	6 000 »
Средняя Азия (пустынная часть)	600 »

Таким образом, при сопоставлении приведенных цифр ясно выступают отмеченные выше закономерности. Особенно отчетливо эти закономерности выявляются при сравнении числа видов Бразилии (40 000) и СССР (около 16 000), хотя площадь СССР превышает площадь Бразилии в несколько раз.

Неодинакова также роль отдельных стран и в создании различных культурных растений. Особенно велика роль в создании ряда культурных растений народов, населяющих азиатский материк и прилегающие к нему острова.

Некоторые сведения о месте происхождения важнейших культурных растений подтверждают это положение. Так, Китай является родиной многих видов плодовых, овощных, полевых и декоративных растений. Из культурных видов китайской флоры следует отметить рис, просо, гаолян, гречиху, периллу, виды капусты (*Brassica chinensis*, *B. pekinensis* и др.), лук (*Allium fistulosum*), сливу (*Prunus simonii*), персик, тутовое дерево, хурму японскую, рами, тутовое дерево, камфарный лавр, культурные формы апельсина, мандарина, чай и многие другие виды.

Бирма и Ассам являются родиной баклажана, огурца, лимона, помаранца, мандарина, сахарного тростника, кунжута, древовидного хлопчатника (*Gossypium arboreum*), кенафа, нута, черного перца (*Piper nigrum*), видов бамбука и др.

Индокитай и Индонезия являются родиной банана, кокосовой пальмы, имбиря, мускатного ореха, кардамона, гвоздичного дерева, хлебного дерева, манильской пенки (*Musa textilis*) и др.

Среднеазиатские республики СССР, Пенджаб и Афганистан являются родиной гороха, чечевицы, бобов, чины, горчицы, масличного льна, опийного мака, дыни, моркови, репы, репчатого лука, чеснока, шпината, абрикоса, миндаля, винограда, грецкого ореха, яблони и др.

Малая Азия (Иран, часть Турции) является родиной нескольких видов и разновидностей твердой и восточной пшеницы, люцерны синей, клевера, вики посевной и др.

Средиземноморские области, расположенные по побережью Средиземного моря, являются родиной некоторых видов пшениц, некоторых видов люпина, маслины, свеклы, лаванды и др.

Африка—родина клещевины, сорго, финиковой пальмы, розовой герани и др. В некоторых странах африканского континента (Абиссиния, Эритрея) сосредоточено разнообразие твердой пшеницы, английской пшеницы (*Triticum turgidum*), пленчатого ячменя и других растений.

Южная Мексика и Центральная Америка являются родиной кукурузы, обыкновенной фасоли, тыквы, батата, стручкового перца, хлопчатника (*Gossypium hirsutum* и др.), махорки, авокадо, физалиса, томатного дерева, гваялы и др.

Южная Америка—родина многих видов картофеля, томата, тыквы, хлопчатника, табака, хинного дерева, каучукового дерева (*Hevea brasiliensis*), какао, арахиса, ананаса, фейхоа и др.

Австралия является родиной эвкалипта и многих видов акаций.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЗЕМНОГО ШАРА

При описании растительности земного шара можно исходить из ареалов видов, родов, семейств, а также из ареалов растительных сообществ (фитоценологических единиц), поэтому приняты ботанические подразделения двух типов: флористические и фитоценологические.

Флористические подразделения основываются на ареалах систематических единиц и их происхождении. За такие единицы обычно принимают семейства и устанавливают их распространение. В процессе изучения обнаружено, что одни семейства встречаются только в тропических странах (семейства пальмовых, аноновых, миртовых и др.) и не представлены во внетропических странах. Другие же, наоборот, встречаются только во внетропических странах (первоцветные, ивовые и др.). Некоторые семейства встречаются только в Австралии (цефалотовые) или в Америке (кактусовые, бромелевые, канновые и др.).

Фитоценологические подразделения базируются на растительных сообществах и их группах, резко различающихся между собой физиономически (ландшафтно).

Типы растительности, сложенные из соответствующих сообществ, распределяются по земной поверхности вполне закономерно. В основном растительность земной поверхности зависит от общеклиматических условий. На земном шаре существует довольно большое разнообразие климатов, почв, рельефов и их сочетаний, что и обуславливает растительный покров на разных широтах и долготах.

ТИПЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

В зависимости от климатических условий на земной поверхности сформировались следующие типы растительного покрова.

1. **Влажные тропические леса.** Этот тип растительности связан с наиболее благоприятными для растений условиями существования на земной поверхности: избытком тепла и влаги, которые более или менее равномерно распределены на протяжении всего года. Влажные тропические леса состоят из вечнозеленых деревьев с крупными, большей частью блестящими листьями, с массой лиан, эпифитов и эпифиллов. Они занимают большие пространства по обеим сторонам экватора и не переходят к северу и к югу за пределы тропиков. Такие леса имеются в Африке, на восточном берегу Мадагаскара, в Южной Америке (долина реки Амазонки), Центральной Америке, Гвиане, Австралии, Азии (Филиппинские, Молуккские острова) и других местах земной поверхности.

Для многих видов тропических деревьев характерна к а у л ф л о р и я, т. е. возникновение цветков прямо на стволе, в период созревания

плодов стволы покрываются плодами. Среди видов с каулифлорией имеется ряд очень ценных растений. К ним относится дерево какао, хлебное дерево (*Artocarpus*), хурма (*Diospyros*) и др.

В целом влажный тропический лес включает крайне разнообразные жизненные формы. В отличие от наших лесов, где флористическое разнообразие свойственно нижним ярусам, гораздо большее видовое разнообразие наблюдается в верхних ярусах.

2. Древесно-кустарниковые сообщества лаврового типа. Лавровые леса встречаются на Канарских островах, в Португалии, в южных частях Китая, Японии, в Новой Зеландии, во Флориде, Чили и других странах. Площади таких лесов невелики.

Лавровые леса вечно зелены и состоят из деревьев **д в у д о л ь н ы х**, **г о л о с е м я н н ы х**, а также из хвойных, часто с плоской хвоей, и кустарников лаврового типа.

К лиственным породам относятся канарский лавр (*Laurus canariensis*), благородный лавр (*L. nobilis*), камфарный лавр (*Cinnamomum camphora*), некоторые рододендроны и др. Из хвойных характерны красное дерево (*Sequoia sempervirens*), тис (*Taxus*), туй (*Thuja occidentalis*, *Th. heterophylla* и др.).

Двудольные лаврового леса имеют очень характерный тип листа с крупной овальной пластинкой, блестящей, кожистой и всегда стоящей перпендикулярно к свету. Почки на верхних побегах одеты почечными чешуями, однако растения подлеска почечных чешуй не имеют, так как в глубине леса климат более благоприятный.

3. Зимнезеленые леса. Эти леса распространены исключительно в пределах тропиков и характерны для тех мест тропического пояса, где климат континентальный или где периодически дуют то сухие, то влажные ветры (муссоны). От тропических лесов зимнезеленые леса отличаются тем, что теряют листья во время летней засухи и быстро их развивают вновь с наступлением дождливого периода.

Растительность этих лесов представляет ряд сообществ, зависящих от количества осадков в дождливое время. При большом количестве осадков развиваются так называемые **м у с с о н о в ы е** **л е с а**, приближающиеся к тропическим, при меньшем количестве осадков — **с а в а н н о в ы е** **л е с а**, а при еще меньшем количестве осадков леса переходят в саванны. Под саваннами понимается тропическая и субтропическая лесостепь, где травостой представлен злаками различной высоты, бурно вегетирующими в дождливый период.

4. Жестколистные леса. Эти леса тесно связаны со значительной сухостью климата. Листья их жесткие, вечнозеленые, хорошо снабжены механической тканью; пластинка невелика; для уменьшения нагревания пластинки листья часто стоят косо к солнечным лучам, поэтому **лучи** **скользят** **по** **листьям**.

У некоторых видов листья совсем редуцируются и стебли становятся зелеными и выполняют ассимиляционные функции. Очень распространено образование колючек; колючими нередко бывают и листья.

Многие растения жестколистного леса красиво цветут и выделяют эфирные масла, что придает этим лесам своеобразный аромат.

Жестколистные леса и кустарники распространены в Средиземноморской области, на Балканах, на Южном берегу Крыма, в Калифорнии, в Австралии, Южной Африке, Южной Америке и др.

5. Летнезеленые леса. Как показывает само название, летнезеленые леса одеты листвою только в благоприятное, летнее время; осенью листья опадают и в зимнее время деревья стоят без листьев. Почки на деревьях обычно одеты почечными чешуями.

Летнезеленые леса распространены главным образом в умеренных местах только Северного полушария; в более континентальных местах летнезеленые леса переходят в игольчатые—хвойные. Они хорошо представлены в умеренных климатах Западной Европы, на юге Европейской части СССР, в Западной Сибири, Крыму, на Кавказе, Дальнем Востоке, Камчатке, Сахалине, в северной части Японии, в Северной Америке и др.

Климат территорий летнезеленых лесов характеризуется такими показателями: 4 летних месяца температура выше 10° ; средняя температура самого теплого месяца от 13 до $22-23^{\circ}$, самого холодного до -6° . Максимум осадков приходится на теплое время года; в наиболее дождливый летний месяц выпадает около $100-130$ мм осадков.

6. Игольчатохвойные леса. Игольчатохвойные леса состоят из хвойных деревьев и кустарников, имеющих листья в виде удлинённых игл. Они распространены в Северном полушарии и умеренных широтах Евразии и Америки, где занимают огромные пространства и на своей северной границе образуют северную границу леса вообще.

По сравнению с летнезелеными лесами игольчатохвойные леса занимают более северные и более континентальные территории и более плохие почвы (песчаные, болотные, подзолистые и пр.). Они менее требовательны к почве и климату. Климат области этих лесов характеризуется такими чертами; в самый теплый месяц температура равна $10-19^{\circ}$, в самый холодный—колеблется от $+3^{\circ}$ (в западных районах) до -52° (в Сибири). Вегетационный период короткий: только 1—4 месяца температура выше 10° . Сходный климат имеется и в горах более южных широт, поэтому игольчатохвойные леса развиты на известной высоте в горах.

7. Травяные и моховые болота. Травянистые сообщества болот связаны с постоянным и избыточным увлажнением. Болота представляют довольно широкое понятие и могут быть распределены по различным классам формаций. Различают болота травяные, моховые, лесные и др.

8. Моховые и лишайниковые тундры. Моховые и лишайниковые тундры имеют широкое распространение и простираются по всей территории арктической суши. Климат в тундре суровый, средняя годовая температура ниже 0° . Средняя температура самого теплого месяца не превышает 10° . Почва тундр холодная. На небольшой глубине находится слой вечной мерзлоты, который летом оттаивает лишь до глубины $15-20$ см. Вегетационный период продолжается около $2-2\frac{1}{2}$ месяцев. Атмосферных осадков мало (около 250 мм), в виде снега выпадает около 10% годовых осадков. Особенностью тундры является продолжительное солнечное сияние летом (почти круглые сутки, а в более высоких широтах—и круглые сутки). Значительная протяженность тундры с севера на юг, естественно, обуславливает различные почвенные и климатические условия, а эти последние—различные растительности разных зон тундры.

Основными растительными формациями тундры являются виды мхов, виды лишайников и некоторые арктические виды цветковых растений.

9. Травянистые ксерофильные сообщества (степи). Для степей наиболее типичны травянистые, ксерофильного характера сообщества. Развитие степной растительности характерно для умеренных климатов со сравнительно небольшим количеством летних осадков. На земной поверхности степи занимают промежуточные территории с летнезелеными лесами и пустынями.

Травянистый покров степей является довольно густым, но в более сухих местах не смыкается. В степях массовое развитие получают дерновинные злаки рода ковыля (*Stipa*) с узкими и свернутыми листьями.

В зависимости от количества летних осадков имеется ряд типов степей: луговые, ковыльные и полупустынные.

Близко к степям примыкают луга, сообщества которых также состоят из травянистых растений. От степных формаций луга отличаются тем, что слагающие их виды в основном относятся к мезофитам.

Луга чаще всего встречаются в поймах рек (так называемые пойменные, или заливные, луга), на водоразделах (суходольные луга), на горах выше границы леса (субальпийские луга).

10. Пустынная растительность. Вследствие сухости климата растительность пустыни не образует сомкнутого покрова, обычно он крайне изрежен и часто совершенно отсутствует.

Области пустынь находятся в основном вне тропиков и простираются к северу и к югу от пояса тропических лесов. Эта полоса хорошо выражена в Северном полушарии Старого Света и тянется от Атлантического океана (в Северной Америке) через Аравию и Центральную Азию почти до Тихого океана. Она включает наиболее обширные пустыни—Сахару, наши среднеазиатские пустыни и Гоби.

Годовое количество осадков в сухих пустынях не превышает 300 мм, а во многих местах осадков выпадает гораздо меньше; так, например, в Мерве—150 мм, Бухаре—130 мм, Кашгаре (Центральная Азия)—50 мм, Каире—30 мм, а в некоторых местах Чилийской пустыни—всего 5 мм. Для сухих пустынь характерны также крайне высокие температуры, очень низкая влажность воздуха, сильная инсоляция, часто сильные ветры и прочие неблагоприятные условия. Но тем не менее, несмотря на крайний недостаток влаги, во многих пустынях все же имеется растительность. Эта растительность не может, конечно, существовать за счет атмосферных осадков; основными источниками водоснабжения являются грунтовые воды и влага почвы, получающаяся в результате конденсации водяных паров воздуха.

Кроме сухих пустынь, на земной поверхности имеются еще и так называемые холодные пустыни. К ним относятся пустыни арктические, антарктические и высокогорные. В этих пустынях в минимуме тепло. Большую часть года в них господствует зимний покой. Период вегетации очень короток. Так как земля нагревается сильнее воздуха, то растения прижимаются к земле. Они имеют вид подушек, розеток и стелющихся форм.

11. Водные растительные сообщества. Водная среда морей, рек озер и прочих водоемов является довольно однородной. Однако к существованию в ней приспособились (различные) систематические группы растений. Местоположение растений, обитающих в водной среде, различно: одни из них прикрепляются ко дну водоема, образуя бентос; другие плавают на поверхности воды, не будучи совсем прикреплены, образуя планктон; третьи находятся во взвешенном в толще воды состоянии—так называемый планктон.

ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В основе флористических подразделений лежит генетический принцип, т. е. происхождение флоры и ее связь с историей данной территории. Обычно признается, что чем меньше нарушений испытала данная территория, тем более целостна и однородна ее флора. Для установления общности происхождения весьма важны палеоботанические данные, а также современное распределение систематических единиц.

При характеристике флористических подразделений за основу принимают семейства и изучают их ареалы. В процессе изучения ареа-

лов установлено, что одни семейства являются чисто тропическими (пальмовые, аноновые, мимозные и пр.), другие встречаются исключительно во внетропических странах (ивовые, первоцветные), одни семейства встречаются исключительно в Америке (кактусовые и бромелиевые), другие—в Австралии (цефалотовые) и т. д.

