

В. Н. ИСАИН

БОТАНИКА



СЕЛЬХОЗГИЗ • 1951

**УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ
ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНИКУМОВ**

В. Н. ИСАИН

БОТАНИКА

**ШЕСТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ ИЗДАНИЕ**

*Д о п у щ е н о
Министерством сельского хозяйства СССР
в качестве учебника
для сельскохозяйственных
техникумов*

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА — 1951**

ВВЕДЕНИЕ

1. БОТАНИКА И ЕЕ ЗАДАЧИ

Наука, изучающая жизнь растения, его строение, а также разнообразие растительных организмов, встречающихся на земном шаре, называется ботаникой. Эта наука имеет своей задачей всестороннее познание растений в целях управления их развитием и перделки природы в интересах социалистического общества.

Ботаника — наука древняя. Слово ботаника произошло от греческого слова «ботанэ», что значит овощ, зелень, трава. В ботанике изучаются растения, т. е. организмы, образующие вместе с животными единую живую природу. Наука о живой природе называется биологией; следовательно, ботаника есть часть биологии.

2. РАСТЕНИЕ — ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ

Жизнь растения тесно связана с окружающей средой: оно получает из почвы, из воды, из воздуха вещества, которые усваивает (ассимилирует), т. е. использует для построения своего тела. Растительный организм тем и отличается от неживых тел природы, что он питается, дышит, растёт, развивается, размножается, строится в соответствии с окружающими условиями. Если изолировать растение от окружающей среды, то оно перестанет быть живым, так как прекратится обмен веществ, прекратятся ассимиляция (усвоение веществ) и диссимиляция (дыхание, распад веществ) — основные процессы жизни.

Живое растение строит себя из условий окружающей среды в полном соответствии с последними и со своей наследственностью. Изменение внешних условий влечёт за собой и изменение растительного организма. Растение обладает то медленным и незаметным, то более быстрым ростом, слагающимся из размножения и увеличения мельчайших частиц его тела — клеток, дающих начало тканям и органам. Количественное увеличение клеток растения

при надлежащих условиях приводят к качественным изменениям их, вызывающим переход растения из одной стадии развития в последующие, приводящие растение к образованию потомства, к размножению.

3. РОЛЬ РАСТЕНИЙ В ПРИРОДЕ И В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Современный растительный мир чрезвычайно богат и разнообразен. Жизнь растения тесно связана с окружающей внешней средой (с воздухом, водой, почвой), из которой оно получает нужные газы и соли. Беспредостанний обмен веществ между растением и внешней средой — необходимое условие жизни. Растения оказывают влияние на окружающий состав воздуха; кроме того, они являются одним из факторов почвообразования. Также и окружающая среда создаёт соответствующую ей растительность. Например, растения сухих песчаных почв отличаются от растений увлажнённых лугов. Растительность тундр, лесов, степей, пустынь имеет свои отличительные признаки. На горах и в долинах мы также видим растения, сильно различающиеся между собой. Не только состав почвы и воздуха, но и их влажность, температура, а также сила света и продолжительность дневного освещения оказывают влияние на растения, которые, находясь в тесной взаимосвязи с внешней средой, питаются, дышат, развиваются, размножаются и приобретают в соответствии со средой своеобразные свойства, передающиеся по наследству своему потомству. В воде рек, озёр, морей и океанов также произрастают растения, соответствующие водной среде обитания.

Со словами — растения, растительность нам прежде всего представляется зелёный цвет лугов, полей, лесов. Зелёные растения содержат в своих клетках хлорофилл, благодаря которому они способны улавливать лучи света и использовать их для построения органического вещества. Процесс построения органического вещества при посредстве хлорофилла и света из веществ неорганических (углекислого газа и воды) получил название ассимиляции углерода, или фотосинтеза. Роль зелёных растений прежде всего в том и заключается, что они *накапливают громадные запасы органического вещества*, нужного для питания самих растений, а также животных и человека. При процессе фотосинтеза из атмосферного воздуха или из воздуха, растворённого в воде, поступает в зелёные клетки растения углекислый газ, а из растения выделяется кислород — газ, необходимый для дыхания человека, животных и большинства растительных организмов. *Обогащение атмосферы кислородом* — вот вторая роль зелёных растений, столь же важная, как и первая.

В сельскохозяйственном производстве человек, при посредстве зелёных растений, из наиболее распространённых в природе неорганических веществ (воды, углекислого газа, солей), пользуясь даровой энергией солнечных лучей, получает нужные ему орга-

нические вещества (углеводы, белки, жиры, витамины и многие другие). Эти органические вещества человек или прямо использует для своих целей или при посредстве животноводства перерабатывает их в ещё более ценные и нужные вещества (сало, мясо, молоко, масло, сыр, яйца, шерсть).

«Пища служит источником силы в нашем организме потому только, что она — не что иное, как *консерв солнечных лучей*»¹.

Человек получает от растений не только разнообразные продукты питания, но и бесконечное разнообразие других, нужных ему продуктов: волокно, эфирные масла, смолы, лекарства, каучук, древесину, целлюлозу и др. Даже такие вещества, как торф, нефть, каменный уголь, произошли из растений, населявших землю в давние времена. Энергия солнечных лучей, уловленная этими растениями, освобождается при процессе горения и используется современной промышленностью.

Но не все растения, как мы увидим дальше, обладают зелёной окраской. Грибы, бактерии и некоторые из высших растений лишены хлорофилла и потому неспособны путём фотосинтеза вырабатывать себе органическую пищу из веществ неорганических. Подобные незелёные растения (сапрофиты), часто невидимые простым глазом, в изобилии поселяющиеся на мёртвом органическом субстрате, скопляющемся после смерти растений и животных, используют его для своего питания, разрушают, минерализуют и вновь приводят в состояние, доступное для использования зелёными растениями. В этом заключается положительная роль незелёных — бесхлорофильных растений. Впрочем, среди них встречается много вредных, паразитных растений, поселяющихся на живых организмах и приносящих последним болезни и гибель.

4. РАСТЕНИЯ И ЖИВОТНЫЕ — ЕДИНАЯ ЖИВАЯ ПРИРОДА

В чём же отличия и в чём сходство между растениями и животными?

Между зелёными растениями и животными есть существенное различие в способе питания. Зелёные растения сами строят себе пищу из неорганических веществ: из воды, углекислого газа и минеральных солей; используя солнечную энергию, они создают органическое вещество, строят из него свои органы и откладывают его в запас. Животные питаются готовой органической пищей, которую вырабатывают растения. Без зелёных растений не могли бы существовать животные, не могли бы жить люди: они погибли бы без пищи, они задохлись бы без кислорода воздуха. Культурные зелёные растения тогда лишь вырабатывают в нужном нам количестве органическое вещество, когда человек, понимая жизненные требования растений, механизировав свой труд, хорошо обрабатывает почву, высевает лучшие семена и ухаживает за растениями. При особо благоприятных климатических и почвенных

¹ К. А. Тимирязев, Избранные сочинения, т. 1, стр. 203, М., 1948.

условиях пышного развития достигают и дикорастущие растения, например в предгорьях Алтая, на Черноморском побережье, в девственных тропических лесах, в пампасах, льяносах.

Способность зелёных растений вырабатывать органические вещества из веществ неорганических отразилась и на внешней форме их: большая часть многоклеточных зелёных растений, в отличие от животных, имеет сильно расчленённые стебли и ветви. Для улавливания из атмосферы световых лучей и углекислого газа у растений имеется развитая листовая поверхность; для улавливания из почвы воды и минеральных соединений служит громаднейшая корневая система. Рассеянные в атмосфере и в почве, неорганические вещества улавливаются расчленённой поверхностью тела растений, которые, в отличие от животных, являются сравнительно неподвижными. Таким образом, растение пускает в оборот наиболее распространённые в природе неорганические соединения, которые собираются им и перерабатываются в органические. Важную роль при этом играет вода. Животное в поисках готовой органической пищи приобрело подвижность и способность быстро реагировать на внешние воздействия. Мы указали на существенное различие между зелёным растением и животным, но среди растений есть много также питающихся готовой органической пищей (сапрофиты, паразиты), есть даже насекомоядные растения. Питание растений готовой органической пищей мы постоянно наблюдаем при прорастании семян. При развитии зелёных растений продукты фотосинтеза — органические вещества — идут также на построение новых клеток и на процессы дыхания.

Так как при синтезе органических веществ важную роль играет солнечный свет, то *зелёные растения являются организмами, преимущественно накапливающими энергию; растения же незелёные и животные являются организмами, расходующими эту энергию.*

Если есть существенное различие в отношении питания между зелёными растениями и животными, то между двумя царствами природы — растительным и животным — есть много сходства. Так, клеточное строение есть общий признак животных и растительных организмов. Одни и те же химические вещества затрачиваются на построение клеток, хотя по химическому составу и по строению растительные клетки отличаются от животных большим содержанием воды, углеводов, наличием вакуолей, целлюлозных оболочек и другими особенностями.

Общим для растений и животных является также процесс дыхания, беспрестанно совершающийся в живых клетках. Явление роста также свойственно тем и другим. Способность к движению, хотя и ограниченная, имеется и у растений — у одних в большей мере, у других в меньшей, в чём мы убедимся при изучении курса ботаники. Если у растительных организмов отсутствует нервная система, играющая столь важную роль в жизни животных, то восприимчивость к внешним раздражителям и способность реагировать на них, хотя и медлен-

ными движениями, у них, несомненно, наблюдается. Среди простейших растительных и животных организмов встречается много представителей, весьма сходных между собой даже по внешним признакам. Несмотря на внешнее различие между животными и растительными организмами, несмотря на существенное различие в отношении питания тех и других, мы находим множество общих внутренних свойств, присущих как животному, так и растительному царству. *Эти общие свойства указывают нам на общее происхождение животных и растительных организмов, ведущих своё начало от простейших.* Если про животных мы говорим, что они «живут», то этот же термин мы вправе применить и по отношению к растениям.

Растительный мир — это часть живой природы. Растения и животные, появившись много миллионов лет назад, находятся в беспрестанном развитии и связаны между собой бесчисленными нитями и взаимоотношениями. Жизнь одних находится в зависимости от жизни других: животные расходуют кислород, зелёные растения на свету выделяют его; растения накапливают энергию, животные расходуют её; растения скопляют в себе соли и органические вещества, животные (и незелёные растения) питаются ими. С другой стороны, эти бесчисленные связи существуют и между растениями и неживой природой. Растения развиваются за счёт неживой природы: в почве они окружены водой и солями, в воздухе они окружены разнообразными газами; эти вещества проникают в растение, идут на образование его тела и вновь возвращаются обратно в почву, воду, воздух. *Зелёные растения являются связующим звеном между неорганической природой и животными.*

5. УЧЕНИЕ ОБ ЭВОЛЮЦИИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

ДОДАРВИНОВСКИЙ ПЕРИОД

Во второй половине XVIII в. в ботанике, так же как и в зоологии, учёные придерживались мнения о «божественном» происхождении растений и животных. Все сложные процессы жизни организмов обычно объяснялись с помощью «таинственной жизненной силы», которая якобы руководит жизнью. Виды растений и животных неизменны и их столько, сколько произвёл их творец при сотворении мира. Этой легенды о «божественном» происхождении организмов и их постоянстве придерживался даже столь крупный биолог того времени учёный Карл Линней. Однако попытки материалистического объяснения происхождения живой природы имели место ещё у философов античной древности (Гераклит, Эмпедокл, Лукреций и др.). Но только в конце XVIII и начале XIX в. были высказаны идеи эволюции (развития) живых организмов и изменчивости видов. Эти идеи высказывались многими русскими и иностранными философами и натуралистами — предшественниками Чарлза Дарвина.

Ещё великий русский учёный М. В. Ломоносов (1711—1765 гг.) высказывал идеи изменения и развития вселенной и земли. М. М. Тереховский (1775 г.), развивая учение о возникновении микроскопических организмов, говорил о единой лестнице живых существ. Афанасий Каверзнев — учёный и выдающийся пчеловод — высказывал взгляды о том, что все виды находятся в родстве и что животные происходят от единого ствола. Ему приписывают сочинение «Философские рассуждения о перерождении животных». Знаменитый философ А. Н. Радищев высказывал идеи развития в сочинении «О человеке, о его смертности и бессмертии». Учёный Ж. Л. Бюффон говорил, что когда на земле появились живые организмы, они изменялись вместе с изменением жизненных условий. Эта же идея встречается у Эразма Дарвина, Жофруа-Сент-Иллера, Гёте, Ламарка (1809 г.), П. Ф. Горянинова (1834 г.), у профессора Московского университета К. Ф. Рулье (1851 г.) и у других.

Первой наиболее обстоятельной попыткой объяснить происхождение органических форм с эволюционной точки зрения была попытка Ламарка. В своей книге «Философия зоологии» Ламарк научно поставил вопрос об эволюции организмов и наметил пути его разрешения. Какие средства имеет природа для создания бесчисленных видов животных и растений? До Ламарка обычно отвечали: виды сотворены творцом и остаются неизменными. Ламарк даёт другой ответ: виды создавались постепенно, естественным путём и более сложные произошли от более простых. Ламарк построил классификацию животных на основе их исторического развития. В своём учении Ламарк приводит много ценных доказательств в пользу изменчивости растений под непосредственным влиянием на них внешних условий (почвы и климата). Ламарк признавал влияние внешней среды на формирование организма и наследственную передачу приобретённых организмом признаков своему потомству. Ценные основные положения Ламарка об изменчивости видов и о влиянии среды на организм не были оценены его современниками, и учение о постоянстве видов удерживалось ещё в течение полустолетия, до появления учения Ч. Дарвина. Не были оценены в своё время также и труды русского учёного — предшественника Дарвина П. Ф. Горянинова, который ещё в 1834 г. составил систему эволюционного развития растений.

ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ Ч. ДАРВИНА

В 1859 г. вышла в свет книга великого учёного Чарлза Дарвина «Происхождение видов путём естественного отбора, или сохранение избранных пород в борьбе за существование»¹, которая

¹ В последующих научных трудах («Изменения животных и растений вследствие приручения», «Происхождение человека и половой подбор» и многих других) Дарвин приводит множество новых доказательств в пользу своего учения, углубляет и расширяет вопрос о происхождении видов.

произвела полный переворот в существовавших до того представлениях об органическом мире. Гениальный труд Дарвина разрушил все основы старого, веками сложившегося, взгляда на жизнь, на природу, на происходящие в ней явления¹.

При помощи огромного числа фактов и их научного анализа Дарвин не только доказал, что жизнь на земле изменяется и развивается, но дал также объяснение причин совершенствования организмов, причин приспособленности их к окружающей среде и относительной целесообразности их строения.

Основываясь на теории Дарвина, мы можем заключить, что первичные простейшие организмы, возникшие из сложных органических соединений, подвергались дальнейшим изменениям. В процессе развития, в результате действия стихийных сил природы, образовывались всё новые и новые виды, приспособленные к разным условиям. Одни виды приходили на смену другим, развивались формы, всё более и более сложные. Современный органический мир, по Дарвину, является продуктом процесса постепенного развития (эволюции), продолжавшегося, согласно современным данным, около одного миллиарда лет.

Материалистическая теория Дарвина об эволюции органических форм явилась крупнейшим завоеванием науки середины XIX в. Она совершенно по-новому осветила основные вопросы биологии и послужила источником огромных успехов в разных отраслях естествознания.

О значении учения Дарвина можно судить по словам основоположников марксизма. Так, Маркс писал о «Происхождении видов», что «... эта книга даёт естественно-историческую основу нашим взглядам»².

Энгельс в «Анти-Дюринге» пишет: «Природа есть пробный камень диалектики, и современное естествознание, представившее для этой пробы чрезвычайно богатый, с каждым днём увеличивающийся материал, тем самым доказало, что в природе, в конце концов, всё совершается диалектически, а не метафизически, что она движется не вечно однородном, постоянно сызнова повторяющемся круге, а переживает действительную историю. Здесь прежде всего следует указать на Дарвина, который нанёс сильнейший удар метафизическому взгляду на природу, доказав, что весь современный органический мир, растения и животные, а следовательно также и человек, есть продукт процесса развития, длившегося миллионы лет»³.

Учение Дарвина выдержало испытание времени, и уже много позже В. И. Ленин писал, что «... Дарвин положил конец

¹ К важнейшим выводам эволюционного учения одновременно и независимо от Дарвина пришёл и другой учёный Альфред Уоллес. Свою книгу Уоллес назвал «Дарвинизм» и тем самым признал первенство и превосходство Дарвина в открытии закономерностей эволюции в природе.

² К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XXII, стр. 551.

³ К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 23.

воззрению на виды животных и растений, как на ничем не связанные, случайные, «богом созданные» и неизменяемые, и впервые поставил биологию на вполне научную почву, установив изменимость видов и преемственность между ними»¹.

Какие же факторы лежат в основе процесса развития органического мира? Дарвин указывает на три реальных, постоянно действующих в природе фактора: изменчивость, наследственность и естественный отбор.

Способность изменяться составляет одно из отличительных свойств органических существ. Изложение своего учения Дарвин как раз и начинает с описания изменений животных и растительных организмов, наблюдаемых в природе.

Но для того чтобы получить какое-то отражение в потомстве, эти изменения должны сохраняться, т. е. должны наследоваться, передаваться потомству. И Дарвин приводит не менее обильный материал, доказывающий самые разнообразные проявления и следствия, обеспечивающие сохранение, нарастание, накопление появившихся новых особенностей.

Эти два фактора — изменчивость и наследственность — могут обеспечить широкое разнообразие органических форм.

Но организмы не только разнообразны, они имеют также совершенное строение, до тонкостей приспособленное к окружающей среде. До Дарвина в науке существовало мнение, что «целесообразность организмов» связана с их сверхъестественным происхождением и что в них «заложено стремление к совершенствованию».

Дарвин в своём учении доказывает, что целесообразность строения организмов является внешним выражением приспособленности их к окружающим условиям. Только те организмы выживают, которые, вследствие изменчивости и наследственности, приобрели полезные для их жизни признаки. Целесообразность — явление относительное, но отнюдь не абсолютное. Стоит только измениться внешним условиям существования, и целесообразное строение оказывается нецелесообразным, и организмы с подобным строением уступают место новым, более приспособленным к новым условиям.

Дарвин обращает внимание на разнообразие пород домашних животных и культурных растений и, изучая на них вопросы изменчивости и наследственности, доказывает происхождение их от диких предков. При выведении новых пород (голубей, собак, лошадей, крупного рогатого скота и других животных), а также сортов растений (капусты, пшеницы, ячменя и др.) человек применяет, по словам Дарвина, искусственный отбор; т. е. оставляет на племя наиболее полезные (или желательные) организмы в длинном ряде поколений, а остальные использует для хозяйственных целей, не допуская до размножения.

¹ В. И. Ленин, Сочинения, изд. четвёртое, т. 4, стр. 124.

Сущность искусственного отбора заключается в следующем: человек подмечает среди большого количества разводимых им животных и растений те особи, которые обладают индивидуальными особенностями, желательными для него с хозяйственной или иной точки зрения. Эти именно особи оставляет он для размножения и от них получает потомство, обладающее желательными индивидуальными признаками. Так поступают из поколения в поколение, пока не получают желательную породу или сорт.

Искусственный отбор стал применяться планомерно и методически ещё в XVIII в. С помощью отбора, который иначе называют селекцией, было создано множество пород животных и сортов растений, которые селекционеры поддерживают в чистоте, тщательно удаляя и уничтожая те особи, которые не удовлетворяют поставленным задачам.

Когда организмы, принадлежащие к разным породам или сортам, а иногда и к разным видам, подвергаются скрещиванию, то получаются гибриды (потомство), которые приобретают свойства как материнского, так и отцовского организма. Кроме того, гибриды часто обладают новыми признаками, которые могут быть закреплены в потомстве в том случае, если гибриды не потеряют свою плодовитость. Таким путём было получено множество ценных пород и сортов.

Дарвин указывает, что отбор постоянно совершается даже людьми, вовсе не заботящимися об усовершенствовании пород или сортов. Этот отбор Дарвин назвал **бессознательным отбором**. При этом отборе усовершенствование породы или сорта достигается без всякого намерения и происходит в силу естественного желания каждого человека иметь возможно лучших животных или растений.

Показав, каким образом человек путём отбора получил культурные породы животных и сорта растений, Дарвин доказывает, что и в природе происходит такой же неумолимый отбор, в результате которого устраняются менее приспособленные, менее совершенные организмы и выживают и сохраняются организмы, лучше приспособленные, оказавшиеся более совершенными. Этот отбор Дарвин назвал **естественным отбором**. Так, по Дарвину, в результате изменчивости, наследственности и естественного отбора в системе старого вида появляются новые различные формы, лучше приспособленные к условиям существования.

Эволюционное учение Ч. Дарвина произвело полный переворот во взглядах людей на вопрос о происхождении и развитии живых организмов. Оно было горячо воспринято прогрессивными учёными всего мира и с ненавистью было встречено защитниками неизменяемости видов, защитниками «таинственной жизненной силы» — реакционерами от науки, представителями идеалистического учения. Учение Дарвина окончательно разрушило легенду идеалистов о неизменяемости видов и о их божественном

происхождении. С помощью теории искусственного и естественного отбора были выявлены причины той «целесообразности» в живой природе, на которую постоянно ссылались биологи-идеалисты, как на доказательство «предусмотренного» совершенства организмов. Кроме того, Дарвин своей теорией доказал, что органический мир имеет своё прошлое, настоящее и будущее и развивается на основе естественных законов. Дарвиновское учение восприняли и развивали дальше многие светочи русской науки: В. О. Ковалевский, И. И. Мечников, И. М. Сеченов, А. Н. Северцов, К. А. Тимирязев и др.

Великий русский учёный К. А. Тимирязев на ярких примерах из жизни растений показал всемогущую силу изменчивости и естественного отбора. Он не только доказал справедливость учения Дарвина, но развивал дальше и углублял это, в основе, материалистическое учение; он говорил о необходимости разработки методов управления развитием организмов. К. А. Тимирязев давал отпор всяким попыткам исказить материалистическую основу дарвиновского учения, умалить его значение. Современники справедливо называли К. А. Тимирязева «русский Дарвин». Выразителем идей Дарвина в Англии был Гексли, в Германии — Геккель.

6. МИЧУРИНСКОЕ УЧЕНИЕ — НОВЫЙ ЭТАП МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ДАРВИНИЗМА

Классики марксизма, высоко оценивая материалистическую основу дарвиновского учения, в то же время указывали на недостатки этой теории, которые впоследствии были использованы биологами-идеалистами в борьбе против материализма.

В нашей стране, особенно в советский период, дарвинизм получил своё дальнейшее развитие и очищение от тех ошибок и недостатков, которых не мог избежать Дарвин. В свете учения Мичурина дарвинизм в нашей стране преобразован и превращён в советский творческий дарвинизм.

На исторической августовской (1948 г.) сессии Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина, прошедшей под направляющим влиянием большевистской партии и руководящих идей товарища Сталина, акад. Т. Д. Лысенко в своём докладе «О положении в биологической науке» дал исчерпывающий анализ развития дарвинизма в нашей стране, его роли и значения для агробиологической науки и сельскохозяйственной практики. Он заявил: «В результате развития нашей советской, мичуринского направления, агробиологической науки по-прежнему встаёт ряд вопросов дарвинизма. Дарвинизм не только очищается от недостатков и ошибок, не только поднимается на более высокую ступень, но и в значительной степени, в ряде своих положений, видоизме-

пятся. Из науки, преимущественно *объясняющей* прошлую историю органического мира, дарвинизм становится творческим, *действенным* средством по планомерному овладению, под углом зрения практики, живой природой».

Чтобы превратить дарвинизм в такое действенное средство, надо прежде всего очистить догматический дарвинизм от имеющихся в нём недостатков и ошибочных положений. Поэтому, вслед за классиками марксизма-ленинизма, учёные-мичуринцы решительно и беспощадно вскрывают ошибки Дарвина, очищают дарвинизм от буржуазной ограниченности и превращают его в могучее средство преобразования природы в интересах человека.

ОШИБОЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ В УЧЕНИИ ДАРВИНА

Основным в дарвинизме, его главнейшей, ведущей идеей является учение о естественном и искусственном отборе. Акад. Т. Д. Лысенко в упоминавшемся докладе «О положении в биологической науке» отметил: «Дарвин своей теорией отбора дал рациональное объяснение целесообразности в живой природе. Его идея отбора научна, верна». Но в объяснении причин естественного отбора Дарвин допустил крупнейшую ошибку. Естественный отбор Дарвин выводил из борьбы за существование. При этом он считал, что наиболее ожесточённой будет борьба за существование между представителями одного и того же вида, т. е. борьба внутривидовая. В борьбе за существование он видел основной фактор эволюции.

В своей автобиографии Дарвин указывает, что на мысль о всеобщей борьбе за существование его навела книга Мальтуса «О народонаселении». Этот реакционный английский экономист пытался доказать в угоду господствующим классам, что бедствия и нищета обуславливаются вечным естественным «законом», выражающимся, по его утверждению, в том, что рост населения происходит в геометрической прогрессии, а средства существования увеличиваются в арифметической прогрессии. Отсюда он выводил необходимость борьбы за существование. По этому поводу Энгельс писал: «Всё учение Дарвина о борьбе за существование — это просто-напросто перенесение из общества в область живой природы учения Гоббса¹ о войне всех против всех и буржуазно-экономического учения о конкуренции наряду с теорией народонаселения Мальтуса»².

Таким образом, в основу эволюции Дарвин положил мальтузианский тезис о перенаселённости и вытекающей из неё борьбы за существование. Но Дарвин, как великий натуралист, понимал, что схема Мальтуса его не удовлетворяет. Огромное число им же самим собранных фактов не могли уложиться в

¹ Гоббс — буржуазный английский философ.

² К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XXVI, стр. 406—409.

эту схему. Поэтому Дарвин вынужден был изменять понятие «борьбы за существование», расширить его и, наконец, называть понятием метафорическим, которое надо понимать не в буквальном смысле, а в переносном.

В своё время Энгельс уделил много внимания разбору учения Дарвина. Говоря о сложности взаимосвязей в природе, Энгельс пишет: «...в области природы нельзя провозглашать только одностороннюю «борьбу». По совершенное ребячество — стремиться подвести всё богатое многообразие исторического развития и его усложнения под толстую и одностороннюю формулу «борьба за существование». Это значит ничего не сказать, или и того меньше»¹.

Тут же Энгельс указывает, что изменение и преобразование видов происходит без всякого мальтузианства, под влиянием изменений климатических, почвенных и других условий, например, в связи с переселением растений и животных в новые места. При этом организмы, способные измениться в соответствии с новыми условиями, приспособиться к изменившимся условиям, выживают и оставляют потомство. Таким образом, Энгельс, рассмотрев один возможный случай, прямо указал «на основную роль *приспособительной изменчивости* в эволюции организмов» (Т. Д. Лысенко).

Но Дарвин, исходя из реакционных мальтузианских идей, как отмечалось, считал, что наиболее ожесточённой является внутривидовая борьба. В этом была вторая его крупнейшая ошибка.

Мичуринская биология не отрицает борьбы и конкуренции в природе. Но эта борьба и конкуренция происходит между различными видами и родами организмов. Действительно, межвидовая и межродовая борьба или конкуренция в природе имеет распространение. Каждый вид растений (и животных) конкурирует с другими видами и родами за пищу, за воду, за пространство, за свет, за воздух. Успех этой борьбы зависит от степени совершенства тех органов, которые развиваются у организмов в результате естественного отбора.

Однако в природе и между видами, наряду с борьбой и конкуренцией, существует также и взаимопомощь, когда наблюдается объединение особей разных видов «для общей борьбы за жизнь, причём эти объединения бывают как против особей других видов, их врагов и конкурентов, так и против невзгод мёртвой природы. Всё это говорит о том, что между особями разных видов в природе существует борьба, конкуренция и взаимопомощь»². Что же касается внутривидовой борьбы, которую защищают и проповедуют реакционные биологи за рубежом, то советская мичуринская биологическая наука считает, что никакой борьбы между особями внутри вида нет и быть не может. Внутри вида «взаимоотношения особей не подходят ни под понятие — борьба,

¹ Ф. Энгельс, Диалектика природы, Госполитиздат, 1948, стр. 251.

² Т. Д. Лысенко, Опытные посевы лесных полос гнездовым способом, М., 1949, стр. 12.

ни под понятие — взаимопомощь, так как все эти взаимоотношения направлены только на обеспечение существования вида, на его процветание, на увеличение численности его особей»¹.

Совершенно новое понимание «борьбы за существование в природе» подтверждается наблюдениями над жизнью леса. Например, в степной зоне при лесоразведении молодые деревья часто погибали от дикой сорной растительности (пырея, остреца и др.). Это происходило, когда высаживали в рядах путём чередования деревья различных видов, например дуба, ясеня, вяза и др., конкурирующих между собой и не способных при таком расположении самостоятельно вести борьбу с сорной растительностью. В противоположных случаях, когда деревья размещались однородными группами, удавалось выращивать могучий лес, например дубовый, сосновый, берёзовый. В настоящее время, исходя из правильного понимания наличия в природе межвидовой борьбы и взаимопомощи и отсутствия внутривидовой борьбы, по предложению Т. Д. Лысенко, при закладке лесных полос повсеместно с успехом применяется гнездовой способ посева главных и сопутствующих лесных пород. Главные породы (дуб, сосна и др. — в соответствии с почвой) размещаются небольшими гнёздами, или кучками. При таком расположении создаётся их устойчивость против травянистой сорной растительности и против угнетения их быстро растущими сопутствующими лесными породами (клён, ясень и др.), которые также высеваются или высаживаются гнёздами. Между рядами, состоящими из главной и сопутствующей пород, высеваются семена кустарников (жёлтой акации, лещины и др.). Кустарники защищаются в течение трёх лет покровом однолетних сельскохозяйственных растений (рожь, просо, гречиха и др.) или многолетних сеяных трав (люцерна и др.). Уже на четвёртом году жизни кустарники закроют всю свободную площадь, а на пятом году жизни главная порода и сопутствующая (например дуб и сопутствующий клён, посаженный на один год позднее) дадут хороший рост, затенят почву и не допустят сорную растительность.

Наблюдения над растениями в лесу, на лугу показывают, что при густом росте растений одного вида они имеют способность самоизреживаться, т. е. часть из них нормально отмирает, а оставшиеся лучше развиваются. Чем гуще посеяны семена дикорастущего вида растений, тем лучше он выдерживает борьбу с другими видами, тем больше надежды, что данный вид хорошо разрастётся на данной площади. Культурные растения (пшеница и другие) не обладают свойством самоизреживания и потому погибают при чрезмерно густых посевах.

Помимо рассмотренных ошибок в учении Дарвина есть и другие недостатки, на которые будет указано в дальнейшем, при изложении основ мичуринской биологии.

¹ Т. Д. Лысенко, Опытные посеы лесных полос гнездовым способом, М., 1949, стр. 12.

КРИТИКА ХРОМОСОМНОЙ ТЕОРИИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Прежде чем перейти к изложению основ мичуринской биологии, необходимо остановиться на враждебной дарвинизму и вообще материалистической биологии реакционной теории неодарвинизма, или хромосомной теории наследственности, лежащей в основе формальной генетики. (Генетику определяли как науку о наследственности; по определению акад. Т. Д. Лысенко, генетика — раздел биологической науки о развитии организмов или раздел биологической науки, изучающий наследственность и её изменчивость.)

На исторической августовской (1948 г.) сессии Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина в докладе акад. Т. Д. Лысенко «О положении в биологической науке» и в выступлениях учёных-мичуринцев была окончательно разоблачена реакционная сущность и бесплодность учения вейсманистов-менделистов-морганистов, именуемого хромосомной теорией наследственности. Основателем этого учения, появившегося в конце XIX и в начале XX в. сперва в Германии, а затем и в других странах, был Август Вейсман, назвавший его неодарвинизмом. Это лжеучение отвергало самое ценное в учении Дарвина — его материалистическую основу. В Америке неодарвинизм, а также учение Менделя пользовались успехом и там создавалась школа генетика Моргана, откуда и некоторые наши учёные — формальные генетики черпали ложные идеи и выдавали их за последние достижения в биологии.

Представители реакционной биологической науки — Вейсман и Морган и их последователи — вейсманисты-менделисты-морганисты создали свою теорию наследственности, с помощью которой пытались опровергнуть положение Ламарка о возможности наследственной передачи признаков, приобретённых организмом в течение жизни. Но, опровергая это положение Ламарка, они, под флагом «неодарвинизма», опровергали то, без чего не может быть материалистической теории эволюции, опровергали материалистическую основу дарвинизма.

Согласно лжеучению вейсманистов-морганистов, в организме имеется наследственное вещество, или «зародышевая плазма» (гидроплазма), которое существует якобы независимо от тела организма, оно бессмертно, никогда не зарождается и управляет всем организмом, тело которого является только «цитомником зародышевых клеток». Вейсманисты-морганисты утверждают, что наследственное вещество находится в мельчайших частицах, в хромосомах клеточного ядра, и потому учение вейсманистов-менделистов-морганистов получило название «хромосомной теории наследственности». По их утверждениям, только через хромосомы половых клеток передаются наследственные свойства организмов от родителей к потомкам. Бессмертное «наследственное вещество» не порождается телом, не находится в зависимости от внешних

условий, не изменяется, а потому, говорят вейсманисты-морганисты, свойства организма, приобретённые под влиянием внешних условий, не могут быть наследственными.

Хромосомная теория наследственности — учение метафизическое, рождённое буржуазной наукой, оторванное от жизни и от реальной действительности. Это учение исходит из ложной идеи непознаваемости мира, оно отрицает творческую роль отбора, отрицает возможность управления развитием организмов, оно бесплодно и вредно для социалистического строительства. Вот почему оно было подвергнуто уничтожающей критике и окончательно отвергнуто на исторической августовской сессии ВАСХНИЛ, и ему было противопоставлено мичуринское учение — советский творческий дарвинизм.

ОСНОВЫ СОВЕТСКОЙ МИЧУРИНСКОЙ БИОЛОГИИ

Основоположниками советской мичуринской биологии являются великий преобразователь природы И. В. Мичурин — творец множества ценных сортов плодово-ягодных растений и его последователь акад. Т. Д. Лысенко, развивший и углубивший общebiологическое учение Мичурина и превративший его в учение, вскрывающее закономерности развития растительных и животных организмов. Это учение неотделимо от сельскохозяйственной практики колхозов и совхозов и потому оно называется агробиологией. Советская биология исходит из диалектико-материалистического метода познания и понимания явлений природы. Природа — единое целое: она состоит из материи, находящейся в состоянии непрерывного движения и изменения, непрерывного обновления и развития. Растения и животные — единая живая природа. Между организмами и средой их обитания существует тесная взаимосвязь; организмы влияют на среду и изменяют её, условия же среды влияют на организмы в процессе их развития. Растительные и животные организмы строят себя из условий окружающей среды, приобретают соответствующие среде признаки и свойства и передают их по наследству своему потомству. На роль окружающей среды в развитии организмов указывал ещё Ламарк. Дарвин этому фактору развития уделил недостаточное внимание, что он впоследствии признал и сам: «Самой крупной моей ошибкой является то, — писал Дарвин, — что я недостаточно оценил прямое действие среды на организм, т. е. влияние климата, пищи и пр. независимо от действия естественного отбора»¹.

Мичуринская биология, всецело разделяя дарвиновское учение о естественном и искусственном отборе, как одном из основных факторов совершенствования организмов, в то же время придаёт огромное значение в развитии организмов взаимосвязи

¹ Из письма Дарвина к Вагнеру, 1876. Цитируется по стенографическому отчёту сессии ВАСХНИЛ, 31 июля — 7 августа 1948 г., стр. 230.

организма и среды. Творческая роль среды в развитии организмов — одно из основных положений мичуринской биологии.

Биологи-идеалисты, к которым относятся вейсманисты-морганисты, считают непостижимыми жизненные свойства организмов. В противоположность им мичуринская наука, чтобы понять жизнь организмов, их развитие, вскрывает противоречия, свойственные живым организмам, так как «Развитие есть «борьба» противоположностей»¹. Индивидуальное развитие каждого организма и развитие всех организмов становится нам понятным в свете учения В. И. Ленина и И. В. Сталина. «В противоположность метафизике диалектика рассматривает процесс развития не как простой процесс роста, где количественные изменения не ведут к качественным изменениям, — а как такое развитие, которое переходит от незначительных и скрытых количественных изменений к изменениям открытым, к изменениям коренным, к изменениям качественным, где качественные изменения наступают не постепенно, а быстро, внезапно, в виде скачкообразного перехода от одного состояния к другому состоянию, наступают не случайно, а закономерно, наступают в результате накопления незаметных и постепенных количественных изменений»².

И. В. Мичурин изучал индивидуальное развитие растительных организмов. В своём учении он не только показал, как под влиянием внешних условий формируются и передаются по наследству новые признаки организма, но и указал пути направленного изменения этих признаков у организмов. Этого в своё время не мог сделать Дарвин, который вообще недооценивал направленную изменчивость. Теория стадийного развития растений, созданная Т. Д. Лысенко, даёт возможность ещё глубже понять индивидуальную жизнь растений (подробнее см. в главе XVIII настоящей книги). Растительный организм в течение своей жизни, вследствие обмена веществ с внешней средой и внутри своего тела, не только растёт, т. е. увеличивает вес и объём, увеличивает массу своего тела, но также и развивается, т. е. проходит в последовательном порядке несколько стадий развития. Рост — это количественные постепенные изменения, совершающиеся в растении; развитие — это качественные изменения. Без прохождения определённых стадий развития растение не может достигнуть цветения и плодоношения. Теория стадийного развития — новая глава в учении о жизни растения. На её основе созданы многие урожайные зимостойкие, засухоустойчивые сорта зерновых культур; разработан метод летних посадок картофеля, как средство борьбы с вырождением его на юге; разработан метод яровизации многих культурных растений с целью продвижения их в новые районы и повышения урожайности; разработаны и другие приёмы, повышающие урожай сельскохозяйственных растений и улучшающие его качество.

¹ В. И. Ленин, Соч., изд. третье, т. XIII, стр. 301.

² История ВКП (б). Краткий курс, 1945, стр. 102.

Историческое развитие организмов на земном шаре (филогенез), по эволюционной теории Дарвина, происходило постепенно, путём незаметного накопления полезных признаков. В разрез с диалектическим пониманием развития Дарвин утверждал, что «Природа не делает скачков». Свою теорию естественного отбора он основывал на плоской эволюции, на буржуазном понимании развития. В этом заключается серьёзная ошибка Дарвина. В настоящее время в науке имеется множество фактов, доказывающих, что изменчивость видов совершается путём накопления в организме мелких незаметных количественных изменений, подготовляющих рождение нового качества, нового наследственного признака, новой формы. В последнее время найдены, например, способы превращения твёрдой пшеницы в мягкую путём воспитания растений. При выращивании нескольких поколений твёрдой пшеницы в осенне-зимних условиях в ней постепенно накапливаются новые свойства, а затем она скачкообразно переходит в различные разновидности мягкой пшеницы.

«Виды — не абстракция, а реально существующие узлы (звенья) в общей биологической цепи.

Живая природа — это биологическая цепь, как бы разорванная на отдельные звенья — виды. Поэтому неправильно говорить, что виды ни на какой период не сохраняют постоянства своей качественно-видовой определённости. Говорить так — это значит признавать развитие живой природы как плоскую эволюцию без скачков»¹.

Громадное значение в жизни организмов имеет наследственность и её изменчивость. Под наследственностью мичуринская биология понимает свойство организма жить, питаться, расти, развиваться и размножаться соответственно своей природе. Изменение условий существования вызывает изменение питания, изменение обмена веществ, что влечёт за собой и изменение отдельных органов и всего организма в целом. Эти изменения могут передаваться потомству, и новые организмы, при наличии определённых условий жизни, в ряде последовательных поколений приобретают новую наследственность.

Основное свойство живого организма — размножение, т. е. способность воспроизводить себе подобных. Если новые организмы развиваются при таких же условиях, при которых развивались предшествующие, и главным образом материнский, организмы, то свойства и признаки их остаются без изменений. При изменившихся условиях изменяется тип ассимиляции и отдельные участки тела или весь организм приобретает новые свойства, отличающие его от предыдущих поколений.

Наследственность и изменчивость организмов — свойства противоположные: наследственность — «консервативна», изменчи-

¹ Т. Д. Лысенко, «О положении в биологической науке». Стенографический отчёт сессии Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина, 31 июля — 7 августа 1948 г., стр. 39.

вость — «прогрессивна». Все организмы, которые не могут измениться в соответствии с новыми условиями жизни, вымирают и не оставляют после себя потомства; и наоборот, все организмы, обладающие способностью изменяться в процессе своего развития, не только изменяются в соответствии с новыми условиями жизни, но и оставляют после себя плодородное потомство.

Природу растений с консервативной наследственностью, по выражению И. В. Мичурина, можно «расшатать», т. е. развить у растений способность изменяться в соответствии с новыми условиями среды. Мичуринская наука достигает этого путём прививок разных пород, путём воздействия условиями внешней среды (особенно в молодом возрасте), путём полового скрещивания растений, различающихся по происхождению и месту обитания.

Вейсманисты-менделисты-морганисты утверждают, что получение гибридов, т. е. организмов, совмещающих в себе признаки двух различных сортов или видов, возможно только при половом размножении, так как признаки и свойства отцовского и материнского организмов передаются только через хромосомы ядер половых клеток, якобы включающие в себя мифическое «наследственное вещество». И. В. Мичурин, а также Т. Д. Лысенко и многие другие мичуринцы в корне опровергли это положение путём получения многочисленных вегетативных гибридов при прививках растений (плодовых деревьев, картофеля, томатов и других). При прививках одного растения (привоя) на другое растение (подвой) происходит срастание тканей двух организмов и развивается новый организм, совмещающий в себе признаки и свойства разных организмов. Влияние подвоя на привой и привоя на подвой ясно обнаруживается, если собрать семена с подвоя и с привоя и посеять их. В потомстве обнаруживаются растения, совмещающие в себе признаки и свойства привоя и подвоя, а также появляются и новые формы растений. Подобные опыты и наблюдения с несомненностью доказывают, что передача наследственных признаков и свойств происходит в данном случае при посредстве пластических веществ, без всякого участия хромосом, так как последние не могут перемещаться из клетки в клетку, из привоя в подвой и обратно. Следовательно, *не только хромосомы клеток, но и всякая другая частица живого тела, весь организм в целом обладает способностью передачи наследственных свойств.*

В своих практических работах и научных исследованиях И. В. Мичурин применял особый способ прививок, названный им методом ментора — воспитателя. Он прививал черенки, взятые от старого сорта плодового дерева, в крону деревца молодого сорта, которому не хватало тех или иных свойств, имеющихся у старого сорта. Через несколько лет побеги, развившиеся из черенков старого сорта, удалялись, но за это время молодой сорт приобретал от старого сорта недостающие ему свойства. Этот метод имел не только практическое значение, как средство улучше-

ния многих сортов, но и громадное теоретическое значение, потому что он наглядно опровергал хромосомную теорию наследственности.

Мичуринская биология придаёт особо важное значение также процессу полового размножения, когда мужская и женская половые клетки (гаметы), принадлежащие двум организмам и потому различающиеся между собой, соединяются в одну клетку (зиготу), несущую в себе признаки отцовские и материнские. Противоположные признаки в оплодотворённой клетке вызывают усиленный обмен веществ, ассимиляцию и диссимиляцию, рост и развитие — все процессы жизни. И. В. Мичурин путём умелого подбора родительских пар, путём скрещивания, путём направленного воспитания молодых сеянцев получил множество ценных сортов плодово-ягодных растений, приспособленных к условиям данного климата. На основе мичуринского учения в семеноводстве производятся межсортовые и внутрисортные скрещивания и получаются сортовые семена, дающие высокоурожайные растения.

Не понимая закономерностей в развитии живой природы, исходя из хромосомной теории наследственности,вейсманисты-морганисты утверждают, что изменения мифического «наследственного вещества» носят случайный и неопределённый характер и потому человек не может направленно изменять природу организмов. И. В. Мичурин, а также Т. Д. Лысенко на основе мичуринской теории и своих научных открытий доказали, что, зная закономерности роста и развития организмов в различных условиях среды, каждую форму можно заставить изменяться в сторону, желательную для человека. Это положение было кратко выражено И. В. Мичуриным общеизвестными словами: *«Мы не можем ждать милостей от природы; взять их у неё — наша задача»*¹.

На основе учения И. В. Мичурина, развиваемого Т. Д. Лысенко, многочисленные учёные-мичуринцы, а также передовики социалистического сельского хозяйства ведут борьбу за получение высоких урожаев и за высокую продуктивность животноводства.

В постановлении августовской сессии (1948 г.) Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина по докладу акад. Т. Д. Лысенко «О положении в биологической науке» сказано, что *«Мичуринское направление в биологии является творческим развитием дарвиновского учения, новым высшим этапом материалистической биологии»*². Сила доводов, изложенных в докладе Т. Д. Лысенко о несостоятельности и бесплодности «хромосомной теории наследственности», о влиянии внешней среды на организмы, о направленной изменчивости и передаче приобретённых организмом свойств по наследству, о действительности мичуринского учения, произвела переворот в биологических и сельскохозяйственных науках. Дарвиновское учение только

¹ Курсив цитаты наш. — Автор.