При изучении распространения растений на земном шаре установлено, что многие семейства, роды и даже виды находятся на разных материках. Например, семейство пальмовых распространено в тропических областях Южной Америки, Африки и Восточной Азии. Это указывает на то, что в отдаленные времена эти материки были соединены.

В настоящее время большинство ботаников делят земную поверхность на шесть флористических областей. Эти области следующие: голарктическая, неотропическая, палеотропическая, австралийская, капская и антарктическая. Кроме этих, дополнительно выделяется океаническая область.

1. Голарктическая область. Голарктическая область занимает всю Европу с северными островами, большую часть Азии, северную половину Африки, почти всю Северную Америку с Гренландией и другими северными островами. Эта область представляет почти сплошной пояс, простирающийся за Полярный круг как в Евразии, так и в Америке.

Флора голарктической области в основных чертах весьма близка и свидетельствует об общем ее происхождении, а также о соединении материков Евразии и Северной Америки в отдаленные времена. Согласно теории Вагнера, подобное соединение указанных материков существовало до четвертичного периода.

2. Неотропическая область. Неотропическая область занимает большую часть Мексики, Центральную Америку, Антильские острова, южную оконечность Флориды и всю Южную Америку до 40° южной широты, а также ряд островов Тихого океана, примыкающих к американскому матерiku. Свое название область получила потому, что расположена в тропиках Нового Света.

3. Палеотропическая область. Палеотропическая область занимает Африку к югу от тропика Рака до Капской провинции, юго-западную часть Аравии, остров Мадагаскар, Индостан, Индокитай, южную часть Китая, Филиппинские острова, Малайский архипелаг, Новую Гвинею, Новую Зеландию, острова Тихого океана и др. По размерам территории эта область вторая после голарктической.

Объединение в одну флористическую область Африки и южных азиатских полуостровов, а также островов Малайского архипелага и пр., которые в настоящее время не связаны между собой, основывается на наличии родственных растительных форм в настоящее время, а также в ископаемых остатках. Это свидетельствует о том, что в геологически отдаленное время эти территории суши были в едином массиве.

4. Австралийская область. Австралийская область занимает Австралию и прилегающий к ней остров Тасманию. Австралийский континент мало расчленен и в большей своей части является равнинным. Австралия представляет высокогорное плато, несколько приподнятое по краям; в некоторых местах вдоль краев проходит горные цепи, которые задерживают влагу, поэтому центральная часть Австралии очень суха. Наиболее благоприятный климат в восточной части, где выпадает около 2000 мм осадков, вследствие чего в этой части развивается влажно тропический лес, очень сходный с лесами малайской подобласти. Остальная часть Австралии в зависимости от количества осадков представляет саванны, степи, заросли кустарников и пустыни.

5. Капская область. Капская область занимает лишь небольшую часть Юго-Западной Африки, но имеет все признаки самостоятельной флористической области. Представлена большим числом видов. Климат несколько напоминает средиземноморский.

Характерной особенностью флоры Капской области является бедность древесными видами. В Капской области отмечается большое количество вечнозеленых кустарников с жесткими листьями, а также травянистых многолетников (луковичных, клубневых и др.).

6. Антарктическая область. Антарктическая область занимает самую южную часть Южной Америки (Патагония и часть Чили), Огненную Землю, острова и материк Антарктики.

Флористически эта область очень бедна. В ее флоре имеется ряд представителей, свойственных флоре Новой Зеландии, Австралии и частично Капской области.

7. Океаническая область. Океаническая область представляет водную среду, где господствуют водоросли и немногие виды цветковых растений. Различают подобласти северную, тропическую и южную. Каждой из них свойственна своя флора.

Наша страна дает наиболее наглядную картину изменения растительности в зависимости от смены обшклиматических условий. Причиной такой наглядности является обширность территории, протянувшейся с севера на юг и с запада на восток на огромные пространства. Другим важным фактором является равнинность территории СССР. Это позволяет выявить роль климатических факторов в наиболее чистом виде.

Влияние орографических факторов на растительность можно наблюдать в горных странах (Кавказ, Туркестан, Крым и др.). Установлено, что если подножие горной страны лежит в пустыне, то при подъеме пустыня сменяется степями, затем лесом и, наконец, высокогорной (альпийской)



Рис. 353. Стелющаяся форма ивы (*Salix reticulata*).

растительностью, являющейся известным аналогом тундры. В основном последовательность растительных поясов та же, что и при движении с юга на север. Чем севернее расположены горы, тем число вертикальных поясов меньше.

Растительный покров в Европейской части СССР разделяют на три широтные зоны: тундру, лесную зону и степную зону; в средней части СССР (Сибири)—на 4 зоны: тундру, лесную зону, степную зону и пустынную; в Восточной Сибири имеют место три первых зоны: тундра, лес и степь. Каждая из этих зон имеет переходы к следующей зоне. Так, тундра переходит в лесотундру, лесная зона—в лесостепь, степная зона в средней части СССР—в полупустыню.

Тундры СССР. Зона тундр занимает всю северную часть Европы и Азии. Суровый климат сильно ограничивает вегетационный период и видовое разнообразие растительности. Характерной особенностью тундры является отсутствие леса и преобладание многолетних приземистых кустарников и кустарничков. Число видов не превышает 300. Типичны растения—подушки и стелющиеся формы (рис. 353). Растения прижимаются к земле, так как земля нагревается лучше воздуха. Средняя годовая температура ниже 0°. Средняя температура самого теплого месяца около 10°; вегетационный период не более 2—2½ месяцев.

Тундра не однородна. В направлении с юга на север в ней различают три подзоны: кустарниковую с господством кустарниковых ив (*Salix*) и карликовой березы (*Betula nana*), лишайниково-моховую и арктическую. Последняя подзона не имеет сплошного травянистого покрова, а растения ютятся по трещинам и ложбинам, между которыми выступает голая почва. Еще севернее этой подзоны находится холодная пустыня, лишенная всякой растительности.

Мохово-лишайниковая подзона включает также незначительное количество трав и кустарников. Мхи в основном развиваются на суглинистых субстратах, а лишайники—на песчаных. Лишайниковая тундра покрыта видами лишайника (*Cladonia*, *Cetraria*, *Sphaero-phorus* и др.), из которых наиболее распространены олений лишайник (*Cl. gangiferina*) и исландский лишайник (*Cetraria islandica*), являющиеся зимним кормом северных оленей.

Кустарниковая и кустарничковая подзона тундры представлена различными видами ивы (*Salix*), видами карликовой низкорослой березы (*B. pana*, *B. exilis*), вересковыми кустарничками: голубикой (*Vaccinium uliginosum*), водяникой (*Empetrum*), брусникой (*V. vitis idaea*), арктоусом, или толочнянкой (*Arctous alpina*), и др. Травянистый покров состоит из осоковых и злаков: белоус (*Nardus stricta*), вейник (*Calamagrostis lapponica*), мятлик (*Poa abbreviata*, *P. alpigena*), овсяница (*Festuca alpina*), а также видов молодило (*Sempervivum*) и др. Среди травянистой растительности много подушечных форм проломника, смолевки, мокричника и др. На пониженных, избыточно увлажненных местах встречаются пушица, осоки и др.

Тундра безлесна. Безлесие тундры обусловлено тем, что при сильных ветрах деревья надземными частями испаряют слишком много влаги, а получать ее не могут из холодной почвы и вследствие этого засыхают.

В южной части тундры появляются лесные куртины, еще южнее расположена переходная полоса—так называемая лесотундра, где уже возможен рост деревьев и где участки тундры чередуются со значительными лесными островками, состоящими из ели (*Picea obovata*), осины (*Populus tremula*) и др. Площадь тундры и лесотундры достигает 3 млн. квадратных метров.

Лесная зона. Лесная зона в СССР занимает огромные пространства. Эта зона очень разнообразна и подразделяется на ряд подзон (с севера на юг) и провинций (с запада на восток). Основная масса наших лесов состоит из хвойных пород. Широколиственные летнезеленые леса занимают значительно меньшие пространства и находятся в самых южных и юго-западных частях. В сибире широколиственные леса отсутствуют. В довольно широкой полосе между хвойными и широколиственными лесами Европейской части СССР и на Дальнем Востоке находятся смешанные леса, в которых совместно произрастают виды хвойных и лиственных родов.

Леса Европейской части СССР состоят главным образом из хвойных пород: доминирующей породой этих лесов является европейская ель (*Picea exelsa*). На песчаных почвах господствующей породой является сосна.

В лесах Азиатской части СССР широколиственные породы отсутствуют (кроме небольших массивов липы в Западной Сибири и верховьях реки Томи, в окрестностях Красноярска, а также лесов Дальнего Востока). В западносибирской тайге широко представлены 4 древесные породы: пихта, сибирская лиственница, сибирская ель и кедровая сосна. К востоку от реки Енисей господствующей породой является сибирская лиственница, а далее к востоку—лиственница даурская.

Леса побережья Охотского моря, северной части Сахалина внутренние части Камчатки состоят из аянской ели (*Picea ajanensis*) и камчатской березы (*Betula japonica*, *B. Ermani*).

Наиболее разнообразны по составу южноуссурийские леса. Характерными видами являются уссурийский граб (*Carpinus cordata*), японская ольха, различные виды рода *Acer* (*A. mandzhuricum*, *A. ginnala*, *A. tomentosum*) и др. Отмечается большое количество кустарников, лиан (ви-

поград, актинидия, лимонник) и др. Лес имеет сложное ярусное строение.

Широколиственные леса расположены в юго-западной и западной частях СССР. Они слагаются из дуба, ясеня, остролистного клена, липы, ильма, вяза и др., в подлеске орешника—лещины. Травянистый покров этих лесов состоит из широколиственных двудольных многолетников: сныть, ясменник, пролеска, копытень и др. Элементы широколиственных лесов проникают на восток и север, и на территории Европейской части СССР по существу имеются смешанные леса из лиственных пород, продвигающихся с запада, и хвойных пород, продвигающихся с северо-востока и Сибири.

Помимо первичных лесных пород, на местах порубок, распахов и пр. развиваются вторичные леса из осины, березы, а в более северных местах— и из серой ольхи (*Alnus incana*). В некоторых вторичных лесах эти породы господствуют.

Что касается лесов в горных странах (Кавказ, горы Средней Азии, южная часть Крыма и др.), то они обычно занимают определенный горный пояс между нижним степным поясом и альпийским, расположенным выше. Горные леса весьма разнообразны в различных горных системах, что зависит от географического положения, геологического строения и пр.

Так, например, западная часть главного Кавказского хребта с самого низа и до субальпийской зоны покрыта хвойными и лиственными лесами. Лиственные леса состоят в нижней зоне из видов дуба, несколько выше— из бука, а еще выше— из березы и клена. Хвойные леса состоят из кавказской пихты (*A. Nordmanniana*) и восточной ели (*P. orientalis*).

Для гор Средней Азии характерно присутствие в нижних частях лесного пояса орехово-яблоневых лесов, фисташкового дерева и дикого абрикоса, а в верхних— хвойных из пихты и ели.

В Крыму в нижних частях гор расположены леса из дуба, а выше они переходят в буковые; к этим буковым лесам в верхнем ярусе присоединяется обыкновенная сосна.

Таким образом, в горах нижние пояса с широколиственными породами сменяются более высокими поясами с хвойными породами. Это имеет место и при горизонтальной зональности.

Лесная древесно-кустарниковая растительность является огромной национальной ценностью. Общая площадь лесов в нашей стране превышает 1100 млн. га, что составляет около 40% всей территории СССР. На долю СССР приходится примерно около одной трети всех лесов земного шара.

Существенным элементом лесной зоны являются также болота и торфяники. Болота особенно развиты в Полесье. Возникновение их обусловлено рельефом местности и режимом полесских рек (Припяти, ее притоков). Торфяники занимают большие площади на пониженных элементах рельефа. Образование их вызывается плохой водопроницаемостью грунтов.

Большие пространства в лесной зоне занимают и луга. Они имеют вторичное происхождение и вызваны расчисткой лесов, пастьбой скота и прочей деятельностью человека. Если забросить луга в лесной зоне, то они зарастают лесом.

В лесной зоне также сильно развито и растениеводство. Под культуру озимой ржи, озимой пшеницы, овса, ячменя, яровой пшеницы, гречихи, льна, картофеля, клевера, овощных, плодовых и других растений заняты огромные пространства, на которых получают большие урожаи.

Степная зона. К югу от зоны лесов широкой полосой протягивается зона степей. Степи— это безлесные пространства, образовавшиеся

на черноземных почвах и покрытые травянистой растительностью более или менее ксерофитного характера.

Между зонами лесов и степей имеется переходная полоса лесостепи, где участки леса чередуются с участками степи. В Европейской части СССР участки степи чередуются с дубом (*Q. robur*), в Западной Сибири—с березой, а к востоку от озера Байкал—с даурской лиственницей.

Наиболее характерным типом леса в лесостепной полосе Европейской части СССР является дубовый лес. Основные массивы дубовых лесов приурочены к возвышенным и хорошо дренированным местам. В пределах лесостепной подзоны к дубу примешивается ясень (*Fraxinus excelsior*). В подчиненном положении находится липа мелколистная (*Tilia parvifolia*), виды вяза (*Ulmus*), остролистный клен (*Acer platanoides*). Подлесок образуется орешником (*Corylus avellana*), берсклетом (*Evonymus verrucosa*), жостером (*Rhamnus cathartica*), рябиной (*Sorbus aucuparia*) и др. Из травянистых растений имеется папоротник, вика, сныть, фиалка, ясменник и др. На степных участках лесостепи много лабазника (*Filipendula*), шалфея (*Salvia*), прострела, горного клевера и др.

Лесостепь является типичным ландшафтом Украины и центральных областей Европейской части РСФСР.

Степи подразделяются на две подзоны: северные и южные степи.

Северные степи представляют собой лесостепь, иногда называются также луговыми, так как имеют некоторое сходство с лугом. Они характеризуются сплошным травяным покровом. Создает фон красочное разнотравье (двукольные растения). Среди злаков преобладает коостер прямой (*Bromus erectus*), виды овса и ковыля, во втором ярусе—типчак (*Festuca sulcata*, *F. valesiaca*). Северные степи в Европейской части СССР очень богаты флористически и имеют большую видовую насыщенность; в отдельных случаях число видов на 1 м² доходит до 80.

Флористический состав северных степей сильно меняется к востоку.

Северные степи Азиатской части сильно отличаются от европейских. Там часто степные участки перемежаются с солончаками, солонцеватыми участками, березовыми островками и пр.

Южные степи значительно беднее видовым составом. В них господствуют дерновинные злаки, в частности виды ковыля (*Stipa*). Травостой не сплошной; между дерновинами злаков имеются пустые пространства, которые к югу все более увеличиваются. Число видов на 1 м² не превышает 20—25. Растительность имеет ксероморфный характер. Весной развивается много луковичных и клубневых эфемеров—тюльпаны, крокусы, гусиные луки и др. Значительную роль играют своеобразные жизненные формы, так называемые **п е р е к а т и-п о л е**, относящиеся к различным семействам.

Азиатские ковыльные степи по своему флористическому составу более бедны.

В горных странах степи занимают пояс ниже лесов. Здесь также имеется два типа: более высокий, представленный разнотравьем, и более низкий—ковыльный.

Характерная особенность степей—это безлесье. Безлесье степей обусловлено комплексом климатических, эдафических, орографических и других факторов. В зональной системе степи представляют собой климатически обусловленную флористическую форму растительности, как и леса или тундры.

В связи с деятельностью человека растительность степной зоны подверглась очень сильному изменению. Большая часть степей Европейской части СССР распахана. На месте бывших степей произрастают хлебные

злаки, подсолнечник, сахарная свекла, клеверина, овощные, бахчевые и многие другие культуры. Оставшиеся нераспаханными степные пространства также сильно изменены выпасом скота, покосами и прочими воздействиями.

Пустынная зона. К югу и юго-востоку от степной зоны простирается переходная полоса, называемая полупустыней. Некоторые авторы называют ее пустынной степью и выделяют в самостоятельную зону. Полупустыни протягиваются полосой по южной окраине степей

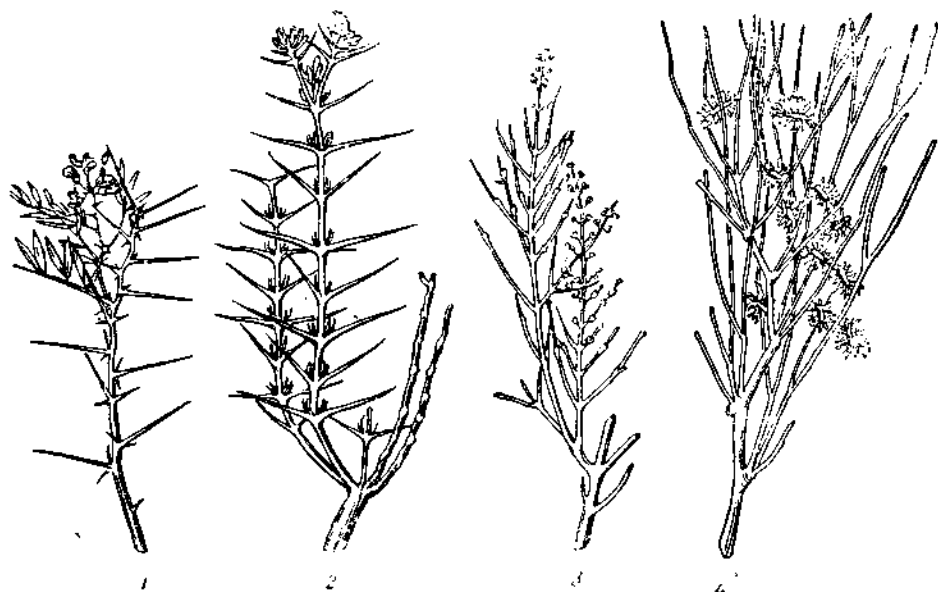


Рис. 354. Жизненные формы пустынных растений Средней Азии.

1—2—с листьями, превращенными в колючки; 3—4—формы с крайне редуцированными листьями.

от Каспийского моря за рекой Урал через южную часть Оренбургской области в Казахстан и Западную Сибирь. Климат в этой зоне сухой и континентальный с большими годовыми температурными колебаниями. Осадков мало—200—220 мм. Сухость воздуха вызывает сильное испарение.

Растительный покров полупустыни сильно изрежен. Наблюдается резкое обеднение растительности как по числу видов, так и по высоте и густоте травостоя; в травостое комбинируются элементы степи (дерновинные злаки) и пустыни (полыни, виды солянок из семейства маревых и др.). Весенняя флора представлена многочисленными луковичными растениями, особенно тюльпанами, луками и др. На засоленных почвах полупустыни много видов с сильным опушением надземных частей, много солянок (*Anabasis salsa*, *A. aphylla* и др.).

Переход к пустыням постепенный. Типичные пустынные формации хорошо представлены в Средней Азии. В основном это ксерофиты, выдерживающие высокую температуру, сухость воздуха и недостаток воды в почве (рис. 354). Растения пустынь сильно сокращают листовые пластинки или совершенно утрачивают их, в других случаях листья становятся жесткими и кожистыми. Среди растений пустынь встречаются также и нексерофитные типы. Это в основном растения с длинными корнями, достигающими грунтовых вод, или растения—эфемеры, проходящие весь

свой жизненный цикл весной при достаточном количестве влаги в поверхностных слоях почвы и в атмосфере. Помимо трав, в пустынях имеется целый ряд кустарников и даже деревьев. Представителем последних служит саксаул. В некоторых местах имеются пустыни, совершенно лишенные растительности.

В зависимости от субстрата и географического положения различают несколько типов пустынь: глинистые, солончаковые и песчаные.

Растительность основных зон—тундры, леса, степи, пустыни—носит название *зональной*, так как она наиболее характерна для соответствующей зоны. Но в пределах каждой зоны имеется ряд типов растительности, являющихся включениями в основной зональный фон. В частности, в зоне еловых лесов на песчаных почвах развиваются сосновые леса, в зоне степей в долинах рек—дубовые леса. Растительность этого рода называется *интразональной*. Горная растительность также является интразональной, поскольку она может находиться в любой зоне. Примерами интразональной растительности являются также заливные луга, болота и высокогорная альпийская растительность, поскольку они могут встречаться в разных зонах.

Заливные луга могут быть в разных зонах. Они развиваются по берегам рек. Тип растительности заливных лугов складывается под влиянием действия полых вод, которые ежегодно покрывают их на более или менее продолжительное время и оставляют на них ил, песок, глинистые частицы и пр. Так как в различных частях поймы оседают различные частицы, то в результате получается различный рельеф поймы. Различают три части поймы: прирусловую, центральную и притеррасную (у коренного берега). Прирусовая—это наиболее возвышенная часть, где откладываются крупные песчаные частицы; центральная—наиболее обширная, где откладываются глинистые частицы; притеррасная, где отложение частиц сводится к минимуму.

Растительность лугов очень разнообразна, но в целом она имеет *мезофитный* характер. Однако в прирусовых, более повышенных частях растительность характеризуется большей ксерофитностью, чем в притеррасных, где она представлена осоками и кислыми травами. В центральной части поймы хорошо развиваются злаковые травы: лисохвост, мятлик болотный, овсяница, полевница и др. Флористический состав лугов сильно меняется в зависимости от географического положения зоны.

Болота обычно развиваются на пониженных элементах рельефа. Они могут образовываться в любой зоне, но особенно они обильны в северных и северо-западных областях СССР, где осадков выпадает много, а температуры довольно низкие. По своей растительности болота могут быть лесные, кустарниковые, травяные, моховые и др. В зависимости от водно-питательного режима болота подразделяются на: 1) озерно-речного типа питания, 2) грунтового питания (так называемые низинные), 3) грунтово-атмосферного питания (переходные), 4) атмосферного питания (верховые).

Болота озерно-речного питания представляют собой различные стадии заболачивания водоемов, что связано с повышением дна водоема в процессе отложения растительных остатков.

Болота грунтового питания—это одна из следующих стадий развития болота. В этой стадии дно водоема окончательно закрывается растительными отложениями (торфом). В этой стадии болота носят название *низинных*. Низинные болота могут быть лесные (березовые, ольховые, сосновые), кустарниковые (из *Betula humilis*), травяные (главным образом из видов осок) и др. В результате отмирания растений образуется торф, который повышает уровень болота, и низинное болото превращается в переходное. Для переходных болот характерно появление ряда видов,

менее требовательных к минеральному питанию, главным образом торфяных мхов. Верховые болота представляют собой дальнейшую стадию в развитии болота, когда уровень все время повышается и болото отрывается от грунтовых вод и питается за счет атмосферных осадков. Растительность этих болот состоит из видов, способных расти при недостатке минеральных веществ. Она представлена различными видами торфяного мха; из высших растений поселяются различные роды и виды вересковых (голубика, брусника, черника, клюква и пр.), некоторые виды осок, пушица и др.

Альпийская растительность—это растительность горных стран. Для альпийских растений характерны такие признаки: низкий рост (10—15 см), сильное укорочение междоузлий, прикорневое расположение листьев, формы типа подушек, более крупные размеры цветков и интенсивная их окраска. Альпийские луга располагаются выше леса. На Кавказе и в Средней Азии они находятся на высоте 1500—2000—2500 м. На больших высотах растительность все более разреживается и, наконец, совсем пропадает. Такие высокогорные безжизненные места являются высокогорными пустынями.



1. ТЕРМИНЫ И РУССКИЕ НАЗВАНИЯ РАСТЕНИЙ

- | А | Андрогинифор 403
Андроцей 215, 218
Анемифилия 233
Анис 14, 32
Антарктическая область 497
Антеридий 261, 272, 307
Антибиотики 53
Антиподы 225
Антофеин 50
Антохлор 50
Антоцеротовые 305, 308
Антоциан 49
Антоцианнины 49
Антракноз 299
Анчар 421, 422
Апостинны глазки 154
Апельсин 12, 51, 52, 63,
98, 245, 397
Апланоспоры 260
Апогамия 239
Апоспория 240
Апотеции 285
Аптечная ромашка 451
Аралиевые 400
Араукариевые 331, 337
Араукария 129
Арахис 42, 133, 156, 231,
384
Арбуз 47, 215, 446
Ареал 489
Арика 452
Арониды 109, 351
Артишоки 251
Археогоний 303, 307
Архимиды 282, 283
Аски 66
Аскомицеты 283, 284
Аскорбиновая кислота 52
Аспарагин 124
Ассимиляционная ткань 85,
86
Астрагал 133, 168, 223
Астры 196, 216, 449, 450,
453
Асфodelлевыe 345
Атропин 48
Ауксоспоры 270
Ахроматиновое веретено 67
Ацетобулария 29
Азедрахма 58
Аэробные бактерии 277 | Б
Багряные водоросли 272
Багульник болотный 430
Бадан 13, 14, 47, 48
Базидиальные грибы 282,
283, 288
Базилик камфарный 441
Баклажан 245
Бактерии 39, 41, 61, 210,
256, 275, 456
— нитрифицирующие 177,
276
Бактериология 9
Бальзамы 53
Бамя 391
Бамбук 126, 134, 200
Бамбуковые 358
Банан 12, 87, 153, 200, 355
Банановые 355
Баобаб 128, 134
Баобабовые 390
Барбарис 49, 112, 133, 167,
168, 245, 249
— обыкновенный 369
Барбарисовые 368
Барвинок 203, 232
Бациллы 275
Бегония 34, 44, 50, 201
Безвременник 108, 138, 344,
345
Безлепестные 365
Белая акация 87, 112, 126,
153, 154, 168
Белая кушлянка 108
Белена 43, 48, 133, 232,
244, 249, 250, 435, 436
Белковые вещества 21, 39
Белладонна 44, 48, 435, 437
Белокрыльник 214
Белотал 416
Белоус 499
Белый гриб 291
Бензойная кислота 49
Бентос 274
Бербериды 368
Береза 80, 111, 119, 128,
131, 189, 215, 233, 243,
247, 248, 416
— бородавчатая 416, 418
— пушистая 417 |
|---|---|--|
| <p>Абрикос 52, 245, 379.
Абсолютная масса биосфе-
ры 9
Авокадо 368
Аврам лекарственный 439
Австралийская область 497
Автогамия 231
Автотрофное питание 177
Агавы 86, 120, 134, 230
Агар-агар 275
Агатис 337
Адонис 14, 47, 216, 372
Ажгон 402, 405
Аир 42, 128, 135, 251, 352
Аистник 390
Айва 51, 64, 245, 375, 379
Айлан 248
Акация 156, 172, 189, 381
Аклиматизация растений
485
Аконитум 369
Актиномикоз 299
Актиномицеты 299
Алейровые зерна 39, 41
Алкалоиды 48
Аллоплазма 55
Алоэ 14, 43, 86, 346
Алтей 14, 391, 392
Алыча 379
Альгинаты 275
Альканна 42
Альгология 9
Альпийская растительность
504
Аманитоксин 49
Амариллис 203
Амариллисовые 37, 202, 347
Амебонды 278
Амигдаллы 380
Амилонд 61
Амитоз 66
Анабела 273
Аналогичные органы 168
Ананас 49, 246
Анатомия растений 8, 19
Анатоноз 46
Анафаза 67
Анаэробные бактерии 277
Андреевые мхи 308</p> | | |