² То же.

объясняло происхождение видов растений и животных, а мичуринская агробиологическая наука, тесно связанная с социалистическим сельским хозяйством, находит способы управления ростом, развитием, наследственностью и изменчивостью живых организмов и тем открывает неограниченные творческие возможности для всех областей сельскохозяйственного производства.

7. ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ БОТАНИКИ НА ОТДЕЛЫ И РАЗВИТИЕ БОТАНИКИ

Современные знания о растениях так обширны и разнообразны, что ботанику пришлось подразделить на отделы, из которых главнейшие следующие: морфология, систематика, анатомия и физиология растений. Методика исследования, применяемая в перечисленных отделах, имеет свои отличительные особенности.

МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Морфология растений изучает внешнее строение органов растений. Это — учение о форме тела растения и о взаимном положении и соотношении его частей. Знать формы различных органов растения и их видоизменения необходимо, так как эти знания дают возможность описывать и определять растения. Внешняя форма отражает особенности данного растения, возникшие в результате воздействия окружающей среды и человека, а также унаследованные от родителей. Внешние формы растений разнообразны.

СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ

Задачей систематики растений является описание и классификация растений, встречающихся на земном шаре. Все растения в систематике подразделяются на типы (более обширные группы), классы, порядки, семейства, роды, виды и разновидности. Знание систематики растений имеет огромное научное и практическое значение. Всякому специалисту-растениеводу необходимо уметь точно определять научные названия растений и знать принадлежность последних к тому или иному семейству, роду и виду. Это умение помогает в нужный момент найти описание данного растения в литературе, а также лучше запомнить его внешние признаки. Систематика основывается прежде всего на морфологическом описании растений.

В курсах систематики растения подробно описываются, приводятся их рисунки, а кроме того, растения по сходным признакам располагаются в естественную систему, которая не только помогает различать растения, но и освещает вопрос о *филогении растительного мира, т. е. о том, как происходило на земном шаре развитие растений, куда направляется это развитие и каково родство растений между собой.*

АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ

Анатомия растений — учение о растительных клетках и тканях, из которых состоят органы растений, учение о микроскопическом строении растений. Анатомия растений возникла только с изобретением *микроскопа*. Микроскоп — это такой прибор, который даёт возможность видеть предметы, невидимые простым глазом и в лупу. Микроскопы дают увеличение в 100, 200, 300 и более (до 2000) раз¹. При рассматривании частей растения в микроскоп нужно приготовить тонкий микроскопический препарат, иначе строения растения не будет видно, так как ткани и клетки в толстом слое мало прозрачны.

Микроскоп раскрывает перед нами невидимый мир животных и растений. С помощью микроскопа изучается детальное строение животных и растительных организмов. Кроме того, микроскоп даёт возможность находить отличительные признаки между сходными растениями в тех случаях, когда морфология растений не в состоянии их уловить. Микроскопическое исследование всё глубже и глубже проникает в невидимые «тайники» строения живого организма, в растительную и животную клетку, которая имеет чрезвычайно сложное строение. Анатомия растений тесно связана с физиологией растений, так как только детальное изучение растения даёт возможность объяснить те или иные физиологические явления. Познать целое и изучить функции жизни возможно лишь путём познания составных частей организма в их взаимоотношениях. *Многоклеточное растение состоит из сложно устроенных тканей и органов, представляющих собой систему разнообразных по своему строению и по своим функциям клеток.*

Из анатомии растений выделилась ц и т о л о г и я, изучающая детали строения клетки, а образование органов бесполого и полового размножения и развитие семени и его части — зародыша изучает э м б р и о л о г и я.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ДРУГИЕ ОТДЕЛЫ БОТАНИКИ

Физиология растений изучает все процессы жизни, совершающиеся в растениях, как то: питание, обмен веществ, дыхание, рост и развитие. Этот отдел ботаники есть главнейший отдел, знание которого является необходимым для лиц, имеющих дело с растениями, т. е. для растениеводов. Задачи физиологии многие учёные сводили к тому, чтобы сложные явления жизни растения

¹ Оптическим микроскопом для изучения растений учёные пользуются уже свыше 285 лет. Но не прошло ещё и двух десятков лет с тех пор, как для рассматривания мельчайших объектов стали применять новый увеличительный прибор — электронный микроскоп. В нём используются не световые лучи, а электроны, т. е. быстро летящие частички отрицательного электричества. С его помощью удаётся уже получить увеличение в десятки и даже в сотни тысяч раз.

разложить на ряд простых физико-химических явлений и таким путём изучать физико-химическую природу растения. Но по своему существу *растительные организмы* (так же, как и животные) имеют коренные, качественные отличия от мёртвых тел природы. Они подчиняются не только простым физико-химическим, но и сложнейшим физиологическим закономерностям, изучение которых даёт ключ к пониманию потребностей различных растений, а следовательно, и к наиболее полному их использованию.

В задачи физиологии растений входит не только объяснение явлений жизни растений, но и изменение их природы и хода развития в полезном для нас направлении. Физиология способствует поднятию сельского хозяйства на высший уровень. Другими словами, физиология растений есть основа растениеводства. Для изучения жизни растений физиология пользуется наблюдением и опытом, при посредстве которых она вскрывает законы жизни.

По словам великого русского учёного К. А. Тимирязева, который является основоположником русской школы ботаников-физиологов, физиолог не может довольствоваться пассивной ролью наблюдателя как экспериментатор, он является деятелем, управляющим природой. Голому эмпиризму в физиологии нет места, и только сочетание опытов и наблюдений с подлинно научными теоретическими выводами, рассматриваемыми в тесной связи с практикой социалистического сельского хозяйства, может разрешить сложнейшие вопросы жизни растений.

Так как между строением органов растения и их отправлением наблюдается определённая зависимость, то физиология тесно связана с анатомией и морфологией.

Кроме перечисленных выше четырёх основных отделов ботаники, есть ещё другие: палеоботаника, география растений, экология, геоботаника.

Палеоботаника занимается изучением тех растений, которые существовали в предыдущие геологические эпохи. Изучение производится по ископаемым, которые находятся в пластах земной коры. Остатки растений или целые растения, сохранившиеся в окаменелом виде, прекрасно сохраняют своё строение, которое возможно изучать даже с помощью микроскопа. Иногда на пластах горных пород, например на каменном угле, находятся тончайшие отпечатки растений, живших миллионы лет назад. По ископаемым восстанавливается картина растительности прошлого. Данные палеоботаники являются неоспоримым доказательством того, что современным покрытосеменным или цветковым растениям предшествовали некоторые вымершие голосеменные и другие архегонияльные растения, которые особенно пышного развития достигали в каменноугольном периоде и которые дали пласты каменного угля. До этого периода существовали другие периоды, отделённые от нас многими миллионами лет, когда растительный и животный мир состоял из организмов, ещё более отличавшихся от современных. Палеоботаника не даёт

нам ответа, каковы были первые организмы, так как следы первой жизни уничтожены последующими изменениями земной коры.

География растений занимается изучением распределения растений по зонам и поясам земного шара и сочетания растений во флоры. Изучаются также причины того или иного распределения растений и устанавливаются ареалы, т. е. районы распространения отдельных растений. Большие успехи в этом отношении достигнуты в последнее время благодаря многочисленным экспедициям Всесоюзного института растениеводства. Ближе к географии растений, а также к физиологии примыкает экология растений, специально изучающая взаимоотношения между растениями и окружающей средой, а также типы строения и особенности жизни растений в различных условиях.

В связи с экологией развивается геоботаника, занимающаяся изучением «растительных сообществ», т. е. естественных группировок дико произрастающих растений. Дело в том, что растительные виды крайне редко встречаются в природе (на лугу, в лесу, в степи) изолированно, а обычно сочетаются в сложные группы, состоящие из многих видов. Учение о растительных сообществах ставит перед собой задачу изучать их составные элементы, их распределение и отношение растительного покрова к среде и их взаимовлияние.

В течение последних трёх-четырёх десятков лет знания о растениях развились так глубоко, что каждый из основных отделов ботаники, в свою очередь, разбился на несколько отделов. Можно указать на фитопатологию, изучающую жизнь и развитие растений-паразитов и меры борьбы с ними, и на микробиологию, изучающую микроорганизмы, пользу и вред, приносимые ими, и способы их культивирования.

РАЗВИТИЕ БОТАНИКИ

Современные знания о растениях являются теоретическими обобщениями огромного количества накопленных фактов из жизни растительных организмов и наблюдений над их развитием, а также результатов многочисленных исследований и опытов, производившихся учёными на протяжении всей истории человечества. Особенно важную роль в накоплении знаний о растениях играли интересы производства и та польза, которую человек извлекал из растений.

В поисках пищи и материалов для жилища и одежды ещё первобытные люди обращали внимание на растения: они выкапывали мучнистые корни, сочные луковицы, собирали семена и плоды дикорастущих растений, собирали стебли и листья для шалашей, топливо для костров. Первые сведения о растениях получались также в результате поисков растений, которые имеют целебные свойства. В этом отношении некоторую роль в древние времена сыграли аптекари и продавцы трав, а также

гербаризаторы растений, тщательно изучавшие, зарисовывавшие и описывавшие растения.

Накопление и развитие знаний о растениях обуславливались в конечном итоге запросами развивающегося производства.

Развитие античного хозяйства древней Греции, в частности сельского хозяйства, торговли, мореплавания и т. п., толкало к дальнейшему изучению растений и использованию их для удовлетворения потребностей человека.

Знаменитый греческий философ Аристотель и его ученик Теофраст, жившие приблизительно за 300 лет до современного летоисчисления, сделали попытку собрать и систематизировать накопившиеся сведения о растениях. В сочинениях Теофраста описывается до 450 растений. Все растения подразделялись на деревья, травы, кустарники, причём культурные растения описывались отдельно от дикорастущих. Сведения о жизни растений в то время отличались примитивностью. Аристотель считал, например, что в корневой шейке растений находится душа, что размножение растений происходит при посредстве «выпотевающего сока» или путём «самозарождения». Имеются лишь некоторые указания на органы растений, на размножение растений при посредстве семян, которые сравнивались с яйцами птиц. Роль цветка была неизвестна.

Возделывание культурных растений в Римской империи было весьма распространено, на что указывают фамилии древних патрициев, происшедшие от латинских названий растений: Лентулы — от чечевицы (*Lens*), Цицероны — от нута (*Cicer*), Фабии — от боба (*Faba*), Пизоны — от гороха (*Pisum*).

В I в. и позднее наибольшим влиянием пользовались сочинения Плиния Старшего и Диоскорида, расширивших описание растений до 1000 и подразделявших их на питательные, медицинские, ароматические и дающие спиртные напитки.

В течение последующих пятнадцати веков в ботанических сочинениях наблюдается преклонение перед авторитетами Аристотеля, Теофраста и Диоскорида. Феодалный способ производства и соответствующая ему философско-религиозная идеология обусловили относительный застой в развитии науки, в частности, в знаниях о жизни растений, хотя некоторое накопление фактического материала в изучении растений имело место и при феодализме.

Разложение феодализма и развитие капиталистического способа производства вызвали бурное развитие науки. Развитие торговли и мореплавания, ознакомление с природными богатствами Африки, Индии, Америки приводят к открытию новых видов растений и животных.

«Если после тёмной ночи средневековья вдруг наново возрождаются с неожиданной силой науки, начинающие развиваться с чудесной быстротой, то этим чудом мы опять-таки обязаны производству»¹.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 439.

В этот же период (начиная с XVI в.) быстро развиваются знания о растениях, хотя зоология и ботаника долго ещё остаются науками, собирающими факты, и только позднее благодаря Линнею они достигли некоторого завершения.

Ботаники всех стран описывают и зарисовывают растения не только родной флоры, но и новые растения, привозимые путешественниками. Так составлялись травники растений. В это же время появляются первые ботанические сады в Италии, Голландии и Франции. К XVII в. количество описанных растений возрастает до 6 000. Итальянский ботаник Цезальпин создаёт первую классификацию растений, подразделяя их на 15 классов по строению плода, семени и зародыша. При этом он продолжает ещё придерживаться аристотелевских взглядов и описывает отдельно древесные и травянистые растения.

В 1667 г. Роберт Гук с помощью усовершенствованного им микроскопа открыл клетки в растениях и сравнивал строение последних с пчелиными сотами.

Двух учёных — Неемию Грю в Англии и Марчелло Мальпиги в Италии (1671 г.) — справедливо считают основателями анатомии растений. В своих работах они весьма тщательно описали клеточное строение всех органов растений и обратили особое внимание на сосуды, которые были названы трахеями.

Во времена зарождения анатомии растений учёные имели весьма смутное представление о процессах жизни, совершающихся в растениях. Мальпиги полагал, что трахеи, так же как и у насекомых, наполнены воздухом и что вода движется «по волокнам». Листьям он придавал большое значение, полагая, что они под влиянием солнечных лучей перерабатывают «сырой материал», притекающий из корня.

Учёный Гельс (1677—1761 гг.) изучил движение соков в растении. Точными физиологическими опытами он показал наличие корневого давления и испарение воды листьями. Опыты Гельса сопровождались количественным учётом явлений, и потому его выводы носили строго научный характер, и некоторые из них не потеряли значения до наших дней. Важнейшее открытие, касающееся значения зелёных растений для жизни животных организмов, было сделано учёным Пристлеем (1772 г.), который доказал, что растения обладают способностью выделять кислород¹.

Восемнадцатый век был беден открытиями в области анатомии растений.

Первые исследователи обращали своё внимание на оболочки и на формы клеток, и только в первой половине XIX в. в клетках были открыты ядро и протоплазма. Русский учёный Горяинов в 1834 г. детально изучил клеточное строение растений, а затем была создана клеточная теория организмов учёными Шлейденом

¹ Историю развития знаний по ассимиляции углерода см. в главе XIII настоящей книги.

и Шваном. Во второй половине XIX в. русскими учёными И. Д. Чистяковым, В. И. Беляевым, И. И. Герасимовым был детально изучен и описан процесс деления ядра и клетки и в конце XIX в. С. Г. Навашиным был открыт процесс двойного оплодотворения у цветковых растений. Таким образом было создано учение о клеточном ядре.

Все достижения физиологов тесно связаны с знаменитыми открытиями: закона сохранения вещества, открытого великим русским учёным М. В. Ломоносовым и позднее — в конце XVIII в. — учёным Лавуазье, искусственного получения органического вещества — мочевины — учёным Велером в 1828 г., а также закона сохранения энергии, открытого точно так же М. В. Ломоносовым и значительно позднее — в 40-х годах прошлого века — Робертом Майером. Успехи физики и химии оказали большое влияние на развитие экспериментальной физиологии растений. Опыт и наблюдения ложатся в основу изучения растений и животных.

Хотя отдельные открытия в области жизни растений имели место ещё в XVIII в., но как самостоятельная наука физиология растений начинает развиваться лишь с середины XIX в., когда объём знаний по ботанике сильно увеличился и в университетах Западной Европы, а также в Петербургском, Московском и других университетах открываются самостоятельные кафедры физиологии растений, а затем специальные отделы при Академии наук.

В области питания растений большое значение имели наблюдения физиолога Дютроше над осмотическими явлениями. К этому же периоду относятся работы учёных Вигмана, Либиха, Сакса и учёного Буссенго, положившие начало изучению вопроса минерального и, в частности, азотистого питания растений. Русские учёные того же периода А. С. Фаминцын, С. А. Рачинский, Н. И. Железнов, И. П. Бородин, а также более позднего периода — конца XIX века и начала XX века — К. А. Тимирязев, В. И. Палладин, С. П. Костычев, П. С. Коссович, Е. Ф. Вотчал, Ф. Н. Крашенинников, В. Р. Вильямс, Д. Н. Прянишников и другие крупнейшие учёные нашей страны создали основы учения о питании, дыхании, росте, сокодвижении у растений, а также учение о почве и удобрении.

Среди всех учёных ботаников-физиологов особое место занимает К. А. Тимирязев, который был не только крупнейшим исследователем вопросов ассимиляции углерода и роли света в жизни зелёного растения, но также выдающимся дарвинистом, развивавшим и популяризовавшим дарвинизм, идейным руководителем передовых учёных как своего времени, так и последующих поколений. Кроме того, он был блестящим популяризатором научных знаний о жизни растений среди народных масс.

Середина XIX и начало XX в. ознаменовались также зарождением и развитием целой области человеческих знаний — микробиологии. В этой области громадное значение имели работы

таких учёных, как Луя Пастер, И. И. Мечников, С. Н. Виноградский, В. Л. Омелянский и многие другие.

Вопросы физиологии растений и микробиологии в настоящее время изучаются не только в Академии наук СССР и в её многочисленных филиалах, но также на кафедрах высших школ.

В области систематики растений толчком к дальнейшему развитию ботаники послужили труды учёного Карла Линнея, жившего в XVIII в. До Линнея в ботанике царил хаос, так как не было точных названий растений, не было точных морфологических терминов, и многочисленные сведения были бессистемны. В то время было известно свыше 6 000 видов растений. Линней определил понятия «род» (*Genus*) и «вид» (*Species*), снабдил растения точными научными (латинскими) названиями, дал чёткое описание растений, разработал до 1 000 морфологических терминов и создал искусственную систему подразделения растений (1735 г.).

Искусственной система Линнея называется потому, что она не отражает происхождения и родства растительных организмов, а произвольно, исключительно с целью удобства, делит цветковые, или явнотрачные, растения на 23 класса на основе числа тычинок, способов прикрепления их и срастания между собой. В отдельный класс Линней выделил бесцветковые, или тайнотрачные, растения, куда отнёс водоросли, грибы, мхи и папоротники. Точные морфологические термины и многочисленные названия растений, данные Линнеем, до сих пор оказываются непревзойдёнными и в большинстве остаются в науке.

Например, до Линнея шиповник назывался *Rosa silvestris vulgaris flore odorato incarnato* (роза лесная обыкновенная, цветки душистые яркокрасные), а Линней дал краткое название *Rosa canina* L. (роза собачья).

Система Линнея внесла порядок в ботанику (и в зоологию). Признавая заслуги Линнея как систематика, необходимо отметить, что в основе его системы лежало неправильное понимание растительного вида.

Под растительным видом Линней подразумевал собрание всех растений, сходных между собой более, чем со всеми другими растениями, способных передавать неизменно все основные признаки по наследству своему потомству. В настоящее время мы считаем, что вид не абсолютно неизменен, так как он складывается из многих отдельных индивидуумов, находящихся в развитии и изменяющихся в зависимости от среды, от внутренних процессов и поддающихся воздействию со стороны человека¹.

Развитие систематики растений в нашей стране получило особо широкий размах начиная с момента основания Академии наук (1725 г.) и открытия Петербургского и Московского университетов. До этого момента флора обширнейшей страны оставалась мало изученной. В начале XVIII в., по инициативе Петра Первого,

¹ Подробнее об этом см. стр. 19, а также главы I и VIII.

основываются ботанические сады в Петербурге, в Москве, которые вначале являются собранием медицинских растений, а затем приобретают широкое научное значение. Теперь в нашей стране, помимо крупных ботанических садов в Крыму и на Кавказе, они встречаются во всех университетских городах. Обширнейшие гербарии растений, имеющиеся при ботанических садах, при университетах, в Академии наук СССР и в её многочисленных филиалах, способствуют изучению флоры нашей страны. В настоящее время издаётся большой определитель растений «Флора СССР», в котором описывается свыше 20 тыс. видов дикорастущих растений, встречающихся на территории нашей страны.

В мировой литературе работы русских ботаников занимают одно из первых мест. Мы можем гордиться именами своих крупнейших учёных систематиков, совершивших многочисленные экспедиции в XVIII, XIX и XX вв. К ним относятся И. Г. Гмелин, С. П. Крашенинников, П. С. Паллас, К. И. Максимович, В. И. Липский, А. Н. Краснов, А. Я. Гордягин, А. Н. Бекетов, Г. И. Танфильев, В. Л. Комаров и много других крупнейших имён.

Искусственная система Линнея, положенная в основу систематики растений, позднее, с появлением идеи изменчивости видов и родов растительных (и животных) форм, не удовлетворяла уже многих учёных. В 1819 г. появилась система Декандоля, в которой виды растений группируются в роды, а последние — в семейства (Familia) на основе совокупности ряда признаков. Декандоль более точно установил семейства растений, объединив их в более крупные группы — в классы и отделы. Система Декандоля всё же искусственна: она построена по нисходящему принципу, т. е. сперва описываются высшие растения, а затем низшие. Наиболее обоснованные естественные системы (Энглера, Кузнецова, Козо-Полянского, Буша и др.) могли появиться лишь после того, как биология освободилась от безраздельного господства метафизики и идея эволюции — идея развития органического мира — окончательно восторжествовала.

В развитии ботаники в прежнее время видную роль играли русские учёные. Ещё большую роль наши учёные играют в мировой науке в настоящее время, когда ботаника, как часть биологии, окончательно освободилась в нашей советской стране от идеалистических и метафизических установок唯心主义-морганистской «науки» и всецело перестраивается на основе мичуринского общепроизводственного учения.

В дореволюционной России мичуринское учение не было и не могло быть признано. После Великой Октябрьской социалистической революции под руководством В. И. Ленина и И. В. Сталина были созданы все необходимые условия для развития прогрессивной науки, неразрывно связанной с практикой, с производством, науки, которая «не признает фетишей, не боится поднять руку на отживающее, старое и чутко прислушивается к голосу опыта, практики» (И. В. Сталин).

Основоположник мичуринской биологии И. В. Мичурин, акад. Т. Д. Лысенко, а вместе с ними многочисленные мичуринцы—учёные, агрономы и колхозники доказали, что от единства теории и практики зависит успех социалистического сельского хозяйства.

Неразрывным единством науки и практики проникнут великий сталинский план преобразования природы степных и лесостепных районов европейской части Советского Союза. План предусматривает выполнение комплекса агрономических и мелиоративных мероприятий, именуемого травопольной системой земледелия, которая основана на учении выдающихся русских учёных — агрономов В. В. Докучаева, П. А. Костычева, В. Р. Вильямса.

Выполнение этого плана приведёт не только к улучшению физических и химических свойств почвы, но также к овладению водным и воздушным режимами обширнейшей площади. Существенным звеном этого плана является создание грандиозных лесозащитных полос, строительство прудов и водоёмов с целью борьбы с засухой и поднятия урожаев.

Гигантские стройки коммунизма — строительство Куйбышевской и Сталинградской электростанций на Волге, строительство Главного Туркменского канала Аму-Дарья — Краснодарск, строительство Каховской электростанции на Днепре и Южно-Украинского и Северо-Крымского каналов, строительство Волго-Довского судоходного канала — столь же величественные деяния сталинской эпохи. Кроме использования промышленностью и сельским хозяйством мощной энергии наших великих рек, их воды будут направлены на создание огромных водных пространств, на орошение и обводнение необозримых степей и пустынь, на уничтожение засухи и суховеев в местах их возникновения.

Все эти мероприятия, осуществляемые сейчас народами СССР, увеличат площадь возделываемых земель, обеспечат получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и увеличат благосостояние народов и могущество нашей Родины.

МОРФОЛОГИЯ И АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ С ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ ОБОСНОВАНИЯМИ

Глава I

ПОНЯТИЕ О РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНАХ, О ВИДАХ, РОДАХ, СЕМЕЙСТВАХ И КЛАССАХ

1. ОРГАНЫ РАСТЕНИЯ

Рассматривая травянистое цветковое растение, выкопанное из земли и отмытое от неё, мы замечаем, что растение состоит из корня, стебля, листьев, цветков, плодов и семян. Все эти части называются органами растения.

Для примера возьмём декоративный табак (*Nicotiana affinis*), цветущий до самой глубокой осени и имеющий крупные цветки (рис. 1).

Разберём его внешнее строение.

Главный корень у табака — стержневой, с боковыми корнями. Выкопать корень целиком не удаётся, так как тонкая часть его, идущая глубоко в землю, отрывается. Боковые корни разветвляются и заканчиваются корневыми мочками, т. е. тончайшими корешками, к которым плотно прилипают частицы почвы. Слипание с почвой происходит благодаря корневым волоскам, обильно покрывающим корневые мочки. Простым глазом трудно рассмотреть корневые волоски. Главный корень, боковые корни, корневые мочки и корневые волоски образуют корневую систему табака. Через корневую систему в растение поступают вода и растворённые в ней минеральные соли, нужные растению для роста и развития. Кроме того, с помощью корней растения прикрепляются к земле. Из корневой системы вода и минеральные соли поступают в стебель, по которому они направляются в листья. Большая часть воды при этом испаряется через листья.

Место перехода корня в стебель утолщено. Это утолщение находится ниже поверхности земли и называется корневым шейкой.

Стебель у табака зелёный, травянистый, прямостоячий, ветвистый, круглый, покрыт железистыми волосками, так же как и другие надземные части растения. Стебель является проводником



Рис. 1. Табак (*Nicotiana affinis*) из семейства паслёновых:

1 — главный корень с боковыми корнями, корневыми мочками и корневой шейкой;
 2 — часть стебля с двумя продолговато-заостренными перистопервыми, низбегающими листьями, из пазух которых развиваются боковые побеги; 3 — душистые цветки табака, раскрывающиеся ночью и опыляемые ночной бабочкой.

питательных веществ; он несёт на себе листья. Места прикрепления листьев к стеблю называются **узлами**, а промежутки между узлами — **междоузлиями**.

Лист состоит из **черешка** и **пластинки**. С помощью черешка лист прикрепляется к стеблю. Если черешок отсутствует, то лист называется **сидячим**. Угол между черешком листа и стеблем называется **пазухой** листа. В пазухе листа развивается почка. Верхние листья отличаются от нижних меньшей величиной. У табака пластинка листа избегает на стебель, отчего стебли кажутся крылатыми. Пластинка листа табака продолговато-заострённая, цельнокрайняя. На ней видны жилки, разветвляющиеся под углом и в виде пера. Такое расположение жилок, или, как говорят, **жилкование**, называется **перистым**. Жилки придают прочность листу и проводят по листу растворённые вещества. По жилкам в лист притекают вода и различные соли, а из листа происходит отток органических веществ.

Роль листьев заключается в процессе ассимиляции углерода и в испарении воды. В дальнейшем мы подробнее познакомимся с этими процессами, а теперь лишь отметим, что под ассимиляцией углерода, или фотосинтезом, подразумевается образование в листе сахара и первичного крахмала. Зелёное вещество — **хлорофилл**, придающее листу окраску, играет при этом важную роль. Ассимиляция совершается зелёным листом только на свету. Вот почему хорошее развитие растения связано со светом. Образование сахара (и крахмала) совершается за счёт воды, притекающей в лист по жилкам, и за счёт углекислого газа, поступающего в лист из воздуха. Из листа в воздух выделяется газ — **кислород**. Кроме того, листья испаряют в окружающий воздух воду.

Цветок образуется из **бутона**, который в молодом возрасте имеет вид почки. Стеблевой частью цветка являются **цветоножка** и **цветоложе**; с помощью цветоножки цветок прикрепляется к стеблю, а к цветоложу прикрепляются все остальные части цветка. Наружный круг листиков — **чашечка** — состоит из пяти **чашелистиков** зеленоватого цвета, сросшихся между собой и прижатых к **венчику**. Внутренний круг листиков — **венчик** — состоит из пяти **лепестков**, сросшихся в нижней части в длинную трубочку. Чашечка и венчик цветка вместе называются **околоцветником**. Околоцветник играет двоякую роль: с одной стороны, он является защитой для расположенных внутри цветка наиболее важных частей его, а с другой — яркие белые лепестки венчика являются сигнализаторами для насекомых, посещающих цветок ради **нектара**, который находится внутри цветка. Днём цветки табака бывают обычно закрыты; а раскрываются они вечером и ночью и в это время издают особенный аромат, привлекающий ночных бабочек (рис. 2).

Внутри цветка находятся третий и четвёртый круги листиков, сильно видоизменившихся. Третий круг образует **андроцею**

(androseum) ¹ цветка, состоящий из пяти тычинок, прикреплённых к трубочке венчика, а четвёртый круг листиков, или, как их называют, плодолистиков, образует гинецей (gynaeceum) ² цветка, называемый иначе пестиком. При основании пестика находится нектарник, выделяющий сладкий сок — нектар. Каждая тычинка состоит из тонкой части — тычиноч-

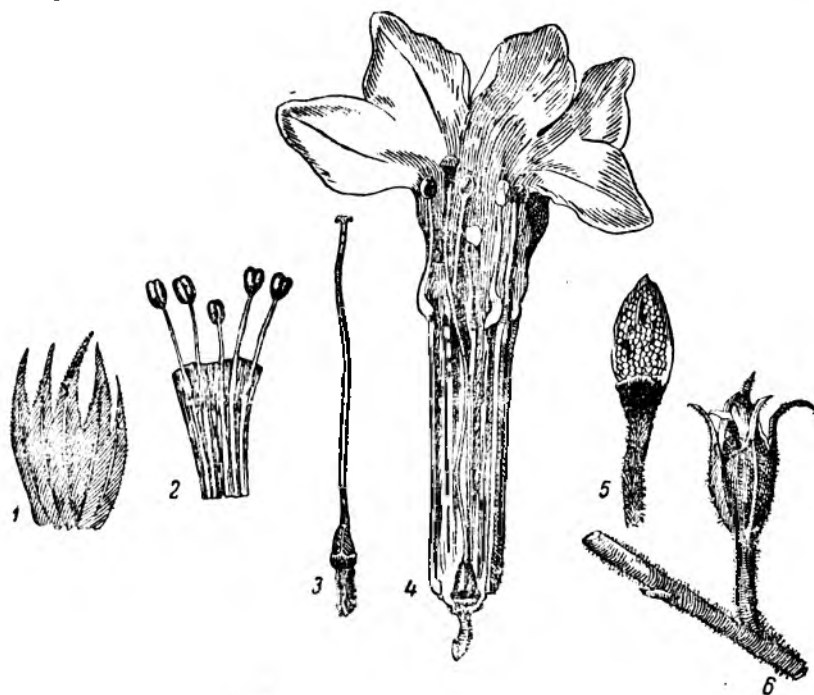


Рис. 2. Вскрытый цветок душистого табака, его части и плод:

1 — сростнолистная чашечка; 2 — пять тычинок, приросших к трубочке венчика (лопасти венчика удалены); 3 — пестик; 4 — вскрытый цветок: видны лопасти венчика и трубочка, указывающие на срастание пяти лепестков (внизу — цветоножка); 5 — закрытый плод — коробочка; 6 — внешний вид плода.

и о й н и т и и из утолщения наверху — пы л ь н и к а. В пы л ь н и к е созревают мельчайшие пыльцевые зёрна (пыльца), внутри которых развиваются мужские половые клетки, называемые ещё мужскими гаметами.

Пестик состоит из завязи — нижней части, длинного столбика — средней части и рыльца — верхней части. Внутри завязи находятся семязпочки, а внутри каждой из них образуется женская половая клетка, называемая яйцеклеткой, или женской гаметой. Пестик цветка, именно завязь, превращается в плод. Это

¹ Андроей — жилище («ойкос») мужчины («андрос»).

² Гинецей — жилище («ойкос») женщины («гине»). Многие ботанические термины произошли от греческих слов.

превращение происходит обычно в том случае, если пыльцевые зёрна попадут на рыльце пестика и произойдёт оплодотворение, причём перенос пыльцы может происходить внутри одного цветка, но чаще происходит и между цветками различных особей.

У табака и вообще у многих растений перенос пыльцы происходит ночью с помощью насекомых, но у других он совершается с помощью ветра. Процесс переноса пыльцы с тычинок на рыльце пестика называется опылением, за которым следует ещё оплодотворение, т. е. слияние мужских половых клеток с женскими. Подробности этих процессов мы изучим позднее, а теперь заметим, что цветки служат для образования плодов и семян.

Плод табака называется коробочкой. Он развивается из завязи пестика. Коробочка окружена долго сохраняющейся чашечкой. Внутри коробочки созревает множество семян, прикреплённых к семяносу. С помощью семян происходит размножение и распространение растений. Плод прикреплён к стеблю с помощью плодоножки.

Табак — однолетнее растение: за один вегетационный период он проходит цикл своего развития.

Из нашего обзора растения мы можем сделать вывод, что функции органов растения различны. Корень, стебель и лист — вегетативные органы (от слова «вегетация» — произрастание). Иначе их называют органами роста и органами питания растения. Основная роль вегетативных органов — выработка органических веществ, нужных для процесса цветения и плодоношения.

Цветок, плод и семя — органы размножения и распространения растений. Процессы размножения и распространения слагаются из опыления, оплодотворения, созревания и рассеивания плодов и семян. Если мы сравним семя табака со взрослым растением, то легко можем представить себе, что за время развития растение вырабатывает и накапливает в себе громадное количество питательных веществ.

Уже беглое знакомство с растением показывает нам, что органы растения тесно связаны между собой в единое целое. Функции одного органа находятся в полной зависимости от функций другого. До цветения в растении накапливаются сахар и другие питательные вещества. Накопление веществ происходит вследствие одновременной работы и взаимодействия корня, стебля и листа. Нарушение функций одного из органов вызывает остановку работы других. В случае объедания листьев гусеницами растение останавливается в своём росте и развитии или совсем погибает. Накопившиеся в растении вещества в момент цветения и плодоношения переходят в новые формы и затрачиваются на образование бутонов, цветков, плодов и семян.

Расчленение растений на органы имеет место у листостебельных растений (Cormophyta), куда относятся цветковые

растения, а также папоротникообразные и мхи. Последние имеют только стебли и листья, но не имеют корней. Среди мхов попадаются и такие, у которых отсутствуют стебли и листья, а всё растение состоит лишь из слоевища, или таллома, совмещающего в себе функции всех органов. К таким мхам относится, например, маршанция (*Marchantia polymorpha*) (рис. 155), у которой слоевище имеет вид зелёной пластинки, расчленённой на лопасти, напоминающие лопасти печени, почему маршанцию называют ещё «печёночным мхом». Низшие растения — лишайники, грибы, водоросли — никогда не образуют корней, стеблей и листьев. Их слоевище имеет своеобразную форму: то в виде пластинок, то в виде шляпки и пенька, в виде паутиннообразной грибницы или в виде одиночных нитей или нитей, причудливо переплетающихся между собой. К низшим растениям относятся также бактерии. Бактерии и некоторые водоросли состоят всего из одной клетки.

Низшие растения называются в ботанике слоевыми, или талломными (*Thallophyta*). Их мы изучим в курсе систематики.

2. ПОНЯТИЯ ВИДА, РОДА, СЕМЕЙСТВА

В ботанике ещё со времён Линнея принята двойная, или, как говорят, бинарная, номенклатура растений, т. е. всякое растение называется двойным латинским термином — родовым и видовым, например: клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), клевер белый ползучий (*Trifolium repens* L.), клевер гибридный (*Trifolium hybridum* L.). Буква L. показывает, что название дано Линнеем.

Разъясним понятие вида на общеизвестных кормовых растениях из рода «клевер» (*Trifolium*) (рис. 3).

Клевер красный луговой (*Trifolium pratense* L.) обладает определённой совокупностью признаков, передаваемых своему потомству. Он имеет прямостоячие ветвистые стебли, тройчатые листья, большие шаровидные соцветия — головки, имеющие лилово-красные цветки с пятизубчатой волосистой чашечкой, со сростнолепестным засыхающим венчиком мотылькового типа, с десятью тычинками и одним пестиком, превращающимся в односемянной боб.

Клевер белый, или ползучий (*Trifolium repens* L.), имеет ползущие по земле, укореняющиеся стебли. от которых отходят вверх тройчатые листья, сидящие на длинных черешках, и белые головки цветков, сидящие на длинных цветоносах. Цветки также мотылькового типа, но обладают венчиками с более короткими трубками и являются лучшими медоносами, чем первые, вследствие большей доступности нектара.

Оба растения, в одно и то же время сходные между собой и имеющие заметные отличия, относятся к одному и тому же роду — клеверу, но к двум разным видам. Род — клевер имеет больше

тридцати видов, отличающихся между собой вполне определёнными признаками. Как бы промежуточное место между красным и белым клевером занимает краснобелый, или гибридный, клевер (*Trifolium hybridum* L.), имеющий приподнимающиеся стебли и головки с цветками, похожими на белый клевер, но розового цвета.

При сравнении многих растений одного и того же вида между собой можно заметить, что все они сходны во всех главнейших признаках, за исключением индивидуальных особенностей (величины, числа цветков, числа листьев и других мелких признаков). Совершенно иное впечатление получается, если мы начинаем сравнивать экземпляры всех трёх видов между собой; тогда видовые особенности выступают особенно резко. Мы можем назвать ещё несколько видов клевера, например клевер средний (*Trifolium medium* L.), очень похожий на луговой клевер, но отличающийся от последнего более крупными и более пурпуровыми головками без обвёрток, с чашечками, лишёнными волосков, со стеблями угловато изогнутыми. Не присмотревшись внимательно, его не отличишь от красного клевера. Клевер горный (*Trifolium montanum* L.) имеет белые головки, но стебли, в отличие от белого клевера, прямостоячие.

Перечисленные выше клевера являются хорошими кормовыми травами, причём лучшими из всех являются клевер луговой, растущий на лугах и возделываемый на полях, и клевер ползучий, который, благодаря своим ползучим стеблям, незаменим на пастбищах, так как прекрасно выносит вытаптывание.

Из других клеверов можно указать ещё на однолетние клевера. Из этих видов клеверов в виде сорняков встречаются клевер полевой (*Trifolium agrarium* L.) с жёлтыми, позднее бурящими головками и клевер пашенный, или котик (*Trifolium arvense* L.), с мохнато-пушистыми стеблями, листьями и особенно головками, у которых чашелистики густо покрыты оттопыренными волосками, а венчики едва заметные, розовато-белые.

Все описанные выше виды клеверов имеют между собой много общих признаков. Таковыми являются соцветия — головки (продолговатые и круглые), венчики спайнолепестные, не опадающие после цветения, десять тычинок, из которых одна свободна, а девять срослись основаниями в трубочку и приросли к венчику, прилистники, приросшие к черешкам, плоды мелкие, содержащие от одного до четырёх семян. Все виды клеверов соединены в один род — клевер (*Trifolium*).

Другой сходный с клевером род — люцерна (*Medicago*) — обладает несколькими признаками, а именно: цветки в кистях, завязь изогнута от основания, плоды улиткообразно или серповидно изогнутые. Листья тройчатые, но отличаются от клеверных более длинным черешком среднего листочка.

Люцерна посевная (*Medicago sativa* L.) — прекрасная кормовая трава, не уступающая клеверу (рис. 4). Она



Рис. 3. Различные виды клевера:

I — Клевер луговой (*Trifolium pratense*): 1 — общий вид растения; 2 — соцветие — головка; 3 — головка в разрезе; 4 — цветок клевера; 5 — цветок в разрезе: а — чашечка, б — длинный зубчик чашечки, в — трубочка венчика, г — парус, д — весло, е — свободная тычинка, ж — завязь, з — столбик, к — рыльце, л — пыльник. II — Клевер ползучий (*Trifolium repens*). III — Клевер гибридный (*Trifolium hybridum*).

возделывается на полях в южных районах, хотя северная граница её распространения доходит до Московской области. Люцерна имеет многоцветковые кисти с сине-фиолетовыми медоносными цветками, пушистые бобы, спирально загнутые, образующие до $3\frac{1}{2}$ оборотов, стебли прямые, до 1,2 м. Корень углубляется до 2 м, а иногда уходит и на 15 м.

Люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.) имеет бобы почти прямые или дугообразно согнутые, кисти мелкие, много-



Рис. 4.

I — Люцерна посевная (*Medicago sativa*): А — цветок; В — плод. II — Эспарцет посевной (*Onobrychis sativa*): В — цветок; Г — плод.

цветковые, сжатые, с жёлтыми цветками. Высота растения 20—60 см. Прилистники ланцетные, нижние — зубчатые. Кормовые качества растения ниже предыдущего.

Люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.) имеет бобы почковидно согнутые и лишь на верхушке закрученные. Прилистники овальные, почти цельные. Соцветия — мелкие, головчатые кисти с жёлтыми цветками. Стебли обыкновенно лежачие. Кормовое значение ничтожно.

Всего видов люцерны у нас встречается более 10.

На этих примерах мы видим, что каждый растительный вид отличается от другого вида иногда мало заметными признаками, а иногда признаками, резко бросающимися в глаза. Кроме того, виды отличаются между собой не одним признаком, но совокупностью нескольких признаков, а также большим постоянством в передаче своих особенностей потомству. Линней описал все перечисленные виды клеверов и множество других растений, и до сих пор, т. е. через 180 лет, эти растения сохраняют свои признаки как бы неизменными. Но эта кажущаяся устойчивость видов становится понятной, если мы примем во внимание, что дикорастущие виды создавались (и существуют) в течение не десятков и не сотен лет, а многих тысячелетий. (О видах, внутривидовых и межродовых взаимоотношениях см. стр. 14, 15 и 19).

Рассмотрим ещё третий род — эспарцет (*Onobrychis*) (рис. 4, II). Он имеет непарноперистые листья, цветки в кистях,

плод — боб сплюснутый, орешковидный, односеменной, снабжённый шишками и сетчато расположенными жилками. Цветки розовато-пурпуровые, медоносные. Видов эспарцета встречается несколько, но наибольшее значение из них имеет как кормовое растение эспарцет посевной (*Onobrychis sativa* L.).

Разобранные нами три рода растений имеют между собой сходство в ряде бросающихся в глаза признаков, и потому они относятся к одному подсемейству мотыльковых растений (входящих в более обширную группу — семейство бобовых).

Мотыльковые растения — травы, реже — кустарники и деревья. Листорасположение очередное, листья сложные (за исключением дрока), то тройчатые, то пальчатые, то перистые, с прилистниками. Цветки в кистях или в головках неправильные, венчик пятилепестный, мотылькового типа, у клевера лепестки срастаются в трубочку, чашечка сростнолистная с пятью зубчиками, тычинок 10, сросшихся нитями в трубочку (одни братственные) или имеющих одну тычинку свободную (два братственные). Пестик один, с одногнездной завязью или разделённый ложными перегородками. Плод — боб односеменной или многосеменной, раскрывающийся или нераскрывающийся. Все мотыльковые растения — азотсобиратели, на корнях имеют клубеньки. С помощью бактерий, поселяющихся в клубеньках, они используют азот воздуха для образования белковых веществ. Корни стержневые, глубоко распространяющиеся. Многие из мотыльковых являются ценными кормовыми травами. Все органы, особенно семена, богаты белковыми веществами.

Кроме перечисленных выше растений, к бобовым относится много других родов и видов, которые мы рассмотрим в другом месте.

Итак, род — группа близких между собой видов, имеющих сходство в основном строении цветков, плодов и семян и различающихся второстепенными особенностями (формой листьев, стеблей, соцветий, опушением, окраской венчиков, семян и т. п.).

Семейство — более обширная группа, состоящая из близких и родственных между собой родов, похожих друг на друга как по строению органов размножения и распространения, так иногда и по строению вегетативных органов. Поясним это ещё одним примером. Семейство злаков — обширная группа растений, состоящая из многих родов: ячмень, пшеница, овёс, кукуруза, мятлик, костёр и др. Каждый из этих родов распадается на виды, например ячмень двурядный (*Hordeum distichum* L.), ячмень обыкновенный четырёхрядный (*Hordeum vulgare* L.), ячмень шестирядный (*Hordeum hexastichum* L.) (рис. 244).

Сходные семейства растений соединяются в порядки, порядки — в классы, классы — в типы, а последние — в отделы (низшие, или талломные, и высшие, или листостебельные). Подробнее о классификации растений мы будем говорить в курсе

систематики растений, а сейчас дадим лишь самое краткое представление о двух классах цветковых растений: двудольных (Dicotyledones) и однодольных (Monocotyledones), так как на них нам придётся сослаться при дальнейшем изложении.

Двудольные (клевер, вика, подсолнечник и пр.) характеризуются двумя семядолями в зародыше семени; присутствием главного корня, остающегося в течение всего развития растения или только в начале развития; наличием в стебле открытых сосудисто-волокнистых пучков, располагающихся в один круг, и присутствием камбия в стебле; сетчатонервным жилкованием простых и сложных листьев и пятерным, четверным или многоочленным типом строения цветка.

Однодольные (овёс, осока, лилия и др.) растения характеризуются наличием одной семядоли в зародыше семени; мочковатой системой корней; разбросанными замкнутыми сосудисто-волокнистыми пучками и отсутствием камбия; параллельным или дугонервным жилкованием цельнокрайних удлинённых простых листьев; трёхчленным типом строения цветка.

Глава II

РАСТИТЕЛЬНЫЕ КЛЕТКИ, ВКЛЮЧЕНИЯ, НАХОДЯЩИЕСЯ В НИХ, РАЗМНОЖЕНИЕ КЛЕТОК, КЛЕТКИ И РАСТИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ

1. РАСТИТЕЛЬНЫЕ КЛЕТКИ И ИХ ЧАСТИ

Все органы высшего цветкового растения состоят из множества клеток, т. е. мельчайших замкнутых самостоятельных пузырьков, или камер, наполненных полужидким содержимым и разделённых плотными стенками, в большинстве способными пропускать через себя жидкие вещества. Обычно клетки невидимы не только простым глазом, но даже в лупу, а потому для рассматривания их употребляется микроскоп.

Среди растительных клеток попадаются клетки «гиганты», которые могут быть заметны простым глазом или в лупу. Например, при разламывании зрелого яблока мы видим блестящие точки — пузырьки, из которых состоит мякоть плода. То же мы видим на тонких ломтиках зрелого арбуза. Корневые волоски — одноклеточные образования — иногда достигают 2—8 мм длины и становятся заметными. Волокна стебля льна — это клетки, вытянутые в длину, достигающие 4 см и больше, а волокна хлопчатника имеют ещё большую длину. Клетки некоторых водорослей (*Chara*, *Nitella*) достигают в длину 10 см. Однако обычная величина клеток цветковых растений колеблется в пределах от 10 до 60 μ ¹. Наименьшей величиной обладают клетки одноклеточных

¹ Один микроп (μ) равен 0,001 мм.

организмов — бактерий: от 0,5 до 10 μ . Обнаружить клеточное строение растений в большинстве случаев возможно при увеличении в 60—80 раз, но для изучения строения клеток растений приходится употреблять увеличения в 400—600 раз, а иногда и свыше 1000.

Термин «к л е т к а» дан был одним из первых исследователей Робертом Гуком в середине XVII в. Первые исследователи сравнивали строение растений с пчелиными сотами. Главное внимание они обращали на разнообразнейшие формы клеток, встречающиеся в различных органах растения. Резко ограниченная форма растительных клеток зависит от оболочки, которая покрывает содержимое клетки (рис. 5). Внутри молодой живой клетки находится содержимое (протопласт), состоящее обычно из протоплазмы — зернисто-слизистой массы, называемой иначе цитоплазмой, и из клеточного ядра. По мере роста, в клеточной протоплазме появляются полости — в а к у о л и, содержащие клеточный сок.

В протоплазме встречаются ещё пластиды и хондриосомы — живые части клетки, а также различные включения. Клетки бывают и шаровидные, и четырёхгранные, и многогранные, и звездчатые, и ветвистые, и, наконец, столь сложной формы, что одна клетка напоминает собой целое растение, как это наблюдается у водорослей ботридия (*Botrydium*) и каулерпы (*Caulerpa*) (рис. 122) ¹. Иногда клетки сильно вытягиваются в длину, приобретают заострённую веретеновидную форму. Такие клетки принято называть прозенхимными, в отличие от паренхимных, у которых развитие во всех направлениях происходит приблизительно одинаково.

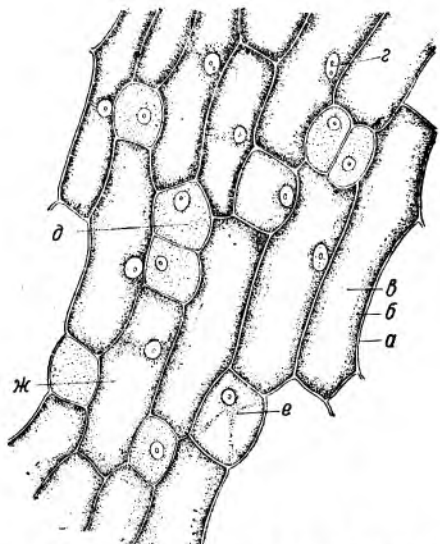


Рис. 5. Растительные клетки кожицы луковичной чешуи (сильно увеличенные):

а — оболочка; б — протоплазма; в — вакуоля; г — ядро и ядрышки; д — клетка молодая; е — клетка среднего возраста; ж — клетка более старая.

¹ Эти водоросли, а также вошеры описаны в главе IX. Отсутствие подразделения тела у них на многочисленные клетки даёт повод некоторым учёным относить эти растения к неклеточным организмам, существование которых имеет место также среди животных.

Протоплазма

Протоплазма клетки — обычно полужидкое, прозрачное и бесцветное вещество, наполняющее всю полость в молодой клетке, а в более старой она выстилает оболочку изнутри и пронизывает всю полость клетки в виде тончайших нитей. Протоплазма отличается чрезвычайной сложностью своего химического состава и своей структуры. Белковые вещества, состоящие из углерода (C), водорода (H), кислорода (O), азота (N) и серы (S), являются её главной составной частью. Помимо белковых веществ, в протоплазму включены продукты жизнедеятельности клетки — жиры (липоиды), углеводы, алкалоиды, глюкозиды, энзимы и продукты распада белковых веществ — аминокислоты, а также разнообразные минеральные вещества ¹.

Химическая реакция протоплазмы — щелочная: она окрашивает красный лакмус в синий цвет. В растительных клетках, находящихся в активной стадии жизни, протоплазма содержит в себе около 70—80% воды, вследствие чего она имеет жидкую, слизистую консистенцию и обладает способностью переливаться. В клетках, находящихся в периоде покоя (в покоящихся семенах, в слоевище лишайников и т. п.), протоплазма содержит мало воды (10—15%) и имеет вид плотной, тягучей массы. При детальном рассмотрении в протоплазме обнаруживаются два слоя: наружный, более прозрачный — **плёчатый** (плазмалемма), и внутренний — **зернистый**, образующий основную массу протоплазмы (мезоплазма). Плазмалемма — тончайшая плёнка; помимо белковых веществ, содержит в себе много липоидов. Она отличается полупроницаемостью, т. е. способностью неравномерно пропускать через себя различные вещества. В клетках, имеющих вакуоли, слой протоплазмы, примыкающий к клеточному соку, также состоит из плёнки, обогащённой липоидами (тонопласт). Этот слой также регулирует обмен веществ между клеточным соком и наружной средой. Полупроницаемостью обладает только живая протоплазма. Примером может служить следующий опыт: из красной свёклы вырежем два кусочка одинаковой величины, обмоем их водой и положим один — в стакан с кипящей водой, а другой — в стакан с холодной водой. Горячая вода убивает протоплазму, и плёчатый слой её теряет способность удерживать в клетках краску — вода окрашивается. Холодная вода с кусочком свёклы долго будет оставаться бесцветной.

Зернистый слой протоплазмы состоит из жидкости, в которую вкраплены мелкие зёрнышки, называемые **микросомами**. Помимо микросом, в протоплазме можно заметить **хондриосомы**, т. е. тонкие палочки или короткие нити. Есть основание думать, что хондриосомы превращаются в более

¹ Об этих веществах подробнее сказано в главе XII.

крупные тельца — пластиды, о которых мы будем говорить дальше.

Строение протоплазмы изучено ещё недостаточно; оно не отличается постоянством и изменяется от незначительных изменений внешней среды. При изучении протоплазмы клетки фиксируют, т. е. убивают спиртом или другими жидкостями, затем красят красками. При этом строение протоплазмы несомненно изменяется. От воды протоплазма желтеет; от азотной кислоты она также при-

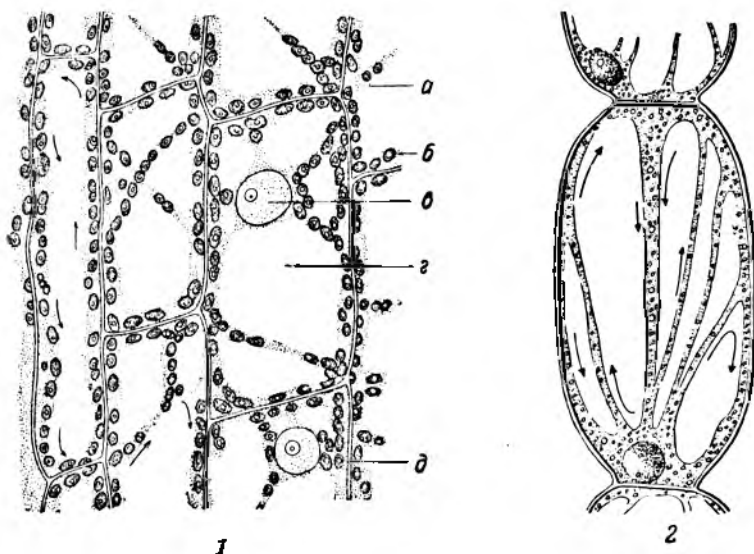


Рис. 6. Движение протоплазмы:

1 — вращательное, в клетке листа элодеи: а — протоплазма, б — хлоропласты, в — ядро и нуклеолюс, г — вакуоля, д — оболочка; 2 — струйчатое движение в клетке волоска традесканции.

нимает жёлтую окраску; от раствора сахара и серной кислоты окрашивается в красный цвет. Анилиновыми красками протоплазма красится в синий или в зелёный цвет.

Протоплазма многих растений находится в движении (рис. 6). Различают струйчатое движение её и вращательное. Струйчатое движение протоплазмы можно наблюдать в волосках тыквы, в волосках тычиночных нитей традесканции, в волосках крапивы, в мякоти плодов арбуза, помидора, в корневых волосках водокраса (*Hydrocharis morsus ranae*). Струйчатое движение наблюдается в клетках, которые имеют не только слой протоплазмы, расположенной возле стенок, но также много нитей её, тянущихся к ядру. В этих нитях наблюдаются токи протоплазмы, заметные по перемещению мельчайших зёрнышек (микросом и хондриосом), по направлению к ядру и в противоположном направлении. Вращательное, или круговое, движение протоплазмы наблюдается в клетках, которые имеют только

стенкоположный слой её. В этих клетках протоплазма течёт вдоль оболочки внутри клетки, доходит до угла её, перетекает на боковую и на противоположную оболочку и движется в обратном направлении. Клеточное ядро и пластиды увлекаются током протоплазмы и делают движение более заметным. Вращательное движение протоплазмы удобно наблюдать в клетках листа валлиснерии (*Vallisneria*), в клетках листа элодеи (*Helodea*) и в крупных клетках водоросли нителлы (*Nitella*). Если движение протоплазмы наблюдается в нормальных условиях жизни клетки на неповреждённых растениях, например в волосках растений, в пыльцевых трубках, в клетках водорослей, то его называют **первичным движением**. Если же движение протоплазмы возникает в клетках в результате повреждения растений, например в оторванном листе элодеи или на срезе тканей листа валлиснерии, то оно называется **вторичным движением**. Скорость движения увеличивается с повышением температуры, но до известного предела. Скорость движения протоплазмы ничтожна; она равна примерно скорости движения минутной стрелки карманных часов, но под микроскопом, вследствие значительного увеличения, она кажется довольно большой. Ядовитые жидкости убивают протоплазму, а со смертью её движение прекращается. Значение этого интересного явления до сих пор не совсем ясно; предполагают, что благодаря движению протоплазмы облегчается обмен веществ между клетками. Условия окружающей среды оказывают сильное влияние на жизненные свойства протоплазмы. Нагревание до 50—60° убивает протоплазму, так как белковые вещества при этом свёртываются. Споры низших растений погибают при 100° и выше. Некоторые водоросли и бактерии живут в воде горячих источников при температуре 50—70° и больше, семена многих растений выносят низкие температуры до —70—80°, а споры бактерий даже до —250°.

Клеточное ядро

Клеточное ядро всегда располагается в клеточной протоплазме. Это — необходимая часть всех клеток, но у бактерий и сине-зелёных водорослей оно незаметно, так как ядерное вещество у них распределено по всей протоплазме. В каждой растительной клетке имеется обычно по одному ядру, и только в клетках некоторых грибов и водорослей их встречается по два, по несколько или много. Млечные сосуды и зародышевые мешки семенных растений также многоядерны. Ядро обычно имеет шаровидную или эллипсоидную форму, но в прозенхимных клетках оно принимает веретеновидную форму.

Ядро, как и протоплазма, коллоидного строения; оно обладает более густой консистенцией, сильнее преломляет свет. В живой клетке ядро кажется бесструктурным (гомогенным), состоящим из однородной массы ядерного вещества (кариоплазмы), иногда слегка

зернистой с одним или несколькими бесцветными ядрышками и часто с более плотной оболочкой. По сравнению с протоплазмой ядро и особенно ядрышки окрашиваются реактивами в более яркие цвета и потому делаются более заметными. При изучении ядра и вообще клетки всегда применялся метод фиксации крепким спиртом и другими ядовитыми жидкостями, после чего ядра окрашивались анилиновыми красками. В убитом и окрашенном ядре происходит свёртывание белков, и тогда внутри его появляется ядерная сеть, состоящая из вещества неокрашенного (ахроматина), в которое вкраплены мелкие зёрна вещества, легко поддающегося окраске (хроматина). Предполагалось, что в петлях ядерной сети находится ядерный сок (кариоплазма). Современные исследования советского учёного Н. В. Макарова показывают, что в живых нормальных клетках ядерные структуры обычно отсутствуют, а появляются они при действии фиксаторов, убивающих клетки и вызывающих свёртывание белков. Применяя для обработки клеток четырёхокись осмия, Н. В. Макаров получает фиксированные препараты микроскопического строения ядра, соответствующие приближенному его строению.

По химическому составу клеточные ядра отличаются от протоплазмы тем, что они содержат в себе особые белки (нуклеопротеиды), в которые, кроме С, Н, О, N и S, входит ещё Р (фосфор). От иода ядра окрашиваются в бурый цвет, от фуксина — в красный, от метиленовой синьки — в синий. От реактивов на белки ядра окрашиваются так же, как и протоплазма, но в более интенсивный цвет.

Ядро имеет важное значение в жизни клетки; полагают, что с ним связаны многие функции клетки. Искусственное расчленение крупных клеток на две половины показывает, что дальнейшее развитие приобретают только те половинки, которые имеют в своей протоплазме ядра, при этом протоплазма окружается клеточной оболочкой. Безъядерные же участки протоплазмы или отмирают или рост их прекращается. Русский учёный Герасимов в 90-х годах прошлого века производил опыты с клетками водоросли спирогиры. Он искусственно получал селъядерные и двухъядерные клетки и заметил, что клетки без ядра, в отличие от клеток с одним ядром, жить не могут, а клетки с двумя ядрами приобретают способность к усиленному развитию и делению. По мнению многих учёных, ядра выделяют из себя необходимые для жизни окислительные вещества (ферменты оксидазы), а также вещества, способствующие пищеварительной деятельности клеток. Кроме столь важной жизненной функции клеточных ядер, они играют ещё вместе с протоплазмой важную роль при размножении клеток. Клеточные ядра образуются из других ядер путём деления (см. дальше — митоз). Однако нельзя считать роль ядра окончательно выясненной. Формальные генетики приписывали клеточному ядру исключительную роль в передаче наследственных свойств организма. Мичуринская наука разрушила эту ложную теорию и доказала,

что наследственностью обладает не только клеточное ядро, но и всякая другая частица клетки, вся клетка в целом, каждая ткань, каждый орган растения и даже соки, циркулирующие по растению и питающие его.

Пластиды: хлоропласты, лейкопласты и хромопласты

Кроме разобранных нами частей растительных клеток (протоплазма, ядро), очень часто в них встречаются **пластиды**, являющиеся составной частью протопласта.

Пластиды — это различной формы тельца, встречающиеся в клеточной протоплазме. Они бывают трёх родов: зелёные

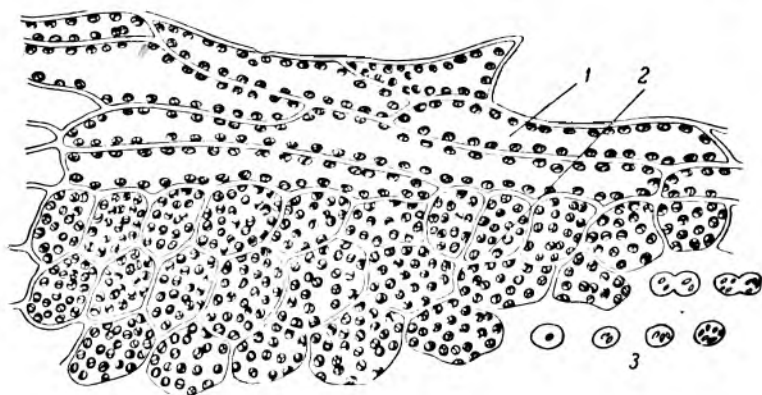


Рис. 7. Клетки листа мха *Mnium*, наполненные хлоропластами:

1 — клетки края листа удлинённые, с заострёнными концами (прозенхимные); 2 — клетки равномерно развитые (паренхимные); 3 — хлоропласты, сильно увеличенные, в состоянии деления и образования первичного крамла.

пластиды, называемые хлоропластами, **цветные** (красные, жёлтые, оранжевые) — хромопластами, **бесцветные** — лейкопластами.

Хлоропласты, или хлорофилловые зёрна, широко распространены у растений. У высших растений они имеют форму округлых или многогранных зелёных зёрен. Зелёный цвет растительности полей, лугов и лесов весной и летом зависит от хлоропластов. Чаще всего в зелёный цвет бывают окрашены листья и стебли. Если возьмём зелёные листья и положим их в спирт, то через некоторое время спирт окрасится в зелёный цвет, а листья станут бесцветными; это значит, что спирт растворил в себе зелёную краску — хлорофилл, которым были пропитаны многочисленные хлоропласты, находящиеся в клетках листьев. Лучшее всего хлоропласты можно увидеть в листьях мха (например *Mnium*), так как последние состоят из одного слоя клеток (рис. 7). Под микроскопом мы увидим, что в клетках листа встречается множество зелёных зёрен круглой, немного сплюснутой формы. Каждое

зерно состоит из основы (или стромы), пропитанной, как губка, зелёной краской — хлорофиллом, образующимся в растениях обычно на свету. Если листья перед исследованием их находились на свету, то в хлоропластах можно заметить белые крупинки образовавшегося на свету первичного крахмала. За ночь крахмал обычно исчезает из хлоропластов, превращаясь в сахар, который идёт на питание растений. Размножаются хлоропласты путём перетягивания на две половинки (рис. 7).

Образование крахмала происходит за счёт воды, притекающей к хлоропластам, и за счёт углекислого газа воздуха, имеющего также свободный доступ к ним. Освободившийся при этом кислород выделяется в воздух. Процесс образования крахмала в хлоропластах называется ассимиляцией, или усвоением углерода. Так как этот процесс совершается при посредстве лучей света, то он носит теперь название фотосинтеза. В хлоропластах вырабатываются органические вещества, идущие на питание организмов, населяющих земной шар. Благодаря хлоропластам атмосфера пополняется живительным кислородом. Хлоропласты находятся

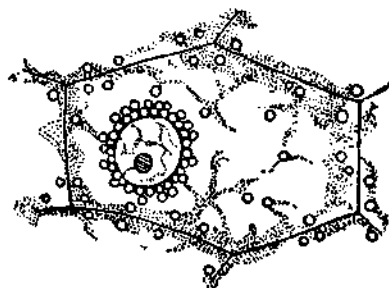


Рис. 8. Лейкопласты в клетках эндосперма зерновки кукурузы.

в мякоти зелёных листьев, в замыкающих клетках устьиц, в клетках травянистых стеблей, в коре молодых деревьев, редко в придаточных корнях (например у кукурузы), иногда в волосках кожицы (у тыквы) и редко в клетках эпидермиса (у папоротников, а иногда и покрытосеменных). Число их в клетках сильно меняется, от 20 до 50, а размеры колеблются от 4 до 6 м.

У некоторых водорослей вместо хлорофилловых зёрен находятся зелёные хроматофоры, имеющие форму то спиральных лент с неровными краями (*Spirogyra*), то чаще образных телец (*Chlamydomonas*), то звёздчатых пластинок (*Zygnema*). Хроматофоры имеют пиреноиды, т. е. мелкие неокрашенные белковые тельца, вокруг которых образуется первичный крахмал (рис. 117, 120).

Лейкопласты. Это — бесцветные пластины, имеющие вид мелких шаровидных или удлинённых телец. Они значительно мельче хлоропластов и мало заметны при рассматривании клетки в микроскоп. Обычно они располагаются группами возле клеточного ядра (рис. 8). Если лейкопласты находятся в клубнях, корнях, стволе дерева и семенах, то они служат местом для образования вторичного крахмала, образующегося за счёт глюкозы, притекающей из листьев. Лейкопласты являются крахмалообразователями.

Хромoplastы встречаются в клетках венчиков цветков, имеющих красный, оранжевый или жёлтый цвета; они же

придают окраску корням огородной моркови, плодам шиповника, рябины, красного перца (рис. 9). Осенняя окраска листьев также частично зависит от хромопластов и лишь частично от присутствия антоциана. По внешнему виду хромопласты отличаются от предыдущих пластид; они имеют неправильную форму лопастных и треугольных пластинок, палочкообразных или неправильно зер-

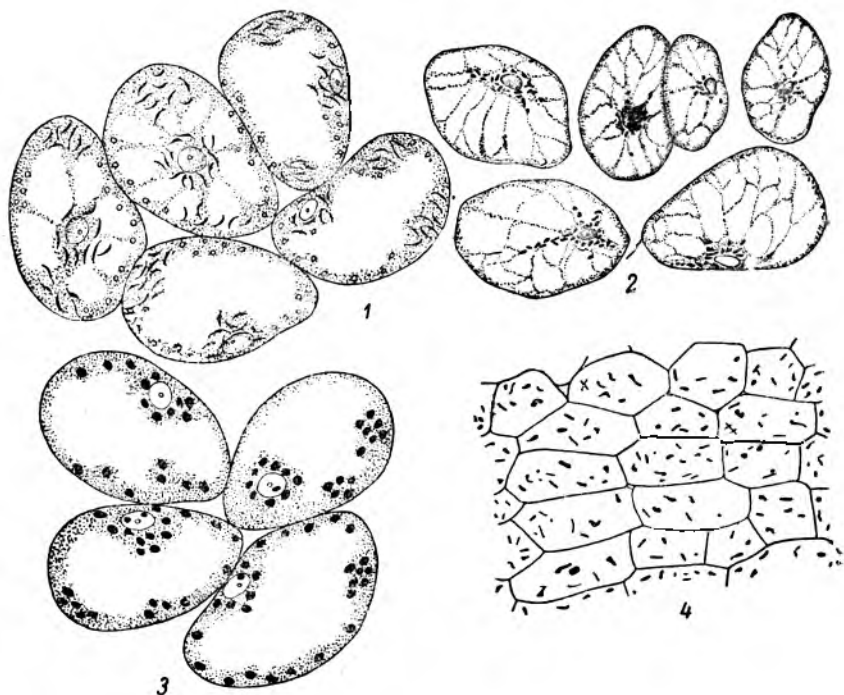


Рис. 9. Хромопласты в клетках:

1 — рябины, 2 — помидора, 3 — фисалиса, 4 — моркови.

нистых образований. Цвет их зависит от наличия в них двух пигментов: оранжевого — каротина и жёлтого — ксантофилла. Обычно хромопласты распределяются равномерно в протоплазме, хотя в некоторых случаях они скопляются возле клеточного ядра.

В том случае, когда хромопласты встречаются в венчиках цветков и в зрелых плодах, они являются как бы сигнализаторами для насекомых — опылителей и для животных — распространителей семян. Однако, когда они встречаются в подземных органах, роль их остаётся невыясненной¹.

¹ Жёлтый цвет венчиков зависит также от присутствия в клеточном соке особого пигмента антохлора. Белый цвет лепестков венчиков цветков зависит не от присутствия пластид, а от многочисленных межклеточных пространств, наполненных воздухом. Белый цвет коры берёзы (*Betula*) зависит от присутствия белого вещества — бетулина.

Говоря о пластидах, необходимо упомянуть о наблюдающихся во многих случаях изменениях их: так, лейкопласты превращаются иногда в хлоропласты, а последние обычно к осени превращаются в хромопласты (зелёные плоды помидора становятся красными). Пронхождение пластид не является окончательно установленным. Одно время считали, что пластиды возникают всегда только из других пластид путём деления. Однако имеются указания на то, что пластиды образуются также из ховдриосом, т. е. тех мельчайших включений, которые всегда находятся в протоплазме.

Клеточная оболочка

Клеточная оболочка имеет важное значение в жизни растения, хотя существование голых организмов (амёба и др.) доказывает, что жизнь в её наиболее примитивных формах возможна и без оболочек. Однако всякий сколько-нибудь сложный растительный организм состоит из клеток, окружённых твёрдыми оболочками. Отдельные клетки различных органов не замурованы наглухо. Клетки разделяются лишь тончайшей срединной пластинкой, и содержимое одной клетки приходит в тесное сообщение с содержимым других клеток. В связи с этим растительный организм мы должны рассматривать не как колонию разъединённых клеток, а как единое целое, имеющее как бы одну общую массу протоплазмы.

В клеточных оболочках многих растений с помощью окрашивающих реактивов удалось установить наличие тончайших нитей протоплазмы, лежащих в мельчайших канальцах, пронизывающих оболочку. Эти нити протоплазмы получили название *плазмодесм* (рис. 10).

Оболочки являются продуктом деятельности протоплазмы и ядра. Замечено, что протоплазма покрывается оболочкой только в том случае, когда она имеет ядро. Рост клеточной оболочки происходит путём растягивания её и путём внедрения новых частиц вещества оболочки между частицами, ранее образовавшимися. В тех местах, где к оболочке прилегает ядро, разрастание оболочки идёт быстрее. Утолщение клеточной оболочки происходит по мере старения клетки путём наложения новых слоёв на старые. Обычно утолщение происходит изнутри. В редких случаях утолщение идёт сплошь; тогда содержимое быстро отмирает. Иногда оболочки утолщаются участками. Различают пористое утолщение клеточной оболочки, кольчатое утолщение, спиральное, сетчатое и др. (рис. 23, 24). Поры, образующиеся при пористом утолщении, — это те места в клеточной оболочке, которые остаются неутолщёнными и которые способствуют обмену веществ между клетками, вследствие чего последние долго остаются живыми. Другого рода утолщения придают прочность клеткам. В редких случаях бывает наружное утолщение клеточной оболочки. Это явление можно наблюдать при образовании некоторых пылевых зёрен в

пыльниками и спор в спорангиях, когда поверхность их при созревании покрывается шипами, гребешками, узорами (рис. 89).

Оболочка клетки состоит из углевода, т. е. из органического вещества, заключающего в себе С (углерод), Н (водород) и О (кислород). Название «углеводы» дано было прежде потому, что в молекулах большинства этих веществ водорода, так же как и в воде, содержится вдвое больше, чем кислорода. Однако теперь к углеводам относятся многие вещества, у которых водород и кислород

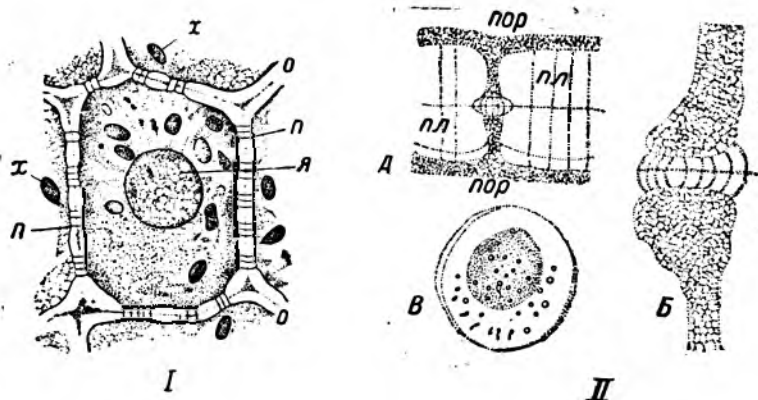


Рис. 10.

I. Клетки, имеющие поры в утолщенной оболочке. Протоплазма одной клетки отделяется от соседней только с помощью тончайшей первичной оболочки: п — поры, х — хлоропласты, я — ядро, о — оболочка. **II.** Плазмодесмы в клетках семян палмы: А — набухшая часть оболочки, пор — поровые каналы двух соседних клеток, наполненные протоплазмой. В замыкающей пленке видны нежные плазмодесмы. Кроме того, плазмодесмы — пл — пронизывают толщу клеточной оболочки (увел. 375); Б — содержимое соседних поровых каналов и плазмодесмы замыкающей пленки (увел. 1 500); В — устье порового канала и плазмодесмы замыкающей пленки в плане (увел. 1 500).

находятся в ином соотношении, чем в воде, но название «углеводы» сохранилось. Вещество оболочки называется клетчаткой, или целлюлозой, и имеет химический состав $(C_6H_{10}O_5)_n$. Примером чистой целлюлозы служит обыкновенная хлопчатобумажная вата или фильтровальная бумага. Если целлюлозу обработать раствором хлор-цинк-иода, то она примет фиолетово-синий цвет; эта реакция является характерной для клетчатки. Кроме целлюлозы, клеточная оболочка включает в себя пектиновые вещества, склеивающие между собой оболочки отдельных клеток. Особенно много их скопляется, например, в плодах мандарина, апельсина, помаранца, смородины, крыжовника и т. п.

Пектиновые вещества растворяются при кипячении в смеси азотной кислоты с бертолетовой солью или в хромовой кислоте. Таким путём производят мацерацию растительных тканей, т. е. разъединение их на отдельные клетки. В естественном состоянии разъединение клеток происходит при полном созревании мякоти плодов (помидоры, арбузы, яблоки).

Изменения клеточных оболочек сводятся к процессам одревеснения, опробковения, пропитывания кремнезёмом и ослизнения.

Примером клеток с одревесневшими оболочками могут служить клетки древесины дерева. Стебли травы также грубеют с возрастом. Процесс заключается в пропитывании оболочек лигнином, т. е. особым древесинным веществом. Одревесневшие клетки отличаются большей прочностью и устойчивостью против загнивания. Одревесневшие клетки или отмирают, как, например, сосуды древесины, или долго ещё остаются живыми, как, например, клетки древесины, наполненные запасными питательными веществами. Лучшим реактивом на древесину является флороглюцин $[C_6H_3(OH)_3]$ и соляная кислота, от действия которых древесина принимает вишнёво-красный цвет. От сернистого ангидрида одревесневшие оболочки желтеют. Одревесневшие оболочки не перевариваются в пищеварительных органах животных.

Удаление лигнина из одревесневших оболочек достигается путём продолжительной обработки древесины смесью азотной кислоты с бертолетовой солью или путём обработки едкой щёлочью. Таким путём можно получить из древесины чистую целлюлозу. Раздревеснение, т. е. исчезновение лигнина, наблюдается также в естественных условиях, например, при созревании плодов груши, айвы, в оболочках каменных клеток.

Клетчатка, приготовляемая из древесины, идёт на изготовление бумаги, искусственного шёлка и на изготовление пироксилина (взрывчатое вещество). Её можно также переработать в сахар.

Опробковение целлюлозных оболочек заключается в пропитывании их с у б е р и н о м — пробковым (жирообразным) веществом. Опробковевшие оболочки не пропускают через себя ни воду, ни газы. Клетки с такими стенками должны неизбежно отмереть. Сходным с суберином является к у т и н, часто пропитывающий наружные оболочки клеток, находящихся на поверхности растительных органов (кутинизация). Тонкая плёнка, покрывающая некоторые растения с поверхности сплошным слоем кутина, называется к у т и к у л о й.

Опробковение и кутинизация являются защитными средствами для растений против потери воды и против микроорганизмов. От краски судан III пробка и кутикула окрашиваются в красный цвет. В кислотах и щелочах опробковевшие оболочки плохо растворяются.

Пропитывание клеточных оболочек кремнезёмом сильно развито у злаков, осок и хвощей. Получающаяся от SiO_2 жёсткость стеблей у этих растений является защитным средством против мягкотелых животных (улиток, слизней). Кремнезём, придавая жёсткость, значительно снижает кормовую ценность растений. Ослизнение клеточных оболочек наблюдается, например, у семян льна, горчицы и др. Оболочки поглощают большое количество

воды, разбухают и превращаются в слизь. Подобного рода нормальное ослизнение способствует сохранению воды в набухших семенах и приклеиванию их к поверхности почвы, что облегчает прорастание. Образование «вишнёвого клея» — камеди также происходит вследствие ослизнения оболочек и клеток. Такого рода ослизнение вызывается патологическими (болезненными) процессами.

Вакуоли

Протоплазма целиком заполняет растительные клетки, пока они ещё молоды. По мере роста строение их изменяется: в протоплазме появляются различные включения и постепенно образуются многочисленные вакуоли, т. е. полости, заполняющиеся клеточным соком. Многочисленные тончайшие нити протоплазмы тянутся от её тонкого постенного слоя к центру, где скопляется участок протоплазмы, заключающий в себе ядро. Между нитями протоплазмы располагаются многочисленные вакуоли, которые при дальнейшем росте клетки сливаются в одну большую вакуоль, занимая всё главное пространство в клетке. Клеточное ядро отходит к одной из стенок клетки и остаётся там, окружённое протоплазмой, или же при наличии вращательного движения последней пассивно увлекается общим потоком.

С клеточной оболочкой также происходят существенные изменения: она растёт до известного предела под влиянием увеличивающегося внутри клетки давления, а затем утолщается изнутри и приобретает определённую упругость, в силу чего дальнейший рост клетки останавливается.

Клеточный сок имеет сложный химический состав; главным образом, он состоит из воды, в которой растворены различные соли, органические кислоты, пигменты, сахара, белковые и дубильные вещества, глюкозиды, алкалоиды, инулин. Из солей встречаются хлористый калий, азотнокислый кальций, сернокислый магний, кислый фосфорнокислый калий, хлорное железо и многие другие. Из органических кислот встречаются лимонная, яблочная, щавелевая, винная, янтарная и пр. Реакция клеточного сока обычно бывает кислая.

Сахара, встречающиеся в клеточном соке, являются углеводами; один из них называется виноградным сахаром, глюкозой, или декстрозой, состава $C_6H_{12}O_6$, а другой называется фруктозой и имеет тот же химический состав. Основным реактивом на глюкозу и фруктозу является феллингова жидкость, дающая при нагревании с сахаром кирпично-красный осадок закиси меди¹. Часто в растениях встречается также тростниковый сахар, или сахароза, состава $C_{12}H_{22}O_{11}$. Глюкоза и фруктоза встречаются постоянно в плодах винограда и в других ягодах, а также в сли-

¹ Феллингова жидкость составляется из трёх растворов: медного купороса ($CuSO_4$), сегнетовой соли ($KNaC_4H_4O_6$) и едкого кали (KOH).

мах, вишнях, яблоках, грушах. Тростниковый сахар добывается или из стеблей сахарного тростника или же из корней сахарной свёклы, в которых его содержится от 15 до 25%.

В клубнях земляной груши, корнях девясила (*Inula*) и других сложноцветных растений в клеточном соке находится в растворе особый углевод, напоминающий по составу крахмал и называемый и н у л и н о м. При выдерживании в спирте кусочков этих растений, в клетках выкристаллизовывается инулин в виде хорошо заметных сферокристаллов (рис. 11). Инулин — питательное вещество, заменяющее собой крахмал.

Клеточный сок некоторых растений содержит в себе алкалоиды, т. е. различные яды: люпинин — в люпинах, атропин — в белладонне, никотин — в табаке, соланин — в картофеле. Многие из алкалоидов применяются в медицине. Такими лекарственными растениями будут валерьяна, ландыш, наперстянка, мак и многие другие. Лекарственные и ядовитые растения являются иногда причиной отравления детей и домашних животных.

Пигменты, встречающиеся в клеточном соке, придают окраску различным частям растения. Так, пигмент антоциан имеет то красный, то синий, то голубой, то фиолетовый цвета; пигмент антохлор — жёлтого цвета (например в лепестках лядвенца, льнянки, жёлтой георгины).

Наличием антоциана (антос — цветок, циан — синий) вызывается окраска венчиков незабудок, фиалок, роз, маков, колокольчиков. Им же обуславливается синий или красный цвет листьев капусты и многих декоративных растений с яркокрасными листьями. Входы ржи, особенно в холодную погоду, бывают окрашены антоцианом в красноватый цвет. Распространённость этого пигмента в природе повсеместная. От изменения кислотности антоциан принимает различную окраску. Если прокипятить листья синей капусты, то вода принимает лиловый цвет, а листья делаются зелёными. Следовательно, антоциан не заменяет собой зелёного хлорофилла, а только маскирует его. При прибавлении к раствору антоциана сильно разбавленной кислоты, например лимонной или соляной, лиловый цвет его переходит в красный. При прибавлении к нему щёлочи цвет изменится в синий, зелёный и жёлтый.

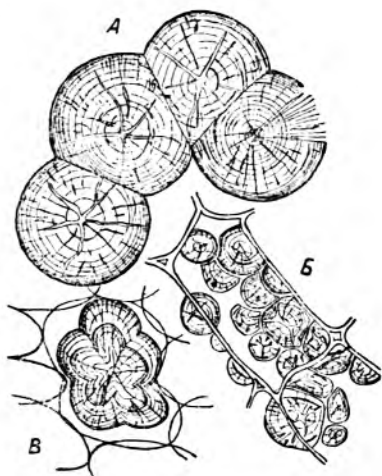


Рис. 11. Сферокристаллы инулина:

А — при медленном осаждении из раствора; Б — в клетках клубня георгины после 24-часового действия крепкого спирта; Б' — в кусках, долго лежавших в спирте.

В растениях это изменение окраски из красной в лиловую мы наблюдаем у весенних цветков в естественном состоянии. Это явление, называемое **полноризмом**, развито, например, у растений на семейства **бурасниковых**: **медуницы** (*Pulmonaria*), **незабудки** (*Myosotis*), **бурачника** (*Bohago*) и др. Искусственно изменить окраску цветков можно следующим путем: под колпак помещают красное соцветие примулы и туда же ставят стаканчик с аммиаком. Красный цвет переходит в голубой, а затем в желтый.

В практике садоводства изменение окраски цветков горензии (*Hydangea*) достигается путем прибавления в почву алюминиевых квасцов. Таким путем получают, например, совершенно необычные голубые горензии. Выращивая незабудки при различных температурах, получают различные оттенки голубых, розовых и синих цветков. Влияние температуры на образование антоциана легко можно проследить на проростках ржи.

Клеточный сок играет громадную роль в создании клеточного тургора.

Клеточный тургор и плазмолиз

Так как вода обычно проникает в вакуоли через клеточную оболочку и через протоплазму быстрее, чем вещества выходят из клетки, то клеточный сок плотно прижимает протоплазму к клеточной оболочке, а последняя находится в состоянии растяжения. Давление содержимого клетки на оболочку, уравновешиваемое сопротивлением растущей оболочки, называется **клеточным тургором**. Клетки в состоянии тургора плотно прижаты друг к другу, что придает упругость органам растений. В жизни растений тургор играет важную роль. Благодаря тургору травянистые части растений (листья, стебли, цветки) находятся в расправленном, «бодром» состоянии, и все процессы жизни — ассимиляция, движение веществ, испарение, рост — совершаются нормально. Благодаря тургору клеток корни во время роста могут раздвигать частицы почвы; раскрытие замыкающих клеток устьиц, находящихся на листьях и стеблях растений, совершается благодаря тургору.

Кроме того, вследствие тургора происходят многочисленные движения, которые имеют место у растений, например раскрытие и замыкание венчиков цветков, складывание листьев на ночь, растрескивание некоторых сочных плодов, движения тычинок и т. д.

Уничтожить клеточный тургор можно с помощью **плазмолиза**. Если молодые травянистые стебли (например цветочные стрелки или листья одуванчика) положить в 30% раствор сахара или в 10% раствор селитры, то через несколько минут растения делаются вялыми. Измерение длины их показывает некоторое укорачивание.

Пример:

Длина молодого стебля картофеля

Первоначальная	9 см
Через час длина стебля в воде	9 »
» » » » » в растворе сахара	8,3 »

Под микроскопом видно, как в клетках, подвергнутых плазмолизу, клеточная протоплазма начинает отставать от стенок (рис. 12). При слабом плазмоллизе (в слабых растворах) это отставание протоплазмы происходит лишь частично, а при сильном плазмоллизе (в крепких растворах) отставание протоплазмы происходит полное, и протоплазма в виде комочка собирается в середине клетки. В том случае, когда плазмоллизированные клетки остаются живыми, можно произвести де- и плазмолиз, т. е. восстановить тургор, для чего клетки следует переместить в чистую воду.

С явлением тургора и плазмолиза тесно связаны многие вопросы сельскохозяйственной практики. При чрезмерно сильном, неосторожном удобрении почвы концентрация почвенного раствора может подняться до таких пределов, при которых поступление воды в корневую систему становится затруднительным и может произойти плазмоллиз клеток корня и корневых волосков. При этом развитие растений совершенно прекращается, и всходы могут погибнуть или совсем не появиться. Клеточный тургор способствует росту растений.

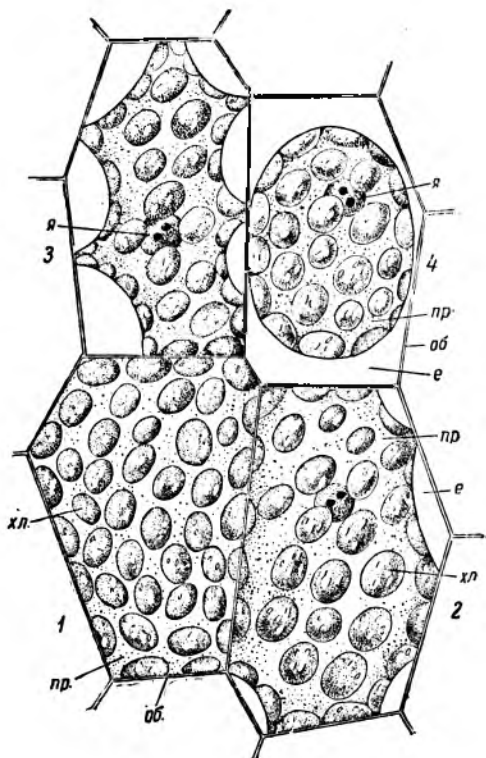


Рис. 12. Различные фазы плазмолиза в клетках листа мха *Mnium*:

1 — клетка в состоянии тургора; 2, 3, 4 — последовательные фазы плазмолиза; я — ядро; пр — протоплазма; об — оболочка; хл — хлоропласты с первичным крахмалом; е — плазмолитизирующая жидкость.

Осмотическое давление

Тургор клеток вызывается осмотическим давлением, которое создается концентрацией солей в клеточном соке растений и особыми свойствами протоплазмы. Различные растения отличаются между собой по осмотическому давлению. Сила осмотического давления в клетках, выраженная в атмосферах, сильно колеблется у различных растений. Наименьшим (1—3 атм.) осмотическим давлением обладают водяные растения. У наземных

растений осмотическое давление выражается в 5—10 атм. Растения, растущие в условиях сухости и особенно на солончаковых почвах, обладают весьма высоким осмотическим давлением, достигающим в отдельных случаях 60—100 атм. Особо выдающимися в этом отношении являются растения г а л о ф и т ы (солончаковые), например солерос (*Salicornia*), у которых в клетках скопляется большое количество хлористого натрия, тогда как у других растений эта соль встречается в ничтожных количествах (рис. 265).

Для определения величины осмотического давления клеточного сока существует несколько способов. Вот наиболее распространённый. Растительные клетки помещаются в растворы селитры или тростникового сахара р а з л и ч н о й, заранее определённой, концентрации. С помощью микроскопа определяют, при какой концентрации раствора начинается плазмолиз клеток, т. е. самое ничтожное оставание протоплазмы от оболочки. Такой раствор называется р а в н о о с м о т и ч е с к и м п л а з м о л и з и р у ю щ и м р а с т в о р о м, так как он притягивает воду приблизительно с такой силой, как и клеточный сок. У многих растений плазмолиз начинается в 3—4% растворах селитры, у других — при 10—12%, а у растений, произрастающих на засоленных почвах (у галофитов), — при 30% и больше.

Поступление веществ в клетку

Поступление веществ в клетку и обмен веществ между клетками происходят с помощью явлений д и ф ф у з и и и о с м о с а жидкостей и газов, которые (диффузия и осмос) в растительных (и животных) организмах протекают с неизмеримо большей сложностью, нежели в простых физико-химических приборах, на которых демонстрируются опыты с этими явлениями.

Диффузией жидкостей называется смешение между собой двух жидкостей, непосредственно соприкасающихся. Демонстрировать это явление можно следующим опытом. В стеклянный цилиндр сперва наливается вишнёвый сироп, а на него осторожно иипеткой наливается вода так, чтобы между жидкостями установилась резкая граница. Цилиндр оставляют в покое. Через несколько дней можно видеть, что резкая граница между жидкостями исчезает и одна жидкость постепенно смешивается с другой. Смешение двух жидкостей будет происходить и в том случае, когда между ними находится тонкая животная или растительная перепонка, пронизанная мельчайшими невидимыми отверстиями. Последнее явление называется осмосом.