- Березовые 416
 Береста 81
 Бесполое размножение 199
 Бессмертник песчаный 452
 Бегулин 81
 Бешеный огурец 248, 447
 Биколлатеральный сосудисто-волокнистый пучок 96
 Биогенетический закон 461
 Биосфера 9
 Биотипы 255, 474
 Биологический фактор 475
 Бицзария 209
 Бледная поганка 291
 Бобовые 42, 49, 114, 124, 160, 231, 380
 Бобы 50, 128, 172, 244
 Боковые корни 103
 Болгоголов пятнистый 406
 Болота 503
 Болотный кипарис 110
 Бор 361
 Борец 370
 — джунгарский 370, 371
 Ботаника 3, 6
 Ботридий 269
 Боярышник 95, 134, 135, 168, 209, 379
 Брелогия 9
 Брожение 10, 49, 50, 180, 277
 Бромелиевые 109
 Брусника 49, 221, 245, 428, 429
 Брюква 11, 108
 Будак 450, 453
 Бузина 79, 443, 445
 Бук 50, 134, 189, 215, 246, 420, 421
 Буковые 416, 418
 Букоцветные 416
 Бурачниковые 42, 202, 223, 230, 245, 433, 434
 Бурые водоросли 211, 256, 271, 456
- В**
- Вакуоли 20, 44
 Валерьяна 14, 42, 98, 134, 135, 444, 446
 Валерьяновые 224, 444
 Валиснерия спиральная 23
 Ваниль 109
 Василек 251, 450, 453
 Вахта 108, 432
 Vegetativное размножение 199, 204, 205, 206
 Вельвичиевые 337, 338
 Венерина мухоловка 100, 169
 Венчик 214, 217
 Верба 416
 Верблюжья колючка 121, 248
 Вереск 428
 Вересковые 216, 428
 Верескоцветные 428
- Вероника лекарственная 439
 Вертициллиум 298
 Ветвление стебля 130
 Ветреница 214, 372
 Вех ядовитый 406
 Вибрионы 275
 Вид 254
 Вика 12, 156, 167, 250
 — сорная 249
 Вилт хлопчатника 298
 Винная кислота 49
 Виноград 12, 49, 50, 81, 91, 92, 111, 115, 134, 245, 399
 Виноградные 398
 Виноградный сахар 38
 Вирус 184
 Витамины 52
 Вишня 50, 52, 83, 112, 205, 223, 245, 379, 380
 Влажные тропические леса 493
 Водокрас 24, 29
 Водокрасовые 44
 Водоросли 45, 65, 88, 199, 210, 211, 256, 259, 456
 Водосбор 108
 Водяная чума 23, 251
 Водяной орех 110, 168
 Водяной перец 14, 425, 426
 Водяные папоротники 323
 Водяные устьица 76, 162
 Воздушные корни 109
 Волоски 77, 163
 Волчки 127, 229
 Вольвокс 236, 262
 Вольфовские 263
 Вороний глаз 346
 Ворсянковые 224
 Восходящий ток 86, 151
 Вошерия 266
 Вращательное движение протоплазмы 23
 Всаживающая ткань 85
 Вставочный рост 126
 Втягивающие корни 108
 Выводковые корзинки 307
 Выводковые почки 307
 Выделительные ткани 98
 Высшие растения 256, 303
 Вьюнок 112, 129, 155
 Вьюнковые 93
 Вяз 80, 128, 131, 243, 247, 248
 Вязовые 420
- Г**
- Гадючий лук 108
 Галега лекарственная 386, 387
 Галлы 172
 Галофиты 45
 Гаметагий 261
 Гаметофит 211
 Гаметы 66, 199
 Гаолян 361
 Галлонт 211
- Гастеромицеты 291
 Гашиш 423
 Гвоздика 12, 76, 131, 172, 216, 217, 413
 Гвоздичные 44, 172, 216, 230, 232, 240, 411
 Гевея 14, 53, 93
 — бразильская 397
 Гексозы 38
 Гелиотроп 433
 Гелиотропизм 190
 Гемиллюлоза 61
 Геммулы 466
 Генеративная клетка 221
 Генетика 6, 8
 Геоботаника 6
 География растений 9, 473
 Геологические ары 455
 Георгина 105, 201, 216, 450, 453
 Геотропизм 192, 193
 Гераниевые 216, 223, 232, 389
 Гераннецветные 388
 Герань 42, 111, 390
 Гетерогамия 260
 Гетерозис 253
 Гетеростилия 232
 Гетероталлизм 265
 Гетеротрофное питание 276
 Гетерофилия 158
 Гетеростиль 273
 Гиалоплазма 23
 Гиацинт 137, 138, 214
 Гибридизация 251
 Гигрофиты 120, 476
 Гидатоды 76, 162
 Гидрофиты 476
 Гимений 290
 Гименомицеты 290
 Гинецей 222
 Гинкговые 326, 329
 Гинофор 216
 Гишодерма 163, 167
 Гипокотиль 103
 Гифомицеты 298
 Гифы 73
 Главный корень 102
 Гладиолус 138, 203
 Глазки 126, 127, 135
 Гледичия 134, 168, 381
 Глеоспориум 299
 Гликоген 39, 273
 Глобониды 40
 Глобулы 93
 Глюкоза 37, 38, 46
 Глюкозиды 47
 Гнетовые 326, 337, 339
 Гниение 10, 277
 Годичный слой 143
 Голарктическая область 497
 Головка 228, 229
 Головневые 292
 Голосеменные 160, 256, 303, 325, 326
 Голубика 44, 133, 428, 430
 Гомологичные органы 169
 Гомоталлизм 265
 Гонидии 301

Горец 425, 426
 Горечавка 432
 Горечавковые 431
 Гормогонии 273
 Горох 12, 37, 50, 129, 133, 154, 156, 167, 168, 172, 182, 231, 383, 384
 Гортензия 374
 Горчак 450
 Горчица 12, 42, 53, 64, 226
 Граб 417
 Грамицидин 53
 Гранат 48
 Грецкий орех 91, 116, 245
 Гречиха 168, 187, 202, 232, 425
 — «живородящая» 135
 Гречишпоцветные 424
 Гречишные 44, 153, 168, 223, 224
 Грибы 4, 39, 88, 199, 211, 256, 279
 Груздь 291
 Груша 12, 84, 111, 134, 245, 246, 278, 379
 Грыжник 413, 414
 Губоцветные 128, 142, 221, 222, 223, 232, 245, 400
 Губчатая паренхима 164
 Губчатая ткань 86
 Гулявник 246
 Гумозис 64
 Гуттаперча 53, 93
 Гуттаперчевое дерево 14, 53
 Гуттация 119

Д

Дарвинизм 5
 Движение протоплазмы 22
 Двойное оплодотворение 237
 Двудомные растения 215, 233
 Двудольные 115, 145, 160, 172, 240, 365
 Двулетники 133
 Девонский период 456
 Деясил 47
 Дезоксирибонуклеиновая кислота 28
 Декоративные растения 13
 Деление клетки 66
 Дельфиниум 369
 Дендроморфизм 46
 Десмидиевые водоросли 268
 Дербенник 232
 Деревья 133
 Дерматоген 75
 Детки 137
 Джут 394
 Диаграмма цветка 227
 Диастаз 51, 99
 Диатомы 270
 Диатомовые водоросли 256, 270, 271
 Дикарнон 283
 Диплонт 211

Диплоидный набор хромосом 69, 211
 Диплококки 276
 Дисахариды 38
 Дихазий 230
 Дихогамия 232
 Дихотомическое ветвление 131
 Дожденик 292
 Домовый гриб 61, 291
 Донник лекарственный 384, 385
 Драцена 97, 134
 Древесина 87, 94
 Древесная паренхима 94
 Древесные волокна 82, 85
 Дрема 216
 Дрожжи 65, 181
 Дрок английский 134
 Дрок испанский 139
 Друзы 43
 Дуб 13, 43, 48, 82, 87, 111, 128, 134, 162, 215, 233, 243, 419
 — лузитанский 48
 — пробковый 80
 — черешчатый 419, 420
 Дубильные вещества 47
 Дубильные растения 13
 Дудник 153
 Дурман 14, 43, 48, 251, 435, 437
 Дурнишник 198
 Душистый колосок 258, 364
 Душица 441
 Дымянка 407, 409
 Дыня 47, 187, 245, 446
 Дыхание 10, 179
 Дыхательные корня 110
 Дятель 402, 403

Е

Евдория 262
 Ежевика 52, 112, 203, 205, 243, 375
 Елимус 363
 Ель 13, 128, 131, 134, 166, 189, 247, 331, 334
 Естественный отбор 467

Ж

Жасмин садовый 374
 Жгутковые 256
 Железистые волоски 99
 Железобактерии 177, 277, 455
 Желтая акация 248
 Желтушник 410, 411
 Женьшень 400, 401
 Жестер слабительный 398
 Жестколистные леса 480, 494
 Живца 334
 Живокость 251, 371
 Живородящие растения 202
 Жилостные 443
 Жилость 126, 228, 443

Жирные масла 41
 Жирянка 100, 171
 Журавельник 171

З

Заболонь 143
 Завиток 229
 Завязь 215, 222
 Залынные луга 503
 Запасающие ткани 85, 86
 Запасной крахмал 38
 Заразиха подсолнечниковая 246
 Зародышевый мешок 224
 Заросток 212
 Зацепки 129
 Звездчатка 412
 Зверобой 98, 133
 Зеленые водоросли 211, 256, 259, 456
 Зеленые мхи 308
 Земляная груша 134, 137, 201, 450
 Земляника 49, 111, 129, 172, 203, 204, 205, 216, 375, 376
 Зерновка 243
 Зигогамия 282
 Зигомитеты 284
 Зигота 66, 199, 261
 Зимзеленные леса 494
 Зимовник 216
 Зимовниковые 344
 Зимующие почки 126
 Злаки 42, 75, 99, 105, 107, 126, 128, 153, 156, 157, 162, 230, 240, 357
 Змеевик 426, 427
 Золототысячник 432
 Зона роста 106
 Зонтик 228, 229
 Зонтикоцветные 398
 Зонтичные 142, 153, 172, 224, 229, 240, 245, 401
 Зооспоры 65, 66, 199, 260
 Зубки 137
 Зубровка душистая 364
 Зубянка 138, 202

И

Ива 48, 112, 131, 154, 155, 157, 214, 233, 241, 247, 415, 416, 417
 Ивовые 413
 Ивоцветные 413
 Игольчатохвойные леса 495
 Извилины 230
 Изидии 302
 Изменячивость 464
 Изогамия 260
 Имбирные 240
 Ишир 246, 422
 Инициальная группа 75
 Интенсивность транспирации 177
 Интеркалярный рост 126
 Интермиез 26, 67

- Интерклеточное пространство 26
 Интермитоз 67
 Интерфаза 26
 Интродукция растений 485
 Инулин 39, 47
 Ирга 379
 Ирис 42, 98, 111, 136, 200
 Искусственный отбор 470
 Истод 47
 Исторический фактор 475
 Итальянское просо 361
- ### К
- Кактусы 76, 86, 120, 128, 139, 167
 Калина 443, 444
 Калиптроген 114
 Калиптрогенный слой 105
 Каллус 92
 Калужница болотная 111
 Камбий 75, 96, 115, 145, 148
 Камеди 64
 Каменные клетки 83
 Каменноугольный период 456, 457
 Кампеломка 373
 Камфарный лавр 14, 98, 368
 Камыш 356
 Канадский бальзам 53
 Канатник 13, 391
 Канифоль 336
 Канна 87
 Канновые 240
 Каперцовые 216
 Капиллярий 279, 292
 Капская область 497
 Капуста 11, 33, 410
 Капустная кила 279
 Карнокинез 66
 Карнолифа 24
 Карноплазма 24
 Карноплазматическое отношение 29
 Кариотип 69
 Каротин 34, 35
 Карпогон 272
 Карпоспоры 272
 Картофель 11, 37, 38, 61, 91, 131, 136, 137, 156, 201, 228, 435
 Касатик 75, 108, 136, 348, 349
 Кассия 14, 381, 382
 Касторовое масло 41, 42
 Каталаза 51
 Каулерпа 71, 267
 Каулифлория 493
 Каучук 53, 93
 Каштан 134, 155, 246, 420
 Кедр 131, 134, 166
 Кембрийский период 456
 Кенаф 13, 391
 Кензойская эра 458
 Кермек 249
 Кизильник 133, 379
 Кипарис 53, 134, 331, 335
 Кипрей 248
- Кислица 49, 175, 231, 241
 Кистевик 285
 Кисть 228
 Китайские примулы 431
 Кладифора 265
 Кладонии 140
 Класс 255
 Клевер 12, 52, 124, 134, 154, 156, 229
 — красный 384
 — луговой 235
 — ползучий 384
 — шведский 384
 Клейстокарпий 285
 Клен 34, 111, 119, 156, 157, 216, 247, 248
 Клетка 8, 19
 Клетка-спутница 87, 94
 Клеточная оболочка 55
 Клетчатка 38, 60, 64
 Клецвинна 12, 14, 39, 40, 134, 244, 396
 Климатический фактор 475
 Клоповник 249
 Клубнелуковицы 138
 Клубни 135, 201
 Клюква 49, 245, 428, 430
 Ковыль 358
 Кодеин 48, 93, 408
 Кожица 75
 Козелец 108
 Кокаин 48
 Кокаиновый куст 14
 Кокки 275
 Кокосовая пальма 12, 42, 245
 Кокосовый орех 355
 Кокушия 108
 Коллатеральные пучки 96
 Колленхима 82
 Колокольчик 111, 213
 — круглолистный 159, 160, 189
 Колос 228, 229
 Колонит 447
 Кольраби 135, 137
 Колосчики 134, 167
 Конидии 281
 Конопля 13, 64, 84, 128, 133, 156, 187, 214, 233, 422, 423
 Конский каштан 131, 156
 Концентрические сосудисто-волокнистые пучки 96
 Копайфера 53
 Копайский бальзам 53
 Копуляционное ядро 211
 Копытень 155, 223
 Кора 112
 Корень 102
 Корзинка 228, 229
 Корнандр 402, 403
 Коричник 367
 Коричное дерево 42
 Корка 75, 81, 116
 Корневая шейка 103, 117
 Корневище 135, 200
 Корневое давление 119
- Корневой чехлик 114
 Корневые волоски 85, 106
 Корневые клубни 109
 Корневые отростки 112
 Корнеплоды 116
 Корни-прицепки 109
 Коробочка 244
 Коровяк 438
 Костер 111, 233
 Костянка 245
 Кофейное дерево 14, 443, 444
 Крапива 23, 52, 53, 119, 155, 163, 214, 424
 — двудомная 246
 Крапивные 224, 420, 424
 Красавка 43, 134, 435
 Красные водоросли 256, 272, 456
 Крахмал 34, 37, 38, 173
 Крахмалоносное влагалище 140
 Крахмальные зерна 20
 Кресс-салат 106
 Крестовник 450, 453
 Крестоцветные 42, 160, 163, 223, 226, 229, 240, 244, 409
 Кровохлебка 53, 377
 Крокусы 138, 203
 Кроющий лист 126, 213
 Крушина 14, 134, 398
 Крыжовник 12, 49, 133, 229, 245, 373
 Крылатка 243
 Ксантофилл 34, 35
 Ксерофиты 120, 476
 Ксилема 87, 94, 114
 Кушвинка 50, 194
 Кузьминчева трава 337
 Куколь 172, 251, 413
 Кукуруза 11, 28, 42, 111, 187, 215, 229, 233, 360, 364
 Кукушкин лен 309
 Кумарин 364
 Купальница 42, 216, 221
 Купена 43, 136
 Курай 249
 Кустарники 133
 Кутикула 63, 76
 Кутип 63
 Кутровые 93
- ### Л
- Лаванда 440
 Лавр 42, 368
 Лавровишня лекарственная 380
 Лавровые 367
 Лавровые леса 480
 Ламинариевые 271, 272
 Ландыш 14, 43, 47, 97, 135, 156, 157, 200, 214, 221, 347, 348
 Лапчатка 135, 375, 376, 377
 — гусиная 203
 Ластовишневые 93