В стакан с водой опускают пузырь из коллодиума, подвязанный к стеклянной трубке и наполненный раствором сахара (рис. 13). Вода из стакана устремляется внутрь пузыря, а сахарный раствор начинает выходить из пузыря. Проникновение воды внутрь пузыря (эндосмос) происходит всегда быстрее, чем выход частиц сахара из пузыря (экзосмос), а потому сперва происходит быстрое пасасывание воды пузырём и вследствие этого увеличение внутреннего объёма жидкости в пузыре и увеличение внутреннего давления. Уровень жидкости в трубке начнёт подниматься сперва быстро, а потом всё медленнее, так как концентрация растворов сахара внутри пузыря и в стакане постепенно начинает уравниваться. После того как подъём

жидкости в трубке прекратится, уровень её начнёт опускаться. Это произойдёт тогда, когда крепость раствора снаружи и внутри уравнивается. В начале опыта вхождение частиц воды внутрь пузыря преобладало над выходом частиц сахара из пузыря, т. е. эндосмос преобладал над экзосмосом, а потому внутри пузыря и создавалось так называемое осмотическое давление, вызвавшее поднятие жидкости в трубке. Величина осмотического давления изменяется в зависимости от разности концентраций растворов, а также в зависимости от величины молекул веществ, участвующих в диффузии и осмосе. Так, частицы воды проникают быстрее частиц кристаллоидов; мелкие частицы кристаллоидов распространяются в десятки раз быстрее крупных коллоидальных частиц, которые иногда могут и совсем не проникать через перепонки.

Два мешочка из коллоидума наполним — один жидким раствором крахмального клейстера, а другой — слабым раствором иода. Первый мешочек опускаем в стакан со слабым раствором иода, а второй мешочек — в стакан с жидким крахмальным клейстером. В первом мешочке происходит посинение крахмального клейстера, а цвет раствора иода становится более бледным, вследствие исчезновения иода из стакана. В другом опыте происходит обратное явление: в стакане крахмальный клейстер синее, а в мешочке цвет раствора иода бледнеет. Этот опыт говорит нам о том, что иод, как кристаллоид, проникает через перепонку, а крахмал, как коллоид, не проникает через неё. В этом опыте концентрация растворов уравниваться не может, так как проникшие через пузырь частицы иода сразу же соединятся с крахмалом и получается новое соединение — иодистый крахмал. Таким путём все частицы иода будут высосаны крахмальным клейстером.

Опыты показывают, что минеральные соли, растворимые органические вещества, имеющие мелкие молекулы, быстро диффундируют через перепонки, а крахмал, белок, таинин, имеющие крупные частицы или состоящие из агрегатов молекул, крайне медленно диффундируют. Кроме того, предыдущий опыт в некоторой мере объясняет, как поступают в растение те питательные вещества, которые в растении изменяются и потребляются. Представим себе, например, частицы селитры, находящиеся в почве в небольшом количестве. Поступившая в корни селитра уносится в листья и там затрачивается на образование органических азотистых веществ. Недостаток селитры в растении вызывает новое поступление её из почвы.

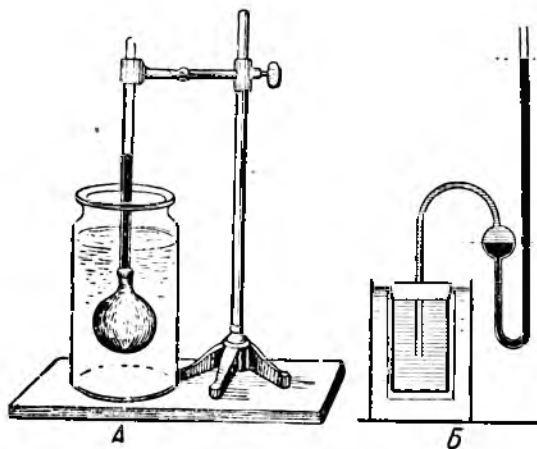


Рис. 13. А — осмометр Дютроше; В — осмометр Пфесфера.

Строение клетки отличается большой сложностью. К л е т к а является коллоидной системой. Если коллоидные системы обладают текучестью, то они называются золями, или ложными растворами, отличающимися от настоящих растворов относительно крупными частицами вещества (не превышающими, однако, в диаметре 0,1 μ); если коллоидные системы не обладают текучестью,

то они называются гелями, например желеобразные вещества. Через клеточную оболочку, имеющую мелкопористое строение и являющуюся ограниченно набухающим студенистым гелем, проникновение минеральных веществ и воды происходит так же, как в опытах с диффузией. Но протоплазма, представляющая собой весьма густой золь, сохраняет свойства жидкого тела, имеющего поверхностное натяжение, на что указывает шарообразная форма её, образуемая при выходе протоплазмы из клетки. Вода, белковое вещество и жироподобные вещества (липиды) находятся в протоплазме в состоянии дисперсии, т. е. мелкого раздробления. Протоплазма свободно пропускает через себя одни вещества и задерживает другие. Наружный и внутренний слои протоплазмы (плазмалемма и тонопласт) обладают так называемой полупроницаемостью. Благодаря этому свойству в клеточных вакуолях могут накапливаться вещества, создающие в клетке высокое осмотическое давление.

Некоторое, хотя и весьма отдалённое, сходство с клеткой представляет собой осмометр, в котором искусственным путём получают полупроницаемую оболочку. В пористый глиняный цилиндр заливают слабый раствор мелкого купороса, а затем цилиндр помещают в сосуд с раствором железисто-синеродистого калия (жёлтой кровяной соли). В порах цилиндра обе жидкости встречаются, и в месте их соприкосновения образуются тончайшие осадочные перегородки из железисто-синеродистой меди, заполняющие поры. Глиняный цилиндр наполняется раствором сахара (или другой испытываемой жидкостью), закрывается пробкой, из которой выходит манометрическая трубка с ртутью (рис. 13, Б). Глиняный цилиндр помещается в сосуд с дистиллированной водой. Вода свободно просачивается сквозь перегородку, а сахар (или другое растворённое вещество) не пропускается ею. Вследствие развиваемого в цилиндре осмотического давления ртуть в длинном колене манометра поднимается до некоторого предела и показывает величину этого давления.

Опыты с осмометром выяснили, что *осмотическое давление прямо пропорционально концентрации раствора и обратно пропорционально молекулярному весу последнего; оно увеличивается с поднятием температуры.*

Осмометр называют искусственной клеткой, но живые клетки имеют свои особые отличия, так как физическая и химическая структура протоплазмы неизмеримо сложнее перегородки из железисто-синеродистой меди. Кроме того, осмометр обладает твёрдыми стенками, а растительные клетки — упругой и растяжимой оболочкой.

Высокое осмотическое давление поддерживается в клетке общей молекулярной концентрацией клеточного сока, по направлению к которому притекает вода извне, и полупроницаемостью протоплазмы. Благодаря способности протоплазмы удерживать в клетке многие растворимые в воде вещества, живые клетки всасывают в себя воду извне. Интенсивность всасывания клеткой воды, т. е. сосущая сила клетки (S), зависит от осмотического давления (P) и от сопротивления (T) клеточной оболочки ($S = P - T$). Степень насыщения клетки водой также оказывает влияние на интенсивность всасывания: клетки, бедные водой, сосут воду с большей силой, чем клетки, богатые водой. В клетки, насыщенные водой, обладающие наибольшим тургором, вода перестаёт поступать.

2. ВКЛЮЧЕНИЯ, ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ В РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТКАХ

Крахмал

Крахмал обычно откладывается в запас в клубнях, семенах, коре, древесине и сердцевине. По своему химическому составу крахмал есть углевод того же состава, что и целлюлоза ($C_6H_{10}O_5$)_n, но отличается тем, что от одного мода окрашивается в синий и фиолетовый цвета¹. При действии на крахмал горячей воды он превращается в клейстер. В воде крахмал не растворяется, но при действии на него фермента пталина, находящегося в слюне животных, и фермента диастаза, находящегося в растениях, крахмал превращается в сахар. Это превращение крахмала в сахар совершается постоянно в листьях растений, а также особенно сильно при прорастании семян и клубней. Уже говорилось, что образователями вторичного крахмала являются лейкопласты. Каждому виду растений свойственна своя форма крахмальных зёрен; она зависит от формы лейкопластов и от места возникновения в них крахмала. Разнообразие форм довольно значительное (рис. 14).

У бобовых растений (горох, фасоль и др.) они обычно имеют овальную форму с центрально расположенным образовательным центром, с концентрической слоистостью; у ржи, пшеницы и ячменя они круглые, чечевицеобразные, с концентрической слоистостью; у картофеля они разнообразной, чаще ланцетной формы, с эксцентрической слоистостью; некоторые крахмальные зёрна картофеля сложенные, с несколькими центрами образования; когда же части сложного зерна охватываются общими слоями, то их называют полусложными. Сложные и полусложные крахмальные зёрна картофеля встречаются единично в поле зрения микроскопа среди бесконечного множества простых крахмальных зёрен. Многие крахмальные зёрна имеют трещины, идущие в радиальном направлении; в таких зёрнах происходит процесс превращения их в сахар. Радиальное расположение трещин указывает на сферокристаллическое их строение, так как они состоят из тончайших кристаллических игол, расположенных радиально. В поляризованном свете крахмальные зёрна картофеля дают фигуру чёрного креста. Это даёт повод считать крахмальные зёрна скрытокристаллическими сферокристаллами, состоящими из мельчайших частиц, называемых трихитами. Слоистость крахмальных зёрен не всегда бывает отчётливо заметна. Она обуславливается более рыхлым и более плотным строением вещества, что зависит от неодинакового притока сахара днём и ночью. Тёмные слои, менее плотные и более богатые водой, образуются ночью, а светлые слои, более широкие и плотные, образуются днём.

Сложное строение имеют крахмальные зёрна овса и гречихи, представляющие собой сростки из простых зёрен, имеющих многогранную форму. У овса эти сростки состоят из небольшого количества простых зёрен и имеют круглую и овальную форму, а у гречихи эти сростки заполняют собой всю клетку и приобретают форму последней. Несмотря на различную форму, крахмальные зёрна у всех растений имеют одинаковое значение и общие свойства.

Крахмал — запасное питательное вещество, образующееся из сахара и обладающее способностью вновь превращаться в легко растворимый сахар. Схема этих превращений такова: первичным, вновь образующимся органическим веществом в листьях является

¹ Число *n* для различных углеводов точно не установлено.

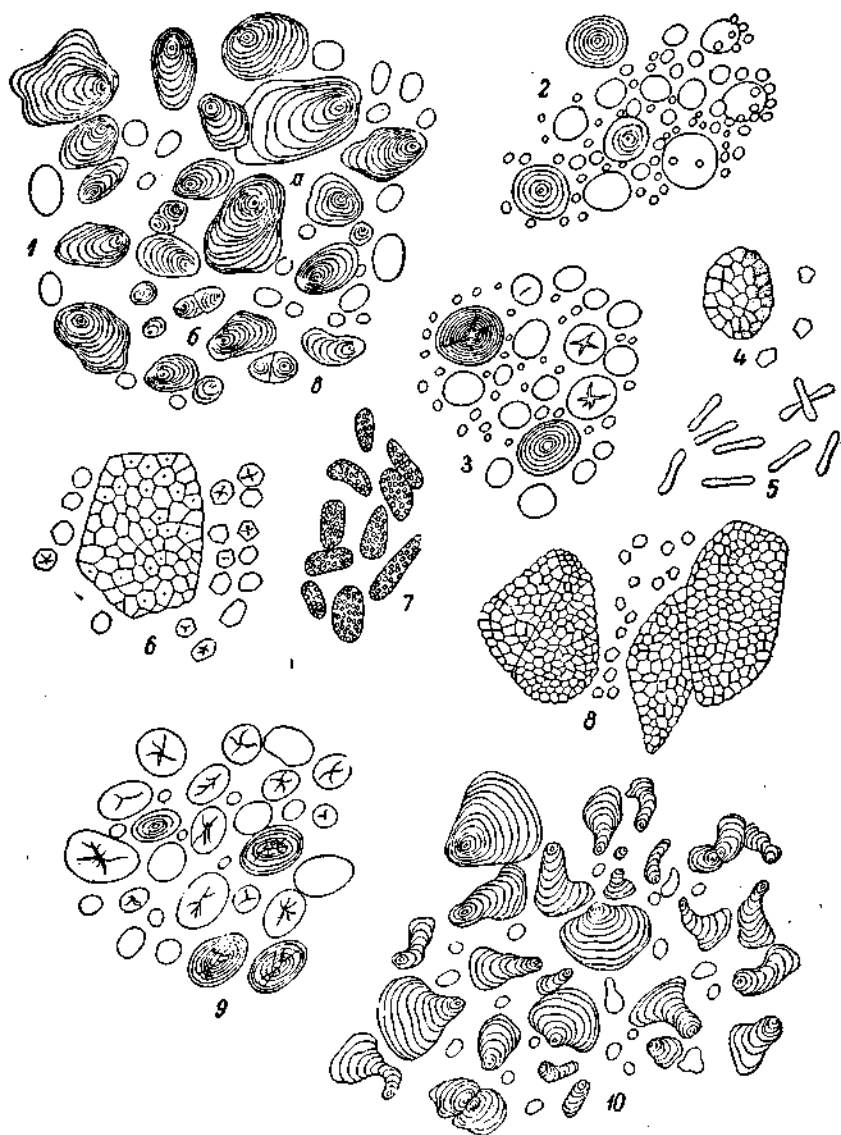


Рис. 14. Крахмальные зёрна различных растений:

1 — картофеля: а — простое, б — сложное, в — полусложное; 2 — пшеницы;
3 — ржи; 4 — сложное овса; 5 — молочая; 6 — кукурузы; 7 — куколя; 8 — сложные
гречихи; 9 — фасоли; 10 — кассии.

сахар, образующийся в хлоропластах и у большей части растений превращающийся в крахмал. Крахмал в хлоропластах называется первичным крахмалом. При благоприятных условиях он быстро заполняет собой хлоропласты. Первичный крахмал превращается в сахар, который путём осмоса и по проводящим тканям проникает из листьев в другие органы и частично идёт на процессы дыхания, а частично переходит во вторичный крахмал, образующийся в лейкопластах.

Алейроновые зёрна и растительные масла

Часто встречаются в растениях и белковые запасные вещества в виде так называемых алейроновых, или протениновых, зёрен. Особенно много их имеется в семенах бобовых

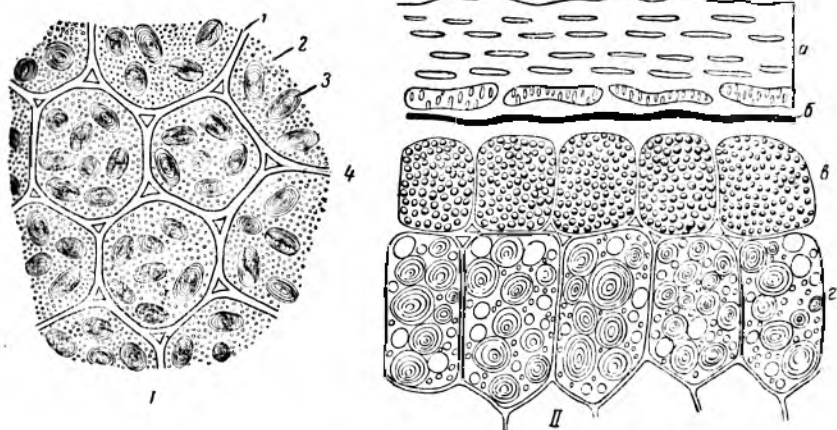


Рис. 15.

I. Распределение органических веществ, входящих в состав клеток семян гороха: 1 — оболочка, 2 — протоплазма и алейроновые зёрна, 3 — крахмал, 4 — межклетки. II. Поперечный разрез наружной части зерновки пшеницы: а — околоплодник, б — семенная кожура, в — алейроновыми слоем, г — крахмальный слой эндосперма.

растений (вики, гороха, фасоли и др.), а также в зёрнах злаков (ячменя, ржи, пшеницы и др.). В семенах бобовых растений алейроновые зёрна располагаются между крахмальными зёрнами в одних и тех же клетках (рис. 15, I). Они круглые, весьма мелкие, блестящие и легко отличаются от крахмала при обработке препаарата иодом, от которого они окрашиваются в жёлтый цвет. В зёрнах злаков алейроновыми зёрнами наполнены клетки, расположенные непосредственно под оболочками зерна. Этот слой клеток называется алейроновым. У пшеницы и ржи он однородный (рис. 15, II), а у ячменя состоит из нескольких рядов. При обработке поперечного среза зерновки иодом алейроновые зёрна окрашиваются в жёлтый цвет, в то время как глубже лежащие клетки, набитые крахмалом, окрашиваются в фиолетовый цвет.

Алейрон считается запасным питательным веществом. Происхождение его приписывают уплотнившемуся содержимому вакуолей, окрашенному в основное вещество протоплазмы. Алейроновый слой выделяет из себя вещества (энзимы), способствующие растворению органических веществ.

На поперечном срезе, проведённом через эндосперм семени клеверины (*Ricinus communis*), рассматриваемом в капле воды, хорошо можно увидеть алейроновые зёрна более сложного строения. Они имеют яйцевидную форму и содержат в себе тельца — глобонды, состоящие из фосфорной кислоты и магния. В остальной части алейронового зерна заметны белковые кристаллы, по одному или по несколько в каждом. Протоплазма семян клеверины богата ещё каплями масла.

Растительные масла весьма широко распространены в качестве обильного запаса в семенах масличных растений (лён, конопля, горчица, подсолнечник и др.), из которых они добываются. Жмыхи, получаемые от этих растений, также богаты маслом и белком и относятся к концентрированным кормам. В семенах других растений (сое, кукурузе) масло сосредоточено в зародыше, являясь для него ценным питательным веществом, особенно нужным в начале развития. Растительные масла располагаются так же, как и многие другие включения, в протоплазме клеток. Растительные масла от tinkтуры алканны, т. е. от спиртовой настойки корешков алканны, окрашиваются в красный цвет, от осмиевой кислоты — в чёрный. Одни растения дают высыхающие масла (тунг, мак, лён, конопля), а другие — невысыхающие (арахис, клеверина).

Кристаллы и цистолиты

В растениях часто встречаются ещё кристаллы щавелевокислого кальция. Они имеют форму октаэдра, куба, призмы и другие простые формы, а также комбинации простых форм и сростков, называемых друзами. Интересны также игольчатые кристаллы, так называемые рафиды, напоминающие собой иголки, расположенные в игольчатке (рис. 16).

Прекрасные кристаллы щавелевокислого кальция мы можем найти в листьях шпината, бадана, фуксии, в корневищах купены, коре липы, в черешке бегонии, мякоти плодов шиповника, в сухих чешуйках луковицы лука и чеснока.

В коже листьев конопли, крапивы, фикуса встречаются образования — цистолиты, состоящие из углекислого кальция, осевшего на заросте клеточной оболочки. Цистолит свешивается в полость увеличившейся клетки и состоит из короткой ножки и из разросшейся целлюлозной оболочки, покрытой бугорками из солей углекислого кальция, которые легко растворяются в слабых кислотах (рис. 16).

Биологическое значение всех вышеперечисленных образований ещё не вполне выяснено. Можно лишь предполагать, что кристаллы щавелевокислого кальция и цистолиты являются отбросом, от которого растение, не имея особых органов выделения, избав-

листья при сбрасывании листьев, коры и наружных чешуй (как у лука). Возможно, что игольчатые рафиды служат в то же время защитой от животных (особенно мягкотелых) так же, как и кремнистые соединения.

Теперь мы знаем, из каких веществ состоят части растительной клетки, поэтому нам будет понятно распределение главных веществ по растению.

Белковые вещества встречаются всюду, где имеются живые растительные клетки.

Чем моложе клетки, тем больше в них протоплазмы, а следовательно, и белковых веществ. Их много в семенах, почках, в растущих молодых побегах, в молодых корешках, особенно в кончиках их, а также в клетках зелёных листьев, богатых пластидами.

Напротив, закончившие свой рост части растения содержат меньше белковых веществ; их не бывает обыкновенно в отми-

рающих органах растения, клетки которых теряют содержимое. Крахмал, сахар и жир мы найдём всегда в больших количествах в органах растений, служащих как бы запасными складами. По количеству чаще преобладает крахмал, но и сахар и жиры весьма распространены в природе и порой скопляются в громадных количествах (например, сахар в сахарной свёкле и масло в семенах масличных растений). В клубнях, мясистых корнях, стеблях, луковичках, семенах — всюду мы найдём запасы питательных веществ.

3. РАЗМНОЖЕНИЕ КЛЕТОК

Находясь ещё в молодом возрасте, клетки начинают размножаться путём деления. Особенно энергично клетки делятся в точках роста стеблей и корней, в местах созревания половых клеток, и также в тех местах стебля, где происходит его утолщение

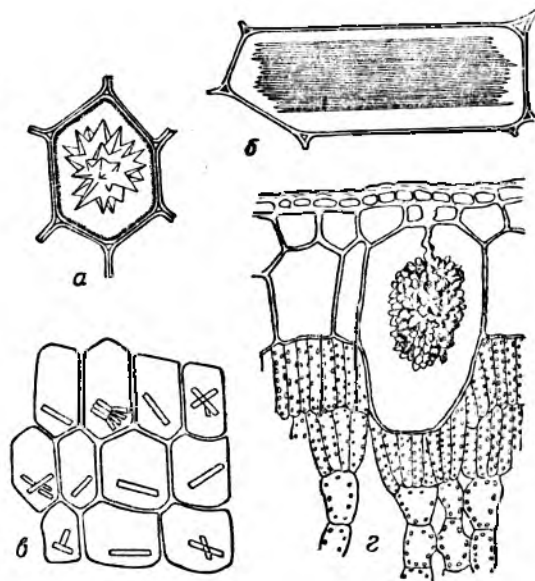


Рис. 16. Кристаллы и сферуллит:

а — друзы в черешке бегонии; б — рафиды в корневом клубне; в — одиночные кристаллы и звездообразные сферуллиты в сухой чешуе лука; г — сферуллит в клетке листовой пластинки фикуса.

(камбиальный слой). В тех случаях, когда растительная ткань подвергается поранениям, бывает видно нарастание новой белой ткани на месте поранения (каллус), например, при прививках деревьев, при черенковании растений и т. п.

Деление клеток совершается более энергично в ночные часы, а также при более благоприятной температуре. На весь процесс деления требуется 1—1½ часа, но иногда деление продолжается 6 часов. Клетки бактерий успевают разделиться за 20 минут.

Быстрота деления клеток зависит не только от вида растения, но и от окружающих условий. Обычно деление клетки начинается с процесса деления ядра, причём ядро претерпевает ряд более или менее сложных изменений в своём строении.

Различают прямое деление клеток, непрямое деление (кариокinesis, или митоз)¹ и редукционное деление, или мейоз (мейоз — уменьшаю). Прямое деление заключается в простом перетягивании ядра, а иногда и всей клетки, на две половинки. Иначе этот способ называется дроблением. Его можно наблюдать в стеблях (например, традесканции) и в многоядерных клетках некоторых водорослей и других низших растений. Повидимому, этот способ размножения клеток, по крайней мере у высших растений, не играет особой роли.

М и т о з — непрямое деление ядра, ежечасно совершается в растущих частях растения (рис. 17). Этот способ деления наиболее распространён. Делению клетки всегда предшествует деление ядра.

При описании строения клеточного ядра мы указали на то, что в живых клетках, при рассматривании клеточного ядра в микроскоп, наблюдается однородная, иногда слегка зернистая масса с одним или несколькими бесцветными ядрышками. Ядро окружено оболочкой и, по сравнению с протоплазмой, имеет более плотное строение.

Деление ядра начинается с его увеличения; при этом в ядре появляются тонкие хроматиновые нити, часто продольно расщеплённые. В дальнейшем хроматиновые нити — хромосомы укорачиваются, утолщаются и принимают изогнутую форму.

Находящиеся в ядре ядрышки постепенно исчезают, а хромосомы претерпевают дальнейшее продольное расщепление. К этому моменту от полюсов клетки по направлению к ядру протягиваются тончайшие ахроматиновые нити, которые принимают форму двух колпачков. На этом заканчивается первая, предварительная фаза деления ядра, называемая **п р о ф а з о й**.

Разделённые вдоль, половинки хромосом располагаются в средней (экваториальной) части клетки в виде ядерной пластинки или звезды. Ядерная оболочка к этому моменту исчезает, и ядро теряет своё обычное очертание. Ахроматиновые нити протягиваются от полюсов клетки к хромосомам и принимают форму веретена. Эта фаза деления ядра носит название **м е т а ф а з ы**.

¹ Кариокinesis — «карион» — ядро, «кinesis» — движение. Митос — нить.

Вслед за метафазой начинается расхождение хромосом, заключающееся в том, что одна половинка хромосомы отходит к одному полюсу клетки, а другая половинка той же самой хромосомы отходит к противоположному полюсу клетки. Возможно, что ахроматиновые нити при расхождении хромосом играют важную роль. Эта фаза деления ядра носит название **анафазы**.

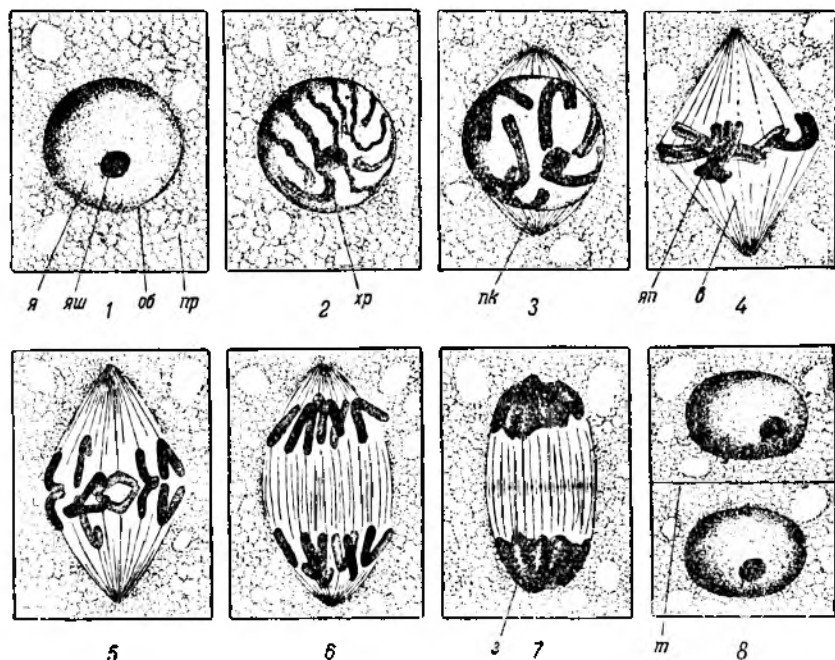


Рис. 17. Последовательные фазы деления ядра и клетки в образовательной ткани:

я — ядро; *яш* — ядрышко; *об* — оболочка ядра; *пр* — протоплазма; *хр* — хромосомы; *пк* — полярные кошапки; *в* — веретено; *яп* — ядерная пластинка; *з* — зачатки дочерних ядер; *т* — новая оболочка между дочерними клетками. Фазы: 1 — ядро в покоящемся состоянии; 2—3 — обособление, утолщение и продольное расщепление хромосом; 3 — образование кошапок; 4 — расположение хромосом в средней части клетки, образование веретена и ядерной пластинки; 5—6 — расхождение половинок хромосом к полюсам; 7—8 — образование дочерних ядер и новой оболочки между дочерними клетками. От 1 до 3 — профаза; 4 — метафаза; 5—6 — анафаза; 7 — телофаза; 8 — образование новых клеток и ядер — китокинез.

В конце анафазы в средней части веретена начинает появляться новая клеточная оболочка. Половинки хромосом, собравшиеся у полюсов клетки, вначале имеют форму двойной звезды, а затем постепенно превращаются в два новых ядра, в которых появляются ядрышки. Эта фаза образования дочерних ядер носит название **телофазы** деления.

Деление ядра заканчивается делением клетки. в протоплазме которой появляется клеточная оболочка, разъединяющая клетку

на две половинки, так называемые дочерние клетки. Последний процесс называется *цитокinesis*.

Клеточная оболочка возникает при делении клетки, как продукт жизнедеятельности протоплазмы и ядра. Вначале между двумя молодыми клетками возникает *срединная пластинка*. Она состоит из межклеточного пектинового вещества, склеивающего первичные оболочки, принадлежащие двум дочерним клеткам. Первичные оболочки состоят из целлюлозы. На срединную пластинку с двух сторон откладываются слои целлюлозной вторичной оболочки. Так происходит утолщение оболочки, иногда достигающее значительных размеров. Мы уже упоминали о том, что утолщение вторичных оболочек происходит обычно не сплошь, а местами остаются поры или развиваются разнообразные внутренние утолщения.

Изучение процесса деления ядра и клетки связано с большими трудностями, так как исследуемые объекты весьма малы. Необходимо отметить, что в выяснении этих сложнейших явлений громадную роль играли русские учёные. Так, И. Д. Чистяков в 70-х годах прошлого века первый открыл расхождение половинок хромосом к разным полюсам клетки. Редукционное деление клетки впервые было открыто В. И. Беляевым. Основателем целой школы русских учёных-цитологов, проливших свет на сложнейшие процессы деления клеток, в связи с половым размножением растений, является крупнейший русский учёный С. Г. Навашин.

Многочисленные цитологические исследования последнего времени, проводимые советскими учёными (П. В. Макаровым и др.), опровергают личное буржуазной науки о генах — носителях наследственных свойств, о непрерывности и постоянстве хромосом.

Сущность митоза заключается, по видимому, в том, что дочерние клетки получают от материнской более или менее равное количество хроматинового вещества. Наука о клетке — цитология уделяет большое внимание клеточному ядру и хромосомам, так же как и другим частям клетки. Хромосомы изучаются с помощью тончайшей микроскопической техники. Изучается не только внешний вид хромосом, их величина, форма, число их, но также и внутреннее их строение. В науке всё больше и больше накапливается фактов, доказывающих, что хромосомы появляются только в процессе деления ядра, между профазой и телофазой деления, и никакой *непрерывности хромосом в растениях не существует*.

Хромосомы встречаются как у растений, так и у животных. Изучение их у растений обычно проводится в метафазе на поперечных срезах молодых корешков, когда легче всего можно определить число и форму хромосом.

Число и формы хромосом у одного и того же вида до недавнего прошлого считались постоянными и неизменными. Было установлено, например, что пшеница обыкновенная (*Triticum vulgare*) имеет 42 хромосомы в своих клетках, пшеница твёрдая (*Triticum durum*) — 28, овёс (*Avena sativa*) — 42, ячмень (*Hordeum vulgare*) — 14, горох (*Pisum sativum*) — 14, вика (*Vicia sativa*) — 12, картофель (*Solanum tuberosum*) — 48, осина (*Populus tremula*) — 8,

аскарида (*Стерис*) — 6. Из животных организмов аскарида имеет 2 хромосомы, муха дрозофила — 8, лошадь — 60 и т. д.

Однако в научной литературе приводится множество доказательств в пользу *изменчивости числа хромосом у одного и того же вида* в зависимости от условий среды. Например, у картофеля, свёклы и других растений при повышенных температурах число хромосом в делящихся клетках увеличивается, при пониженных температурах — уменьшается. В различных тканях одного и того же растения число хромосом часто бывает различно. Значительной *изменчивостью форм и размеров обладают хромосомы у одного и того же вида* в зависимости от условий внешней среды. Поэтому можно говорить только об относительном постоянстве числа и формы хромосом у данных видов, но не придавать им абсолютного значения.

Приведённое выше число хромосом у различных видов растений встречается в делящихся клетках вегетативных органов. Подобное деление клеток, как уже говорилось, называется митозом.

В отличие от митоза, встречается еще *редукционное деление*, или *мейоз*, при котором количество хроматинного вещества (и хромосом) в дочерних клетках уменьшается (в два раза) по сравнению с материнской клеткой. Такое деление совершается у растений при спорообразовании, вслед за которым следует развитие мужских и женских половых клеток (гамет). Последние имеют в своих ядрах половинное количество хроматинного вещества (и хромосом) по сравнению с вегетативными клетками. Половой процесс растений заключается в слиянии двух половых клеток (мужской и женской). Если бы не происходило редукции хроматинного вещества, т. е. уменьшения его массы в два раза, то в каждом новом поколении эта масса вещества неизбежно увеличивалась бы.

При редукционном делении клеток, наблюдающемся при образовании спор, не происходит продольного расщепления хромосом, а в анафазе наблюдается расхождение однотипных хромосом целиком к разным полюсам клетки. В результате во вновь образуемые ядра попадает половинное количество хроматинного вещества. Такие ядра называются гаплоидными, в отличие от диплоидных ядер вегетативных клеток, из которых состоят вегетативные органы растения¹.

Обычно вслед за первым редукционным делением ядра следует непосредственно второе его деление, сходное с типичным митозом. В результате получается четыре клетки — тетрада спор, ядра которых оказываются гаплоидными. В половых клетках (гаметах) ядра также обычно бывают гаплоидные, т. е. с половинным количеством хроматинного вещества, и только после процесса оплодотворения клеточные ядра вновь становятся диплоидными.

¹ Гаплоидные от «гаплоос» — простой; диплоидные от «диплоос» — двойной.

Буржуазные учёные — формальные генетики придают ядрам и хромосомам половых клеток не только чрезмерное значение, но извращают их роль. Они считают, что только одни хромосомы являются носителями наследственных свойств организма, что они остаются неизменными у данного вида, что в них сосредоточено «вещество наследственности». *Мичуринская наука установила, что клеточные ядра и хромосомы в них являются продуктом жизнедеятельности всего организма в целом, а потому они, возникая в процессе деления ядра, как и все другие части растения, могут изменяться под влиянием внешней среды; никакого особого «вещества наследственности» хромосомы в себе не содержат.*

4. КЛЕТКИ И ТКАНИ

Жизнь клеток

Многоклеточный растительный организм состоит из множества клеток, чрезвычайно мелких и имеющих весьма сложное строение.

Жизнь клеток проявляется в том, что они дышат, поглощают пищу, переваривают и усваивают её, растут, вырабатывают новые вещества, размножаются и умирают. Кроме того, клеточная протоплазма обладает раздражимостью и способностью двигаться. Дыхание клеток заключается в том, что клеточный протопласт поглощает кислород воздуха и выделяет углекислый газ. При посредстве окислительных ферментов (оксидазы и др.) происходит переход органических веществ в более простые вещества, вплоть до воды и углекислоты. Выделяющаяся в результате дыхания энергия затрачивается на процессы жизни как отдельных клеток, так и всего организма.

Процесс дыхания — общее свойство всех организмов. Таким же общим свойством является и процесс питания и усвоения веществ (ассимиляция), т. е. превращение питательных веществ в составные части клетки и в новые клетки. Жизнь всех организмов складывается из двух противоположных процессов: ассимиляции и диссимиляции.

Зелёные растительные клетки, в отличие от незелёных (растительных и животных), обладают способностью вырабатывать на свету органическое вещество из веществ неорганических. Этот процесс носит специальное название — ассимиляции углерода, или фотосинтеза. Он связан с поглощением углекислого газа из воздуха и выделением в воздух кислорода. Процесс ассимиляции углерода совершается раз в 20 энергичнее процесса дыхания, а потому обнаружить дыхание зелёных растений на свету удаётся только с помощью тончайших опытов. В зелёных клетках на свету вырабатываются сложные органические вещества (сахар и крахмал).

При изучении клеток мы видели, что поступление веществ в клетку возможно лишь в жидком и газообразном виде. Это по-

ступление происходит через оболочку и протоплазму с помощью диффузии и осмоса.

Среди растений, как мы увидим в дальнейшем, попадаются одноклеточные.

Отличие одноклеточных растительных организмов от клеток высших растений заключается в том, что первые являются клетками универсальными: каждая клетка — организм. Клетки многоклеточных растений, особенно высших, — клетки специализированные — это частицы организма.

Из жизни большого количества клеток складывается жизнь целого растения, отличающаяся качественным и количественным своеобразием, зависящим как от разнообразного действия внешних условий, так и от внутренней организации растения. К внешним условиям относятся вода, воздух, свет, тепло, пища растений, т. е. всё то, что ассимилируется растением, а под внутренней организацией понимается сам организм, т. е. то, что ассимилирует. Пища, поступающая в клетки растения из внешней среды, претерпевает ряд изменений и в конечном счёте превращается в составные части растения, т. е. внешнее превращается во внутреннее. Количество и качество урожая зависят от жизнедеятельности клеток и всего организма в целом.

Только в течение многих миллионов лет, прошедших с момента зарождения жизни на земле, сложные растительные организмы достигли своего современного состояния; этому состоянию соответствует и строение растительных клеток, которые претерпевали также длительный процесс изменений за время своего существования.

Разнообразные растительные клетки различаются по своим свойствам и характеру обмена веществ. Кроме наблюдающегося под микроскопом перемещения составных частей клетки, в ней происходит непрерывный обмен веществ с соседними клетками и с окружающей внешней средой, а также создание и распад веществ, способствующих развитию всего растения в целом. *Клетки нуждаются не только во взаимном обмене веществами, но и в определённых условиях окружающей среды, с которой они находятся в непрерывной взаимосвязи. Если клетки изолировать от внешней среды, то они перестают быть живыми — умирают.*

В учении о клеточном строении растений до последнего времени в науке преобладало положение о том, что клетки могут возникать только из клеток путём деления. Это положение было высказано реакционным учёным Вирховым ещё свыше 75 лет назад. Он утверждал, что только клетки способны к жизнедеятельности, что жизнь начинается только с клетки и вне клетки жизнь не существует, а потому всё живое происходит только от клеток. Клетку считали наиболее простым типом жизни, наблюдаемым во всей органической природе, считали, что клетка лежит в основе всех организмов. Изучение клеток показывает, что сама клетка имеет сложное строение и в ней

совершаются сложнейшие процессы жизни, а потому возникновению клеток предшествовал доклеточный период развития жизни. Ещё Ф. Энгельс высказывал мысль, что: «Самые низшие живые существа, какие мы знаем, представляют собой не более как простые комочки белкового вещества, и они обнаруживают уже все существенные явления жизни»¹. Профессор О. Б. Лепешинская на основании своих исследований, подтверждённых и другими учёными, делает вывод, что «...клетки образуются не только из клеток, но и из живого вещества, находящегося в организмах или вне их. В доклеточном периоде также имеет место процесс развития, эволюция живого вещества. Мы, таким образом, дополняем в этой части учение Дарвина. Наши эксперименты опровергают механистическое реакционное учение Вирхова»².

Из многих исследований, на основе которых О. Б. Лепешинская делает свой вывод, мы укажем на следующий: некоторое количество гидр растирается в ступке до полного уничтожения клеток и превращения их в жидкость, в которой, при соответствующих условиях, зарождаются ядра, протоплазма и оболочки. Зародившиеся клетки могут жить и размножаться в подходящей для них питательной среде.

Растительные ткани

Все органы растений состоят из разнообразных растительных тканей.

Растительная ткань состоит из клеток, имеющих в большинстве сходное между собой строение, выполняющих одну и ту же физиологическую роль и имеющих одинаковое происхождение.

Наиболее важными растительными тканями будут следующие.

Первичная меристема, или первичная образовательная ткань, находится, например, в конусах нарастания стебля и корня. Клетки её — однородные, паренхимные, сплошь наполненные протоплазмой с крупными ядрами, с тонкими оболочками, лишённые межклеточных пространств. Клетки обладают способностью усиленно делиться.

Конус нарастания стебля можно обнаружить в верхушечной почке элодеи канадской (*Helodea canadensis*)³. Путём осторожного последовательного отрывания пинцетом многочисленных листочков почки, хотя и не без некоторых затруднений, можно выделить конус нарастания, имеющий вид маленького удлинённого бугорка. После просветления препарата жавелевой водой, в микроскоп можно видеть на верхушке конуса нарастания первич-

¹ Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, М., 1950, стр. 77.

² О. Б. Лепешинская. Клетка, её жизнь и происхождение, М., Сельхозгиз, 1950, стр. 46.

³ Элодея, или водяная чума, — обычное растение в прудах и реках Европы. Распространилась из Америки. Разводится в аквариумах.

ную меристему. В нижней части конуса нарастания заметны бугорки — зачатки будущих листьев, узлов и междоузлий. Многочисленные клетки первичной меристемы высших растений находятся в состоянии беспрестанного деления (рис. 18).

У многих споровых растений (папоротники, хвощи, плауны) в конусе нарастания стебля (и корня) находится верхушечная трёхгранная или четырёхгранная клетка (точка роста), из которой путём последовательного деления образуются остальные клетки побега.

Клетки в конусах нарастания не являются качественно однородными. Делящиеся клетки под влиянием совокупности условий окружающей среды (температуры, влажности, доступа воздуха, света, питательных веществ) претерпевают качественные изменения, вследствие которых растения проходят определённые стадии развития (см. главу XVIII). Качественные стадийные изменения локализованы в тех клетках, в которых они произошли, и могут передаваться только материнскими клетками дочерним, но не могут передаваться клеткам, ранее возникшим.

Первичная меристема даёт начало всем другим постоянным тканям, так как клетки её, изменяясь, дифференцируются. Способность клеток усиленно делиться в стеблях и корнях двудольных растений сохраняется на всю жизнь в делящихся клетках, носящих название *ка м б и я* и служащих для утолщения стебля.

Покровные ткани бывают первичного происхождения и вторичного. Первичной покровной тканью является *к о ж и ц а*, или *э п и д е р м и с*. Она образуется из поверхностного слоя первичной меристемы и покрывает все органы растения, пока они молоды. Эпидермис является защитой для них и вместе с тем он имеет устьица для газообмена. Кроме того, на надземных органах эпидермис снабжён разнообразными волосками, служащими защитой против чрезмерного испарения или против яркого света, а иногда играющими роль желёзок, выделяющих эфирные масла и другие вещества. На молодых корнях эпидермис имеет корневые волоски, служащие для всасывания веществ. Эпидермис состоит из живых клеток (подробнее об эпидермисе см. стр. 138).

К покровным тканям вторичного происхождения относится *п о р и д е р м а*. Она возникает вторично, т. е. не из первичной меристемы, а из других тканей, и обычно в то время, когда

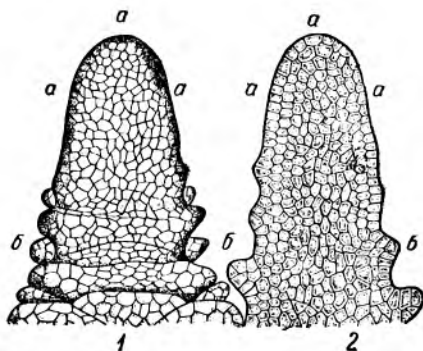


Рис. 13. Строение конуса нарастания стебля:

1 — внешний вид; 2 — вид в разрезе: а — а — клетки первичной образовательной ткани; б — б — зачатки листьев.

эпидермис не может уже дальше удовлетворять функциям защиты. Перидерма появляется на старых корнях, на стеблях, а иногда на листьях и плодах (при поранениях). Перидерма имеет бурую окраску вследствие пропитывания клеток суберином. Перидерма состоит снаружи из нескольких рядов опробковевших и омертвевших клеток (пробковая ткань); под ними находятся феллоген, или пробковый камбий, — деятельный слой живых клеток вторичной меристемы, затем феллодерма, имеющая живые клетки, сходные с паренхимными клетками органа.

Клетки пробковой ткани узкие и отличаются правильным расположением — радиальными рядами. Клетки феллогена путём

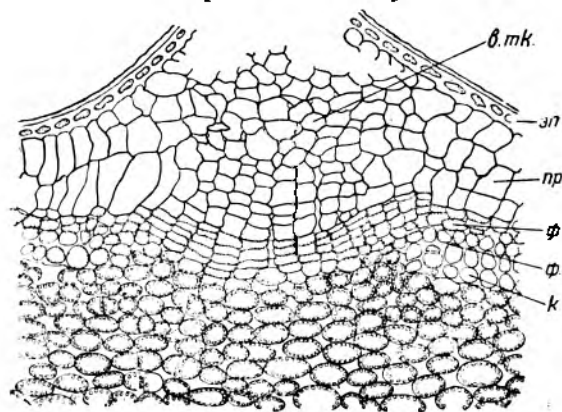


Рис. 19. Разрез чечевички бузины:

эп — эпидермис; пр — пробка; ф — феллоген; фд — феллодерма; в. тк. — выполняющая ткань; к — колленхима.

деления дают начало пробковой ткани и феллодерме. Перидерма защищает растение от высыхания и от проникновения в растение инфекции. Вместо устьиц в перидерме образуются чечевички, через которые происходит газообмен (рис. 19).

Перидерма у многих деревьев входит в состав корки, т. е. наружной отмершей части коры, которая трескается и слущивается (берёза.

дуб). У пробкового дуба и у амурского бархатного дерева пробковая ткань скопляется в виде толстых пластов на поверхности коры.

Механические ткани придают прочность растительным органам. Прочность клеток механических тканей достигается путём утолщения клеточных оболочек. У органов, растущих в длину (стебли, корни), клетки механических тканей обычно бывают прозенхимны, а у органов, разрастающихся равномерно, они бывают чаще паренхимны (см. стр. 43). Механические ткани бывают различных типов.

а) **Колленхимой** называется механическая ткань, состоящая из живых клеток, часто вытянутых в длину и имеющих утолщение клеток только по углам — **уголковая колленхима**; если утолщения касаются только передней и задней стенок, то образуется **пластинчатая колленхима** (рис. 20). Колленхима обычно встречается у двудольных растений и располагается в стеблях сплошными слоями ближе к поверхности или же скопляется в углах граней стебля (зонтичные и другие).