Латекс 93
 Латуки 92
 Лебеда 214, 246
 Левкой 226
 Лейкопласты 31
 Лен 12, 13, 39, 64, 84, 133, 223, 244, 389
 Лептоточные ареалы 491
 Лесная зона 499
 Летнезеленые леса 495
 Лешина 128, 215, 243, 418, 419
 Лианы 87, 130
 Либриформ 82, 85, 94
 Лигнин 62
 Лизигенные вместилища 98, 99
 Ликопин 35
 Лилейные 37, 49, 202, 216, 223, 226, 232, 240, 343
 Лилля 137, 138, 214, 228, 346
 Лимон 49, 51, 52, 63, 98, 168, 245, 397
 Лимонник 49
 — китайский 367
 Лимонная кислота 49
 Липа 84, 91, 92, 111, 128, 131, 134, 147, 189, 221, 393, 394
 Липаза 51
 Липоиды 21
 Липопротеиды 21
 Липучка 247
 Лисохвост 111
 Лист 152
 Листовенница 48, 98, 131, 134, 189, 331
 Листовка 244
 Листовой след 97
 Листовой цикл 133
 Листорасположение 132
 Листостебельные мхи 308
 Лихенология 9
 Лишайники 210, 256, 299, 300
 Лобелиевые 448
 Ложечная трава 411, 412
 Ложная ткань 73
 Ломонос 369
 Лотос 87
 Лох 163
 Луб 87, 94, 114
 Лубяные волокна 82, 84
 Лук 14, 27, 43, 53, 108, 111, 137, 138, 202, 346
 Луковица 137, 202
 Лучины 261, 268
 Львиный зев 440
 Львовые 389
 Льнянка обыкновенная 439
 Льнянка двулостная 351
 — зеленоцветная 351
 Люпин 40, 41, 156, 160
 Лютик 216, 217, 243, 371
 — водяной 158, 159
 — едкий 371, 372
 — ползучий 203
 Лютиковые 49, 226, 244, 369

Люфа 94
 Люцерн 134, 156, 241, 251
 Лягушатник 203

М

Магнолиевые 366
 Магнолия 98, 211, 366
 Майсовые 360
 Мак 48, 50, 93, 216, 223, 250, 407, 408
 Макроспорангий 212
 Майна 49, 51, 112, 133, 163, 172, 203, 205, 243, 375
 Мальва 58, 105, 390, 391, 393
 Мамонтовое дерево 336
 Мангровая растительность 109
 Мандарины 52, 245, 397
 Манильская пальма 356
 Манихот 93
 Маргаритка 449, 450, 453
 Маревые 224, 240
 Марена 135, 443
 Мареноцветные 442
 Маршанциевые 305
 Маслонок 291
 Маслина 42, 134, 163, 164
 Матерка 233
 Мать-и-мачеха 449, 451, 452
 Махорка 435
 Махровые цветы 216
 Маш 384
 Медвяная роса 287
 Медунца 50, 232, 433
 Междоузлие 125
 Межклетники 57, 100
 Межпучковый камбий 150
 Мезозойская эра 458
 Мезофилл 161, 164
 Мезофиты 125, 476
 Мейозис 69
 Меланкониевые 298
 Меловой период 458
 Меристема 73, 74
 Местообитание 475
 Метаболическая фаза 26
 Метафаза 67
 Метелка 229
 Метоплазма 55
 Механические ткани 82, 165
 Микология 9
 Микориза 111
 Микотрофное питание 112
 Микохитридиевые 283
 Микросомы 20, 23
 Микроэлементы 123
 Миксамеры 278
 Миксомидеты 256, 277
 Миксотрофное питание 258
 Миксохитридиевые 283
 Мимоза 54, 381
 Миндаль 83, 245, 379, 380
 Минерализация клеточной оболочки 62, 64
 Минеральные соли 51

Миртоцветные 373
 Митохондрия 36
 Мицелий 73, 280
 Млечники 92
 Млечный сок 92, 93
 Многоплодниковые 365
 Могар 361
 Модификация 475
 Можжевельник 134, 331, 335, 336
 Мозолистое тело 92
 Мокрица 251, 412
 Молочай 86, 92, 93, 112, 139, 234, 395
 Молочайные 93, 100, 395
 Моносахариды 38
 Моноспоры 272
 Морковь 51, 52, 104, 108, 116, 133, 172, 195, 229, 247, 402
 Морозник 370
 Морозка 375
 Морской лук 138, 346
 Морфин 48, 93, 408
 Морфология 102, 125
 Морфология растений 8
 Мотыльковые 172, 232, 240, 244, 381
 Моховые болота 495
 Моховые тундры 495
 Мохообразные 303, 304
 Мужской папоротник 320
 Мускарин 49
 Мухомовка 170
 Мухомор 49
 — красный 291
 Мучниросные 286
 Мушмула 209, 379
 Мхи 44, 88, 200, 212
 Мыловник 135
 Мышатник 385
 Мышей 250
 Мыльнянка 145, 146
 — лекарственная 413, 414
 Мята 42, 200, 441

Н

Наперстянка 47, 133, 221, 439
 Нарцисс 138, 202, 348
 Насекомоядные растения 99, 163, 169
 Наследственность 464, 466
 Настин 193
 Натурализация растений 485
 Недотрога 221, 231, 248
 Незабудка 50, 433
 Нектар 226
 Нектарины 100, 225
 Неотропическая область 497
 Неразбухающие семена 241
 Несовершенные грибы 210, 283, 298
 Нетленные млечники 92
 Низшие растения 15, 88, 256
 Никтинастические движения 193

- Ниссолия 168
 Нисходящий ток 86, 151
 Нитрификация 123
 Нитчатка 23
 Новозеландский леп 346
 Ноготки 450, 453
 Норичниковые 43, 221, 438
 Ночная красавица 194
 Нуклеоплазма 24
 Нуклеоплазматическое от-
 ношение 29
 Нуклеопротенды 21, 28
 Нут полевой 384
- О**
- Оболочка 20
 Обвойник 14
 Облепиха 12, 205
 Овес 11, 42, 111, 145, 196,
 231, 246, 360, 362
 Овсяг 242, 250, 362
 Огурец 128, 187, 242, 245,
 446
 Одиночные кристаллы 43
 Однодольные 115, 143, 160,
 172
 Однолетники 133
 Одревеснение клеточной
 оболочки 62
 Одуванчик 93, 105, 112,
 134, 193, 194, 221, 247,
 248, 449, 454
 Ожика 214
 Оидии 281
 Океаническая область 497
 Околоплодник 243
 Околоцветник 213
 Окопник лекарственный 433
 Оксалат кальция 43
 Олений мох 303
 Ольбидиум 283
 Оляха 112, 215, 247, 417,
 419
 Омела 131
 Оогамия 260
 Оогоний 261
 Оомицеты 284
 Оенок 291
 Опийный мак 14
 Описательная ботаника 7
 Оплодотворение 236
 Опробковение клеточной
 оболочки 62, 63
 Опыление 230, 231
 Органы аналогичные 168
 Органы гомологичные 169
 Орех 243
 Орех грецкий 134
 Орешник 111, 233, 419
 Орляк обыкновенный 83,
 323
 Орографический фактор 475
 Ортография 109, 132
 Орхидей 108, 109, 135, 137
 Орхидные 153, 217, 220, 350
 Осина 112, 233, 247, 415
 Ослизнение клеточной обо-
 лочки 62, 63
- Осмиевая кислота 42
 Осмос 55
 Осмотическое давление 45,
 55
 Осока 356
 Осот 247, 450, 458
 Осилятория 273
 Отбор 464, 467, 470
 Относительная транспира-
 ция 178
- П**
- Пазуха листа 125
 Пайдаз 361
 Палеоботаника 8
 Палеотропическая область
 497
 Палисадная паренхима 164
 Палисадная ткань 86
 Пальмеллеидное состояние
 261
 Пальмы 86, 354
 Пандорина 262, 263
 Папаверин 48, 93
 Папоротники 75, 97, 114,
 200, 212
 Папоротникообразные 303,
 311
 Паренхима 19, 72
 Партеогенез 239
 Партеогонидии 264
 Паслен 435
 Пасленовые 44, 48, 216,
 232, 240, 435
 Пастушья сумка 410, 411
 Педнаструм 264
 Пектиновые вещества 51, 62
 Пеларгония 390
 Пенциллин 15, 53
 Пенциллинум 14, 285
 Первичная кора 140
 Первоцвет 228, 229, 232, 431
 Пережати-поле 249
 Пероксидаза 51
 Переноспоровые 284
 Переступень 446, 447
 Перец 12, 42
 Перидерма 75, 77, 116
 Перидий 278, 295
 Перидиновые 258
 Перикамбий 113
 Перисперм 240
 Периспориевые 286
 Перитонии 285
 Перицикл 113, 141
 Пермский период 456, 457
 Персик 49, 52, 245, 379
 Пестик 212, 222
 Петров крест 39
 Петрушка 42, 108, 133,
 172, 404
 Печеночница обыкновенная
 372
 Печеночные мхи 305
 Пецида 288
 Пикниды 295
 Пикноспоры 295
 Пиккульник 253
- Пилокарпин 48
 Пион 216, 369
 Пироноиды 259
 Пиромицеты 287
 Пиронема 288
 Питательные ткани 85
 Пихта 98, 166, 189, 331
 Плазмодесмы 58, 60
 Плазмодий 21, 278
 Плазмодифора 279
 Плазмоллиз 46, 54
 Плакун 232
 Планктон 274
 Пластиды 20, 30
 Пластинка листа 152
 Пластинниковые 291
 Платан 82
 Плаун 58, 131, 312, 314
 Плач растений 119
 Пасел 249
 Плейохазий 230
 Плектасковые 285
 Плетки 128, 200, 203
 Плоды 243, 245
 Плодовое тело 278
 Плодовый сахар 38
 Плодолистик 223
 Плодущая чешуя 332
 Плющ 98, 109, 129, 400
 Пневая поросль 128
 Пневматофоры 110
 Побег 125
 Подберезник 242
 Подберезовик 291
 Подвид 255
 Подвой 206
 Подмаренник 129, 442
 Подорожник 64, 229, 251
 Подосиновик 291
 Подсемьяльное колено 103
 Подсолнечник 12, 39, 76,
 119, 133, 145, 187, 229,
 242, 243, 450
 Покоящаяся спора 211
 Покоящиеся ядра 26
 Покрытосемянные 213, 258,
 303, 325, 341
 Полиэмбриония 240
 Половое воспроизведение
 199
 Половые клетки 199
 Полузонтик 229
 Полуклетчатка 61
 Полукустарники 133
 Полушниковые 312
 Полынь 121, 133, 449, 450,
 451
 Померанцевые 397
 Померанец 209
 Помидор 33, 52
 Порей 138
 Порошистая парша 279
 Пores 59
 Порядок 255
 Поскоп 233
 Початок 229
 Почечные кольца 127
 Почечуйная трава 426
 Почкование 65

- Прививка 206
 Привой 206
 Придаточные корни 104
 Придаточные почки 126, 128
 Прикладная ботаника 9
 Прилистники 153
 Примула 134
 Присоски 129
 Прицветник 213
 Пробка 75, 77
 Пробковый дуб 80, 419
 Пробковый камбий 74, 77
 Проводящие ткани 86
 Прозенхима 72
 Прокамбиальные пучки 95
 Пролеска 37, 108, 141, 214
 Промеристема 73
 Пропускные клетки 113
 Просо 196, 197, 361
 Прострел 372
 Просянка 250
 Протеаза 51
 Протеиды 21
 Протераандрия 232
 Протерогиния 232
 Протисты 3
 Протококковые 261, 264
 Протонема 308
 Протоплазма 20, 55
 Протопласт 20
 Профаза 67
 Прыгунец 244
 Псевдоподии 257
 Псилитовые 312
 Псилофитовые 312, 456
 Пузырчатка 170, 171, 203, 221
 Пустынная растительность 496, 502
 Пустынный пятилопастный 442
 Пучковый камбий 142, 148
 Пушица 356
 Пшеница 11, 37, 38, 40, 111, 133, 145, 182, 183, 187, 196, 231, 242, 243, 246, 363, 364
 Пырей 135, 251, 363, 364
 Пятна Каспарии 113
- Растительное сообщество 486, 487
 Растительность 488
 Растительность зопазная 503
 — интразональная 503
 Раструб 153, 168
 Рафиды 43
 Рдест 164, 203
 Ревень 14, 43, 49, 200, 425, 426, 427
 Регенерация 200
 Редис 26, 116, 135
 Редька 108, 161, 245
 Рейграс французский 361
 Реликтовый вид 489
 Репа 11, 104, 105, 108
 Рейсний 247
 Реституция 200
 Ржавчина 298
 Ржавчиные 294
 Рибонуклеиновая кислота 28
 Ризоморфы 280
 Ризофоры 314
 Рис 11, 196, 231, 358, 362
 Роголист 164
 Рожь 11, 26, 38, 111, 133, 143, 187, 233, 242, 246, 360, 363
 Роза 42, 113, 172, 211, 375, 377
 Розовые 374, 375
 Розоцветные 49, 51, 163, 172, 222, 232, 240, 244, 373, 374
 Ромашка 251, 449, 450, 451, 452
 Роса 162
 Рост растений 182
 Рослянка 99, 169
 Рутин 99
 Рыжик 42, 249, 291
 — льняной 251
 Рыльце 222
 Рябина 33, 34, 49, 52, 156, 245, 378, 379
 Рябиновый 375
 Рябчик 137
 Ряска 164
- Селягинелла 315
 Семейство 255
 Семенные папоротники 312
 Семенные растения 325
 Семяздоли 160
 Семянка 243
 Семяпочка 212, 215, 222, 224
 Сенегал 47
 Сераделла 245
 Сердцевина 142
 Сердцевинные лучи 115, 142, 150
 Серожка 229
 Серпильные почки 126
 Сербобактерии 176, 277
 Силурский период 456
 Симподий 131
 Синеголовник 234
 Синне-зеленые водоросли 44, 256, 273, 456
 Синергиды 225
 Силхитрум 283
 Силы обыкновенный 435
 Сирень 80, 112, 131, 133
 Систематика растений 8, 254
 Ситовидные трубки 87, 90, 94
 Сифоновые 261, 266
 Скерда 454
 Скипидар 334
 Складчатая паренхима 167
 Склереохима 72, 82, 83
 Склеротиния 288
 Склорохи 280, 287
 Скополия 435
 Скрученные 431
 Скумпия 13, 48
 Слива 44, 51, 83, 111, 112, 126, 205, 223, 245, 379
 Слизики 256, 277
 Слоевиде 102
 Словесные растения 256
 Сложноцветные 160, 230, 240, 243, 448, 449
 Смена ядерных фаз 211
 Смешанные почки 127
 Смоковница 422
 Смолевка 216, 232
 Смола 53
 Смоляные ходы 98
 Смородина 52, 133, 223, 245, 373, 374
 Смородина 289
 Собственнозеленые водоросли 261
 Солодка 47, 385, 386
 Соломина 128, 143
 Солянка 49
 Сон-трава 372
 Сорго 196, 361
 Соредии 302
 Соплодие 246
 Сосна 166, 189, 247, 248, 331
 Сосудисто-волокнистые пучки 93
 Сосудистые растения 89
 Сосуды 59, 87, 94

Р

- Равножгутиковые 261
 Радикальные сосудисто-волокнистые пучки 97
 Развилка 230
 Раздельнолепестные 365
 Разновидность 255
 Разножгутиковые 256, 269
 Ракитник Адама 209
 — пурпуровый 209
 Раковые шейки 216, 426
 Рамы 13, 64, 424
 Рапс 42, 107
 Раствор Гельмгольца 121
 Раствор Кюппера 121
 Растения ксеногамные 233
 — многодомные 215
 — однодомные 215, 342

С

- Саговники 326
 Салат 52, 449
 — латук 450, 454
 Сальвиния 324
 Самоопыление 231
 Сапонины 47
 Сарцины 276
 Сафлор 450
 Сахарный тростник 12, 47, 200, 361
 Свекла 12, 34, 47, 51, 105, 108, 116, 133, 134, 195, 214
 Североамериканская текома 109
 Секвойя 128, 134, 337

Сосудая сила 118
 Соцветия 228
 Соя 160, 196, 384
 Спайнолепестные 365, 427
 Спайнопыльничковые 447
 Спаржа 37, 140, 200, 346
 Сперматогонии 295
 Спермации 272
 Спирейные 374
 Спирея 375
 Спиралли 275
 Спирогира 29, 32, 267
 Спирохеты 276
 Сплошные ареалы 490
 Спорангии 58
 Спорогоний 305
 Спорополленин 63
 Спорофит 69, 211
 Спорынья 49, 287
 Спорыш 426
 Спящие почки 126, 127
 Среда 475
 Средняя пластинка 56
 Стальник колючий 388
 Стапелии 86, 139
 Стафилококки 276
 Стебель 125, 128
 Стель 141
 Степи 495
 Степная зона 500
 Стеркулиевые 390, 394
 Столбик 222
 Столбовидные корни 109
 Столбчатая ткань 164
 Стрелолист 242
 Стрептококки 276
 Стрептомиции 15
 Стрихнии 48
 Струйчатое движение протоплазмы 23
 Стручковый перец 436
 Стручок 244
 Стручочек 244
 Суберия 63
 Суккуленты 120, 140
 Сумах 13, 48
 Сумахоцветные 397
 Сумки 66, 283
 Сумчатые грибы 66, 282, 283, 284
 Сушенца 450, 452, 453
 Сфагновые мхи 308, 310
 Сферофиза солощовая 388
 Схизогенные вместилища 98
 Спецлянки 261, 267
 Сыть 356

Т

Табак 49, 194, 196, 435
 Таксодиевые 331, 336
 Таллом 102, 304
 Ташетум 221
 Твердая головня пшеницы 293, 294
 Телетоспоры 296
 Телорез 203
 Телофаза 67
 Теобромия 14

У

Углеводы 37, 38, 46
 Угол расхождения 133
 Укороченные побеги 134
 Укроп 229, 403
 Улотрикс 264, 265
 Уредоспоры 296
 Усики 129, 135, 167
 Устье 76, 101, 161, 162
 Усы 128, 200, 203
 Ушки 153

Ф

Фиалка трехцветная 168
 Физиология растений 6, 8
 Фикомицеты 30, 282, 283, 284
 Фикоциан 272, 273
 Фикозитрин 273
 Фигус 109, 421, 422
 Филлодий 168
 Филлокладия 140
 Фиянки 355
 Фитин 40
 Фитобейтос 259
 Фитогормоны 51
 Фитонциды 53
 Фитопланктон 259
 Фитофтора 284
 Фитоценоз 486
 Фитоценологические подразделения 493
 Фразделения 493
 Фитоценология 473, 485
 Флора 488
 Флористические подразделения 493, 496
 Флороглюцин 63
 Флоэма 87, 94
 Формула цветка 227
 Фотонастия 193
 Фотопериодическая адаптация 196
 Фотосинтез 9, 37, 86, 172, 173
 Фототаксис 191, 257, 278
 Фототропизм 190
 Фруктоза 37, 38, 47
 Фузарium 298
 Фукоксантин 271
 Фукусия 119, 216
 Фулиго 279
 Фуркрыя 134

Х

Харовые 261, 268
 Хвойниковые 328
 Хвойные 326, 330
 Хвощевые 312, 317
 Хвощ полевой 317, 318
 Хвоя 166
 Хемосинтез 178, 176, 276
 Химеры 207
 Хинин 48
 Хинное дерево 48, 443
 Хламидомонада 261, 262
 Хламидоспоры 281
 Хлебная ржавчина 294
 Хлебное дерево 421, 422
 Хлебные злаки 11
 Хлопчатник 390, 391
 Хлорококк 264
 Хлоропласты 31, 32
 Хлорофилл 32, 34, 173
 Хмель 129, 422, 423
 Ходульные корни 109
 Хондриосомы 20, 31, 36
 Хохлатка 407

Хрен 53, 112
Хризантема 198, 450
Хризомонадовые 258
Хрозофора язычная 397
Хроматиды 67
Хроматин 24, 25
Хроматофоры 30, 259
Хромопласты 31, 34
Хромосомы 67
Хроококк 273
Хурма японская 48

Ц

Цветки клеистогамные 231
— обоеполые 215
— однополые 215
Цветок 212
Цветоложе 213
Цветовая стрелка 131
Цедра 209
Цезальпиниевые 244, 381
Целлюлоза 64
Центральный цилиндр 141
Центросомы 411
Цикламен 135, 201, 431
Цикорий 449, 450, 454
Цинни 453
Цистокарпий 272
«Цитварное семя» 451
Цитология 8
Цитоплазма 20
Цинн 452

Ч

Чабрец 442
Чайный куст 14
Частуха 242
Чашечка 214, 217
Чемерица 135, 344
Черёда 159, 247, 452
Чередование поколений 211
Черемуха 155, 205, 379, 380
Черешня 379, 380
Черника 428, 429, 430
Чернокорень лекарственный 433, 434

Чертополох 248, 450
Чеснок 137, 138, 202, 346
Чесночник лекарственный 411, 412
Четвертичный период 458, 459
Чечевича 250, 384
Чечевички 81, 101
Чилибуха 14, 48
Чина 154, 167, 168, 384
Чистотел 93, 407, 408
Чистяк 105, 369
Чозения 415
Чумиза 361
Чухра 48

Ш

Шалфей 234, 441
Шампиньон 291
Шафран 108, 137, 194, 221, 348
Шелковица 246, 421
Шилициевые 312, 316
Шильник озерный 316
Шиповник 33, 50, 52, 133, 134, 377, 378
Шипы 163
Шоколадное дерево 14, 42, 394
Шпатель 138
Шинат 52
Шток-роза 393

Щ

Щавелевая кислота 44, 49
Щавель 155, 168, 247, 425, 427
Щирица 246, 251

Э

Эвглена 258
Эвкалипт 42, 48, 128
Эволюция 460, 461
Эгилопс 363

Эдафический фактор 475, 481
Экзодермис 113
Экзоосмос 55
Экология 473
Экотип 475
Элодея 251
— канадская 23, 26
Эмбриология 8, 461
Эндемизм 489
Эндемичные виды 489
Эндодерма 113, 140
Эндосмос 55
Эндосперм 182
Эпидермис 51
Эпитема 251
Энтомофилия 233, 234
Эпидермис 75
Эпитема 76, 163
Эпифиты 109
Эспарцет 12, 156
Этиологованные растения 188
Эфедровые 337, 338
Эфирные масла 41, 42
Эцидии 295

Ю

Юнгерманиевые 305, 308
Юрский период 458

Я

Яблоневые 374, 378
Яблочная кислота 49
Ягода 245
Ядро 20, 24, 143
Ясень 214, 243, 247, 248
Ясменник пахучий 164, 442, 443
Ястребинка 203, 454
Ятрышник 43, 108
— мужской 351
— пятнистый 351
— широколистный 351
— шлемовидный 351
Ячмень 363, 364

2. ЛАТИНСКИЕ НАЗВАНИЯ РАСТЕНИЙ

A

- Abies* 189, 331
 — *balsamea* 53
 — *gracilis* 489
 — *nordmanniana* 500
Abutilon avicennae 391
Acacia 381
 — *Senegal* 115
Acer glabrum 499
 — *manchuricum* 490
 — *platanoides* 501
 — *tomentosum* 499
Acetabularia 29, 265
 — *mediterranea* 29
 — *wittsteinii* 29
Achillea millefolium 452
Aconitum 370
 — *soongoricum* 370, 371
Acorus calamus 251, 352
Acroptilon 450
Actinomycetales 299
Adonis vernalis 47, 228, 373
Aegilops 363
Agapanthus umbellatus 162
Agariaceae 291
Agathis 337
Agave 134
Agropyrum repens 251, 363, 486
Agrostemma 413
 — *githago* 251, 413
Alchemilla 239
Aleurites 396
 — *cordata* 397
 — *fordii* 42, 397
Algae 256, 259
Alhagi camelorum 121, 249, 479
Alisma aquatica 242
 — *plantago* 242
Alliaria officinalis 411, 412
Allium 28, 477
 — *cepa* 27, 43, 346
 — *fistulosum* 346, 492
 — *odorum* 239
 — *sativum* 43, 346
Alnus 417, 419
 — *incana* 417, 500
Althaea officinalis 392

- Althaea rosea* 393
Amanita muscaria 291
 — *phalloides* 291
Amaranthus albus 251
 — *retroflexus* 246
Amaryllidaceae 347
Amaryllis 203
Amelanchier 379
Amygdalus communis 380
Andreaea 308
Andromeda polifolia 477
Andropogoneae 360
Anemone 214
 — *hepatica* 372
 — *pratensis* 372
Anemoneae 369
Anethum graveolens 403
Angelica silvestris 153
Angiospermae 212, 256, 303
Antennaria alpina 239
Anthemis 451
Anthocerotales 305, 308
Anthoxanthum odoratum 358, 364
Antiaris 421
 — *toxicaria* 422
Antirrhinum majus 438
Anabasis aphylla 502
 — *salsa* 502
Apetalae 365
Arabis albida 208
Arachis nypogaea 384
Arafiaceae 400
Araucaria 337
Araucariaceae 331, 337
Archangelica officinalis 402, 403
Archimycetes 283
Arctostaphylos uva-ursi 428, 429
Arctous alpina 499
Armillaria mellea 291
Arnica montana 448, 452
Artemisia 450
 — *absinthium* 451
 — *cina* 450, 451
 — *nitida* 240
Artocarpus 421, 422, 494
Asarum 155, 231
 — *europaeum* 478

- Ascomycetes* 283, 284
Asparagoideae 346
Asparagus 140, 346
 — *officinalis* 346, 347
Asperula odorata 164, 443
Aspidium filix mas 320
Atropa belladonna 44, 48, 435, 437
Avena fatua 242, 250, 362
 — *sativa* 362
Avenae 362
Azotobacter 301

B

- Bacillus* 275
Bacteria 256, 275
Bacterium 275
Basidiomycetes 283, 289
Bellis perennis 453
Berberidaceae 368
Berberis vulgaris 369
Bergenia crassifolia 48
Beta vulgaris 47
Betula 189, 498
Ermani 499
 — *japonica* 499
 — *pubescens* 417
 — *verrucosa* 416
Betulaceae 416
Bidens 449, 486
 — *Beckii* 158, 159
 — *tripartita* 452
Bizzaria orange 209
Boletus 73, 290
 — *edulis* 291
 — *rufus* 291
 — *scaber* 291
Bombacaceae 390
Bouvardia 208
Botrydium 269, 270
Brassica 410
 — *chinensis* 492
 — *oleracea acephala* 33
 — *pekinensis* 492
Bromus erectus 501
 — *inermis* 233, 486
Bryales 308
Bryonia 446
 — *alba* 447

Bryopsida 256
 Bryophyta 303, 304
 Burmanniaceae 238
 Burmannia coelestis 239

C

Cabomba aquatica 159
 Caesalpiniaceae 381
 Calamus rotang 128
 Calendula officinalis 453
 Calla palustris 214
 Callistephus chinensis 453
 Calluna vulgaris 428
 Caltha 108, 214, 216
 — palustris 111
 Camelina 410
 — glabrata 251
 — linicola 249, 251
 Campanulaceae 448
 Campanula rotundifolia 159, 160
 Canna 87
 Cannabinaceae 420
 Cannabis 422
 — sativa 233, 422, 423
 Caprifoliaceae 443
 Capsella 410
 Capsella bursa pastoris 410, 411
 Capsicum annuum 436
 Caragana arborescens 248
 Carex 356
 Carpinus 417
 — betulus 417
 — cordata 499
 Carum carvi 403
 Caryophyllaceae 411
 Cassia 381
 — acutifolia 381
 — angustifolia 381, 382
 — bicapsularis 242
 Castanea sativa 134
 — vesca 420
 — vulgaris 420
 Caulerpa 71, 266, 267
 Caytoniales 458
 Cedrus Libani 134
 Centaurea 453
 — cyanus 251, 453
 Centaureum umbellatum 432
 Centrospermae 411
 Cerasus avium 380
 — vulgaris 380
 Cetraria 499
 — islandica 499
 Charales 261
 Chelidonium 93, 407
 — majus 408
 Chlamydomonas 261, 262
 Chlorococcus 264, 273
 Chlorophyceae 256, 259
 Chondrilla 454
 Choripetalae 365
 Chosenia 415
 Chrozophora gracilis 397
 Chrysomonadineae 258
 Cicer arietinum 384

Cichorium intybus 454
 Cicuta virosa 406
 Cinchona 48, 443
 — calisaja 443
 — ledgeriana 443
 — succirubra 443
 Cinnamomum 367
 — camphora 368, 494
 — cassia 367
 — zeylanicum 367
 Cirsium 449
 — arvense 453
 — incanum 453
 Cissus 186
 Citrullus 446
 — colocynthis 447
 — colocynthoides 446
 — edulis 446
 Citrus 209, 397
 — media 209
 — trifoliata 207
 Cladonia 303, 499
 Cladonia alpestris 303
 — mitis 303
 — rangiferina 303, 499
 Cladophora 265
 Claviceps purpurea 287, 288
 Clematis 369
 Clivia 348
 Cochleria 410
 — arctica 412, 478
 Coffea 443
 — arabica 14, 443, 444
 — liberica 14, 443
 — stenophylla 443
 Colchicum 108, 344, 345, 477, 484
 — autumnale 345
 — laetum 345
 — speciosum 345
 Compositae 448
 Conium maculatum 406
 Conjugatae 261, 267
 Contortae 431
 Convallaria majalis 43, 47, 235, 347, 348
 Copalifer 52
 Corchorus 394
 — capsularis 394
 Cordyline 490
 Coriandrum sativum 403
 Cormophyta 256, 303
 Cornaceae 400
 Coronaria flos cuculi 413
 Corydalis 407
 Corvulus avellana 233, 243, 419, 501
 Corypha umbraculifera 230
 Cotoneaster 379
 Crataegomespilus 209
 — asniensis 209
 Crataegus 379
 — germanica 209
 Crepis 454
 Crinum 348
 Crocus 108, 203, 221, 318, 477, 484
 — sativus 348, 349
 Cruciferae 409