Клетки колленхимы имеют внутри протопласты и часто содержат в себе хлорофилловые зёрна. Обмен веществ между клетками совершается через тонкие места оболочек. От раствора хлор-цинк-иода оболочки колленхимы спекут, следовательно, они целлюлозные.

б) **Склеренхимой** называется механическая ткань, состоящая из мёртвых, прозенхимных, толстостенных клеток. Клетки склеренхимы всегда прозенхимны, имеют волокнистое строение и достигают в длину нескольких сантиметров. Стенки склеренхимы часто бывают пронизаны косыми, щелевидными порами. Волокна редко бывают разветвлёнными, а чаще собраны в пучки, тянущиеся во всю длину растения. Пучки состоят из веретеновидных волокон, которые своими острыми концами внедряются один между другими. При этом волокна склеены между собой пектиновыми веществами. На поперечном разрезе склеренхима состоит из многогранных клеток (волокон), у которых полости почти исчезают вследствие утолщения оболочек.

Различают собственно склеренхиму, когда волокна помещены в коре или сердцевине. Если они входят в состав

толстостенным лубом, или лубяными волокнами; когда же они находятся в древесине, то их называют либриформом. Клетки либриформа иногда перегорожены поперечными перегородками; в этом случае их называют пергородчатым либриформом. Склеренхима, толстостенный луб и либриформ состоят из клеток с одревесневшими оболочками, окрашивающимися от флороглюцина и соляной кислоты в красный цвет. У лубяных волокон прядильных растений (лён) оболочки остаются целлюлозными и от хлор-цинк-иода окрашиваются в синий цвет (рис. 21).

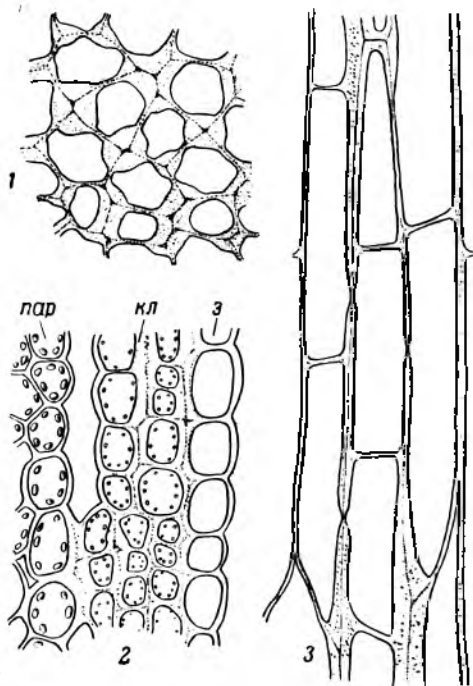


Рис. 20. Механическая ткань — колленхима:

1 — угольчатая колленхима на поперечном срезе черешка шалфея; 2 — пластинчатая колленхима черешка астрагала; 3 — угольчатая колленхима на продольном срезе; пар — эпидермис; кл — колленхима; пар — основная паренхима.

Прочность лубяных волокон больше прочности железа, растяжимость же их превосходит растяжимость металлов в 10—15 раз. Длина лубяных волокон у льна — 4 см и больше, у конопли — до 2 см, у рами (*Boehmeria*) — до 30 см и больше.

в) Склерейды, или каменные клетки, — это паренхимные клетки механической ткани с толстыми одревесневшими оболочками, пронизанными поровыми каналами в по-

перечном направлении. Канальцы соседних клеток совпадают между собой, благодаря чему долго поддерживается обмен веществ через тонкую срединную пластинку. В конце концов клетки отмирают, и потому в полостях у них содержащее или совершенно отсутствует

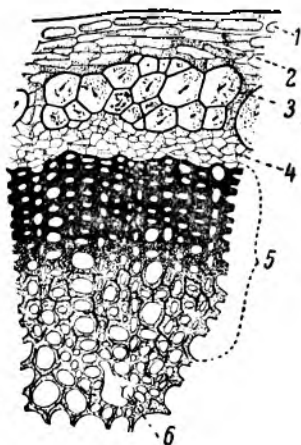
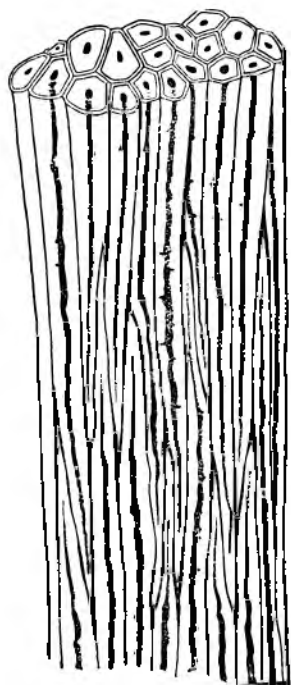


Рис. 21.

С п р а в а — стебель льна на поперечном разрезе: 1 — эпидермис; 2 — основная паренхима; 3 — лубяные волокна; 4 — тонкостенный луб и камбий; 5 — древесина; 6 — сердцевина. С л е в а — продольный разрез пучка лубяных волокон.

или остаётся в виде бурой мёртвой массы. Склерейды попадаются в плодах груши и айвы, в клубнях пеона, в зелёной мякоти листьев многих растений (рис. 22). В последнем случае они играют роль распорок, предохраняющих лист от сплющивания. Иногда склерейды бывают ветвистые.

Расположение механических тканей в стебле и корне неодинаково. В стеблях они занимают преимущественно наружное расположение (соломина и другие полые стебли), при котором достигается наибольшее сопротивление против перелома (так как полые трубки всегда прочнее сплошных стержней, когда те и другие изготовлены из одинакового количества материала). В квадратных и многогранных стеблях механические элементы рас-

положены вдоль граней. В корнях механические ткани имеют центральное расположение, при котором достигается наибольшая прочность против разрыва (например, верёвка прочнее полый трубки) (рис. 34).

Проводящие ткани проводят по растению воду, минеральные соли и органические вещества. Это передвижение происходит неизмеримо быстрее, нежели переход веществ путём осмоса.

Проводящие ткани слагаются из **древесины** (ксилемы) и **луба** (флоэмы). Древесина проводит воду и соли вверх по стеблю к листьям, а луб проводит органические (пластические) вещества из листьев вниз по стеблю к корням. Первый ток жидкостей называется **восходящим**, а второй ток жидкости — **нисходящим**. Впрочем, не редки случаи, когда органические вещества также поднимаются вверх по растению, например к верхушкам стеблей, к цветкам и плодам.

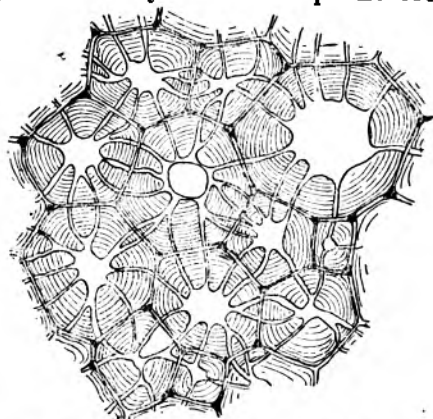


Рис. 22. Каменные клетки из мякоти плода груши.

В травянистых стеблях клетки проводящие вещества обычно собраны в проводящие, или **сосудистые**, пучки, состоящие из ксилемы и флоэмы¹. В большинстве случаев в молодых стеблях пучки отделены друг от друга. В том случае, когда в состав пучков входит склеренхимные волокна, пучки называются **сосудисто-волокнистыми**.

В стволах деревьев, в старых травянистых стеблях и корнях пучки отсутствуют, и потому образуется сплошная масса луба и сплошная масса древесины.

Элементы древесины, проводящие воду, бывают двух родов. Одни называются **трахеями**, другие — **трахеидами**.

Трахеи — сплошные, полые сосуды, тянущиеся вдоль всего растения. Они образуются из ряда вертикальных клеток, вытягивающихся в длину и утрачивающих своё содержимое. Горизонтальные перегородки у таких клеток растворяются, и от них остаётся лишь след в виде узенького ободка. Оболочка вертикальных стенок утолщается в виде сетки, колец, спиралей, ступенчатой лестницы или же утолщается сплошь, оставляя лишь мелкие поры.

В зависимости от способа утолщения различают трахеи сетчатые, кольчатые, спиральные, лестничные и пористые, или точечные (рис. 23).

¹ Ксилема от греческого слова «Xylon» — древесина; флоэма от «Phloios» — кора.

Трахеиды — прозенхимные клетки, образовавшиеся путём удлинения паренхимных клеток и впедрения заострившихся их концов между клетками. Трахеиды также имеют утолщения, но чаще спиральные, кольчатые, лестничные и пористые. Трахеиды встречаются между трахеями, и у листовенных растений они появляются первыми в древесине, а позже уже появляются более крупные трахеи. Вообще необходимо отметить, что в более ранней стадии развития органа, когда преобладает его усиленный рост, преобладают клетки с кольчатыми и спиральными утолщениями, так как такого рода утолщения не препятствуют удлинению кле-

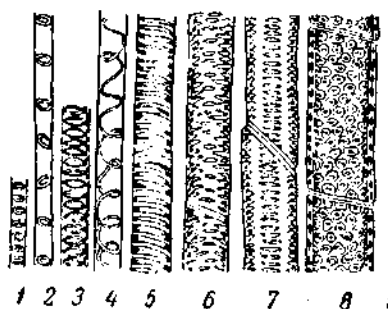


Рис. 23. Формы сосудов:

1 и 2 — кольчатые сосуды; 3 и 4 — спиральные сосуды; 5 — спиральный сосуд с перемычками между оборотами спирали; 6 — сетчатый сосуд; 7 — лестничный сосуд; 8 — пористый сосуд.

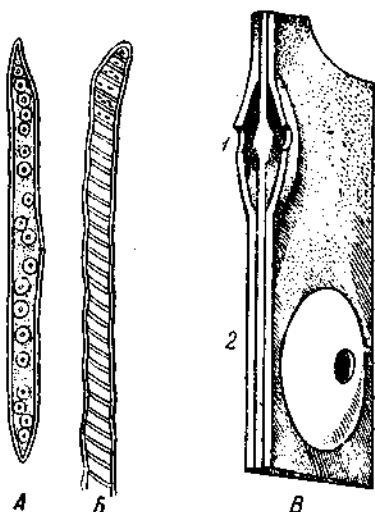


Рис. 24. Трахеиды:

А — трахеида с окаймлёнными порами на радиальных стенках; Б — трахеида со спиральным утолщением; В — схема строения окаймлённой поры: 1 — лора в разрезе — видны полости поры, ведущие к ним круглые отверстия и первичная оболочка с утолщением посредине; 2 — пора с поверхности.

ток. Удлинение прозенхимных клеток происходит путём так называемого скользящего роста, при котором удлиняющиеся заострённые концы клеток как бы скользят между клетками. Древесина хвойных растений состоит из трахеид. На радиальных стенках они бывают покрыты окаймлёнными порами (рис. 24). Между трахеями и трахеидами, находящимися в древесине листовенных растений, попадаются ещё и другие элементы древесины. Обычно сосуды окружены живыми клетками древесной паренхимы и либриформом. Клетки древесной паренхимы наполнены запасными питательными веществами: крахмалом, маслом, белковыми (алеироновыми) зёрнами. У хвойных растений между трахеидами попадаются смоляные ходы, состоящие из длинных полостей, выстланных изнутри эпителиальными клетками, выделяющими смолу.

В процессе эволюции трахеиды возникли у растений в более ранний период, чем сосуды — трахеи.

Тонкостенные клетки луба (флоэмы), проводящие органические вещества, называются **ситовидными**, или **решетчатыми**, **трубками**. Оболочки у них не одревесневают, а остаются целлюлозными. В молодых ситовидных трубках всегда имеются протоплазма и ядро, а в старых — ядра обычно пропадают. Ситовидные трубки образуются из ряда удлинённых трубчатых клеток, попереч-

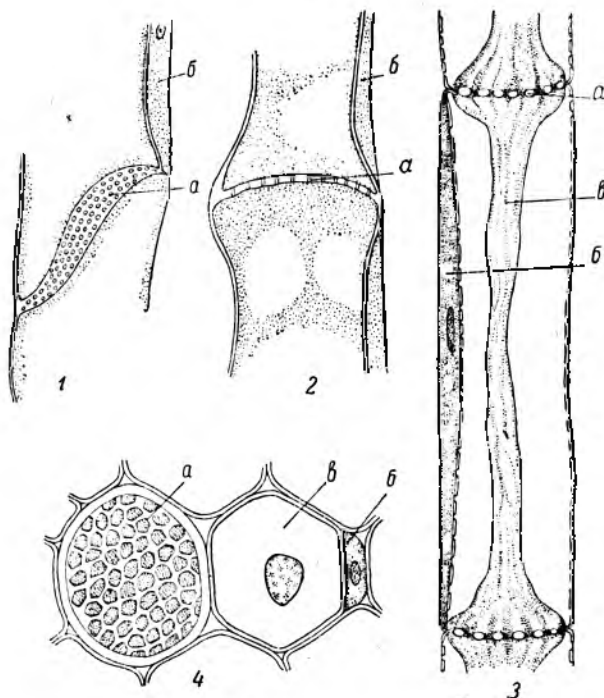


Рис. 25. Ситовидные трубки стебля тыквы:

1 — наискось расположенная ситовидная перегородка (а) между двумя члениками ситовидной трубки; 2 — перпендикулярно к боковым стенкам трубки расположенная перегородка (а). Внутри клеток видны протоплазма и вакуоли. Сбоку видны сопровождающие клетки (б), наполненные густой протоплазмой и ядром; 3 — общий вид ситовидной трубки и сопровождающей клетки (б); содержимое трубки имеет вид тяжа; 4 — поперечный срез через ситовидные трубки: а — ситовидная перегородка; б — сопровождающая клетка; а — ситовидная трубка, перерезанная поперек в средней части; в центре виден протоплазматический тяж. 1—2—срезы были сделаны из свежих стеблей; 3 и 4 — срезы из стеблей, выдержанных в спирте.

ные перегородки которых не исчезают, а продырявливаются многочисленными сквозными отверстиями в виде сита или решета. Содержимое ситовидных трубок сообщается через эти отверстия. На зиму отверстия ситовидных перегородок закупориваются так называемыми мозолистыми утолщениями. На боковых стенках ситовидных трубок находятся такие же ситовидные отверстия, служащие для передвижения органических веществ в горизонтальном направлении. Ситовидные трубки у однодольных и двудольных растений бывают ещё снабжены спутниками, или сопровождающими клетками (рис. 25).

Сопровождающая клетка образуется из ситовидной трубки путём отделения в продольном направлении. Эти клетки всегда имеют протоплазму и ядро, но роль их до сих пор не выяснена. Помимо сопровождающих клеток, между ситовидными трубками разбросаны лубяная паренхима и лубяные волокна.

При первичном образовании проводящие ткани возникают из прокамбия, а последний появляется в первичной меристеме. Прокамбий — это те нежные клетки первичной меристемы, которые, несколько вытянувшись, начинают усиленно делиться, откладывая к наружной части стебля клетки, превращающиеся во флоэму, а к внутренней — клетки, превращающиеся в ксилему. У однодольных растений деятельность прокамбия заканчивается образованием замкнутого (неспособного к утолщению) сосудисто-волокнуистого пучка, а у двудольных растений часть прокамбия сохраняется в виде тонкой прослойки камбия между флоэмой и ксилемой, сохраняющейся в течение всей жизни растений. В последнем случае развиваются открытые сосудисто-волокнуистые пучки, способные утолщаться благодаря деятельности камбия (о проводящих тканях см. ещё в главе IV: Микроскопическое строение стебля).

Особенным строением отличаются млечные сосуды различных каучуконосных растений и вообще растений, снабжённых млечным соком (одуванчик, мак, тау-сагыз, чистотел, хевея, гваюла, эйкомия, ваточник, кендырь, молочай и др.). У этих растений имеются млечные сосуды, которые бывают двух родов: членистые (у мака), образовавшиеся из ряда многочисленных клеток, у которых перегородки растворяются и протоплазма сливается вместе; и нечленистые млечники (у молочая), образовавшиеся путём сильного разрастания отдельных клеток. Те и другие млечники многоядерны, сильно ветвятся и при срастании ветвей дают густые сетки.

Млечный сок представляет собой белую, красную или оранжевую жидкость, включающую в себя сахар, белки, крахмал, жир, а также каучук и гутту, из которых изготавливаются резина и гуттаперча (рис. 26).

Основная паренхима. Само название ткани показывает, что она состоит из паренхимных клеток, имеющих следующие особенности. Форма их то многогранная, то шаровидная, иногда несколько удлинённая, но без заострённых концов. Клеточные оболочки мало утолщены, целлюлозны. Клетки основной паренхимы — живые, помимо протопласта, имеют пластиды и запасные питательные вещества. Основная паренхима снабжена в изобилии межклеточными пространствами, иногда превращающимися в воздухоносные ходы (особая аэренхимная ткань водных и болотных растений). Роль межклеточников — проветривание, необходимое для газообмена клеток. В основной паренхиме, заполняющей всё пространство между другими тканями, протекают следующие важные процессы: фотосинтез органических веществ в ассимилирующей па-

ренхиме листа; откладывание и сохранение запасных питательных веществ в запасающей ткани корней, клубней, стеблей и плодов; скопление воды в водяной ткани, состоящей из крупных клеток, богатых клеточным соком (у растений суккулентов: заячья капуста, кактусы и т. п.).

Основная паренхима даёт иногда начало так называемым вместилищам выделений, наполненным эфирными маслами, смолами, камедями, нектаром и другими подобными веще-

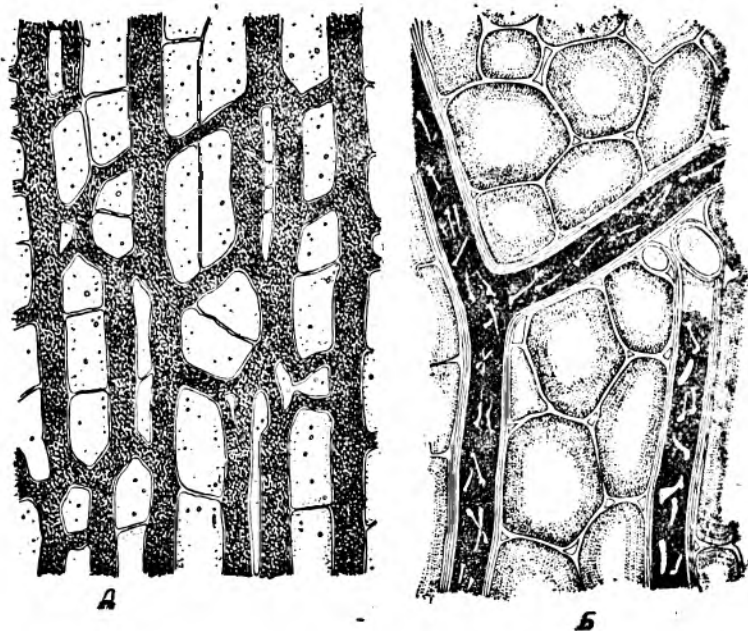


Рис. 26. Млечные сосуды:

А — членистые (латуна); Б — вечленистые (молочай).

ствами. Древесина и кора хвойных растений пронизаны смоляными ходами, выделяющими смолу (живицу). Из живицы хвойных деревьев добываются терпентинное масло, скипидар, канифоль и другие продукты.

Вместилища выделений бывают с хизогенные, образующиеся так же как и межклетники, путём разъединения клеток, и лизигенные, образующиеся путём растворения группы клеток. При образовании схизогенных вместилищ полости, или ходы, выстилаются изнутри нежными эпителиальными клетками, которые способны выделять из себя жидкости, скопленные в полостях.

Мы познакомились с растительными клетками и с тканями. Мы изучили мельчайшие части растений. Нас эти части должны интересовать не только как части, а в их единстве с целым, и поэтому мы перейдем в дальнейшем к изучению органов растения в их сложном взаимоотношении и взаимодействии в растительном организме.

КОРНИ РАСТЕНИЙ

1. ЗНАЧЕНИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ И ЕЁ РАЗВИТИЕ

Корень — это основной орган растения, который неограниченно растёт своей верхушкой обычно вниз и который не имеет на себе листьев. Значение корневой системы растений заключается в том, что с её помощью растение прикрепляется к земле и получает воду и минеральные соли, поступающие из почвы.

Так как корни чаще растут в земле, то о развитии и формах корневой системы мы не имели до недавнего прошлого столь полного представления, как о наземных органах. Обычное наше представление о корневой системе страдает неточностью: мы привыкли судить о корнях растений по тем корням, которые остаются у нас в руках, когда мы выдёргиваем или выкапываем растение из земли.

Вынуть более или менее полно корневую систему из земли можно следующим путём. На некотором расстоянии (50—100 см) от одиноко растущего растения (люцерна, люпин и т. п.) копают канаву в виде правильного круга, в центре которого находится изучаемое растение. Землю следует выбрасывать наружу и как можно дальше. Когда глубина канавы достигнет примерно 0,5 м, оставшийся вокруг растения столб земли размыкают осторожно водой (из лейки с ситчком) до тех пор, пока корневая система не отмоется. Земля при этом смывается в канаву. Когда столб земли размоется и корневая система несколько обнажится, канаву вновь углубляют насколько возможно и затем снова отмывают корневую систему. Если работа проводится достаточно аккуратно и настойчиво, то таким путём на лёгких почвах удастся отмыть корни до глубины 1,5—2 м и больше.

Для изучения характера корневой системы различных сельскохозяйственных растений их выращивают в плоских деревянных ящиках различного размера (до 1,5—2 м), закопанных вертикально в землю. После развития растения ящики выкапывают из почвы, вскрывают одну стенку и осторожно отмывают корни от земли. Оказывается, что корни образуют густую сеть корневых мочек, пронизывающих почву во всех направлениях.

В специальных траншеях, в особых «темничках», наблюдают за развитием корней, заставляя их развиваться вдоль наклонных стенок, укрепленных досками, в которые вделываются стеклянные окошечки для наблюдений.

Подобного рода исследования показывают, что корневая система растений, сильно разветвляясь, углубляется в почву на несколько метров, глубоко уходя в подпахотный слой и распространяясь в плотных почвах по ходам дождевых червей и других землероев, а в рыхлых почвах и непосредственно прокладывая себе дорогу вглубь. Так, на чернозёмных почвах корни овса рас-

пространяются до глубины 1,3—1,4 м, осота — до 6 м и глубже. Корни люцерны при копке колодцев находили на глубине 15 м и глубже.

Наблюдения за первыми фазами роста корневой системы, легко осуществляемые путём проращивания семян на фильтровальной бумаге между вертикально поставленными стеклянными пластин-

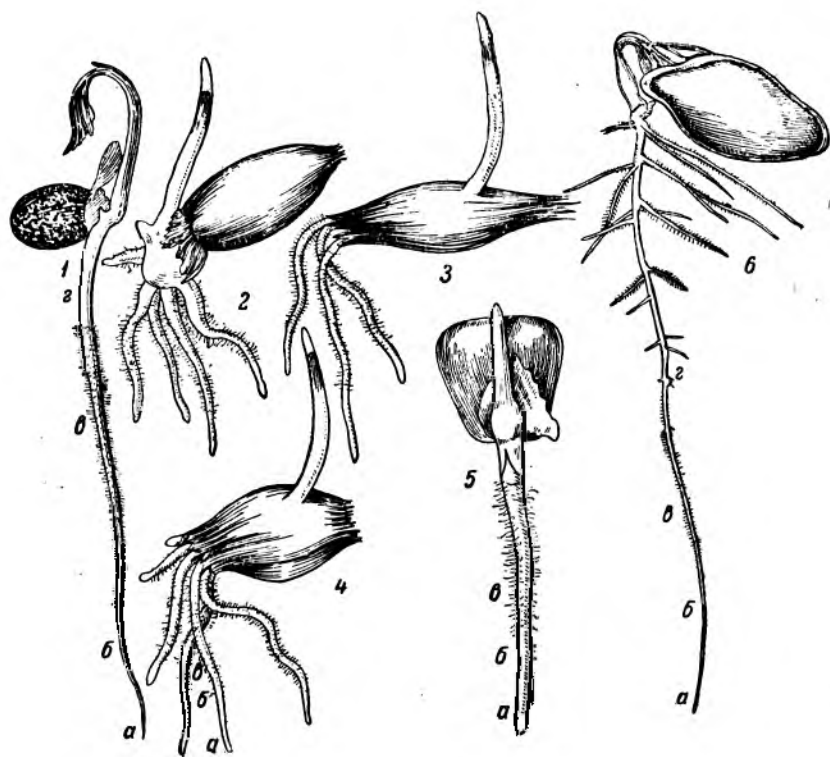


Рис. 27. Первичные корни различных растений:

1 — главный корень проростка вики; 2 — мочковатые корни проростка ржи; 3 — то же овса; 4 — ячменя; 5 — главный корень проростка кукурузы; 6 — главный корень и боковые корни тыны. На всех рисунках: а — конус нарастания; б — зона роста; в — всасывающая зона корневых волосков; г — зона отмирания корневых волосков и появления боковых корней.

ками, показывают, что корневая система быстро направляется в своём росте вниз (рис. 27). В первые дни роста корни удлиняются быстрее, чем стебли, и это имеет важное биологическое значение, так как только более глубокие почвенные горизонты обеспечивают корневую систему достаточным количеством влаги.

В засушливые годы те растения хорошо противостоят засухе, корни которых успевают уйти глубоко в почву, пока последняя не успела ещё иссушиться. В этом отношении громадное значение в борьбе с засухой имеют такие мероприятия, как ранние посевы

и всякие приёмы, ускоряющие развитие растений (яровизация, удобрение, уход за растениями).

Зачаток корня имеется уже в семени. При прорастании семян корень обычно первым появляется из-под кожуры. При этом наблюдаются различия в развитии корневой системы: в то время как у однодольных растений при прорастании появляется обычно несколько корней, у двудольных — один корень. Так, у пшеницы чаще всего появляются три первичных корня, у ячменя их бывает четыре и пять, у кукурузы сперва появляется один корень, и только значительно позднее показываются следующие, которые быстро начинают расти и догоняют в росте первый (рис. 27). У бобовых растений всегда появляется один главный корень, который быстро удлиняется и рано даёт от себя боковые корни, в то время как у злаков ветвление первичных корней начинается лишь на четвёртой неделе. Тыква даёт хорошо развитый главный корень и обильное количество очень длинных боковых.

Кроме питания и прикрепления растения к земле, корни имеют и другое значение. *Иногда в корнях откладываются запасы органических веществ* (м а с с ы с т ы е к о р н и). В иных случаях корни служат для поддержания растения в вертикальном положении (например, придаточные корни кукурузы). У некоторых растений образуются дыхательные корни, снабжающие растение воздухом, которые торчат из болотистой почвы вверх (*Taxodium* из Северной Америки). В о з д у ш н ы е к о р н и, свешиваясь вниз, жадо-всасывают дождевую или гигроскопическую воду с помощью особого губчатого покрывала. Они встречаются в тропических лесах у растений эпифитов, поселяющихся на коре деревьев.

У некоторых тропических папоротников, орхидей и ароидных растений корни, сильно разветвляясь, образуют сплетения, в которых собираются перегнойные вещества, служащие для питания растения при посредстве специальных придаточных корней. У многих тропических орхидей воздушные корни играют роль листьев. Они становятся плоскими, зеленеют вследствие образования хлорофилла и ассимилируют углерод, не уступая в этом случае настоящим листьям. Зеленение корней на свету наблюдается также у кукурузы и у некоторых водяных растений. Явление изменения строения органа в связи с изменением жизненных функций называется метаморфозой. У слоевищных растений (водоросли, грибы) корневая система отсутствует. Мхи также не имеют корней. У некоторых из этих растений роль корневых волосков выполняют одноклеточные волоски — р и з о и д ы.

Настоящие корни появляются у папоротникообразных растений, а у цветковых растений корневая система достигает высокой степени развития. Изредка среди высших растений встречаются такие, у которых корни отсутствуют и роль их берут на себя листья. Так, у насекомоядного водяного растения — пузырчатки (*Utricularia*) роль корней выполняют сильно рассечённые листья, на которых присутствуют ещё особые пузырьки — ловчие снаряды

для улавливания мельчайших животных. Отсутствуют корни также у сальвинии (*Salvinia*) — водяного папоротника, у которого роль корней играют сильно рассечённые листья (рис. 162). С помощью корней происходит иногда вегетативное размножение растений (георгина, пeon). Размножение корнями наблюдается и у злейших врагов полевых и огородных культур — у сорняков: осота полевого (*Sonchus arvensis*) (рис. 228) и бодяка полевого (*Cirsium arvense*) (рис. 28). У них сильно развита способность давать от себя корневые побеги на многочисленных отрезках корней, остающихся в земле после мелкой вспашки. Корневой порослью размножаются тополь, осина, белая акация и многие другие деревья, вокруг которых часто вырастает целая заросль молодых растений.



Рис. 28. Бодяк полевой (*Cirsium arvense*): сорная трава, трудно искореняющаяся, размножающаяся корневой порослью. Даже малые куски корня производят придаточные почки, из которых развиваются новые цветущие стебли.

2. ВИДЫ КОРНЕЙ

Внешний вид корней находится в зависимости от их роли и условий развития. Различают две резко отличающиеся одна от другой системы корней: стержневую и мочковатую (рис. 29).

Стержневая система корней имеет главный, или стержневой, корень, являющийся продолжением стебля, с которым он соединяется посредством корневой шейки. От главного корня отходят боковые корни, разветвляющиеся и заканчивающиеся корневыми мочками. Стержневая система корней свойственна двудольным растениям, хотя среди двудольных попадаются и такие растения, у которых главный корень незаметен (например, подорожник). Напротив, у большей части двудольных (редька, люцерна, горох и др.), начиная с момента прорастания семени, главный корень развивается сильно и уходит глубоко в почву. Особенной длины стержневые корни достигают у растений пустынь (до 15 м и больше).

Мочковатая система корней свойственна однодольным растениям. В этой системе главный корень или рано отмирает, или совсем не развивается, или растёт наравне с другими

корнями, которые образуют целый пучок тонких мочковатых корней. Корневая система злаков — мочковатая.

Наличие в зародыше многих однодольных растений главного корня и последующее его исчезновение при прорастании семян приводится как одно из доказательств происхождения однодольных растений от одной из древних групп двудольных.

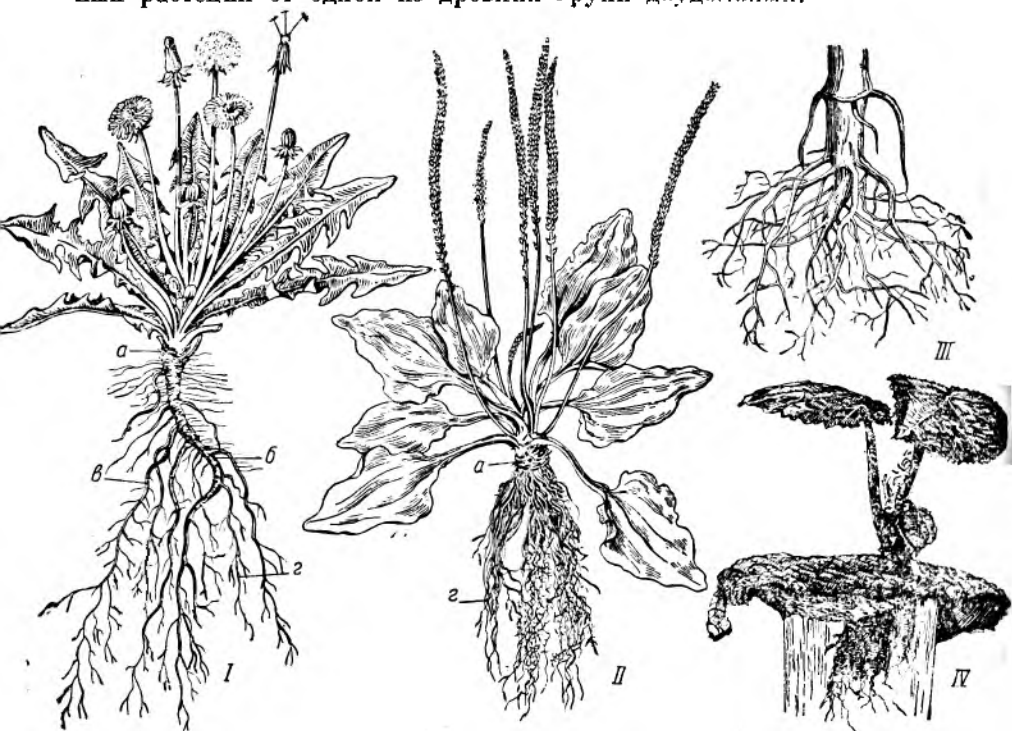


Рис. 29. Виды корней:

I — главный (стержневой) корень одуванчика: а — корневая шейка, б — главный корень, г — боковые корни, г — мочки; II — мочковатые корни подорожника; III — придаточные корни кукурузы; IV — придаточные корни на листе бегонии.

Придаточные корни — это корни, возникающие добавочно на стебле или — у некоторых растений — на листьях. Образование их можно ускорить искусственным путём, присыпая стебли землёй. Помидоры, картофель, кукуруза после окучивания дают много придаточных корней, которые укрепляют растения и усиливают их питание (рис. 29).

Корни многих двухлетних и многолетних растений наполняются запасами питательных веществ и превращаются в мясистые корни и в корневища (рис. 30). Примером первых являются корни моркови, свёклы, репы, брюквы и других двухлетних растений. В первый год эти растения образуют пучок (розетку) листьев, выходящих из верхней части корнеплодов. Свекло-

яичные и морковные высадки зимой сохраняют, а весной высаживают. Из них вырастают стебли, которые дают соцветия и плоды. Свекловичный высадок не есть корень. Только нижняя часть его — корень, начиная от утончающегося места, где образуются боковые

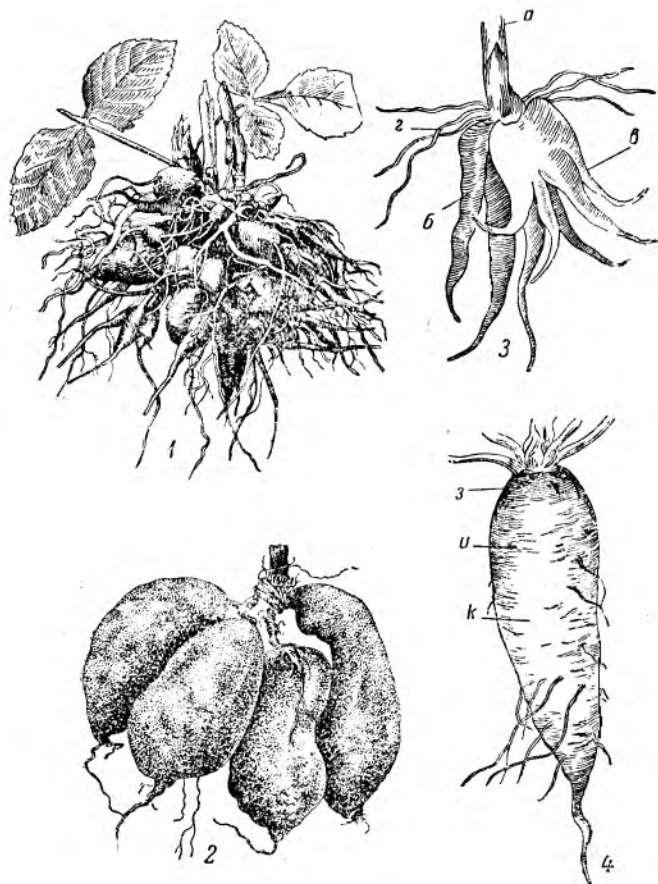


Рис. 30. Мясистые корни:

1 — клубни георгин; 2 — клубни батата; 3 — клубни 'атрыш-ника: а — стебель, б — старый клубень, в — молодой клубень, з — придаточные корни; 4 — корнеплод турнепса: з — головка корнеплода (стебель), и — корневая шейка, к — мясистый корень с боковыми корнями.

корни, и ниже. Верхняя часть свекловичного высадка — головка, т. е. укороченный стебель, покрытый остатками прошлогодних листьев и множеством почек, из которых вырастают стебли. Головке образуется из надсемядольного колена. Та часть корнеплода, которая находится между головкой и корнем, называется шей-к о й корнеплода. Она происходит из подсемядольного колена.

Корневые клубни образуются из придаточных корней, когда некоторые из них наполняются запасными органическими веществами, сильно разрастаясь в толщину. Корни батата (*Ipomoea batatas*), георгины, ятрышника (*Orchis*), чистяка лютичного (*Ficaria*), очитка (*Sedum maximum*) и другие могут служить примером корневых клубней. Корневые клубни служат для перезимовывания растений и для вегетативного размножения.

3. АНАТОМИЯ КОРНЯ

Зоны корня

На своём протяжении корень имеет следующие зоны: 1) верхушку, состоящую из конуса нарастания и корневого чехлика; 2) зону наибольшего роста; 3) всасывающую зону, покрытую обычно корневыми волосками, и 4) остальную часть корня с опробковевшими снаружи клетками (рис. 31, I).

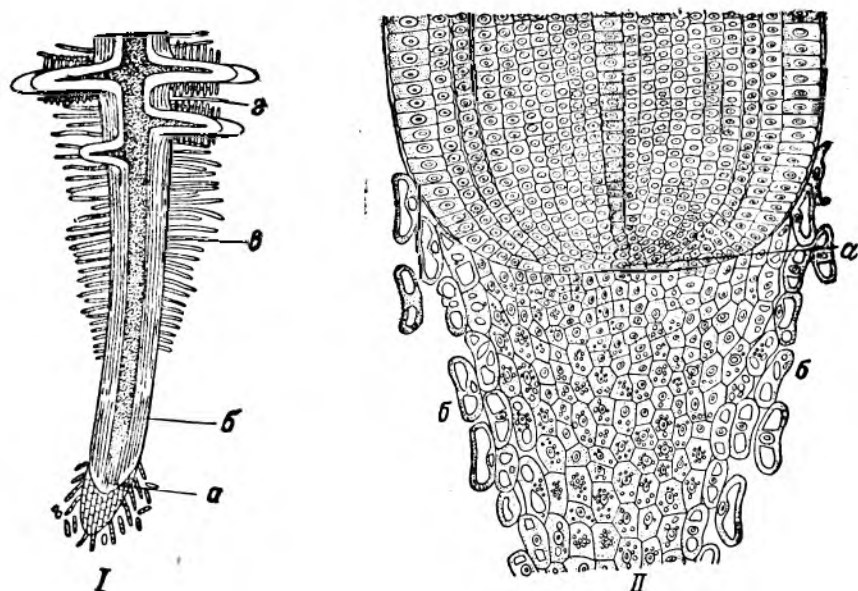


Рис. 31.

I. Зоны корня: а — корневой чехлик и точка роста; б — зона роста; в — зона корневых волосков; г — зона боковых корней (схема). II. Строение кончика корня: а — клетки образовательной ткани; б — клетки корневого чехлика (сильно увел.).

Все эти части можно заметить простым глазом или в лупу на корне, развивавшемся на фильтровальной бумаге. На корешках, осторожно вынутых из почвы, всасывающая зона бывает окружена комочками крепко приставшей земли.

При рассмотрении корневой мочки под микроскопом обнаруживаются детали строения корня. Кончик корня состоит из клеток первичной образовательной ткани (меристемы), из которых одни превращаются в постоянные клетки корня, а другие, прилегающие к концу, превращаются в клетки корневого чехлика. Корневой чехлик, охватывая образовательную ткань, защищает нежную верхушку корня от механических повреждений, которым она могла бы подвергнуться вследствие сильного давления, развиваемого во время роста. Форма корневого чехлика — клинообразная. Наружные клетки, более старые, с развитыми вакуолями, с повышенным тургором, испытывают на себе наибольшее давление вследствие трения об острые частицы почвы. Эти клетки во множестве всё время сдвигаются и отмирают, а их место беспрестанно занимают новые, нарождающиеся из точки роста клетки, вследствие чего толщина чехлика остаётся неизменной (рис. 31, II).

В срединных клетках корневого чехлика, помимо обычного протопласта, у многих растений находятся крупные крахмальные зёрна, которые легко можно обнаружить с помощью йода.

Под корневым чехликом находится конус нарастания корня. В нём происходит беспрестанное деление клеток образовательной ткани, дающих начало всем клеткам корня.

У архегонияльных растений (папоротники, хвощи) в конусе нарастания корня, а также и стебля, выделяется одна клетка (точка роста), чаще трёхгранной формы, которая путём деления в трёх направлениях даёт начало всем остальным клеткам. У семенных растений таких клеток несколько или много. У однодольных растений чехлик имеет свою обособленную образовательную ткань.

Несколько отступя от кончика корня (на 2—10 мм), находится зона наиболее сильного роста корня, в которой происходит увеличение размеров клеток. Отступя ещё дальше от кончика корня, в клетках происходит внутренняя дифференцировка, в результате которой образуются ткани корня. Если нанести на молодом корешке деления тушью на расстоянии 1 мм одно от другого, то на другой день можно заметить, что наиболее сильно они раздвинуты на расстоянии 2—3 мм от конца корня (рис. 32).

Зона роста корня переходит во все расширяющуюся зону, в начале которой можно наблюдать под микроскопом появление корневых волосков из клеток эпидермиса. На клетках появляются

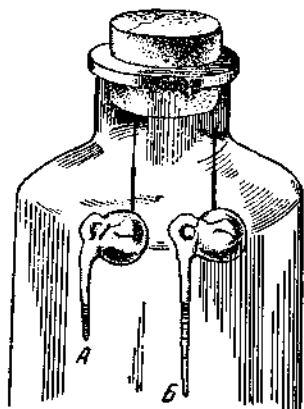


Рис. 32. Нахождение места роста корня:

А — молодой корень гороха с нанесёнными на нём делениями;
Б — тот же корень через сутки.

сначала едва заметные бугорки, которые, удлиняясь, превращаются в тонкие одноклеточные выросты — **корневые волоски**, не отделяющиеся перегородками от производящих их клеток. Длина их возрастает по мере удаления от кончика корня.

Всасывающая зона у корней различных растений отличается разной длиной. Кроме того, длина всасывающей зоны, так же как и других зон, зависит от быстроты роста корня, от почвы и других условий. Корневые волоски недолговечны (эфемерны): достигнув своего полного развития, они отмирают, а вместо них ближе к концу корня появляются новые. Таким образом, всасывающая зона корня по мере его роста всё время перемещается в другие места, благодаря чему становится возможным использование всё новых запасов воды и питательных веществ. Длина корневых волосков различна. В воде они могут совсем не развиваться; тогда всасывание веществ происходит поверхностью эпидермиса. Во влажном воздухе они становятся заметными простым глазом и вытягиваются до 2—8 мм. Внешняя форма их также меняется. Развившийся на свободе (например, во влажной атмосфере) корневой волосок имеет правильную цилиндрическую форму. Оболочка у него тонкая, вакуоля развита, протоплазма располагается тонким слоем вдоль оболочек, ядро находится в протоплазме в конце волоска. В почве волоски имеют неправильную форму: они изгибаются, оплетают частицы почвы и приходят с почвой в самое тесное соприкосновение. Корневые волоски не только поглощают из почвы воду и минеральные вещества, но и дают опору растущему корню.

Поступление веществ происходит вследствие осмоса, причём из корневых волосков вещества проникают в соседние клетки и дальше, вплоть до проводящих сосудов, находящихся в центре корня. Общая длина корневых волосков, появляющихся за время жизни растения (например, пшеницы), достигает 10 000 км. Число волосков на 1 мм² корня кукурузы равно примерно 425, у гороха — 232. Поверхность корня кукурузы благодаря волоскам увеличивается в 5,5 раза, а у гороха — в 12,4 раза (по В. Г. Александрову).

Способность корневой системы поглощать из почвы питательные вещества усиливается ещё вследствие того, что из корневых волосков выделяются кислоты (яблочная, угольная и др.). Эти кислоты растворяют многие нерастворимые в воде вещества, после чего последние проникают путём осмоса в растение. Например, люпин и гречиха обладают большей усваивающей способностью, чем злаки. Из злаков овёс лучше усваивает нерастворимые в воде вещества, чем пшеница, и т. д.

Разъедание корнями горных пород является одним из факторов выветривания последних. Даже на мраморной пластинке при длительном соприкосновении с ней корней получается отпечаток корней. Если на влажную синюю лакмусовую бумагу положить проростки с корнями, то в местах соприкосновения корневых волосков с бумагой получается отчётливое красное окрашивание,

что указывает на кислую реакцию корней. Кроме того, корни, проникая в расщелины камней и скал и утолщаясь там, способствуют их разрушению. Вслед за всасывающей зоной корня расположена наиболее развитая опробковевшая зона корней. Корневые волоски в ней отсутствуют, эпидермис заменяется пробковым слоем, а позднее — перидермой и коркой, которая всегда покрывает старые корни деревьев.