Cucumis 446
 — melo 446
 — sativus 446
 Cucurbita 91, 446
 — maxima 447
 — pepo 83, 447
 Cucurbitaceae 445
 Cucurbitales 445
 Cupressaceae 335
 Cupressus 331, 335
 — fastigiata 134
 — sempervirens 335
 Cyanophyceae 256, 273
 Cycas 327
 Cynara cardunculus 251
 Cydonia 378
 — vulgaris 379
 Cynoglossum officinale 433, 434
 Cyperaceae 356
 Cyperus 356
 — esculentus 356
 — papyrus 356
 Cytisus adami 209
 — laburnum 209
 — purpureus 209

D

Dahlia coccinea 453
 — variabilis 453
 Datura 239, 435
 — stramonium 43, 251, 436, 437, 489
 Daucus carota 402
 Delphinium 371
 — consolida 251, 371
 Dentaria bulbifera 138, 202
 Descurainia sophia 246
 Dianthus 76, 413
 — barbatus 252
 — caryophyllus 252
 — versicolor 413
 Digitalis 47
 — ambigua 439
 — ferruginea 439
 — grandiflora 439
 — lanata 439
 — purpurea 439
 Dionea 100
 — muscipula 170
 Diospyros 494
 Diplococcus 276
 Draba verna 128
 Drosera 99
 — rotundifolia 169
 Dryopteris filix mas 320, 321
 — sudetica 491
 Dycotyledoneae 342, 365
 Discomycetales 288

E

Echallium elaterium 447
 Echium vulgare 435
 Eichornia crassipes 168
 Elaeagnus 163
 Elodea canadensis 23, 32, 251

- Empetrum 499
 Ephedra 139, 338
 — distachya 337
 — vulgaris 337
 Ephedraceae 337
 Equisetaceae 317
 Equisetinae 312, 317
 Equisetum 74
 — arvense 318, 319
 Ericaceae 428
 Ericales 428
 Eriophorum 356
 Erodium 390
 Erysimum canescens 410
 — cheiranthoides 410, 478
 Erysiphe graminis 286
 Erythraea centaureum 432
 Erythroxylon coca 48
 Eucalyptus amygdalina 128
 Euphorbiaceae 261
 Eudorina 262
 Euglenineae 258
 Euphorbia 395
 Euphorbiaceae 100, 395
 Euphorbiales 394
 Evonymus verrucosa 501
- F**
- Fagaceae 418
 Fagales 416
 Fagopyrum esculentum 425
 — sagittatum 425
 Fagus 189, 420
 — orientalis 420
 — silvatica 134, 420
 Ferula assa foetida 404
 Festuca alpina 499
 — duriuscula 490
 — sulcata 487, 490, 501
 — vallesiaca 501
 Ficaria 369
 Ficus 421
 — benghalensis 109
 — carica 422
 — radicans 109
 — stipulata 109
 Filicinae 312, 320
 Filipendula 501
 Flagellatae 258
 Foeniculum vulgare 404, 405
 Fourcroya 134
 Fragaria 203, 375, 376
 — elatior 216
 Frangula alnus 398
 Fraxinus excelsior 501
 Fritillaria 346
 Frumentaceae 363
 Fuligo 279
 Fumaria 407
 — officinalis 409
 Funaria hygrometrica 33
 Fungi 256, 279
 — imperfecti 283, 298
 Fusarium 298, 299
- G**
- Galanthus 484
 Galega officinalis 386, 387
 Galeobdolon luteum 478, 484
 Galeopsis pubescens 253
 — speciosa 253
 — tetrahit 253
 Gasteromycetales 291
 Genista anglica 135
 Gentiana 432, 491,
 — lutea 432
 Gentianaceae 431
 Geraniaceae 389
 Geraniaflorae 388
 Geranium 111, 390
 — palustre 390
 — pratense 390
 — silvaticum 390
 Ginkgo biloba 157, 329, 330, 458
 Ginkgoineae 329
 Gladiolus 203, 348
 Glechoma hederacea 208
 Glycine hispida 384
 Glycyrrhiza glabra 47, 385, 386
 — uralensis 385
 Gnaphalium uliginosum 452, 453
 Gnetaceae 337, 339
 Gnetum 339
 Gossypium 391
 — arboreum 492
 — barbadense 391
 — herbaceum 391
 — hirsutum 391, 493
 — peruvianum 391
 Gramineae 357
 Gymnospermae 303, 304
 Gynoeciatae 212
- H**
- Hedera 400
 Helianthus annuus 145, 229, 448, 449, 450
 — turerosus 450
 Helichrysum arenarium 452
 Helleboreae 369
 Helleborus niger 370
 Hepaticae 305
 Hepatica nobilis 372
 Herniaria 413
 — glabra 413
 — oborata 413
 Heterocontae 256
 Hevea 93, 395
 — brasiliensis 53, 397, 493
 Hibiscus cannabinus 391
 — esculentus 391
 Hieracium 452
 — flagellare 239, 240
 — pilosella 203
 Hierochloa odorata 364, 486
 Hordeum 363, 364
 — sativum 364
 Humulus 422
 — lupulus 423
- I**
- Hyacinthus 346
 Hydrocharis morsus-ranae 29
 Hydropteridinae 323
 Hymenomycetales 290
 Hyoscyamus 435
 — agrestis 249
 — niger 43, 435, 436
- J**
- Impatiens noli-tangere 231, 248
 Iridaceae 348
 Iris 348
 — florentina 349
 — germanica 349
 — pallida 349
 Isocontae 260, 261
 Isoetes 316
 — lacustris 317
 Isoetinae 312, 316
- K**
- Juglans 91
 — regia 134
 Jungermaniales 305, 308
 Juniperus 331, 336
 Juniperus communis 134, 336
 — sabina 336
- L**
- Labiatae 440
 Lachenalia luteola 202
 Lactarius piperatus 291
 Lactuca sativa 454
 Larix 189, 331
 — europaea 134
 Lathyrus 168
 — aphaca 154, 168
 — missolia 168
 — sativus 384
 Lauraceae 367
 Laurocerasus officinalis 380
 Laurus 368
 — canariensis 494
 — nobilis 368, 494
 Lavandula vera 440
 Ledum palustre 430
 Leguminosae 380
 Lens esculenta 384
 Leonurus quinquelobatus 442
 Lepidium ruderales 249
 Letharia vulpina 303
 Leucanthemum 451
 Lichenes 256
 Liliaceae 349
 Liliiflorae 343
 Lilium 346

Lilium auratum 346
 — *bulbiferum* 202
 — *candidum* 202, 346
 — *sulfureum* 202
 — *tigrinum* 202, 346
Linaceae 389
Linaria cymbalaria 191
 — *vulgaris* 439
Linum 389
 — *usitatissimum* 389
Liriodendron tulipifera 366
Lobeliaceae 448
Lolium linicola 249
Lonicera 443
Lupinus varius 41
Luzula 214
Lychnis 216
Lycoperdon 292
Lycopodinae 312
Lycopodiales 313
Lycopodium 313
 — *clavatum* 313, 314
Lythrum salicaria 232, 242

M

Magnolia 366
 — *grandiflora* 366
Magnoliaceae 366
Malus 378
 — *baccata* 134
 — *domestica* 378
Malvaceae 390
Malvales 390
Malva rotundifolia 393
 — *silvestris* 393
Manihot 93
Marchantiales 305
Marchantia polymorpha 305, 306, 308
Matricaria 448, 451
 — *chamomilla* 451
 — *matricarioides* 451
 — *suaveolens* 251, 451
Matthiola 410
Maydeae 360
Medicago 241
 — *denticulata* 251
Melampsora Lina 298
Melandrium 216
Melanthoideae 344
Melilotus officinalis 384, 385
Mentha piperita 441
Menyanthes trifoliata 432
Merulius lacrimans 61, 291
Mesembryanthemum cardiofolium 208
Mespilus 379
 — *germanica* 209
Micrococcus 275
Microsphaera alphitoides 286
Mimosaceae 381
Mimosa pudica 54, 381
Mirabilis jalapa 194
Monocotyledoneae 342
Monstera deliciosa 109
Moraceae 420
Morchella 519
Morus 421

Morus alba 421
 — *nigra* 421
Musa 87, 355, 356
 — *textilis* 356, 492
Musaceae 355
Muscari 108
Musci 305, 308
Myosotis 50
Myrtales 373
Myxomycetes 256
Myxophyta 277

N

Narcissus 203, 348
 — *poeticus* 348
Nardus stricta 499
Nelumbium nuciferum 87
Nepenthes 100, 171
Nicotiana 239, 435
 — *rustica* 435
 — *tabacum* 44, 435
Nitella 23

O

Ocimum menthaefolium 441
Oenothera biennis 251
Olea europaea 134, 163
Olipidium 283
 — *brassicae* 283
Omonis spinosa 388
Orchibaceae 350
Orchis latifolia 351
 — *maculata* 43, 351
 — *militaris* 351
Ornithogalum 346
Oryganum vulgare 441
Oryza 358
 — *sativa* 362
Oryzae 362
Oscillatoria 273
Oxycoccus palustris 430
 — *quadripetalus* 477
Oxalis 241

P

Padus racemosa 380
Paeonia 369
Paeonieae 369
Palaquium gutta 53
Palmaceae 353
Panax ginseng 400, 401
Pandorina 262
Panicum germanicum 361
 — *italicum* 361
 — *miliaceum* 361
Papaveraceae 407
Papaver 407
 — *alpinum* 408
 — *orientale* 408
 — *rhoeas* 408
 — *somniferum* 48, 93, 407
Papilionaceae 381
Paris quadrifolia 346
Pelargonium 208, 390
 — *zonale* 208
Penicillium 281, 285

Peridineae 258
Persea 368
 — *drymifolia* 368
Perisporiales 286
Petasites 486
 — *spurius* 491
Petroselinum sativum 404
Peziza 66, 288
Phaeophyceae 256
Phormium tenax 346, 490
Phragmidium rubi 298
Phycomycetes 283, 284
Phylloglossum 313
 — *brumondi* 313
Phytolophas macrocarpa 86
Phytophthora 284
Picea 189, 331
 — *ajanensis* 499
 — *exelsa* 134, 334
 — *orientalis* 500
Pilocarpus 48
Pimpinella anisum 402
Pinguicula 100
 — *vulgaris* 171
Pinus 189, 331
 — *sibirica* 134, 334
 — *silvestris* 331, 134
Piper nigrum 492
Pirus 378
 — *communis* 134, 379
Pisum 168
 — *sativum* 383, 384, 450
Plantago 229
 — *major* 251
Plasmodiophora brassicae 279
Platanthera bifolia 351
 — *chloranta* 351
Plectascales 285
Poa abbreviata 499
 — *alpigena* 499
 — *bulbosa* 202
Polyanthes 203
Polycarpicae 365, 366
Polygala senega 47
 — *tenuifolia* 47
Polygonaceae 424
Polygonales 424
Polygonatum 43
Polygonum 425
 — *aviculare* 426
 — *historta* 216, 426, 427
 — *hydropiper* 425, 426
 — *persicaria* 426
 — *viviparum* 135, 202
Polytrichum commune 309
 — *juniperinum* 309
Pomoideae 375
Populus 415
 — *alba* 134, 415
 — *nigra* 415
 — *tremula* 415
Potentilla 375, 376
 — *anserina* 203
 — *erecta* 376, 377
Primula 228, 232, 431
 — *obconica* 431
 — *officinalis* 229, 431

Primula chinensis 78, 431
 — *veris* 431
 Primulaceae 431
 Primulales 430
 Protococcales 261, 264
 Protozoa 61
 Prunoideae 374, 379
Prunus armeniaca 379
 — *divaricata* 379
 — *domestica* 379
 — *persica* 379
 — *simonii* 492
 — *spinosa* 379
Psalliotia campestris 291
 Psilophytinae 312
 Psilotinae 312
Pteridium aquilinum 323
Pteridophyta 303, 304
 Pteropsida 256
Pteridospermae 312
Puccinia coronifera 298
 — *glumarum* 298
 — *graminis* 294, 295, 296
 — *helianthi* 298
Pulmonaria 232
 — *officinalis* 50
Pulsatilla 372
 — *pratensis* 372
 Pyrenomycetales 287
Pyrethrum 451
 — *carneum* 451
 — *cinerariaefolium* 451

Q

Quercus 419
 — *pedunculata* 87, 134
 — *robur* 419, 420, 501
 — *suber* 80, 419

R

Ranunculaceae 369
Ranunculus 371
 — *acer* 371
 — *aquaticus* 158, 159
 — *orthoceras* 128
 — *repens* 95, 203
 — *sativus* 161
 Rhamnaceae 398
 Rhamnales 398
Rhamnus cathartica 398, 501
Rheum 426
 — *palmatum* 43
 — *rhaponticum* 427
 — *tanguticum* 427
 Rhodophyceae 256, 272
 Rhoeadales 407
Ribes 373
 — *grossularia* 373
 — *nigrum* 373, 374
 — *rubrum* 373
Ricinus 395, 396
 — *communis* 40, 395.
Rosa 375
 — *acicularis* 378
 — *Beggeriana* 378
 — *canina* 134

Rosa centifolia 378
 — *cinnamomea* 378
 — *damascena* 378
 — *davurica* 52, 378
 — *devoniensis* 209
 — *gallica* 378
 Rosaceae 374
 Rosales 373
Robinia 189
 — *pseudoacacia* 87, 153
 Rosoideae 374
 Rubiaceae 442
 Rubiales 442
Rubia tinctorum 443
Rubus 375
 — *caesius* 375
 — *idaeus* 375
Ruscus aculeatus 140
 Rutaceae 397
Ruta graveolens 99

S

Saccharum officinarum 47, 361
Sagittaria sagittifolia 242
 Salicaceae 413
 Salicales 413
Salix 415, 498
 — *alba* 417
 — *fragilis* 416
 — *triandra* 486
 — *viminialis* 416
Salsola kali 249
Salvia 501
 — *officinalis* 441
Salvinia natans 324
Sambucus 443
 — *nigra* 79, 443, 445
 — *racemosa* 443
Sanguisorba officinalis 377
Saponaria officinalis 145, 413, 414
Sarcinia 276
Sarracenia 100
Saxifraga 373, 491
 — *hirculus* 373
 Saxifragaceae 373
Schizandra chinensis 367
Scilla 108, 214
 — *maritima* 346
Scirpus 356
Sclerotinia cinerea 289
 — *fructigena* 289
Scopolia 435
Scorzonera hispanica 108
 — *tau-saghyz* 489
 Scrophulariaceae 438
Secale 363
 — *cereale* 143, 363
Sedum acre 162
Selaginella 315, 316, 314
 Selaginellales 313, 314
Sempervivum 499
 — *tectorum* 162
Senecio 450, 453
 — *platyphyllus* 453
 — *vulgaris* 489
Sequoia 336