Анатомическое строение корня

На поперечном разрезе, проведённом через всасывающую зону молодого корня, видно, что корень состоит из следующих частей: наружной части, образующей кору корня, и из центрального

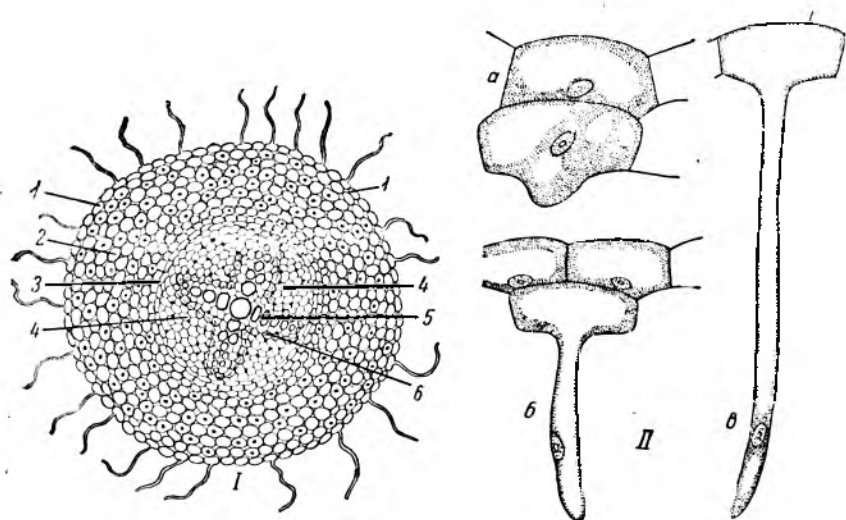


Рис. 33.

I. Поперечный разрез корня; лютика: 1 — эпидермис и корневые волоски; 2 — кора корня; 3 — эндодерма и периллин; 4 — первичная флоэма; 5 — первичная ксилема; 6 — камбиальные клетки. II. Развитие корневого волоска из клетки эпидермиса: а — клетка эпидермиса, у которой оболочка изогнулась в виде бугорка; б — молодой волосок; в — более старый волосок.

цилиндра, образующего внутреннюю часть корня и состоящего, главным образом, из проводящих и механических тканей (рис. 33). Из клеток эпидермиса, покрывающих кору, развиваются корневые волоски.

Эпидермис, по мере отмирания корневых волосков, заменяется отмирающими клетками пробкового слоя.

В коре корня заметны две части: **н а р у ж н а я**, состоящая из многоугольных клеток, плотно примыкающих друг к другу, и **в н у т р е н н я я**, состоящая из рыхло соединённых клеток, имеющих развитые межклеточные пространства. Живые клетки коры образуют основную паренхимную ткань, в которой обычно

находятся запасные органические вещества, а также кристаллы, смолы и пр. Размеры паренхимных клеток, по мере удаления их от наружных слоёв, сперва увеличиваются, а затем постепенно уменьшаются.

Самый внутренний слой коры корня образует *эндодерму*, которая окружает центральный цилиндр и создаёт резкую границу между корой и внутренней частью корня. Эндодерма состоит из паренхимных, несколько вытянутых клеток, имеющих на радиальных стенках или тёмные пятна (пятна Каспари) или сильно утолщённые внутренние или боковые оболочки. Эти образования часто подвергаются одревеснению и пробковению и потому теряют способность пропускать через себя воду. В последнем случае среди клеток эндодермы с утолщившимися оболочками попадают вертикальные ряды *пропускных клеток* (один или два), имеющих тонкостенные целлюлозные оболочки. Они распределяются как раз против древесных пучков и служат для передачи воды и солей из корневых волосков и из клеток коры в сосуды древесины.

Под эндодермой залегает *центральный цилиндр* корня, наружный слой которого (за немногими исключениями) состоит из жизнедеятельных клеток с тонкими клеточными оболочками. Этот слой называется *перициклом*, или *корнеродным* слоем, так как из него обычно начинается образование боковых корней, которые затем прорастают сквозь первичную кору и выходят наружу (рис. 34). Боковые корни образуются против лучей древесины или против промежутков, отделяющих участки древесины и участки луба, и потому они распределяются на корне правильными рядами по числу лучей древесины или в два раза большим числом.

В центральном цилиндре располагается проводящая ткань, состоящая из трахей (сосудов) и трахенд — прозенхимных клеток, образующих первичную *древесину* (ксилему), и из ситовидных трубок с сопровождающими клетками, образующих первичный *луб* (флоэму).

Расположение ксилемы — радиальное, в виде лучей, имеющих форму треугольников, вершины которых обращены к перициклу и состоят из самых узких, ранее возникших трахенд, а основание треугольников, обращённое к центру, состоит из наиболее крупных, позднее возникающих трахей. Число лучей древесины в корнях бывает различное (от 2—4 и до 20 у злаков). Трахен древесины, образующие широкие основания треугольников, или сходятся в середине корня или оставляют место для сердцевины, в состав которой входят паренхимные клетки, а иногда и склеренхимные волокна.

Когда сосуды древесины сходятся в середине, то они на поперечном разрезе имеют форму лучистой звезды (рис. 34, I).

Участки первичной флоэмы располагаются между участками первичной ксилемы. Если сравнить их форму с треугольниками, то вершины этих треугольников оказываются обращёнными к цен-

тру, а основание — к перициклу. Между древесиной и лубом располагаются паренхимные клетки.

Ксилема состоит из спиральных, кольчатых, сетчатых, точечных, лестничных трахей и трахеид и служит для поднятия воды в стебель, а по ситовидным трубкам флоэмы органические вещества спускаются вниз из стебля и идут на образование и на питание клеток корня. Механические элементы луба (лубяные волокна) и древесины (либриформ) разбросаны между клетками проводящей ткани.

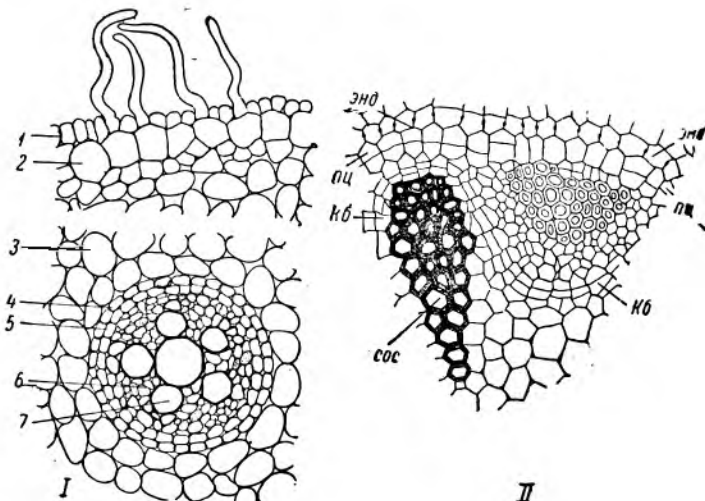


Рис. 34.

I. Поперечный разрез корня однодольного растения: 1 — эпидермис и корневые волоски; 2 и 3 — кора корня; 4 — эндодерма; 5 — перицикл; 6 — флоэма; 7 — сосуды первичной ксилемы. II. Часть поперечного среза центрального цилиндра корня конского боба при начале вторичного утолщения: энд — эндодерма; пц — перицикл; сос — одна из сосудистых групп; кб — камбий.

В корнях однодольных растений изменения в течение жизни весьма ничтожны. Они сводятся к отмиранию корневых волосков, к утолщению и одревеснению многих клеток корня и к пробковению наружных слоёв коры.

У двудольных растений уже в течение первого года жизни описанное выше первичное строение корня претерпевает резкие изменения, а в течение последующих лет корень сильно утолщается. Вторичное изменение корня начинается с того, что в центральном цилиндре паренхимные клетки, находящиеся между флоэмой и ксилемой, начинают делиться и видоизменяться (рис. 34, II). Между ксилемой и флоэмой появляется полоска деятельного слоя — камбия, который откладывает внутрь корня клетки, превращающиеся во вторичную древесину, а наружу — клетки, превращающиеся во вторичный луб. Клетки перицикла, находящиеся против ксилемных лучей, также начинают делиться, образуя против лучей древесины паренхимную ткань, превращающуюся в сердцевинный луч. Камбиальный слой замыкается вокруг ксилемы центрального цилиндра, и при дальнейшей его деятельности нарастает внутри сплошная древесина, пронизанная лишь местами

сердцевидными лучами, а к периферии образуется сплошной луб, отодвигаемый всё дальше от первичной древесины. Камбиальный слой вначале имеет вид изогнутой линии, а затем превращается в кольцо, развивающее свою деятельность в течение вегетационного периода. Только осенью деятельность камбия прекращается, но весной она проявляется с новой силой. Вследствие этого в многолетних корнях образуются слои древесины и корень становится сходным по строению со стеблем. Отличительным признаком старых корней от стеблей может служить первичная древесина, остающаяся в центре корня в виде радиальных лучей. В многолетнем корне сердцевидные лучи упираются в первичную древесину, в то время как в стебле они упираются всегда в сердцевину. При вторичных изменениях корня наружная и внутренняя кора корня часто совершенно отмирает, так как клетки перидермы начинают делиться и образуют пробковый камбий, который образует перидерму, отделяющую кору от остальной части корня.

Элементы ксилемы и флоэмы корня протягиваются непосредственно в стебель, где они располагаются не радиальными лучами, как при первичном строении корня, а в виде обычных замкнутых (у однодольных) и открытых (у двудольных) сосудистоволокнистых пучков. Перегруппировка элементов ксилемы и флоэмы происходит в подсемядольном колене и в корневой шейке.

Мясистые корни свёклы, моркови, репы, брюквы имеют отклоняющееся от нормального типа строение, вызванное откладыванием в корне запасов питательных веществ. Корни моркови и петрушки имеют сильно развившийся вторичный луб, в котором откладываются запасы питательных веществ. В корнях турнепса, репы, редьки и брюквы для этой цели служит разросшаяся вторичная древесина, а в корне свёклы видны концентрические слои, которые состоят из паренхимы, окружающей сосудистые пучки. Корень свёклы разрастается за счёт деятельности нескольких последовательно сменяющих друг друга камбиальных колец. Сосудистоволокнистые пучки внутренних слоёв направляются через головку корня к самым старым наружным листьям, а пучки наружных слоёв направляются в молодые, вновь появляющиеся внутренние листья.

Корневая система сельскохозяйственных растений развивается неодинаково: у злаковых растений корни развиваются преимущественно в поверхностном слое, хотя отдельные корни и проникают в глубокие слои; у бобовых растений и у корнеплодов корни развиваются глубже. Это явление имеет большое значение при установлении чередования культур в поле и на овощных участках для более равномерного использования плодородия почвы. Глубокая вспашка создаёт лучшие условия для развития корневой системы культурных растений. В мощном пахотном слое особенно нуждаются корне-клубнеплоды.

Корни растений, особенно злаковых, густой сетью пронизывают почву во всех направлениях; они находятся в тесном соприкосновении с комочками почвы, оплетая их со всех сторон. Акад. В. Р. Вильямс в своём учении о почве и о травопольной системе земледелия придаёт огромное значение прочной мелкокомковатой структуре почвы. Для образования такой структуры необходим

совместный посев многолетних рыхлокустовых злаков и многолетних бобовых трав, т. е. возделывание многолетних злаково-бобовых травосмесей, что осуществляется в правильных травопольных севооборотах.

Глава IV

СТЕБЛИ И ПОБЕГИ РАСТЕНИЙ

1. ЗНАЧЕНИЕ СТЕБЛЕЙ И ИХ РАЗВИТИЕ

Значение стебля для растения столь же разнообразно, как и значение корня. Прежде всего стебель в качестве осевого органа служит растению для передвижения соков: один ток жидкости (вода и соли) направляется из корней в листья, а другой (органические вещества) — из листьев по всему растению.

Кроме того, стебель поддерживает ветви, листья, цветки и плоды. Совокупность ветвей и листьев у деревьев называется кроной. При посредстве стебля и его ветвей достигается расчленение надземных частей растения и образование громадной ассимилирующей и испаряющей поверхности, во много раз превосходящей занимаемую растением площадь на земле. Обширная листовая зелёная поверхность улавливает свет и углекислый газ.

Зелёные стебли травянистых растений содержат в своих клетках хлорофилл и частично играют роль зелёных листьев. Иногда стебли служат для вегетативного размножения растений. Примером может служить распространённое по дорогам и охотно поедаемое скотом растение *гусиная лапка*, развивающее укореняющиеся побеги (усы). Способностью к вегетативному размножению растений пользуются и в практике сельского хозяйства: черенками и отводками разводят смородину и иву, луковицами размножают лук, тонкими побегами (усаами) размножают землянику и клубнику.

Мясистые стебли тропических растений (кактусов) во время сырой погоды наполняются водой, а в сухую погоду медленно расходуют её. У растений двухлетних и многолетних стебли служат ещё для откладывания в запас питательных веществ, например мясистые стебли капусты, стволы деревьев, корневища.

Стебель с расположенными на нём листьями и почками называется побегом.

В стебле мы различаем узлы — участки стебля, несущие листья, и междоузлия — участки стебля между узлами. Внутренний угол между листом и стеблем называется пазухой листа. В пазухах листьев на стебле развиваются почки, дающие начало новым побегам (ветвям). У некоторых растений стеблевые узлы вздуты (бальзаминовые, гречишные, губоцветные), но чаще узлы не отличаются толщиной от междоузлий, внутреннее же строение их сильно отличается, так как часть сосудистоволокнистых пучков

из узлов переходит в листья. Междоузлия в почках сильно сближены, в побегах они обычно удлиняются.

Верхушка стебля заканчивается верхушечной почкой, в которой скрыт конус нарастания, прикрытый листочками. В конусе нарастания находится образовательная ткань, состоящая из клеток, которые всё время энергично делятся и увеличивают стебель. На некотором расстоянии от точки роста появляются бугорки—это зачатки листьев (рис. 35). Затем эти бугорки ещё больше удлиняются, и листья окружают конус нарастания. Таким образом, точка роста защищена от внешних неблагоприятных влияний массой листьев, между которыми находится множество полостей, наполненных воздухом. Ближайшие к верхушечной почке междоузлия стебля мало

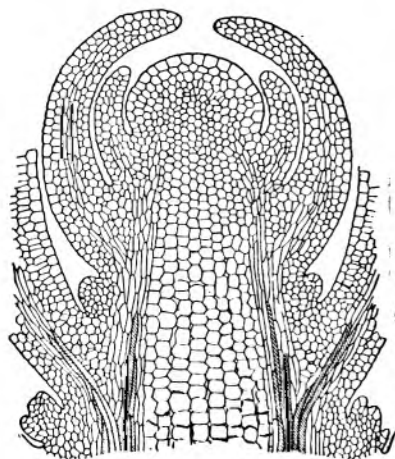


Рис. 35. Схема продольного разреза верхушки стебля.

развиты; их удлинение происходит в процессе роста стебля.

У большей части растений (двудольных) стебель растёт своей верхушкой и ближайшими к точке роста междоузлиями. Зона роста стебля длиннее зоны роста корня. Рост стебля складывается из размножения клеток в точке роста и из удлинения клеток, происходящего на некотором расстоянии от верхушки. Зона наиболее быстрого роста стебля находится на некотором расстоянии от конуса нарастания.

У других растений (однодольных, например, у злаков, осок, лилейных) стебли растут, главным образом, нижними частями своих междоузлий; здесь у них находится обр а з о в а т е л ь-



Рис. 36.

I. Нижняя часть молодого экземпляра ячменя: А — плёнки, оставшиеся от зерна; Б — первичные корешки; В — подземное междоузлие; Г — узел кушения, от которого отходят вторичные придаточные корни с приставшими к ним частицами почвы; Д — главный побег; Е — влагалищный лист. II. Вскрытый побег молодого злака: а — узлы стебля; б — междоузлия стебля; в — колос; г — листья (пластинки); д — влагалище листа; е — язычок листа.

ная ткань, защищённая разрастающимся влагалищем листа. Такой способ роста стеблей называется **вставочным, или интеркалярным**.

Стебель — это основной орган растения, растущий вверх своей верхушкой и междоузлиями и несущий на себе листья, почки, цветки и плоды. Так как стебель — осевой орган, то и строение его, как внутреннее, так и внешнее, обычно бывает радиальное, рост его неограниченный, за исключением некоторых его видоизменений (укороченные стебли, колючки, усики). Стебель — орган для проведения воды и питательных веществ — связующее звено между корневой системой и листьями. Ветвление стеблей способствует увеличению листовой поверхности. Часто стебли служат для откладывания запасов питательных веществ, а иногда и для вегетативного размножения.

При развитии стеблей злаковых растений важную роль играет **узел кушения**, который развивается вскоре же после появления всходов, под поверхностью почвы. Из узла кушения вырастают многочисленные придаточные корни, а также добавочные побеги. На продольных разрезах, проведённых через узел кушения, можно видеть зачаток стебля с верхушечным соцветием, состоящий из междоузлий, узлов и прикреплённых к узлам листьев (рис. 36). Развитие добавочных побегов говорит о том, что кушение злаков есть подземное ветвление стебля.

2. РАЗМЕРЫ СТЕБЛЕЙ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ

Стебель у растений достигает различного развития: есть так называемые **бесстебельные растения** (одуванчик, подорожник и др.), у которых стебель настолько укорочен, что листья кажутся выходящими из корня. В действительности все листья у этих растений сидят на укороченном стебле, образуя розетку листьев. Такие бесстебельные растения обычно растут на открытых местах. Только одно верхнее междоузлие начинает у них удлиняться к периоду цветения, превращаясь в **цветочную стрелку**.

Среди травянистых растений попадаются такие, которые имеют стебли всего в несколько сантиметров (крупка весенняя и др.). С другой стороны, среди растений имеются, действительно, великаны, стебли (стволы) которых имеют громадную толщину и высоту (высота ели, сосны, дуба 40—50 м, толщина баобаба 10—12 м, высота секвойи 120—140 м, эвкалипта 140—150 м). Под раскидистой кроной многих деревьев в знойный день находят себе приют целые караваны. Лиановидные пальмы — ротанги имеют стебли длиной до 300 м, при толщине до 4 см.

По продолжительности жизни растения также сильно отличаются друг от друга. Есть много **однолетних растений**, которые за один вегетационный период успевают развиться и

оставить после себя потомство. На островах крайнего севера есть много растений, которые за 1½—2 месяца успевают совершить цикл своего развития. Крупка весенняя (*Draba verna*) и бурачок (*Alyssum*) — сорные травы, всюду встречающиеся у нас, уже в конце весны дают семена. Их называют однолетними эфемерами¹. Сюда относятся также мокрица (*Stellaria media*), мятлик однолетний (*Poa annua*) и крестовник (*Senecio vulgaris*). Эти растения быстро развиваются и успевают за лето дать несколько поколений.

К однолетним растениям относится и большая часть наших культурных полевых растений (овёс, ячмень, вика, гречиха, кукуруза, конский боб и т. п.). Все эти растения обладают травянистым стеблем, отсутствием корневищ и мясистых корней.

К двухлетним растениям относятся те, которые в первый год жизни в своих корнях, стеблях, а иногда и в листьях накапливают запасы питания, а на второй год жизни выгоняют цветущие побеги, приносят плоды и семена и отмирают. Из культурных растений таковы свёкла, морковь, турнепс, брюква, капуста и т. п.

Многолетними растениями называют те, продолжительность жизни которых превышает два года (земляная груша, луговые травы и др.). Например, посеянные на лугу луговые травы растут три, четыре, пять (и даже больше десятка) лет, а затем многие из них совершенно исчезают из травостоя.

Деревья живут сотни и тысячи лет: граб до 150, яблоня до 200, сосна до 500, бук до 600, сибирский кедр, липа и ель до 1 000, дуб до 1 200, каштан до 2 000, кипарис и тисс до 3 000, секвойя до 5 000 лет.

Характерным отличием многолетников является деревянистый стебель (кустарник или дерево) или наличие корневища, т. е. подземного побега. В деревянистых стеблях откладываются нужные растению для следующего года запасы питательных веществ; их можно найти в сердцевине, в коре и частично в древесине. В корневищах также находятся и крахмал, и сахар, и белки, и жиры. Корневищевые многолетние растения размножаются с помощью корневищ.

Среди многолетних растений есть также быстро отцветающие весенние растения (эфемероиды), как, например, луковичные растения — подснежники (*Scilla*), тюльпаны (*Tulipa*), а также растения с клубнями — чистяк (*Ficaria*), хохлатка (*Corydalis*) и корневищевые ветреницы (*Anemone*).

В систематике растений принято обозначать продолжительность жизни растений следующими условными значками: деревья и кустарники — ♀, многолетние растения — ♀, двухлетние — ☉, однолетние — ○. В настоящее время имеется много доказательств в пользу более позднего происхождения однолетних растений по сравнению с многолетними при филогенезе растительного мира.

¹ «Эфемерос» — от греческого слова — скоротечный.

3. ВИДЫ СТЕБЛЕЙ

Внешний вид стеблей весьма разнообразен. Это зависит, с одной стороны, от особенностей данного растительного вида, а с другой стороны, от тех условий, при которых растению приходится разви-

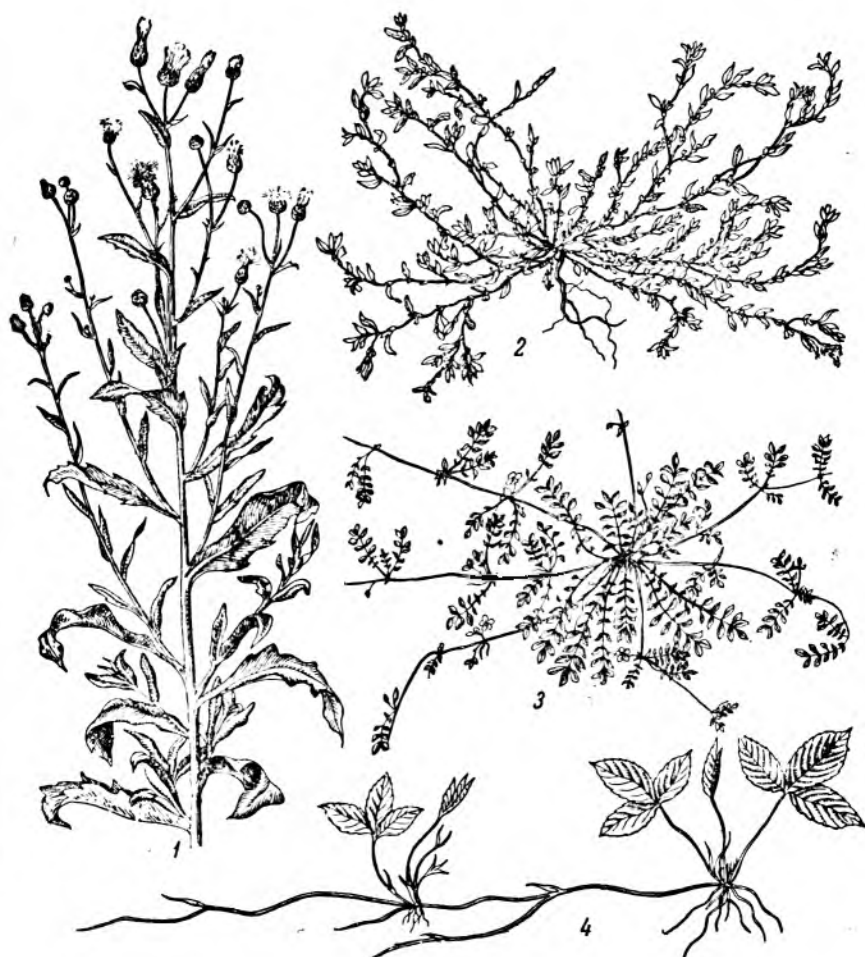


Рис. 37. Виды стеблей:

- 1 — прямостоячий — бодяка; 2 — приподнимающийся — птичьей гречихи;
3 — ползучий — гусиной лапки; 4 — ползучий — земляники.

ваться. Достаточно взглянуть на дерево, развивающееся на открытом месте при благоприятных условиях освещения, и на такое же дерево, развивавшееся в тени при скудных условиях освещения, чтобы увидеть, что внешний вид стебля такого дерева и его разветвления (крона) сильно изменились.

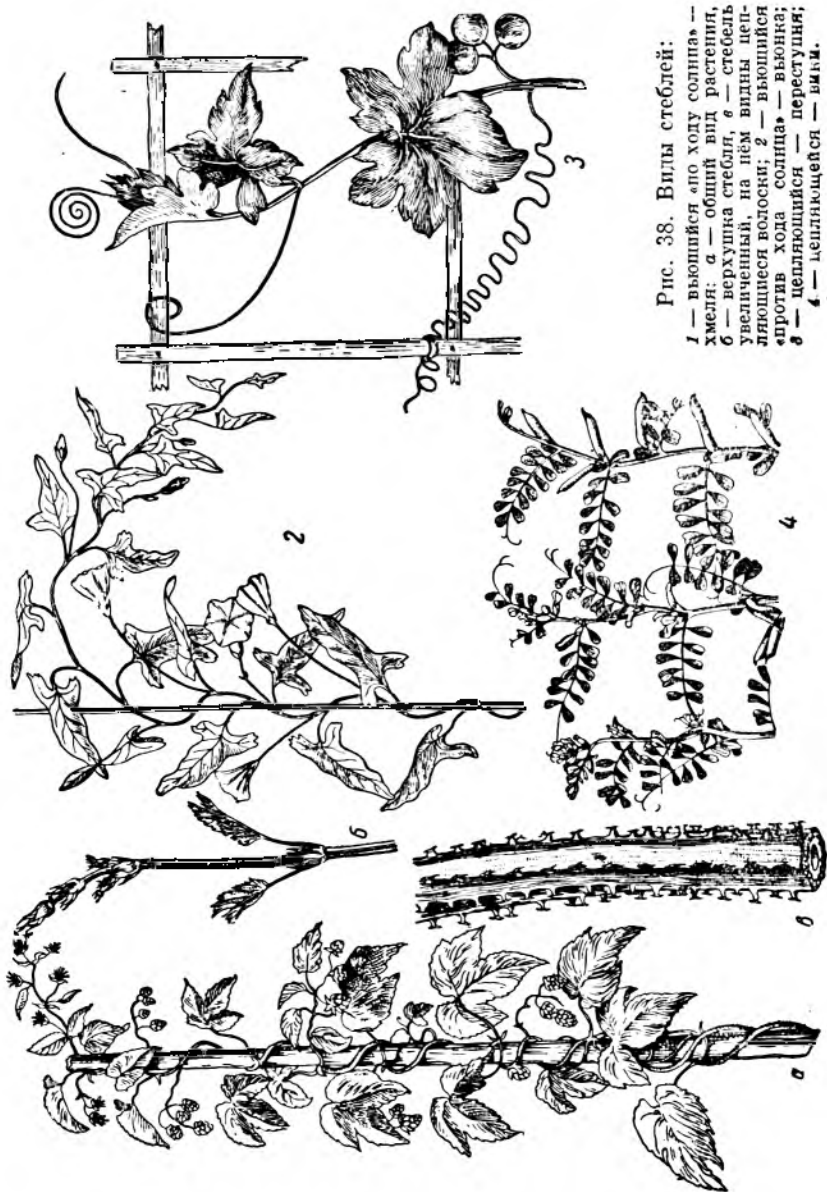


Рис. 38. Виды стеблей:
 1 — вьющийся «по ходу солнца» —
 хмель; а — общий вид растений,
 б — верхушка стебля, в — стебель
 увеличенный, на нём видны цеп-
 ляющиеся волоски; 2 — вьющийся
 «против хода солнца» — вьюнок;
 3 — цепляющийся — переступня;
 4 — цепляющийся — виш.

То же самое мы заметим, если будем присматриваться к травянистым растениям. Для примера посмотрим на полевой вьюнок, растущий среди травы и на открытом месте: в первом случае стебель его вьётся вокруг другого растения, а во втором — стебель ползёт по земле.

По направлению и способу роста стебли бывают: **прямостоячие** (бодяк, редька дикая), **приподнимающиеся** (куриное просо, спорыш), **ползучие**, или **стелющиеся** (будра плющевидная, живучка ползучая, гусиная лапчатка),

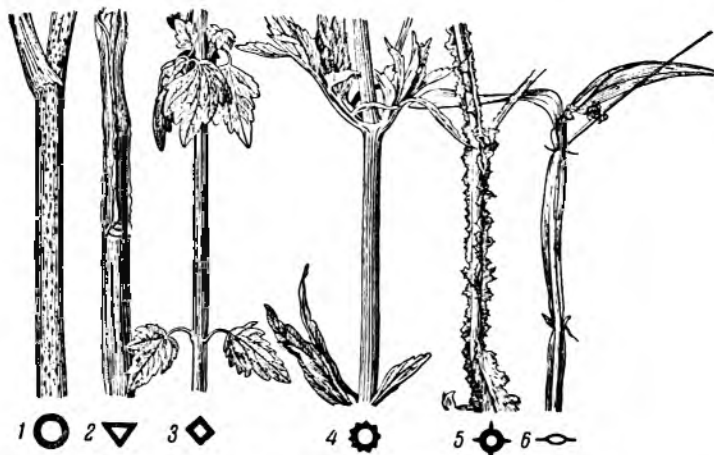


Рис. 39. Виды стеблей по поперечному сечению:

1 — круглый (болиголов); 2 — трёхгранный (картофель); 3 — четырёхгранный (пустырник); 4 — многогранный (валерьяна); 5 — крылатый круглый (чертополох); 6 — крылатый сплюснутый (чина).

вьющиеся по ходу солнца (хмель), вьющиеся против хода солнца (вьюнок), цепляющиеся или лазающие (вика, тыква) и укороченные с цветочной стрелкой (подорожник, одуванчик) (рис. 37 и 38).

По поперечному сечению стебли бывают: **круглые** (болиголов), **трёхгранные** (картофель, осока), **четырёхгранные** (борщевик, пустырник), **многогранные** (валерьяна), **крылатые** (чертополох, чина лесная) и **сплюснутые** (лианы) (рис. 39).

По консистенции стебли бывают: **травянистые** (травы), **деревянистые** (кустарники и деревья), **с сердцевинной** (бузина) или **полые** (рожь) и **мясистые** (кольраби).

По поверхности кожицы стебли бывают: **голые** (калужница), **покрытые восковым налётом** (рапс), **покрытые волосками** (медвежье ухо) и **покрытые шипами** (шиповник). Особым устройством обладает стебель — **соломина злаков**. Стебель состоит из полых междоузлий,

отделённых друг от друга перегородками — стеблевыми узлами. К стеблевому узлу прикрепляется основание листа, образующее вокруг стеблевого узла утолщение — листовой узел. Наиболее нежные участки междоузлий расположены непосредственно над узлами; в этих местах находится образовательная ткань, способствующая росту соломины. Междоузлия соломины обхватываются влагалищами листьев. При полегании злаков поднятие стебля

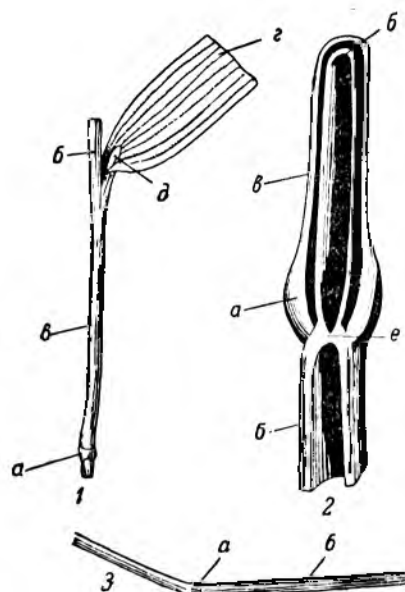


Рис. 40. Строение стебля злака:

1 — междоузлие стебля, прикрытое листом: а — листовой узел, б — влагалище листа, e — пластинка листа, б — стебель, д — язычок; 2 — продольный разрез узла: а — листовой узел, e — стеблевой узел, б — наиболее нежная (растущая) часть междоузлия, б — влагалище листа; 3 — геотропический изгиб (в узле) стебля злака: а — узел, б — междоузлие.

растения к стеблю, приходится обращать внимание на малозаметные признаки (чешуйки листьев, расположение глазков и т. п.), а иногда и на микроскопические особенности строения.

К видоизменениям побега относятся почки, корневища, клубни, луковицы, кладодии и колючки.

П о ч к и являются зачаточными побегами (рис. 41). Если они возникают в пазухе листа, то называются п а з у ш н ы м и, или боковыми; если на верхушке стебля, то в е р х у ш е ч н ы м и.

При рассматривании пазушных почек зимой, у основания каждой почки на стебле мы видим место, где был прикреплен лист, так называемый л и с т о в о й р у б е ц, на котором заметны точки — следы входивших в лист сосудистых пучков. Из пазуш-

происходит благодаря свойству листовой части узла долго сохранять способность к росту. Коленчатые изгибы стебля злаков в узлах происходят вследствие неравномерного роста нижних и верхних сторон узлов (рис. 40).

Из описания стеблей различных типов мы видим, что этот орган растения, так же как корень и лист, способен сильно изменять свой внешний вид. При этом часто видоизменяется не только стебель, как осевой орган, а и весь побег, т. е. стебель вместе с сидящими на нём листьями и почками.

4. ВИДОИЗМЕНЕНИЯ ПОБЕГОВ

При своих видоизменениях побеги принимают настолько изменённый внешний вид, что иногда бывает трудно признать в них тот основной орган, из которого они произошли.

Чтобы установить принадлежность той или иной части

ных почек образуются новые побеги. Расположение пазушных почек на стебле соответствует листорасположению. Верхушечные почки находятся на конце стебля и на концах ветвей (например, у сли). Они служат для дальнейшего роста стебля и ветвей. Есть ещё так называемые **п р и д а т о ч н ы е** почки, возникающие в неопределённых местах и чаще внутри органа. Из них образуются придаточные побеги в том случае, когда вследствие случайной причины пазушные почки или основные побеги будут уничтожены.

Придаточные почки могут возникать не только на стеблях, но также на корнях, а иногда даже на листьях. Поросль на пнях и на корнях ивы и осины, дички на подвоях фруктовых деревьев,

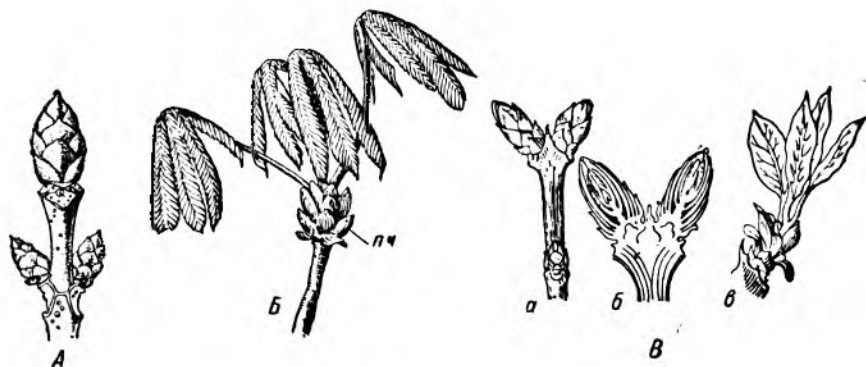


Рис. 41. Почки на деревьях:

А — верхушечная две пазушные почки конского каштана. Следы у основания почек — так называемые листовые рубцы. **Б** — распустившаяся почка конского каштана. Почечные чешуйки (**п. ч.**) ещё не свалились, и листья ещё не успели расправиться. **В** — почки сирени: **а** — внешний вид; **б** — продольный разрез; **в** — почечные чешуйки отогнуты, и стебель начал удлиняться.

поросль на корнях осота развиваются из придаточных почек. Свойством растений давать поросль на стебле широко пользуются в садоводстве при обрезке и формировании деревьев. Образование поросли мы постоянно можем видеть на обрезанных стволах ивы.

Стеблевая поросль очень часто появляется также из спящих глазков, которые представляют собой обычные неразвившиеся и заросшие корой пазушные почки. Они могут долгие годы сохраняться под корой, а затем пробиваются наружу и дают стеблевую поросль, например, у дуба, бука, ивы и у многих деревьев.

Различают ещё цветочные и листовые почки. Первые — более крупные; например, у яблони они сидят на особых укороченных побегах (плодушки); вторые почки мельче и находятся на удлиненных побегах.

Каждая почка состоит из укороченной оси (стебля), на которой расположены зачатки листьев. Укороченный стебель в почке заканчивается конусом нарастания. Внутренние листья в почке желтоватые и зеленоватые, а наружные — чешуйчатые, бурые,

опробковевшие и часто выделяющие смолистые вещества. Почечные чешуйки служат для внутренних частей защитой от высыхания и от холода.

Листосложение в почке бывает плоское, складчатое и свёрнутое. В первом случае листья не свёрнуты, во втором — листья сложены по средним нервам, иногда по боковым, а при свёрнутом листосложении листья свёрнуты в трубочку.

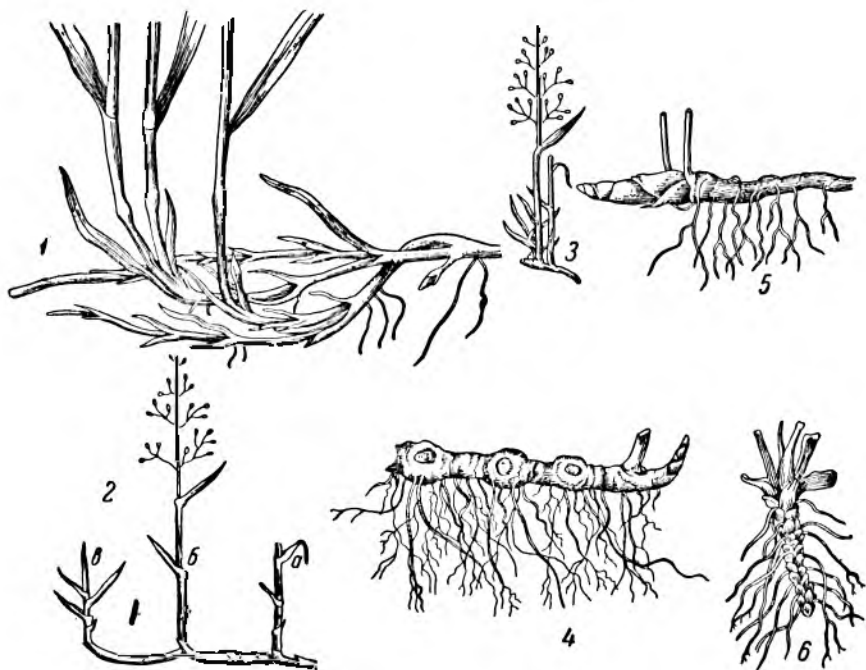


Рис. 42. Корневища различных видов:

1 — ползучее корневище пырея; 2 — корневище осины: а — отмерший старый стебель, б — цветущий побег данного года, в — листовые побеги, от основания которых корневище будет удлиняться; 3 — укороченное корневище многолетнего кустового злака; 4 — мясистое корневище купены (*Polygonatum multiflorum*). Ежегодно прирастает по одному звену, на котором развивается по одному побегу. По числу «отпечатков», оставшихся от побегов, можно судить о возрасте растения; 5 — корневище ветреницы (*Anemone*); 6 — вертикальное укороченное корневище первоцвета.

Развитие пазушных почек в побег может происходить или в том же году, когда они появляются (у травянистых растений), или после перезимовывания (у деревьев).

Корневища встречаются у многолетних растений и служат для их вегетативного размножения и для перезимовывания. Корневищевые растения очень распространены (пырей ползучий и другие луговые злаки, осоки, ландыш, купена, ветреница, спаржа, первоцвет, папоротник и др.) (рис. 42).

Корневища представляют собой подземные побеги, лишь редко ползущие по поверхности земли (например, у касатика).

Корневища отличаются от надземных побегов своим буроватым или тёмным цветом, отсутствием зелёных листьев, подземным (преимущественно) образом жизни. Остатки отсохших листьев в виде бурых чешуй, или гниющих черешков, или в виде рубцов являются отличительным признаком корневищ от корня. Корневище



Рис. 43. Слева — схема моноподиального или неопределённого корневища, справа — симподиального или определённого (по Бородину).

не имеет корневого чехлика и корневых волосков. На корневище развиваются придаточные корни, а также верхушечная и пазушные почки. Развитие корневища происходит из стебля. Растение, раз-

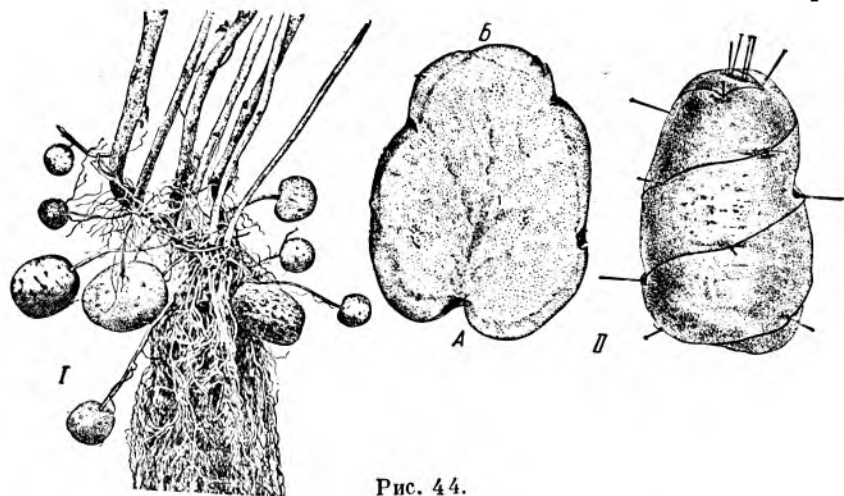


Рис. 44.

I. Образование клубней картофеля на подземных корневищах (столонах). (Средний, более тёмный клубень — материнский клубень, из которого развивалось растение.) II. Клубни картофеля — видоизменённые побеги. Если в наизыск из глазков клубня воткнуть булавку и протянуть от одной булавки к другой нитку, то последняя опишет довольно правильную спираль, что и укажет, что глазки расположены «спирально», так же как и листья на стебле картофеля. На продольном разрезе видно, что клубень имеет основание А и верхушку Б; на последней глазков больше.

вившееся из семени, перезимовывает, причём надземная часть стебля отмирает, а подземная в виде корня и части стебля остаётся живой, и весной из подземных почек стебля развиваются зелёные побеги. Так же продолжается развитие и в следующем году. Главный корень постепенно отмирает, а подземный стебель превращается в корневище, снабжённое придаточными корнями и

почками. Расположение корневища может быть вертикальное, наклонное или горизонтальное — ползучее. Корневище растёт с одного конца, а с другого отмирает. Ползучие корневища свойственны, например, пырею (*Agropyrum repens*) и осокам (*Carex*).

Кроме того, ползучие корневища разделяются на определённые и неопределённые (рис. 43). У первых верхушка корневища, развивающаяся из почки, в своём росте загибается вверх и выходит

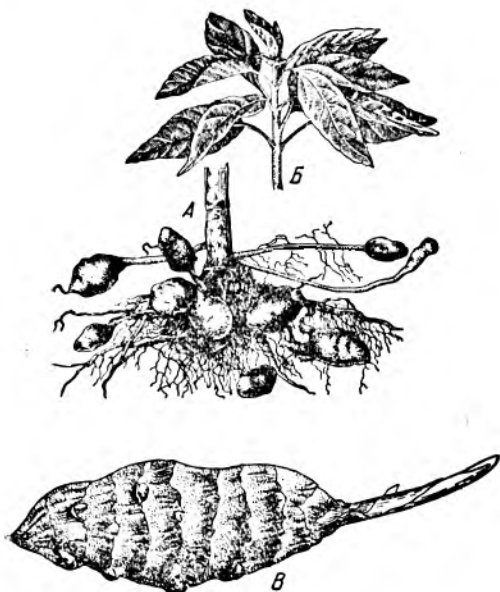


Рис. 45. Земляная груша, или топинамбур: А — гнездо с подземными стеблями (столонами), на конце которых образовались клубни; Б — верхушка стебля с листьями; В — отдельный клубень с выпуклыми глазками.

на поверхность земли в виде надземного побега, а дальнейший рост корневища под землёй происходит из боковой почки. У неопределённых корневищ верхушка растёт неопределённо долгое время под поверхностью земли и никогда не выходит наружу. Определённые корневища встречаются гораздо чаще.

Корневища отличаются большой живучестью; так, корневища пырея, будучи разрезаны на куски длиной в 5—10 см, прекрасно разрастаются в новые растения. Иногда корневища бывают мясисты и имеют вздутия в виде клубней. Вообще запасы питательных веществ обильно скопляются в корневищах (щавель, вех, горец — раковые шейки).

Клубни картофеля — также видоизменённые подземные побеги. Клубни вырастают на подземных стеблях (столонах) путём разрастания их концов и откладывания запасов питательных веществ (рис. 44, I). На поверхности клубня находятся глазки, т. е. вытянутые поперёк клубня углубления, в которых помещаются почки. Глазков больше на вершине клубня и меньше к основанию. Расположение глазков на клубне спиральное, так же как и почек на стебле. Из почек картофельного клубня развиваются побеги (рис. 44, II). Клубни земляной груши имеют такое же происхождение, как и клубни картофеля (рис. 45).