Sequoia gigantea 128, 134, 336, 489
 — *sempervirens* 336, 494
Setaria 250
Silene densiflora 490
 — *parviflora* 490
Siphonales 266
Smilax 168
 Solanaceae 435
Solanum 91, 435
 — *lycopersicum* 209, 435
 — *nigrum* 209
 — *tuberosum* 228, 435
Sonchus 454
 — *oleraceus* 489
Sorbaria 375
Sorbus 378, 379
 — *aucuparia* 501
Sorghum 361
Sorghum saccharatum 361
 — *vulgare* 361
Spartium jaceum 139
Spergula 412
 — *linicola* 249
 — *maxima* 249
 Spermatophyta 325
Sphaerotheca mors uvae 286, 287
 — *pannosa* 286
 Sphagnaceae 310
 Sphagnales 308, 310
 Sphagnum 310, 311
Sphaerophysa salsula 388
 Spiraeoideae 374
Spirillus 275
Spirochaete 276
Spirogyra 267
Spongopora subterranea 279
Staphylococcus 276
Statice 249
Stellaria 412
 — *media* 251, 412, 478, 489
Stentor 28
 Sterculiaceae 390, 394
Stipa 501
Streptococcus 276
Strychnos nux vomica 48
Sympetalae 365, 427
Symphytum officinale 433
 Synanthérales 447
Synchytrium 283
 — *endobioticum* 283

T

Tallophyta 256
Taraxacum 454
 — *officinale* 454
 — *vulgare* 454, 489
 Taxaceae 331
 Taxodiaceae 331
Taxodium distichum 110
Taxus 189, 331, 494
Taxus baccata 134, 334, 335
Tecoma radicans 109
Thea chinensis 14
Theobroma cacao 14, 395, 478

- Thermopsis lanceolata* 385,
 387
Thuja heterophylla 494
 — *occidentalis* 494
Thymus Marschalianus 490
 — *odoratissimus* 490
 — *serpyllum* 442
Tilia 91, 189, 393, 394
 — *cordata* 92, 147, 393
 — *grandifolia* 134
 — *parvifolia* 501
Tiliaceae 390, 393
Trachyspermum copticum
 ammi 405
Tradescantia virginica 23, 27
Trapa natans 168
Trichoderma 299
Trifolium 229, 384
 — *hybridum* 384
 — *pratense* 235, 384
 — *repens* 384
Triticum 363
 — *spelta* 208
 — *turgidum* 493
 — *vulgare* 209
Trollius 216
Tubiflorae 433
Tulipa 203, 346
Tumboa bainesii 338
Tussilago farfara 451, 452
- U
- Ulmaceae* 420
Ulmus 501
- Ulotrichales* 261, 265
Ulotrix 265
Umbelliferae 400, 401
Umbelliflorae 400
Uncinula spiralis 286
Uredinales 294
Urginea maritima 346
Urticaceae 420, 424
Urtica dioica 424, 489
 — *urens* 155, 424, 489
Urticales 420
Ustilaginales 292
Ustilago tritici 293, 294
Utricularia 170, 171
- V
- Vaccinium myrtillus* 429,
 430
 — *uliginosum* 430, 477, 499
 — *vivtis idaea* 428, 429,
 477, 499
Valerianaceae 444
Valeriana officinalis 444,
 446
Vallisneria spiralis 23
Vaucheria 266
Veratrum 344
 — *lobelianum* 344
Verbascum phlomoides 438
 — *thapsiforme* 438
 — *thapsus* 78, 438
Veronica officinalis 439
Verticillium 298
Viburnum 443, 444
- Viburnum opulus* 444
Vicia sativa 190, 249
Vinca 203
 — *major* 232
Viola 50
 — *arvensis* 253, 478
 — *hirta* 231
 — *kitaibelliana* 253
 — *mirabilis* 231
 — *odorata* 231, 235
 — *tricolor* 168, 253, 478
Viscum album 110
Vitaceae 399
Vitis vinifera 81, 91, 134,
 399
Volvocales 261
Volvox 71, 262
- W
- Wellingtonia* 336
Welwitschiaceae 337
Welwitschia mirabilis 338,
 339
- X
- Xanthium* *pensilvanicum*
 198
- Z
- Zea* 95
 — *mays* 95, 360
Zygnema 32

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Общее понятие о ботанике	3
Роль растений в природе	9
Значение растений в жизни человека	11
Развитие ботаники	15
Вклад русских ученых в развитие ботаники	16
Анатомия растений	19
Клеточное строение растений	19
Современное учение о клетке	20
Протоплазма	20
Химический состав протоплазмы	20
Физическое состояние протоплазмы	22
Строение протоплазмы	22
Движение протоплазмы	22
Клеточное ядро	24
Структура интеркинетического ядра	25
Физическое состояние ядра	27
Химический состав ядра	28
Роль ядра в жизни клеток	28
Число ядер в клетках. Их форма и величина	30
Пластиды и их роль в клетке	30
Лейкопласты	31
Хлоропласты	32
Хромопласты	34
Движение (перемещение) пластид	35
Хондриосомы	36
Взаимоотношение хондриосом и пластид	36
Фотосинтез и продукты жизнедеятельности клетки	37
Углеводы	38
Белковые вещества	39
Отложение жирных и эфирных масел в клетке	41
Твердые отложения в клетках растений	43
Вакуоли, клеточный сок и его вещества	44
Роль вакуолей в питании и обмене веществ	45
Состав вакуольного, или клеточного, сока	46
Биологическое значение клеточного сока	53
Особенности поступления веществ в растительную клетку	54
Оболочка клеток и ее видоизменения	55
Рост оболочки	56
Образование межклетников	57
Строение и форма клеточной оболочки	58
Поры и каналы	59
Плазмодесмы	60
Химический состав клеточной оболочки	60
Химические изменения клеточной оболочки	62
Использование клеточных оболочек	64
Процессы образования клеток	65
Деление клетки	66
Продолжительность и периодичность митоза	68

Нарушение процессов митоза	68
Понятие о диплоидном наборе хромосом и их структуре	69
Редукционное деление, или мейозис	69
Растительные ткани	71
Типы тканей	72
Образовательная ткань (меристема)	73
Покровные ткани	75
Механические, или скелетные, ткани	82
Питательные ткани	85
Проводящие ткани	86
Выделительные ткани	98
Система проветривания	100

Морфология растений 102

Корень	102
Признаки корня	102
Придаточные корни	104
Форма корней	104
Зоны корня	105
Корни с особыми функциями	108
Микориза и клубеньки на корнях	111
Придаточные почки на корнях	112
Анатомическое строение корня	112
Физиологические функции корня	117
Всасывание воды	117
Типы растений, обитающих в различных условиях влажности	120
Усвоение растением минеральных веществ и азота	121
Усвоение растениями азота	123
Азотистое питание бобовых растений	124
Стебель	125
Побег	125
Рост стебля	126
Формы, размеры и типы стебля	128
Ветвление стебля	130
Порядок расположения листьев на стебле	132
Продолжительность жизни стебля	133
Различные метаморфозы стебля	134
Анатомическое строение стебля	140
Особенности строения стебля однодольных	143
Особенности строения стебля двудольных	145
Особенности строения стебля древесных	147
Развитие и деятельность камбия	148
Физиологические функции стебля	151
Лист	152
Части листа и их физиологические функции	152
Формы пластинки листа	154
Гетерофилия	158
Заложение и развитие листьев	160
Анатомическое строение листа	160
Строение черешка	166
Строение хвоя	166
Метаморфозы и редукция листьев	167
Понятие об аналогичных и гомологичных органах	168
Листья насекомоядных растений	169
Галлы	171
Особенности листьев в различных систематических группах	172
Физиологические функции листа. Фотосинтез	172
Значение световой энергии для процесса фотосинтеза	174
Соотношение между получаемой и накапливаемой растением энергией	175
Зависимость фотосинтеза от количества света	175
Зависимость фотосинтеза от количества углекислоты	175
Зависимость фотосинтеза от температуры	176
Хемосинтез и его значение в природе	176
Транспирация и ее значение в жизни растения	177
Зависимость транспирации от внешних условий	178
Дыхание растений	179
Брожение	180

Рост и развитие растений	182
Рост растений	182
Общие закономерности роста	185
Влияние внешних факторов на рост	186
Развитие растений. Взаимотношение между ростом и развитием	194
Размножение растений	199
Различные типы размножения	199
Естественное вегетативное размножение	200
Размножение корневищами	200
Размножение клубнями	201
Размножение луковицами	202
Размножение усами, или плетями	203
Другие способы естественного вегетативного размножения растений	203
Искусственное вегетативное размножение	204
Размножение делением кустов	204
Размножение отпрысками	204
Размножение отводками	205
Размножение черенками	205
Размножение растений прививкой, или трансплантацией	206
Взаимотношение привитых компонентов	207
Понятие о химерах	207
Биологические особенности вегетативного размножения растений	210
Бесполое и половое размножение	210
Чередование бесполого и полового размножения	210
Особенности полового размножения семенных растений	212
Половое размножение покрытосемянных растений	212
Части цветка	213
Особенности строения цветков	215
Махровые цветы	216
Расположение частей в цветке и симметрия в нем	216
Строение тычинок и развитие пыльцы	218
Строение пестика и процесс образования зародышевого мешка	222
План строения и числовые соотношения цветка	226
Формула и диаграмма цветка	227
Соцветия	228
Цветение и опыление у цветковых растений	230
Оплодотворение	236
Развитие семян и плодов	240
Биологические особенности семян	241
Условия прорастания семян	242
Типы плодов	243
Степень плодовитости цветковых растений	246
Способы распространения семян и плодов	247
Распространение семян и плодов у сорно-полевых растений	249
Распространение растений человеком	250
Значение скрещиваний в происхождении видов растений и в получении новых сортов их	251
Систематика растений	254
Низшие растения	256
Жгутиковые	256
Водоросли	259
Тип Зеленые водоросли	259
Класс Равножгутиковые	261
Класс Спеллянки	267
Класс Харовые, или Лучины	268
Тип Разножгутиковые	269
Тип Дваторосли	270
Тип Бурые водоросли	271
Тип Красные, или Багряные, водоросли	272
Тип Синезеленые водоросли	273
Экологические группы водорослей	274
Значение водорослей для человека	274
Тип Бактерии	275
Значение бактерий в природе и в жизни человека	277
Тип Миксомицеты, или Слизевики	277
Тип Грибы	279

Класс Архимидеты	283
Класс Фикомицеты	284
Класс Аскомицеты, или Сумчатые грибы	284
Класс Базидиомицеты	289
Несовершенные грибы	298
Распространение грибов и их значение в природе и в жизни человека	299
Лишайники	299
Высшие растения	303
Тип Мохообразные	304
Класс Печеночные мхи	305
Класс Листостебельные мхи	308
Тип Папоротникообразные	311
Класс Плауновидные	312
Класс Шилациевые	316
Класс Хвощевые	317
Класс Папоротниковые	320
Семенные растения	325
Тип Голосемянные	326
Класс Саговники	326
Класс Гинкговые	329
Класс Хвойные, или Шишконосные	330
Семейство Сосновые	331
Семейство Тисовые	334
Семейство Кипарисовые	335
Семейство Таксодиевые	336
Семейство Араукариевые	337
Класс Хвойниковые, или Гнетовые	337
Семейство Эфедровые	337
Семейство Вельвичевые	338
Семейство Гнетовые	339
Тип Цветочные, или Покрытосемянные	340
Класс Односемядольные, или Однодольные	342
Порядок Лилейцветные	343
Семейство Лилейные	343
Семейство Нарциссовые, или Амариллисовые	347
Семейство Касатиковые	348
Семейство Орхидные	350
Семейство Ароидные	351
Семейство Пальмовые	353
Семейство Банановые	355
Семейство Осоковые	356
Семейство Злаки	357
Класс Двусемядольные, или Двудольные	365
Подкласс Раздельнолепестные	365
Порядок Многоплодниковые	365
Семейство Магнолиевые	366
Семейство Лавровые	367
Семейство Барбарисовые	368
Семейство Лютиковые	369
Порядок Розоцветные	373
Семейство камнеломковые	373
Семейство Розоцветные	374
Семейство Бобовые	380
Порядок Гераниецветные	388
Семейство Львовые	389
Семейство Гераниевые	389
Порядок Мальвоцветные	390
Семейство Мальвовые	390
Семейство Липовые	393
Семейство Стеркулиевые	394
Порядок Молочайные	394
Семейство Молочайные	395
Порядок Сумаховые	397
Семейство Померанцевые	397
Порядок Крушиновые	398
Семейство Крушинные	398
Семейство Виноградные	399
Порядок Зонтикоцветные	400
Семейство Аралиевые	400

Семейство Зонтичные	401
Порядок Макоцветные	407
Семейство Маковые	407
Семейство Крестоцветные	409
Порядок Центросемянные	411
Семейство Гвоздичные	411
Порядок Ивоцветные	413
Семейство Ивовые	413
Порядок Букоцветные	416
Семейство Березовые	416
Семейство Буковые	418
Порядок Крапивоцветные	420
Семейство Тутовые	421
Семейство Коноплевые	422
Семейство Крапивные	424
Порядок Гречишноцветные	424
Семейство Гречишные	424
Подкласс Слайнолестные	424
Порядок Верескоцветные	428
Семейство Вересковые	428
Порядок Первоцветные	430
Семейство Первоцветные	431
Порядок Скрученные	431
Семейство Горчавковые	431
Порядок Трубочкоцветные	433
Семейство Бурачниковые	433
Семейство Пасленовые	435
Семейство Норичниковые	438
Семейство Губоцветные	440
Порядок Мареноцветные	442
Семейство Мареновые	442
Семейство Жимолостные	443
Семейство Валерьяновые	444
Порядок Тыквенные	445
Семейство Тыквенные	445
Порядок Слайнопыльничковые	447
Семейство Сложноцветные	448
ВОПРОСЫ ЭВОЛЮЦИИ	455
История возникновения и развития растительного мира	455
Морфологические и анатомические доказательства эволюции	460
Основные положения эволюционного учения Дарвина	464
Общие выводы о теории Дарвина	471
Экология, фитоценология и география растений	473
Элементы экологии	473
Климатические факторы	475
Вода как экологический фактор	476
Свет как экологический фактор	477
Теплота как экологический фактор	478
Воздух и ветер как экологические факторы	479
Влияние комплекса климатических факторов	480
Эдафические факторы	481
Биотические факторы	482
Исторические условия	484
Комплексное влияние экологических условий	484
Элементы фитоценологии	485
Понятие о типах растительности и о флоре	488
Элементы географии растений	489
Понятие об ареале	489
Число видов растений и закономерности в их распределении	491
Растительность земного шара	493
Типы растительного покрова	493
Флористические подразделения земной поверхности	496
Закономерности в распределении растительности СССР	498