Примером надземных стеблевых клубней могут служить вздутый стебель капусты кольраби (рис. 184) и стебли некоторых тропических орхидей-эпифитов, растущих на ветвях деревьев.

Луковица состоит из укороченного и расширенного стебля, называемого донцем, на котором сидят белые мясистые листья — чешуи, заключающие в себе запасы питательных веществ, главным образом, в виде сахаров. Снаружи луковицы покрыты сухими чешуйчатыми листьями, которые предохраняют внутренние сочные части от высыхания и загнивания. Так как чешуи луковицы являются разросшимися основаниями листьев, то число их соответствует числу зелёных листьев, развившихся в предшествующее лето. Запасы питательных веществ в луковице идут на образование цветущих побегов. Молодые луковички

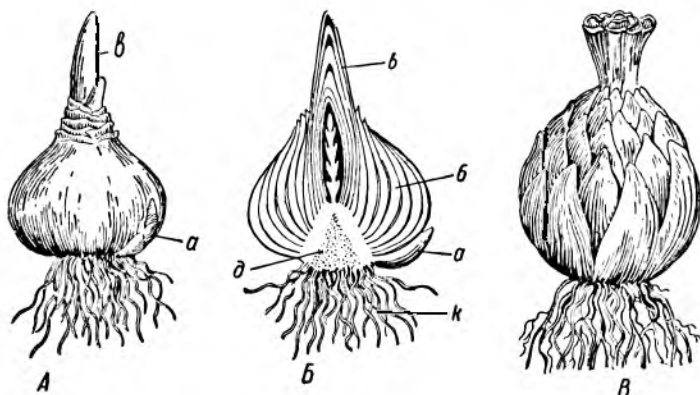


Рис. 46. Луковицы:

А — плёчатая луковица; Б — она же в продольном разрезе: а — детка, б — мясистые чешуи, д — зелёные листья, е — донце, к — придаточные корни; В — черешчатая луковица с листьями.

(детки) образуются в пазухе листьев и служат для вегетативного размножения. На верхушке донца луковицы расположена верхушечная почка, из которой развивается новый побег. Луковичные растения свойственны жарким и сухим странам, так как луковицы хорошо переносят засуху (рис. 46).

Кладодии представляют собой видоизменения побегов и играют роль листьев. Они развиваются у растений, произрастающих при недостатке влаги и утративших настоящие зелёные листья. Кладодии вырастают то в форме зелёных пластинчатых придатков (мышиный терн — *Ruscus*), то в форме игольчатых зелёных источников (например, у спаржи) (рис. 47). Когда кладодии вырастают в форме листьев, то их называют ещё филлокладами (филлос — лист, кладос — ветвь).

Колодки — также видоизменённые ветви. Они являются органами защиты от животных (боярышник, груша). Колючка сдвигается вместе с куском древесины. Шип — видоизменённый полосонок; он сдвигается с кожицей (рис. 48).

Мясистые сочные стебли встречаются у растений суккулентов, например у американских кактусов и африканских кактусовидных молочаев. У этих растений листья превратились

в острые колючки, а стебли приобрели водоносную паренхиму, в которой в дождливый период скопляются запасы воды, расходуемые в период бездождя. Стебли кактусов имеют или шаровидную, или цилиндриче-

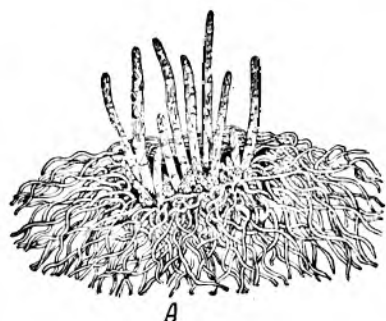


Рис. 47. Видоизменённые побеги:

А — корневище спаржи (*Asparagus officinalis*); Б — 1 — цветущая ветвь, покрытая игловидными кладодиями; 2 — цветок спаржи с прилистниками; 3 — разрезанный вдоль цветок; 4 — завязь; 5 — плод; В — кладодии у *Ruscus 'a.*

скую, или пластинчатую форму (опунция). Путём селекции учёному Бербанку удалось получить такие сорта этого растения, у

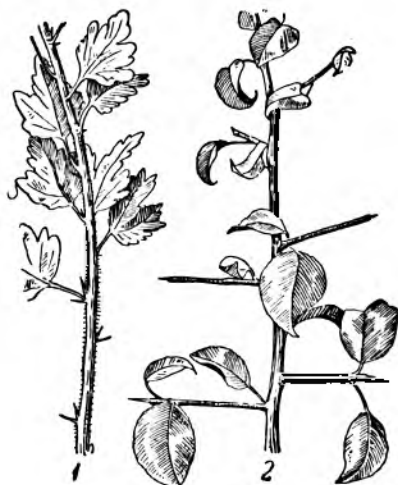


Рис. 48. Шипы на стебле крыжовника (1) и колючки на стебле дикой груши (2). Шип — видоизменённый многоклеточный волосок; колючка — видоизменённая ветка.

растение откладывает запасы органических веществ, то в роли защитной или зимующей почки, а иногда в роли зелёного листа.

которых колючки отсутствуют, и оно могло быть введено в культуру. Благодаря обилию хлоропластов, стебли кактусов играют роль зелёных листьев. К суккулентам в нашей флоре относятся очиток (*Sedum*), молодило (*Sempervivum*) и др. (рис. 62).

Изученные нами видоизменения стеблей, так же как и других органов, говорят о том, что мир растений многообразен, многокрасочен и находится в беспреградном развитии. Один и тот же орган растения, имеющий одно и то же происхождение, подвергается глубоким качественным изменениям и берёт на себя функции, свойственные другим органам. В отношении стебля мы видим, что он выступает то в роли проводника веществ, то в роли подземного или надземного органа, в который

5. ЛИСТОРАСПОЛОЖЕНИЕ

Листья и почки на стебле располагаются различно (рис. 49). В том случае, когда один лист сидит против другого, листорасположение называется **с у п р о т и в н ы м** (губоцветные). При подобном листорасположении пары листьев обычно располагаются крест-накрест, т. е. так, что верхняя пара листьев не затеняет нижнюю. Когда к одному узлу прикрепляются три листа или больше,



Рис. 49. Листорасположение:

1 — спиральное — груша; 2 — супротивное — ваточник (*Asclepias*);
3 — мутовчатое — ясменник (*Asperula*).

листорасположение будет **м у т о в ч а т о е** (хвощи, подмаренники, можжевельник, олеандр, вороний глаз). При мутовчатом листорасположении листья нижней мутовки распределены в промежутках между листьями выше лежащей мутовки и пользуются, следовательно, наилучшими условиями освещения. Когда листья сидят одиночно, то листорасположение называется **с п и р а л ь н ы м**, или **очередным** (груша, черёмуха и др.). При спиральном листорасположении, проведя от нижнего листа к выше лежащим листьям нитку, можно заметить, что последняя опишет одну или несколько спиралей, пока дойдёт до листа, лежащего на одной вертикальной линии (ортостихе).

Узкие листья обычно располагаются в большее число вертикальных рядов, чем широкие листья (рис. 50).

Листорасположение выражается дробью, числитель которой показывает число оборотов спирали между двумя листьями, расположенными на одной вертикальной линии (ортостихе), а знаменатель показывает число листьев,

расположенных в данном цикле: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{8}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{12}$ и т. д. Каждому виду растений, а иногда и целым семействам свойственно своё листорасположение, например злакам — $\frac{1}{2}$, осокам — $\frac{1}{3}$, крестоцветным — $\frac{2}{8}$, жасмину — $\frac{5}{12}$ и т. д.

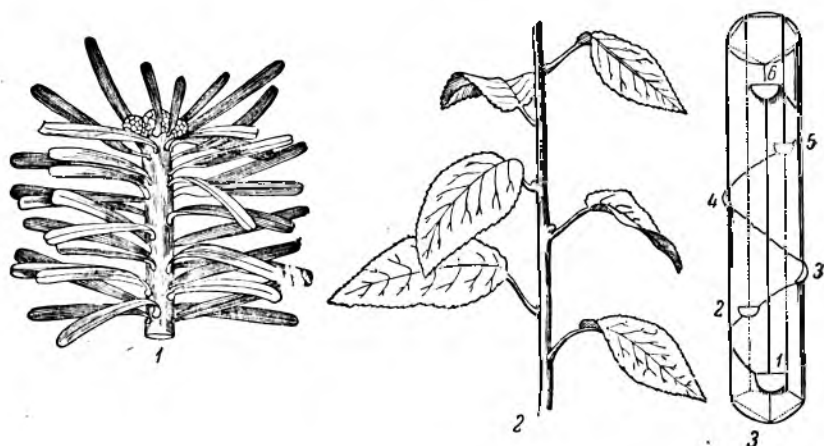


Рис. 50. Спиральное листорасположение:

1 — побег пихты; имеет узкие листья, расположенные в большое число вертикальных рядов; 2 — побег черёмухи; имеет широкие листья, расположенные в пять вертикальных рядов; 3 — листорасположение $\frac{1}{4}$.

При спиральном листорасположении на укороченном стебле получается розетка листьев (одуванчик, подорожник, медвежье ухо).

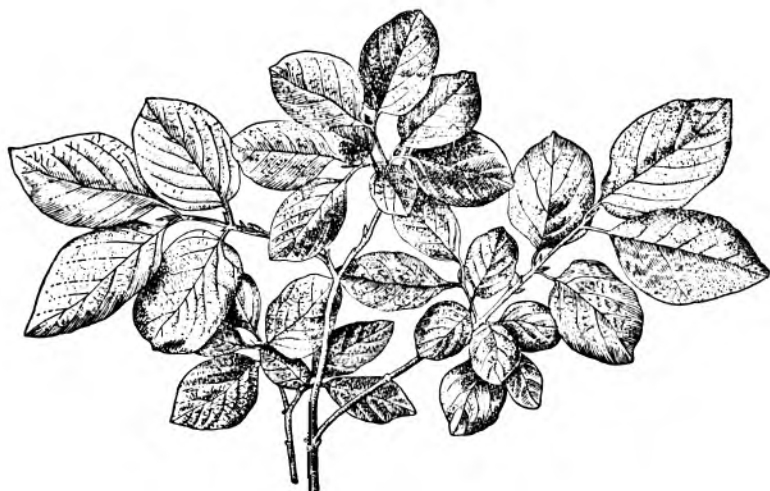


Рис. 51. Ветка жимолости «волчья ягода» (*Lonicera xylosteum*). Ветка взята из чащи леса. Видно мозаичное расположение листьев.

Правильное расположение листьев на стебле способствует наиболее полному использованию света, равномерному распределению тяжести на стебле и равномерному притоку и оттоку питательных веществ. Одностороннее направ-

ление света вызывает и соответствующее изменение листовых пластинок. Всегда на опушке леса, в густых посевах сельскохозяйственных культур и т.п. мы можем видеть крайне интересное и о з а ч н о е расположение листовых пластинок, при котором черешки листьев делают соответствующие изгибы, а пластинки листьев располагаются в промежутках одна между другими (рис. 51).

6. ВЕТВЛЕНИЕ

Ветвление стеблей также бывает различное. Оно зависит от расположения почек и от способа их развития (рис. 52). Когда на верхушке стебля находится почка, из которой развивается стебель (ось 0-го порядка), а боковые ветви (оси 1-го порядка), вырастающие из боковых почек, не перерастают стебель, такое ветвление стебля называется м о н о д и а л ь н ы м.

У многолетних растений (например, у ели) при монодиальном ветвлении верхушечная почка на зиму не замирает, а лишь прекращает развитие, с тем чтобы весной вновь продолжать своё развитие. Повреждение верхушечной почки вызывает сильное развитие боковых побегов, из которых один превращается в главный стебель.

Естественное отмирание верхушечной почки или сдвигание её вбок вызывает с и м п о д и а л ь н о е ветвление (липа, ива, яблоня). Если по соседству с верхушечной почкой находится одна почка, то последняя развивается в ветвь, которая превращается в главный побег, являющийся продолжением главного стебля. Верхушечная почка этого побега снова отмирает или сдвигается вбок, а из ниже лежащей почки образуется новый «главный» побег и т. д.

Л о ж н о - д и х о т о м и ч е с к о е ветвление (или кустовое) происходит в том случае, когда по соседству с отмирающей верхушечной почкой имеется не одна, а две боковые почки (так у сирени). Тогда обе почки превращаются в побеги и получается вильчатое разветвление. Из травянистых растений такое ветвление свойственно гвоздичным растениям. При ложно-дихотомическом ветвлении, так же как и при симподиальном, весь стебель состоит как бы из отдельных звеньев, составленных из боковых побегов.

Наконец, существует ещё и с т и н н о - д и х о т о м и ч е с к о е ветвление. Оно свойственно слоевищам водорослей, мхов (печёночный мох), а также плаунам. При дихотомическом ветвлении происходит раздвоение верхушечной точки роста.

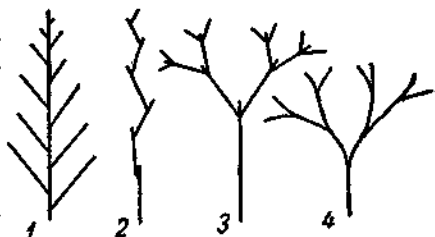


Рис. 52. Схема ветвления стебля:
1 — монодиальное; 2 — симподиальное;
3 — ложнодихотомическое; 4 — истинно-
дихотомическое.

7. МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ

Строение стебля у различных классов растений весьма разнообразное и сложное. Все перечисленные выше виды тканей встречаются в стеблях растений, но особо важное значение имеют проводящие ткани. Поглощенный корнями почвенный раствор в конечном итоге доставляется в листья; значит, в растении существует **восходящий ток жидкости**. Но, с другой стороны, в листьях вырабатываются органические (пластические) вещества, без которых жизнь немыслима. Эти вещества передвигаются ко всем остальным органам, т. е. в растении существует **нисходящий ток жидкости**: из листьев вниз по стеблю к корням. Эти два тока жидкостей проходят по различным путям проводящей ткани: **древесинная часть (ксилема)** проводящей ткани служит для проведения восходящего тока, а **лубяная часть (флоэма)** проводящей ткани служит для проведения нисходящего тока. Необходимо, однако, помнить, что так называемый «нисходящий ток пластических веществ» движется в растениях по всем направлениям, например вверх по стеблю к точкам роста, к созревающим семенам и т. д.

При изучении проводящих тканей мы указали, что проводящие ткани возникают из **прокамбия**, т. е. из нежных клеток первичной меристемы, которые при усиленном делении образуют флоэму и ксилему **сосудистоволокнистых пучков**. Термин **сосудистоволокнистые пучки** показывает, что проводящие ткани в них сопровождаются волокнами механической ткани. Если же волокна склеренхимы в пучке отсутствуют, то последние называют **проводящими пучками**. У одностолбчатых растений деятельность прокамбия заканчивается образованием замкнутого (неспособного к утолщению) пучка, а у двудольных растений часть прокамбия сохраняется в виде тонкой прослойки — **камбия** между флоэмой и ксилемой, сохраняющейся в течение всей жизни растения. Двудольные растения имеют открытые (т. е. способные к утолщению) **сосудистоволокнистые пучки** или же они лишены пучков, а имеют снаружи флоэму, а внутри — сплошную ксилему с прослойкой камбия между ними.

На молодых стеблях растений на поперечных разрезах можно отличить **первичную кору** стебля и **центральный цилиндр**. Первичная кора стебля не разделяется на наружную и внутреннюю, как это имеет место у корня. Снаружи кора стебля покрыта **эпидермисом**, под которым залегают механические ткани (**колленхима** или **склеренхима**) и основная **паренхима**, клетки которой наполнены **хлоропластами** и **запасными веществами**. В первичной коре попадают **млечные сосуды** (у **каучуконосных растений**), а также **вместилища маслянистых и смолистых выделений**.

Расположение механических элементов на периферии **сплошным кольцом** у круглых стеблей и **по углам** у **гранёных стеблей**

придаёт стеблям наибольшую прочность, так как известно, что трубки труднее ломаются, чем сплошные стержни, при одном и том же количестве материала, использованном на их изготовление.

Внутренняя часть первичной коры у молодых стеблей часто оканчивается эндодермой, или крахмалоносным влагалищем. Последнее состоит из одного ряда клеток, наполненных крупными крахмальными зёрнами, резко окрашивающимися от иода в синий цвет.

Под крахмалоносным влагалищем, так же как и в корне, находится перицикл (корнеродный слой), из которого вырастают придаточные корни на стебле, в случае окуливания стебля землёй. Из перицикла у прядильных растений образуются лубяные волокна.

Центральный цилиндр стебля, заключающий в себе все ткани, расположенные вглубь от эндодермы, в большинстве случаев не отграничивается так резко от коры, как это имеет место в корне.

Стебли однодольных растений

Стебли однодольных растений (злаки, осоки, лилейные и т. п.) по микроскопическому строению сильно отличаются от стеблей двудольных растений (фасоль, гречиха, вика, лютик и т. п.). Для изучения строения стебля изготовляют тонкие, совершенно прозрачные поперечные и продольные срезы.

Сперва мы изучим строение стебля злаков, например кукурузы (рис. 53). При рассмотрении его в микроскоп при малом увеличении виден снаружи эпидермис с кутикулой, который на молодых стеблях кое-где снабжён устьицами. К устьицам прилегают клетки паренхимы стебля, снабжённые хлоропластами. Всё остальное пространство под эпидермисом состоит из склеренхимы, образующей кольцо. Только что описанные ткани образуют первичную кору стебля, под которой начинается центральный цилиндр. Он состоит из основной ткани (паренхимные клетки с содержимым и межклеточными пространствами), в которой рассеяны замкнутые сосудистоволокнистые пучки. Последние в большем количестве расположены ближе к периферии, чем к середине стебля; наружные пучки мельче, чем внутренние.

При большом увеличении в строении пучка видно кольцо склеренхиматического влагалища, защищающее пучок от сдавливания. В состав ксилемы пучка, всегда обращённой внутрь стебля, входят трахеи (чаще две), из которых одна с кольчатыми, а другая — со спиральными утолщениями оболочек. Под кольчатой трахеей находится крупное межклеточное пространство, образовавшееся путём растворения клеток и представляющее собой целый воздухоносный ход, тянущийся вдоль пучка; два крупных просвета — трахеи (сосуды) с точечными утолщениями оболочки. Трахеи, как известно, мёртвые

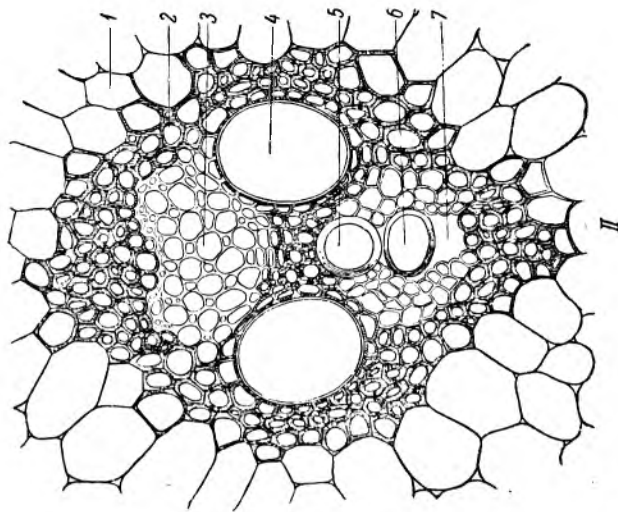
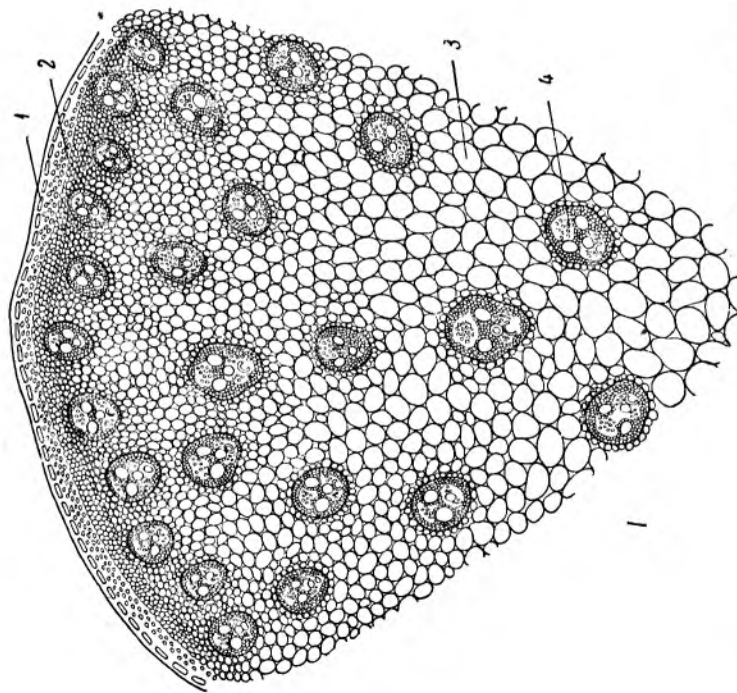


Рис. 53. Поперечное строение стебля кукурузы:

I — часть стебля кукурузы при малом увеличении: *1* — эпидермис; *2* — механическая ткань (склеренхима); *3* — основная паренхима; *4* — сосудисто-волокнистые пучки, у которых флоэма обращена наружу, а ксилема внутрь. *II* — замкнутый сосудисто-волокнистый пучок при большом увеличении: *1* — основная ткань; *2* — механическая ткань — склеренхима; *3* — сидиальные крупные (более крупные) и сопровождающие клетки (более мелкие); *4* — полость крупного пористого сосуда, окружённая слоем паренхиматических клеток; *5* — спиральный сосуд; *6* — кольчатый сосуд; *7* — воздухоносная полость.

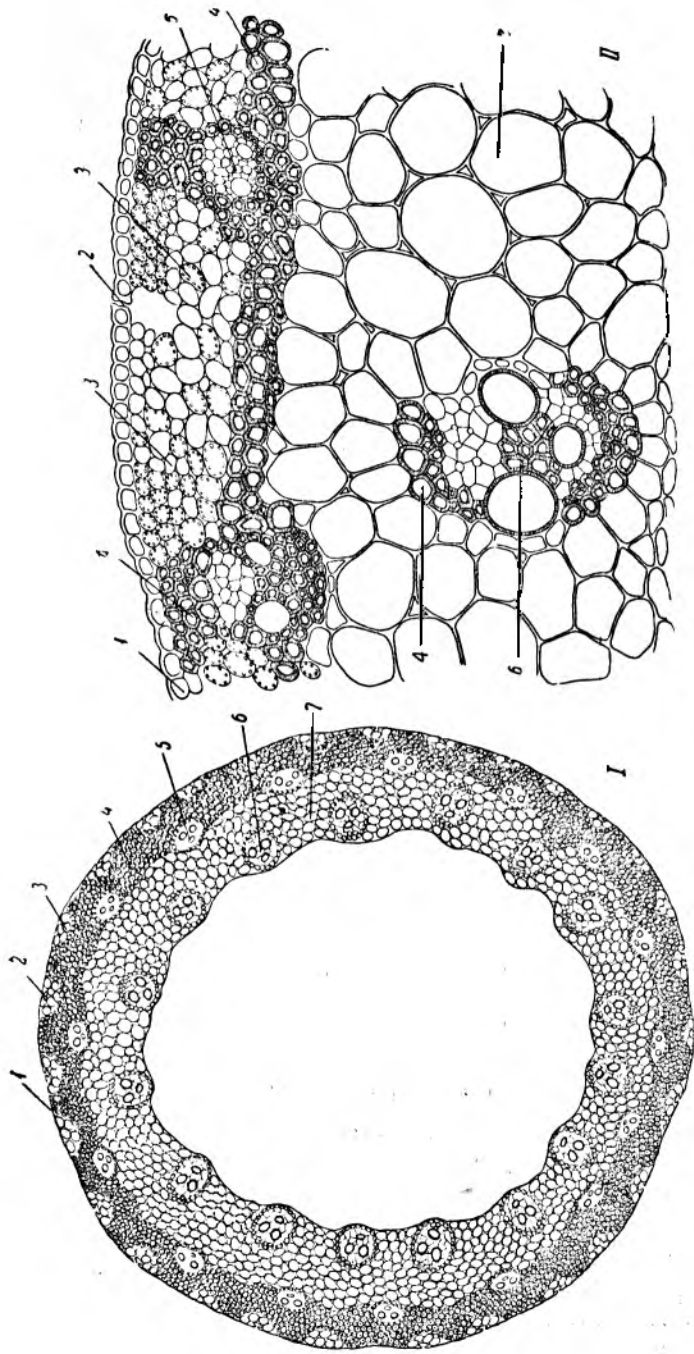


Рис. 54. Поперечный разрез соломины ржи:

I — при малом увеличении; 1 — эпидермис; 2 — устьица; 3 — участки хлорофиллозной паренхимы, протая которых в эпидермисе имеются устьица; 4 — механическая ткань (склеренхима); 5 — сосудисто-волокнистые пучки, более мелкие расположены ближе к периферии; 6 — более крупные сосудисто-волокнистые пучки; 7 — основной паренхимы, II — часть стебля при большем увеличении (обозначения те же).

элементы, служащие для проведения воды. Промежутки между двумя сосудами заполнены древесной паренхимой.

Флоэма пучка, обращенная к периферии, состоит из ситовидных трубок, проводящих через себя органические вещества, и сопровождающих клеток, роль которых неизвестна.

Так как между ксилемой и флоэмой нет камбия, то сосудистые пучки однодольных растений называются замкнутыми;

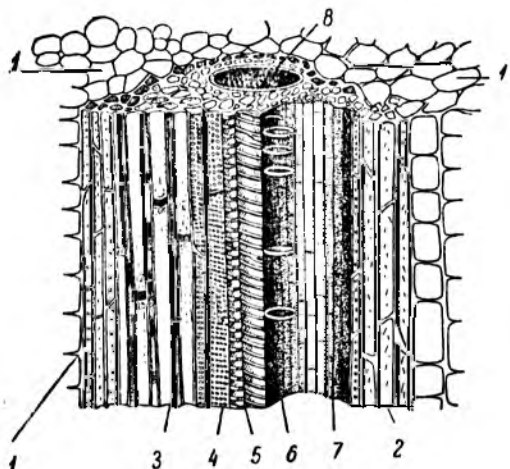


Рис. 55. Продольный разрез (в сопоставлении с поперечным) сосудистоволокнистого пучка кукурузы (больш. увел.):

1 — основная паренхима; 2 — склеренхима; 3 — ситовидные трубки и сопровождающие клетки; 4 — древесная паренхима; 5 — спиральные сосуды; 6 — кольчатый сосуд; 7 — воздухоносная полость; 8 — пористый сосуд.

(*T. spelta*) имеют стебли, в верхней части сплошь заполненные основной паренхимой.

Чтобы составить ясное представление о строении тканей стебля однодольных растений, следует рассмотреть под микроскопом тонкие продольные срезы кукурузы или ржи (рис. 55).

Стебли двудольных растений

Стебли двудольных растений уже в самом начале своего развития имеют строение, несколько отличающееся от строения стеблей однодольных растений, а по мере роста они претерпевают вторичные изменения, которые делают их строение совершенно отличным от первоначального строения.

¹ Наблюдающееся иногда утолщение стебля однодольных растений (пальм, драцен) происходит вследствие появления в первичной коре камбияльного кольца.

Сперва мы разберём первичное строение стебля двудольного травянистого растения (рис. 56). На поперечном разрезе молодого стебля можно видеть, что снаружи стебель имеет эпидермис, покрытый кутикулой, затем идёт основная ткань, между клетками которой правильным кольцом расположены сосудистоволокнистые пучки.

Та часть основной ткани, которая расположена внутри кольца, образуемого сосудистоволокнистыми пучками, называется с е р д ц е в и н о й, а части мякоти, расположенные между пучками, называются п е р в и ч н ы м и с е р д ц е в и н н ы м и л у ч а м и. Сосудистоволокнистые пучки у двудольных растений также состоят из ксилемы (внутренней части) и из флоэмы (наружной части). Каждая из этих частей состоит приблизительно из тех же самых сосудов и трубок, какие встречаются в стеблях однодольных растений. Функции этих элементов те же самые: сосуды проводят восходящий ток жидкости, ситовидные трубки проводят нисходящий ток. Между ксилемой и флоэмой находятся нежные, живые продолговатые клетки, расположенные тангентальными правильными рядами,— это так называемый к а м б и й, служащий для утолщения пучка. В сторону ксилемы камбий откладывает клетки, из которых развиваются элементы ксилемы, а снаружки — клетки, из которых образуются элементы флоэмы.

Открытые сосудистоволокнистые пучки не окружены со всех сторон механической тканью; последняя располагается отдельными участками в лубе в виде пучков лубяных волокон, а также между сосудами древесины в виде древесных волокон (либриформ).

Описанное первичное строение стеблей двудольных растений сохраняется в течение всей жизни лишь у некоторых растений (лютик, кувшинка, чистяк, пузырчатка и др.).

Вторичные изменения в стебле у большинства двудольных растений (подсолнечник, клеверина и др.) начинаются уже на первом году жизни стебля. Клетки мякоти, находящиеся между сосудистыми пучками, начинают делиться и превращаться в межпучковый камбий, из которого возникают новые сосудистоволокнистые пучки. Полоска межпучкового камбия соединяется с пучковым камбием, и образуется сплошной слой утолщения стебля, или к а м б и а л ь н о е к о л ь ц о (рис. 57).

В сторону ксилемы камбий делится энергичнее, чем в сторону флоэмы, а потому первая нарастает гораздо быстрее, чем последняя. Вследствие деятельности камбия уже в течение первого лета вместо отдельных сосудистоволокнистых пучков снаружки от камбия образуется сплошная флоэма (луб), а внутрь стебля — сплошная ксилема (древесина). Уже на первом году жизни у подсолнечника происходит дальнейшее утолщение стебля, а у многолетних растений стебель утолщается и в последующие годы.

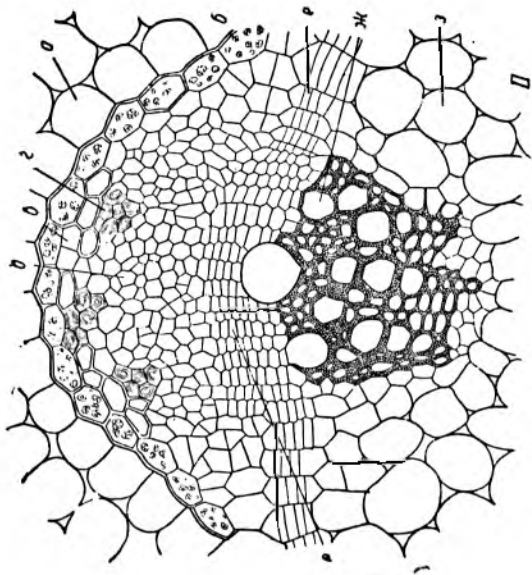
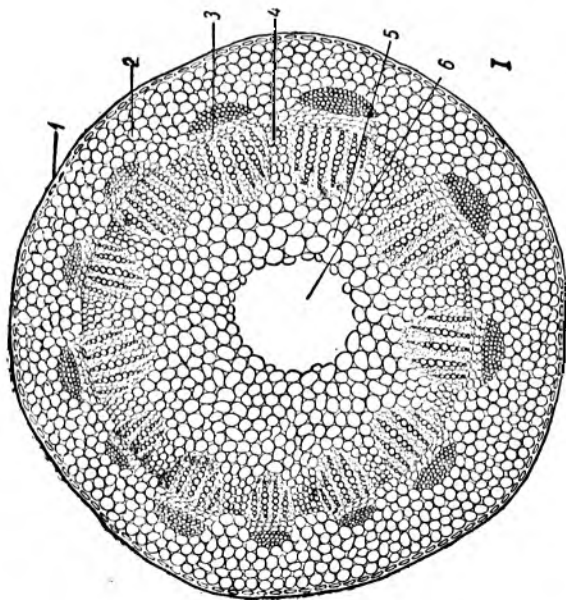


Рис. 56. Поперечный разрез стебля двудольного растения:

I. Схема расположения тканей при малом увеличении: 1 — эпидермис; 2 — паренхима коры; 3 — открытые сосудистоволокнистые пучки; 4 — сердцевинный луч; 5 — полость стебля. II. Поперечный разрез через сосудистоволокнистый пучок клещевины (*Ricinus communis*): а — паренхима первичной коры; б — крахмалистое кольцо; в — перинцид; г — дубяные волокна; д — флоэма пучка; е — ксилема пучка; ж — клетки паренхимы.

Замкнутые сосудисто-волокнистые пучки однодольных и открытые — двудольных растений, описанного выше строения, носят название б о к о б о ч н ы х (коллатеральных).

Растения из семейства тыквенных и паслёновых (тыква, огурец, паслён и др.) имеют ещё добавочные флоэмные пучки, которые присоединяются к древесине пучка изнутри. Таким образом, пучки состоят из ксилемы, к которой и снаружи и изнутри прилегают участки флоэмы. Утолщение пучка происходит вследствие деятельности наружного камбия. На поперечном разрезе через стебель тыквы видно, что проводящие пучки расположены двумя правильными кругами. Всего имеется 10 пучков, из которых 5, более крупных.

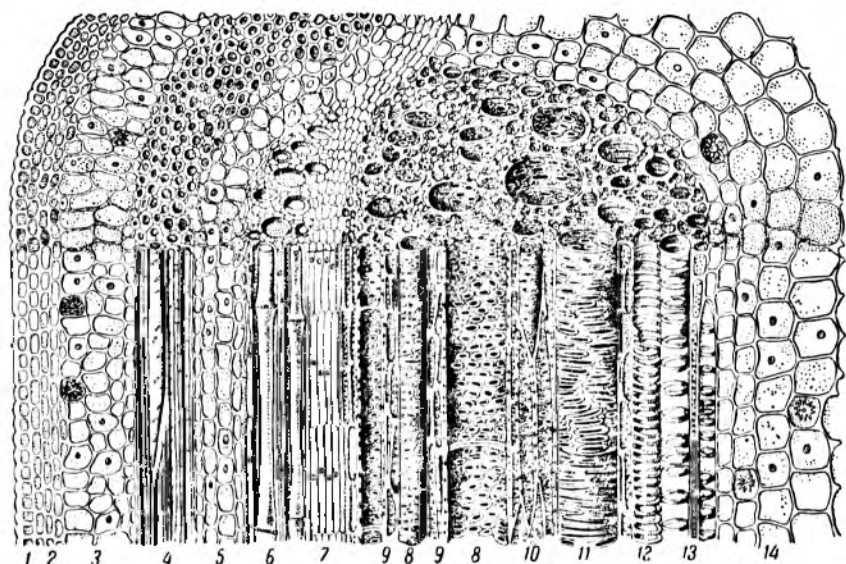


Рис. 57. Продольный радиальный и поперечный разрезы стебля двудольного растения (по К. К. Серебрякову):

1 — эпидермис; 2 — кортекс; 3 — паренхима первичной коры; 4 — ксилема; 5 — паренхима флоэмы; 6 — ситовидные трубки; 7 — камбий; 8 — пористые сосуды; 9 — паренхима ксилемы; 10 — трахеиды; 11 — сетчатый сосуд; 12 — спиральный сосуд; 13 — кольчатые сосуды; 14 — паренхима сердцевины.

расположены в один ряд и находятся на пяти выступах, вдающихся во внутреннюю полость стебля, и 5, более мелких, расположены между крупными и образуют второй круг. В пучках, даже простым глазом, можно заметить просветы крупных древесных сосудов.

У некоторых семенных растений и у многих споровых растений сосудисто-волокнистые пучки, иногда слившиеся вместе, отличаются своим концентрическим строением, при котором флоэма занимает центральное место, а ксилема её окружает (ландыш и др.), или, наоборот, ксилема находится в середине, а флоэма охватывает её со всех сторон (папоротник).

Описанный выше пучковый тип строения стеблей встречается далеко не у всех растений. У многих двудольных растений, например у деревьев, сосудисто-волокнистые пучки совсем отсутствуют,

а уже в раннем возрасте у них имеется сплошная ксилема и флоэма, разделённые прослойкой камбия.

Следование сосудистоволокнистых пучков по стеблю, а равно переход их из листа в стебель, отличается большой сложностью и разнообразием. Они соединяют между собой корни, стебель и листья. У однодольных пучки одновременно и стеблевые и листовые — общие пучки. Выйдя из листа по одному или по несколько, пучки направляются косо вниз по стеблю и доходят почти до середины его, а потом, постепенно отклоняясь от вертикали, приближаются к поверхности стебля. Значительно ниже пучок присоединяется к одному из ниже лежащих пучков.

У двудольных растений следование пучков является весьма разнообразным. У них в стебле бывают пучки двух родов: одни, собственно стеблевые, тянутся до верхушки стебля, не заходя в листья, а другие, собственно листовые, выйдя из листа в стебель, сливаются со стеблевыми пучками.

Строение ствола дерева

Ствол дерева сильно отличается от строения стебля травянистых растений (рис. 58). Рано возникающее из прокамбия сплошное камбиальное кольцо откладывает внутрь ксилему, а наружу — флоэму (вторичная кора). Таким путём нарастание ксилемы идёт снаружи, а флоэмы — изнутри. Так как клетки камбия при утолщении ствола отодвигаются кнаружи, то они делятся не только тангентальными перегородками (т. е. параллельно поверхности ствола), а время от времени и радиальными (т. е. перпендикулярно к поверхности ствола), а потому увеличивается и общая окружность камбия.

У многолетних растений в течение осени и зимы камбий бездействует, а с первым весенним сокодвижением вновь оживает. Весной камбий откладывает более крупные сосуды древесины, а летом — более мелкие, с толстыми стенками. В результате такой деятельности камбия, между летними и весенними сосудами получается резкая граница, и в стволе образуются годовые слои (кольца). По числу годовых колец можно узнать возраст дерева. Ширина годовых слоёв зависит от условий роста: в годы более благоприятного роста слой получается шире, и наоборот. Рассматривая толстый пень от столетнего дерева, мы можем по ширине годовых слоёв древесины судить о состоянии погоды в прошедшие годы. Ширина годовых слоёв зависит также от почвы, на которой произрастает дерево. На болоте мы можем всегда найти карликовые сосны, имеющие возраст 30—50 лет и высоту не более полуметра.

Кроме сосудов, камбий откладывает в древесине ещё паренхимные клетки, например сердцевинные лучи и др.

весную паренхиму. Сердцевинные лучи, начинающиеся в первом годичном слое, называются первичными, а начинающиеся во втором и в следующих годичных слоях — вторичными. Сердцевинные лучи состоят из паренхимных клеток и служат, так же как и клетки древесной паренхимы, для откладывания запасных питательных веществ и для передвижения веществ в горизонтальном направлении. Кнаружи камбий

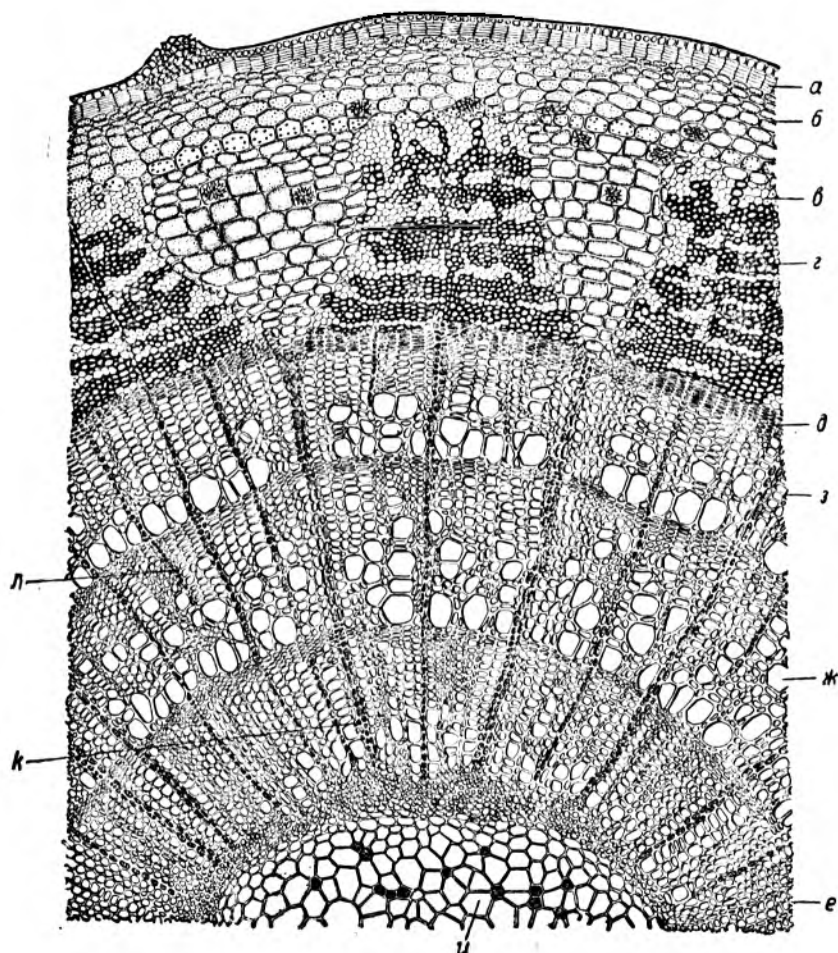


Рис. 58. Микроскопическое строение стебля липы:

а — пробковая ткань с остатками кожицы; б — клетки коры, наполненные запасными веществами; в — лубяные волокна, придающие прочность коре; г — ситовидные трубки, по которым передаются органические вещества; д — камбий — слой клеток, откладывающий в одну сторону клетки коры, а в другую — клетки древесины; е, ж, з — 1-, 2- и 3-годовые слои древесины, состоящие из различных сосудов древесины, по которым вода поднимается к листьям; и — в середине стебля — сердцевина, в клетках которой откладываются запасные вещества. От сердцевины к коре проходят первичные сердцевинные лучи ж, а от второго годичного слоя — вторичные сердцевинные лучи з.

откладывает флоэму, из которой у многолетних растений образуется кора.

В сторону коры камбий откладывает клетки приблизительно раз в десять реже, чем в сторону древесины; в силу этого, а также и потому, что снаружи мёртвая часть коры (корка) постоянно слущивается, кора никогда сильно не утолщается.

Кора у деревьев бывает **первичная и вторичная**. У молодых деревьев снаружи кора покрыта эпидермисом и кутикулой. Под эпидермисом вскоре же образуется **пробковая ткань**, состоящая из бурых клеток, расположенных в несколько рядов.

Пробковая ткань, так же как и эпидермис, относится к покровной ткани; она хорошо защищает стебель от высыхания и от повреждения. Она образуется из особого ряда клеток, называемого пробковым камбием, или **феллогеном**, под которым залегает несколько слоёв живых клеток феллодермы. На молодых ветках деревьев и кустарников, покрытых пробковой тканью, мы можем заметить чечевичеобразные трещины в коре — это **чечевички**, служащие для проникновения воздуха внутрь стебля (рис. 19).

Под пробковой тканью располагаются клетки **колленхимы**; это особый вид механической ткани, оболочки клеток которой имеют утолщения только в некоторых местах, например по углам, благодаря чему середина оболочек остаётся проницаемой для растворов. Колленхима состоит из живых клеток, наполненных содержимым. За колленхимой идёт паренхима коры, клетки которой наполнены запасными питательными веществами (крахмалом, белком, сахаром), а также сrostками кристаллов (друзами) щавелевокислого кальция. Все вышеперечисленные ткани образуют **первичную кору**. Паренхима коры в виде треугольных участков доходит до самого камбия. Между этими треугольниками во вторичной коре находятся трапециевидной формы участки **луба** (флоэмы), состоящие из чередующихся между собой белых пучков **лубяных волокон** (механическая ткань, из которой у липы добывается мочала) и **ситовидных трубок** с сопровождающими клетками. Вторичная кора ствола дерева развивается из клеток камбия. Средняя часть дерева бывает занята сердцевинной, в клетках которой находятся запасы питательных веществ.

В стволе старых деревьев сердцевина и древесина начинают иногда загнивать, и образуется дупло. **Дупло** — болезненное явление, связанное с проникновением бактерий гниения извне через сломанный загнивший сучок, который является внутренним концом ветки. Дупло не следует смешивать с **ядром дерева**, которое образуется у многих древесных пород, у которых внутренняя часть здоровой древесины претерпевает особые изменения: она становится плотной, более тёмной, все клетки её отмирают, и древесина превращается в ядро.

Сосуды древесины, входящие в состав ядра, в большинстве оказываются заполненными тиллами. Эти образования являются выростами живых клеток, примыкающих к сосуду и врастающих в полость последнего. По ядру движение соков уже не происходит, а восходящий ток жидкости у этих деревьев идёт по молодой части древесины, которая называется заболонью. Заболонь — более светлая, мягкая древесина и в столярном деле ценится меньше, чем ядро. Ядро встречается у дуба, ясеня, сосны и у плодовых деревьев.

Чтобы составить себе правильное представление о строении стебля, необходимо рассматривать не только поперечные срезы стебля, но также и продольные. Продольные срезы стебля могут быть двух родов: радиальные и тангентальные, проведённые вдоль, параллельно годичным слоям. В коре, на продольном разрезе липы, мы видим пробковую ткань, колленхиму, паренхиму коры и особенно бросаются в глаза пучки лубяных волокон, состоящие из склеенных между собой пектиновыми веществами отдельных волокон. Ситовидные трубки трудно заметить, так как они мелкие и легко разрушаются при срезах. На продольных срезах древесины мы замечаем различной формы сосуды или трахеи. Сосуды внутри имеют различные утолщения оболочки, и стенки их часто бывают пронизаны порами. Кроме того, в древесине видны клетки древесной паренхимы, содержащие запасные органические вещества, и древесные волокна (либриформ), играющие роль механической ткани. Сердцевинные лучи состоят из нескольких рядов паренхимных клеток. Они также служат для откладывания запасных веществ. Для этой же цели служат клетки сердцевинны.

Особенности строения стебля хвойных растений заключаются в том, что древесина их лишена сосудов и состоит из трахейд с крупными окаймлёнными порами (рис. 24). Строение ствола сосны на поперечном, радиальном и тангентальном разрезах может быть выяснено при рассмотрении рисунка 59.

На весенней и летней деятельности камбия и на способности исток и стволов срастаться между собой основаны различные приёмы прививки, применяемые в садоводстве.

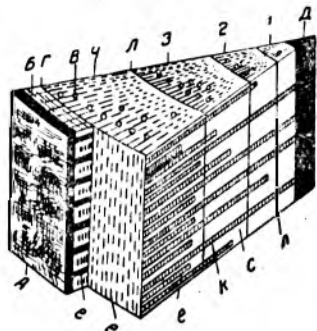


Рис. 59. Схема строения четырёхлетнего ствола сосны. Сверху виден поперечный разрез, справа — радиальный и слева — тангентальный.

А — паружная поверхность коры (корка); Б — флоэма; В — смоляные ходы; Г — камбий; Д — сердцевинные лучи; З — сердцевинные клетки; Л — осевающая древесина; К — осевающая древесина; 1, 2, 3, 4 — годичные слои; Л — граница между годичными кольцами.

ЛИСТЬЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ВИДОИЗМЕНЕНИЯ

1. ЗНАЧЕНИЕ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ И РАЗВИТИЕ ЛИСТЬЕВ

Основная роль зелёной листовой поверхности, достигающей иногда громаднейшей величины, заключается в процессе ассимиляции углерода и в испарении воды.

Зелёные листья верхней своей поверхностью улавливают световые лучи, энергия которых затрачивается на процесс образования органического вещества (сахара и крахмала) за счёт углекислого газа, поглощаемого листьями из воздуха, и за счёт воды, притекающей по стеблю из корневой системы. Только ничтожная часть воды идёт на построение органического вещества, а главная масса её (больше 99%) идёт на процесс транспирации (на испарение воды в воздух), создающий непрерывный ток воды, нужной растению, способствующий поступлению из почвы минеральных веществ и предохраняющий растение от чрезмерного перегрева. Разрастание поверхности листовых пластинок является приспособлением к улавливанию света, к усилению газообмена и к испарению воды, — приспособлением, вырабатывавшимся в течение тысячелетий под влиянием воздействия окружающей среды и естественного отбора.

Растения, находящиеся в условиях постоянного хорошего увлажнения, обычно развивают крупные листья. Но, наряду с такими условиями, в природе постоянно встречаются условия недостаточного увлажнения, переходящего порой в полное отсутствие влаги. Этот фактор действовал в сторону прямо противоположную и вырабатывал у растений уменьшение листовой поверхности и множество приспособлений, направленных к улавливанию и удержанию тех скудных запасов влаги, которые приходится на долю подобных растений.

Зачатки первых листьев находятся в семенах то в виде семязодель, то в виде неразвившихся, лишённых зелёной окраски мельчайших частей зародыша. Первые листья проростков обладают наиболее простой формой, которая у многих растений постепенно усложняется по мере развития растений. Однако это усложнение происходит только у тех растений, которые вообще обладают более изрезанными листьями (рис. 60).

Зачатки листьев имеются также в почках, в которых они развиваются из основания конуса нарастания и где они находятся в сложенном или в свёрнутом состоянии. Рост листьев у всех растений, за исключением папоротников, происходит в их основании, где находится образовательная ткань.

Продолжительность жизни листьев на растениях обычно равно одному вегетационному периоду, а иногда и меньше. Лиственные деревья в нашем климате обладают ежегодным листопадом. Укорачивание длины дня и понижение температуры осенью выработали

у растений способность сбрасывать листья. Зимние снегопады были бы губительны для широколиственных растений, так как ветви кроны ломались бы под тяжестью снега, что приходится наблюдать в годы с ранним снегопадом, когда листья ещё не опали. Кроме того, низкая температура ослабляет деятельность корневой системы, а потому сбрасывание листьев есть приспособление, уменьшающее испарение, т. е. потерю воды растением. В тропических странах растения сбрасывают листья при наступлении жаркой и

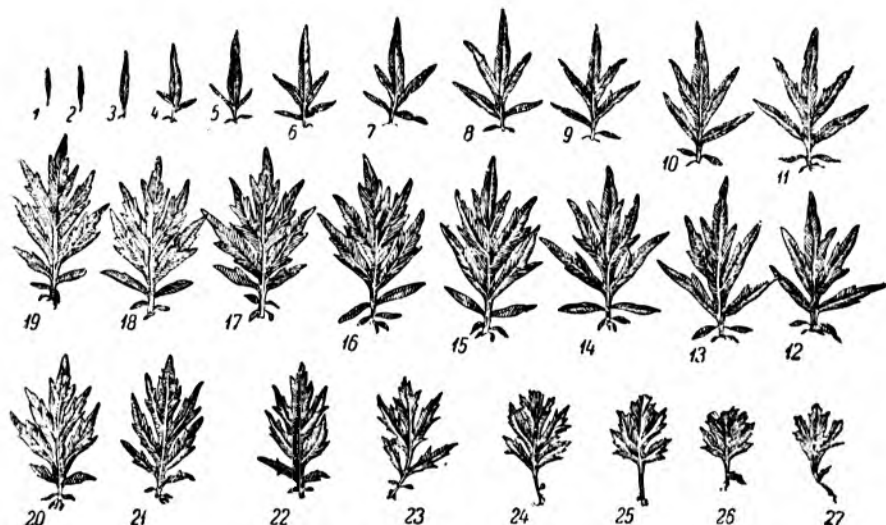


Рис. 60. Листья одного экземпляра полыни — черныльника (*Artemisia vulgaris*) из семейства сложноцветных.

Самый верхний лист на растении — 1-й; самый нижний лист на растении — 27-й. Наиболее сильно развитыми листьями являются средние листья. Листья представляют всевозможные переходы от слегка выемчато-зубчатых до глубокоперисторассечённых.

сухой погоды. Перед листопадом в основании черешка листа образуется прослойка пробковой ткани, перерезающая черешок поперёк. Выше пробковой ткани клетки разъединяются, проводящие пучки разрываются и лист опадает; на побеге остаётся рубец со следами от проводящих пучков.

У вечнозелёных растений, к которым относятся хвойные и многие субтропические растения, смена листьев происходит постепенно и незаметно. Под снегом перезимовывают зелёные листья барвинка, грушанки, брусники, клюквы, копытенья и некоторых других растений средних и северных широт. В субтропических странах вечнозелёными растениями являются самшит (*Buxus*), лавр (*Laurus*), чай, эвкалипт, цитрусы, рододендроны, плющ, падуб, крушина вечнозелёная и др. Листья этих растений живут от одного года до четырёх лет. Хвоя сосны живёт свыше трёх лет, а ель

и тисса около десяти лет. Исключительной продолжительностью жизни — свыше 100 лет — обладают два громадных листа в е л ь и ч и и, встречающейся в пустынях юго-западной Африки.

Лист — основной орган растения, служащий для ассимиляции и транспирации, развивающийся на боковой поверхности стебля и растущий своим основанием.

2. ВИДОИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИЙ ЛИСТА

Помимо выполнения вышеуказанной основной роли, листья, отличаясь очень большой пластичностью и способностью видоизменяться, превращаются в новые органы, приобретающие иные функции. В почках и луковицах наружные чешуйчатые листья являются защитой для внутренних частей от высыхания и загнивания, такую же роль играют обвёрточные листья початка кукурузы и крыло соцветия аройников. Колючие листья татарников, бодяков и чертополохов (рис. 61), помимо выполнения основной функции, защищают растения от животных. У барбариса (рис. 61, III), некото-



Рис. 61. Колючие листья:

I — бодяка лапчатолистного (*Cirsium lanceolatum*); II — колючие прилистники белой акации (*Robinia pseudoacacia*); III — листья барбариса (*Berberis vulgaris*), превратившиеся целиком в колючки, из пазухи которых выходят укороченные побеги.

рых астрагалов и кактусов листья целиком превращаются в колючки. У белой акации в колючки превращаются только прилистники (рис. 61, II).

Мясистые листья кочана капусты, мясистые чешуи луковицы скопляют в себе запасы питательных веществ, а иногда в листьях скопляются запасы воды, используемые позднее по время засухи, например, у агав, алоэ, молодилла, очитка и др. (рис. 62).

Усики, или прицепки, иногда являются также видоизменёнными листьями или частью листьев, например у гороха,

чины и рябчика (*Fritillaria*). С помощью усиков эти растения пе-
лятся за окружающие предметы и таким способом поддержи-
ваются слабые стебли.

У многих австралийских акаций пластинки сложных листьев ис-
чезают, а черешки, разрастаясь, берут на себя функции пластинки.
Такие разросшиеся черешки называются **ф и л л о д и я м и**.

Кроме всех этих разно-
образных изменений, ли-
стья превращаются ещё в
ловушки для поимки насе-
комых и других мельчай-
ших животных у так
называемых **насеко-
моядных растений**
(рис. 299).

Уже упоминалось, что
листья приобретают иног-
да функции корней (у не-
которых плавающих рас-
тений); сейчас мы укажем
ещё, что семядоли в семе-
нах есть первые листья, а
части цветка у семенных
растений являются видо-
изменениями листьев.

В редких случаях листья служат для вегетативного размно-
жения растений (бегония, сердечник, бриофиллум) (рис. 29).

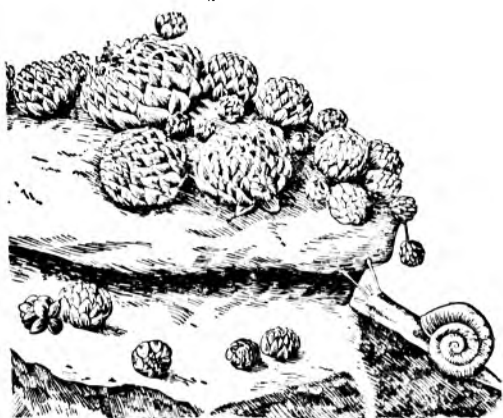


Рис. 62. Молодило (*Sempervivum soboliflorum*) с мясистыми листьями и с отводками.

3. ФОРМЫ ЛИСТЬЕВ

Формы листовых пластинок отличаются большим разнообра-
зем. Знание названий форм листьев нужно для описания и опре-
деления растений. Форма листьев и жилкование их являются
одним из признаков вида, рода, семейства, класса.

По форме пластинки листья разделяют на простые и сложные.

П р о с т о й л и с т состоит из одного черешка и одной пла-
стинки, хотя бы и весьма сильно изрезанной. Во время листопада
простой лист опадает целиком (рис. 63, А).

С л о ж н ы й л и с т состоит из основного черешка и из отдель-
ных пластинок, прикреплённых к основному черешку с помощью
укороченных черешочков, являющихся разветвлением основного
черешка. Отдельные листочки сложного листа сходны между со-
бой по форме и имеют сочленения в местах прикрепления к общему
черешку. Иногда сочленения так развиты, что листочки сложного
листа могут складываться, например на ночь. Во время листопада
сложные листья распадаются на части в сочленениях (рис. 63, Б).

Сложные листья произошли от простых путём расчленения
основной пластинки на несколько отдельных пластинок. Услож-

нение формы листа при тщательном изучении можно видеть у многих растений (рис. 64).

Простые листья бывают: с цельными пластинками и, когда на листьях нет никаких разрезов, превышающих не-



Рис. 63. А — части простого листа: пластинка и черешок. В пазухе листьев выходят почки. Б — листопад у конского каштана (*Aesculus hippocastanum*).

ровности края листа; с лопастными пластинками, когда имеются надрезы, достигающие до $\frac{1}{3}$ расстояния между

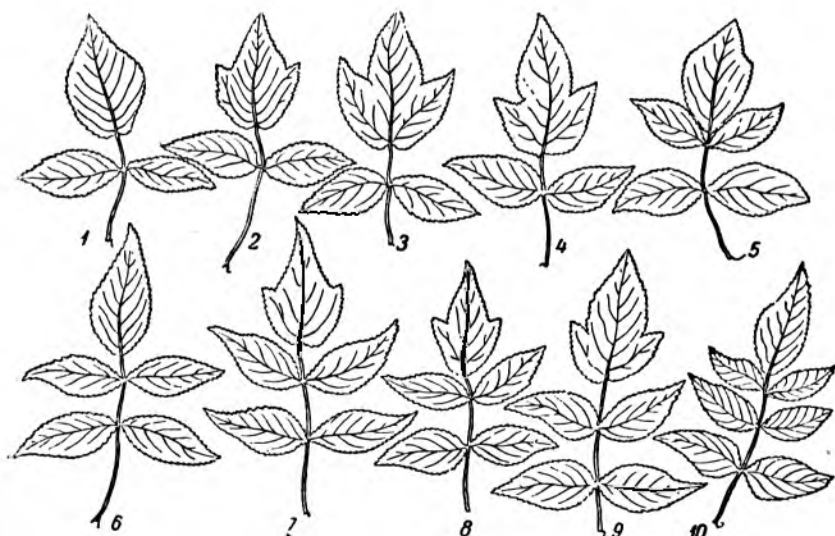


Рис. 64. Постепенное усложнение листовой пластинки бузины (по Н. П. Кренке).

краем и средней жилкой; с раздельными пластинками, когда надрезы заходят глубже, чем в предыдущем случае, но доли оказываются соединёнными у основания; с рассечённой пластинкой, когда надрезы доходят до средней

жилки и превращаются в отдельные сегменты. Лопастн, доли, сегменты у лопастных, раздельных и рассечённых листьев могут быть расположены или по бокам от главной жилки, наподобие пера, или могут отходить от окончания черешка и напоминать собой пальцы растопыренной ладони. В первом случае говорят о перистолопастных, перистораздельных и перисторассечённых листьях, а во втором — о пальчатолопастных, пальчатораздельных и пальчаторассечённых листьях. На рисунке 65 приведены некоторые из основных форм листьев.

Простые листья с цельными пластинками бывают следующих форм: 1) линейные (элаки); 2) ланцетные (ива — ветла), напоминающие хирургический ланцет, длина их в 3—4 раза превышает ширину; 3) продолговатые (буквица), с закруглёнными концами, при длине, превышающей ширину в 2—3 раза; 4) круглые (осипа); 5) эллиптические (жимолость); 6) яйцевидные (подорожник); 7) обратно-яйцевидные (ива ушастая); 8) сердцевидные (фиалка), с двумя округлыми лопастями при основании; 9) ромбические, с клиновидным основанием (осоколь); 10) сердцевидно-заострённые (ипомея); 11) копьевидные (вьюнок), с острыми лопастями при основании, расходящимися в стороны; 12) стреловидные (стрелолист), с острыми прямыми лопастями при основании; 13) лопатчатые (живучка); 14) щитовидные (настурция), с черешком, выходящим из середины пластинки; 15) почковидные (копытень), сходные с сердцевидными, но развитые больше в ширину, чем в длину.

Простые лопастные листья бывают следующих форм: 16) перистолопастные (дуб); 17) трёхлопастные (хмель); 18) пятилопастные (хлопчатник); 19) пальчато-пятилопастные, с острыми долями (клён); 20) почковидные с девятью лопастями (манжетка); 21) глубоко-выемчатые, заострённые (дурман).

Простые раздельные листья бывают следующих форм: 22) перистораздельные со струговидными долями (одуванчик); 23) перистораздельные с широкими долями (пастушья сумка); 24) перистораздельные с раздвоенными колючими долями (бодяк ланцетолистный); 25) пальчато-пятираздельные, цельнокрайние (пассифлора); 26) пальчато-семираздельные, с ромбическими, перистонадрезными пальчатыми долями (герань луговая); 27) пальчато-пятираздельные, крупнопальчатые (пустыряк).

Простые рассечённые листья бывают следующих форм: 28) перисторассечённые, с ланцетными сегментами (валерьяна); 29) прерывчато-перисторассечённые (картофель); 30) прерывчато-перисторассечённые



Рис. 65. Формы пластинок листьев (объяснение в тексте).

с перистонадрезными сегментами (томат); 31) двоякоперисторассечённые, с линейно-перистонадрезными сегментами (тысячелистник); 32) тройчаторассечённые на 3—5 пальчатых сегмента (пасленник); 33) тройчаторассечённые, с трёхраздельными сегментами (лютик ползучий);

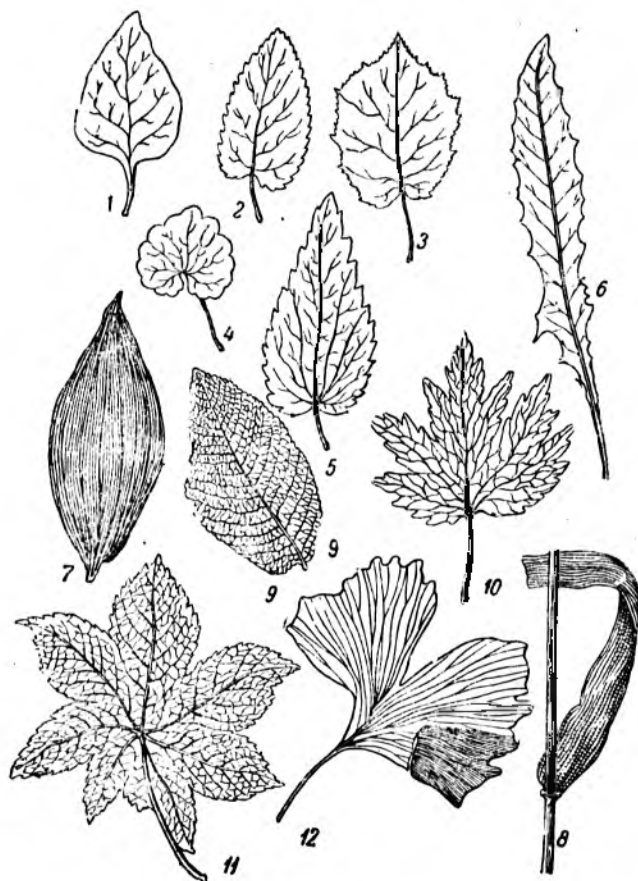


Рис. 66. Формы края пластинки листьев (от 1 до 6). Жилкование листьев (от 7 до 12) (объяснение в тексте).

34) многократно-перисторассечённые, с линейными сегментами (полынь горькая); 35) лировидные, глубоко-перисторассечённые, с яйцевидными сегментами (чистотел) (у лировидных листьев конечный сегмент крупнее остальных).

Сложные листья: 36) непарно-перистосложные листья (белая акация); 37) парно-перистосложные, с крупными эллиптическими листочками и нитевидным остриём (конский боб); 38) парно-перистосложные, с двумя

ланцетными листочками, усиком и с прилистниками (чина лесная); 39) пальчатосложные (люпин жёлтый); 40) тройчатые, с яйцевидными листочками (клевер луговой); 41) тройчатые, с продолговато-эллиптическими листочками (клевер средний); 42) парноперистые, с яйцевидными листочками, с большими прилистниками и с ветвистым усиком (горох); 43) двояко-перистосложные (гледичия).

Перечисленные формы листьев далеко не исчерпывают всё разнообразие, встречающееся в природе, но всё же знание их значительно поможет при определении растений.

По форме края пластинки листа бывают (рис. 66): 1 — цельнокрайние (сирень); 2 — зубчатые, когда край листа изрезан зубцами, более или менее перпендикулярно расположенными (зопник); 3 — двоякозубчатые, когда зубцы неодинаковой величины (орешник); 4 — городчатые, когда зубцы закруглены (будра); 5 — пильчатые, когда зубцы расположены наклонно, как зубья пилы (крапива); 6 — выемчатые, когда углубления между зубцами закруглены (одуванчик).

Зубцы на краях листьев служат иногда для выделения воды в капельножидком состоянии; иногда они выделяют летучие смолистые вещества, предохраняющие от чрезмерной потери воды, а порой, когда зубцы жёсткие, им можно приписать защитную роль против животных.

4. ЖИЛКОВАНИЕ ЛИСТЬЕВ

Рассматривая строение пластинки листа, легко можно заметить, что последняя пронизана целой сетью жилок, или «нервов», которые представляют собой сосудистопроводящие пучки, идущие в черешок и в стебель. Разное расположение жилок листа, или «нервов», обуславливает собой различное жилкование, или нервацию. У однодольных растений, у которых листья вытянуты в длину, нервация бывает преимущественно дугонервная или параллельнонервная, в зависимости от длины и ширины листа (рис. 66, 7 и 8). Листья дугонервные и параллельнонервные обычно бывают цельнокрайние. У двудольных растений нервация чаще бывает сетчатонервная. По расположению жилок этот тип нервации распадается на перистонервную (9), пальчатонервную (10) и звездчатонервную (11).

Особенно хорошо бывают видны жилки у мацерированных листьев, у которых мякоть выгнивает. Иногда гусеницы так объедают мякоть листа, что остаются одни жилки. Жилки напоминают собой водопроводную систему, в которой от главной магистрали отходят боковые трубы, разветвляющиеся на сеть всё более и более мелких труб. Однако это сравнение — лишь грубая схема, так как в действительности сеть жилок имеет гораздо более сложное строение. Жилки листа есть не что иное, как сосудистоволокни-

стые пучки, служащие для движения соков в листе и являющиеся непосредственным продолжением тех пучков, которые проходят по стеблю. Движение жидкостей по ним совершается в двух направлениях: один ток (воды и солей) направляется к клеткам листа, а другой ток (пластических веществ) всё время оттекает в противоположном направлении.

Толстые жилки листа окружены со всех сторон плотной механической тканью. Они являются весьма прочными и служат ещё для опоры черешка и листовой пластинки. Мы можем наблюдать у многих больших листьев, как жилками укреплены их края против разрыва (например, у хрена, подсолнечника).

Самые тонкие жилки в листе состоят только из трахейд; они заканчиваются замкнутыми концами и, кроме того, связаны между собой тончайшими перемычками, называемыми а н а с т о м о з а м и. Если перерезать главную жилку листа (например, у дуба), то питание листа не прекращается, так как движение веществ происходит тогда боковыми путями по анастомозам. Анастомозы отсутствуют у папоротников, хвойных и у вымирающего растения гинкго. У гинкго наблюдается дихотомическая нервация (рис. 66, 12).

При изучении систематики растений жилкование листьев имеет важное значение. Такое же значение имеет жилкование при изучении физиологии растений. Есть основание считать, что наиболее древним типом жилкования было дихотомическое, из которого возникло пальчатое, путём слияния двух главных дихотомических разветвлений. От листьев с пальчатым жилкованием произошли дугонервные и параллельнонервные листья большинства однодольных растений. У большей части двудольных из более примитивных пальчатонервных листьев произошли перистонервные, как наиболее совершенный тип жилкования, при котором средняя жилка и её боковые ответвления получают наиболее сильное развитие и при котором достигается наиболее густая сеть анастомоз.

5. СПОСОБЫ ПРИКРЕПЛЕНИЯ ЛИСТЬЕВ К СТЕБЛЮ

При наличии черешка листья называются ч е р е ш к о в ы м и (рис. 67). Черешки обладают способностью во время роста изгибаться и придавать листу положение, наиболее выгодное в смысле освещения. При отсутствии черешка листья называются л и д я ч и м и. Иногда сидячие листья обхватывают основание стебля, тогда они называются с т е б л е о б ъ е м л ю щ и м и (рис. 68). Листья сидячие и с короткими черешками имеют обычно удлинённые пластинки (лён, ива, куколь), и, наоборот, листья с широкими листовыми пластинками обычно бывают черешковые. Очень часто верхние листья у растений бывают сидячие, а нижние — черешковые; в таком случае нижние листья не так затеняются верхними. Основание черешка листьев или весь черешок у некоторых растений разрастается и превращается во

влагалище листа. Влагалищные листья встречаются у злаков, осок и зонтичных (рис. 68). Кроме того, у многих растений при основании листа бывают прилистники — маленькие листочки, которые только у некоторых растений сильно разрастаются и тогда играют роль листьев (рис. 68).

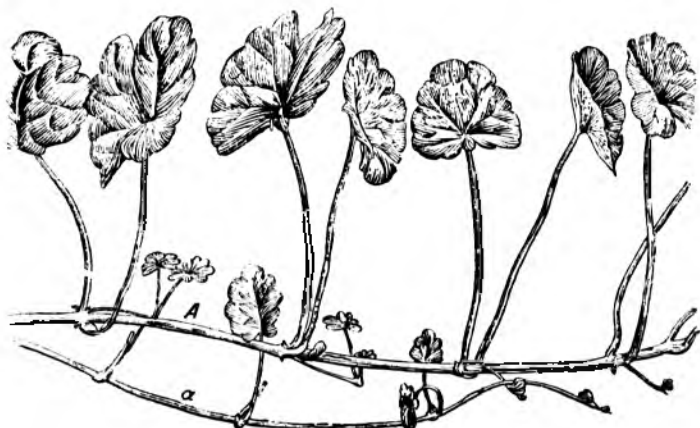


Рис. 67. Будра плющевидная (*Glechoma hederacea*) из семейства губоцветных. Стебель ползучий, листорасположение супротивное; черешки листьев, обращенные к земле, делают изгибы вверх. А — главный побег; а — боковой побег.



Рис. 68. I — стеблеобъемлющий лист с ушками бодяка огородного (*Cirsium oleraceum*); II — прилистник при основании листа ренейника (*Aggrimonia eupatoria*); III — лист с влагалищем сыты (*Aegopodium podagraria*).

6. ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННИХ И ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ НА ЛИСТЬЯ

Хотя внутренние свойства растения, т. е. его способность усваивать определённые условия внешней среды, придают ему определённый наследственный облик, но оно может сильно изменяться под влиянием изменяющихся внешних условий. Посмотрим на величину и форму листьев одуванчика, развившегося в опыте учёного Палладина при различной влажности воздуха (рис. 69). Листья, выросшие

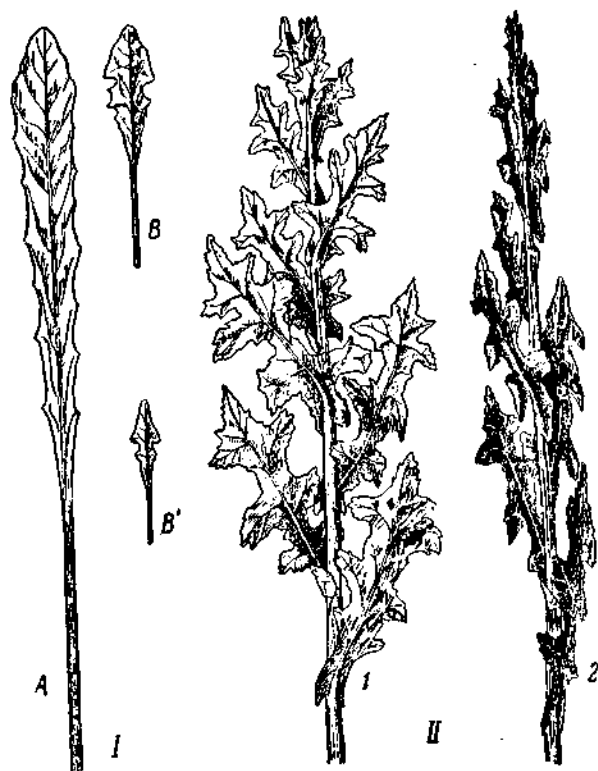


Рис. 69.

I. Листья одуванчика: А — из атмосферы, насыщенной водяными парами; В—В' — выросшие при нормальных условиях. Сильно уменьшены: А — в действительности около 60, В — 15 и 12 см длины (по Палладину). II. Растение-компас (*Lactuca scariola*): 1 — вид с востока; 2 — вид с юга.

в атмосфере, насыщенной водяными парами, достигают в длину до 60 см, а листья, выросшие при нормальных условиях, — всего 12—15 см. Сходное различие наблюдается в розетках листьев одуванчика, развившегося в густой заросли сочной травы и на открытом месте: в первом случае листья имеют более крупные размеры и пластинку менее изрезанную, а во втором — листья мельче и пластинка имеет глубокие выемки, почти доходящие до средней

жилки. Если прорастить гречиху под стеклянным колпаком (во влажной атмосфере) и без колпака (в сухой атмосфере), то резкое различие в величине вскоре же наблюдается даже на первых семидольных листьях.

Часто на одном и том же растении листья сильно различаются по своей форме. Такое явление называется *разнолистностью*, или *гетерофиллией*. Мы его можем наблюдать, например, у шелковицы, бузины, ежевики; особенно резко оно выражено у водяных растений — лютика водяного, стрелолиста и др. Так, у стрелолиста (*Sagittaria sagittifolia*) листья, растущие в воздухе, имеют типичную стреловидную форму, а листья, полностью погружённые в воду, имеют линейную форму. Между теми и другими листьями наблюдается ряд последовательных переходов.

Формы листовых пластинок имеют несомненную связь с внешними условиями освещения, влажности и т. п. Обычно верхние листья растения бывают мельче, чем нижние, и часто имеют более простую форму. Под пологом густой чащи леса мы встречаем много растений с сильно рассечёнными листовыми пластинками (папоротник, зонтичные растения и др.), пропускающими свет сквозь просветы своих листьев и дающими меньше тени, чем растения с простыми цельными листьями.

Итак, морфологическое изучение зелёных листьев показывает, что всё их строение приспособлено к возможно большему улавливанию лучей света и к борьбе с сухостью. Листовые пластинки листьев, за редкими исключениями, располагаются перпендикулярно к падающим лучам солнца; только у «растений-компасов» — эвкалипт, латук и др. — листья располагаются ребром к лучам полуденного солнца (рис. 69, II). Совокупность всех листьев на одном растении создаёт большую зелёную листовую поверхность, в несколько десятков и даже сотен раз превышающую ту поверхность, которую занимает растение на земле. Это видно из следующих данных:

Листовая поверхность злабных и бобовых растений на 1 га (10 000 м²) (в квадратных метрах)

Ячменя	145 000	Клевера	216 000
Озимой ржи	156 000	Эспаргета	380 000
Яровой пшеницы	175 000	Картофеля	400 000
Овса	211 000	Люцерны	850 000

Здесь мы наблюдаем некоторую аналогию с тем явлением, с которым мы встречались при изучении корневой системы растений: корневая система растений расчленена на корневые мочки и корневые волоски, с помощью которых достигается огромная площадь соприкосновения с почвой, из которой растение получает воду и минеральное питание. Так и стебель на всех своих разветвлениях несёт множество зелёных листьев, строение которых, как внешнее, так и внутреннее, соответствует определённым их функциям: *уловить свет, уловить углекислый газ, переработать*

его и некоторые неорганические вещества, притекающие из почвы к клеткам листа, в органические вещества и передвинуть последние в стебель, а также выделить из растения избыток поступившей воды и кислород, образовавшийся в процессе фотосинтеза.

Если в воду, содержащую в себе углекислый газ, погрузим зелёную ветку элодеи и осветим её лучами солнца или сильной электрической лампой, то сейчас же заметим выделение пузырьков кислорода. Фотосинтез играет весьма важную роль в жизни растительных организмов. Подробнее с этим процессом ознакомимся в отделе физиологии растений.

7. МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТА

Микроскопическое строение листа, так же как и морфологическое, отличается большим разнообразием, зависящим от видовых особенностей и от условий развития растений.

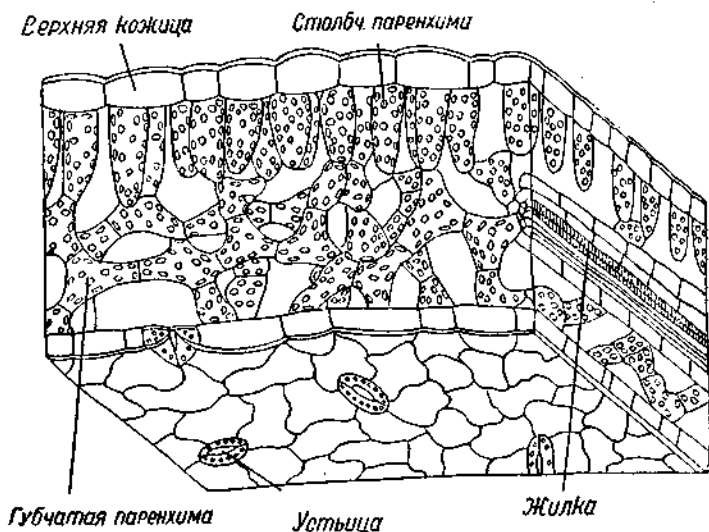


Рис. 70. Микроскопическое строение листа. На нижней поверхности листа видны клетки эпидермиса и три устьица. На поперечном сечении видны: верхний эпидермис, столбчатая ткань, губчатая ткань и нижний эпидермис (по Н. А. Максиму).

На поперечном разрезе типичного двустороннего листа, у которого верхняя поверхность заметно отличается от нижней (как, например, у конского боба, свёклы и т. п.), ясно можно заметить следующие ткани: с верхней и нижней сторон располагается покровная ткань — эпидермис, средняя часть заполнена основной паренхимой (мякотью), разделяющейся в листе на столбчатую, или палисадную, паренхиму, прилегающую к верхней стороне, и на губчатую паренхиму, прилегающую к нижней коже (рис. 70). Проводящая ткань на

поперечном разрезе листа имеет вид перерезанных поперёк проводящих — сосудистых пучков, окружённых в большинстве случаев механическими тканями. Остановимся на каждой ткани подробнее.

Эпидермис и устьица

Эпидермис (кожица) на поперечном разрезе имеет вид одноклеточных клеток прямоугольной (таблицеобразной) формы. Клетки живые, имеют протопласты, прозрачные, иногда только бывают снаб-

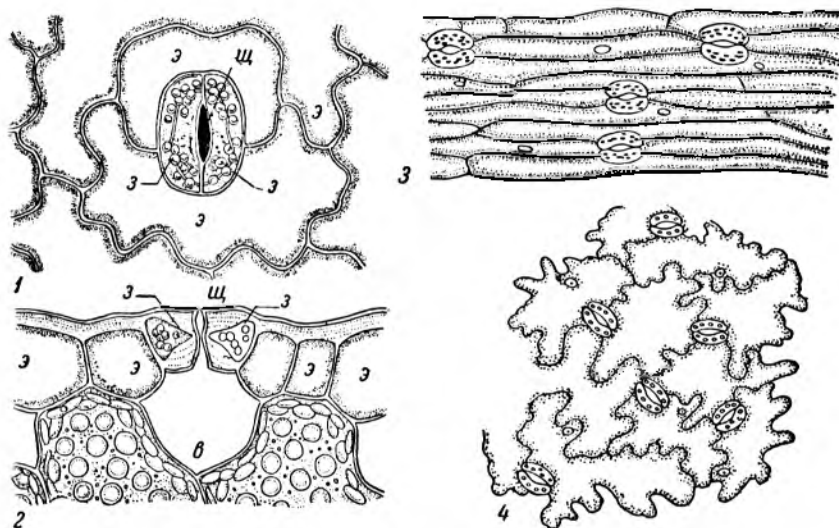


Рис. 71. Строение устьица:

1 — клетки с поверхности: а — эпидермис; ш — щелевидное отверстие; з — замыкающие клетки; 2 — поперечный разрез: а — воздухоносная полость; з — клетки эпидермиса; з — замыкающие клетки; ш — щелевидное отверстие с задним двориком; 3 — кожица с устьицами с длинного листа лилии; 4 — кожица с устьицами с широкого листа гороха (1 и 2 — сильное увеличение, 3 и 4 — слабое увеличение).

жены антоцианом, плотно, без межклетников, соединены между собой (рис. 71). Из пластид в них обычно бывают лейкопласты, собранные возле ядра. Хлоропласты в большинстве клеток эпидермиса отсутствуют; только у папоротников, у водяных растений и у растений, произрастающих в тени, кожица бывает зелёная от хлоропластов. При рассматривании тончайших поперечных срезов листа на нижней поверхности его часто попадаются устьица, перерезанные поперёк; на верхней поверхности устьиц обычно бывает меньше, и потому они реже попадают на срезах.

Каждое устьице состоит из щелевидного отверстия и межклеточного пространства, ведущего внутрь листа. К устьичному отверстию примыкают две замыкающие клетки, отличающиеся от соседних клеток эпидермиса прежде всего своей формой и меньшей величиной, а также постоянным

присутствием хлоропластов. На поперечном разрезе видно, что оболочки замыкающих клеток утолщены неравномерно: наружная и внутренняя оболочки каждой клетки сильно утолщены, особенно по углам, прилегающим к щелевидному отверстию, а боковые оболочки остаются тонкими. Те боковые оболочки замыкающих клеток, которые обращены к щелевидному отверстию, утончены только в средней своей (выпуклой) части, а противоположные им оболочки остаются сплошь тонкими. Эти неравномерные утолщения

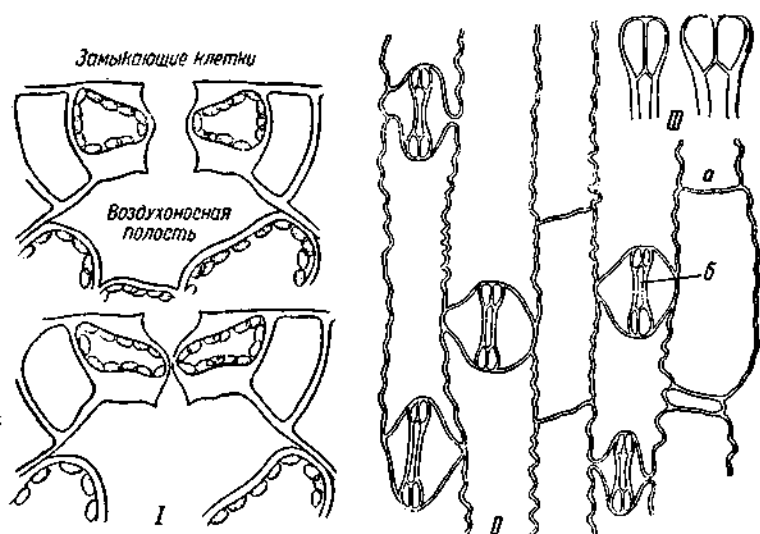


Рис. 72.

I. Схема поперечного строения устьица в раскрытом состоянии (верхняя фигура) и в замкнутом состоянии (нижняя фигура). II. Эпидермис и устьица листа алана (кукурузы): а — извилистые продольные оболочки клеток эпидермиса; б — устьица. III. Схематическое изображение половины устьища алана: слева — в замкнутом состоянии, справа — в раскрытом.

оболочек способствуют изменению формы замыкающих клеток и обуславливают открывание и закрывание устьиц. При увеличении тургора клеток устьища открываются, при уменьшении тургора они замыкаются.

При увеличении тургора замыкающие клетки растягиваются в перпендикулярном к плоскости листа направлении, и потому оболочки, прилегающие к отверстию, становятся более плоскими, и щель раскрывается. Уменьшение тургора влечёт за собой сужение замыкающих клеток, они сплюсываются, а стенки, прилегающие к щелевидному отверстию, снова становятся более выпуклыми, и щель вследствие этого замыкается.

На поперечном разрезе устьица различают ещё следующие части: передний дворик, задний дворик, воздухоносную полость. Последняя сообщается с воздухом внутренних межклетников листа. Все эти части видны на рисунке 72, I.

При рассматривании кожицы, содранной с нижней поверхности листа, мы увидим многочисленные клетки эпидермиса, имеющие плотно прилегающие друг к другу извилистые стенки, а между клетками эпидермиса увидим устьица, щелевидные отверстия которых у листьев с широкой пластинкой направлены в разные стороны, а у листьев, вытянутых в длину, расположены в направлении длины листа. Особенно крупные устьица наблюдаются у лилейных растений (лилия, гиацинт и др.). Замыкающие клетки при рассматривании их с поверхности имеют форму двух семян фасоли, сложенных вместе своими вогнутыми сторонами. В каждой замыкающей клетке, помимо протопласта, находятся зелёные хлоропласты (рис. 71).

При рассматривании в капле воды эпидермиса, взятого с листа, бывшего на свету, мы убеждаемся, что щелевидные отверстия устьиц открыты. Помещая эпидермис в 10% раствор селитры, мы убеждаемся, что устьица замыкаются вследствие наступившего плазмолиза. Производя деплазмолиз, мы можем заставить устьица вновь открыться.

Через устьица происходит испарение воды и диффузия газов между воздухом и внутренними тканями листа.

Днём, при достаточной влажности, устьица растений обычно открыты, ночью — закрыты. Решающее значение в этой «игре устьиц» (раскрывание и закрывание) имеют хлоропласты, находящиеся в замыкающих клетках. На свету они вырабатывают сахар, который, скопясь в замыкающих клетках, усиливает их сосущую силу и тургор, а увеличение тургора влечёт раскрывание устьиц. Ночью ассимиляция не происходит, а потому при уменьшившемся количестве сахара тургор ослабляется. Уменьшение количества сахара в замыкающих клетках устьиц в ночные часы происходит вследствие превращения его в крахмал, который скопляется в хлоропластах. С восходом солнца накопление сахара в замыкающих клетках устьиц при достаточном количестве воды происходит не только вследствие способности хлоропластов на свету вырабатывать сахар, но также вследствие превращения в сахар крахмала, скопившегося в них в течение ночи. Способностью превращать сахар в крахмал ночью и превращать крахмал в сахар днём замыкающие клетки отличаются от других зелёных клеток листа, в которых крахмал в хлоропластах днём накапливается, а за ночь из них исчезает.

Днём в сильный солнечный припёк, особенно на ветру, при недостатке воды устьица обычно бывают закрыты. С другой стороны, в тёплые летние ночи устьица иногда бывают открыты, а в осенние дни они бывают закрыты круглые сутки.

Определение степени раскрытия устьиц достигается с помощью микроскопа или без него. Первый способ заключается в том, что с листа растений быстро сдирается лоскуток кожицы, который тотчас же помещают в абсолютный алкоголь. Устьица фиксируются в том состоянии, как они были на растении, и в этом состоянии могут сохраняться долгое время. При исследовании

их под микроскопом измеряют ширину щели с помощью особого измерительного прибора (окуляр-микрометра).

Для изучения ширины устьичных отверстий пользуются также способом получения с них слепков при посредстве целлодина или коллодия. С этой целью на поверхность листа кисточкой наносится тонкий слой раствора одного из этих веществ. На воздухе раствор быстро высыхает и превращается в тонкую плёнку, которая легко снимается пинцетом. На ней оказываются отпечатанными все неровности листа, вплоть до щелевидных устьичных отверстий, которые затем рассматривают в микроскоп и измеряют окуляр-микрометром.

Без микроскопа о степени открытия устьиц судят по способности некоторых жидкостей (керосина, бензина, бензола, спирта) всасываться листом при раскрытых устьицах с различной быстротой. Бензол, например, быстрее проникает через устьица, чем спирт. Если устьица замкнуты, то ни одна жидкость не проникает в лист; если устьица чуть приоткрыты, то бензол проникает в лист, а спирт не проникает. Если устьица широко открыты, то как бензол, так и спирт быстро проникают в лист. О проникновении жидкостей в лист судят по полупрозрачным пятнам, которые появляются в листе при рассмотрении его на свет. Этот метод исследования называется методом инфильтрации.

Число устьиц на листьях весьма велико: на одном листе липы их имеется до одного миллиона, на листе клёна — до двух миллионов. На 1 мм^2 листа капусты их насчитывают до 700, а на всём листе их имеется до 10 миллионов. На нижней поверхности широких листьев устьиц обычно бывает больше, чем на верхней, например, у яблони на 1 мм^2 верхней поверхности их нет совсем, у лютика их 50, а на нижней поверхности, на той же площади, у яблони — 246, у лютика — 108. У растений с плавающими листьями зависимость обратная: у белой кувшинки на верхней поверхности их 460 на 1 мм^2 , а на нижней поверхности их нет (по данным Заленского).

Возможность проникновения воздуха через устьица и прохождения его по межклеточным пространствам легко может быть доказана путём продувания воздуха через лист, например, белой кувшинки. Если пластинку опустить в воду, а через черешок вдвухать воздух, то будет видно, как пузырьки воздуха выходят через устьица.

Л и н е й н ы е л и с т ь я у злаков и у некоторых других однодольных растений имеют верхнюю и нижнюю поверхности, мало отличающиеся между собой. Такие листья называются *односторонними*. Преобладающее число устьиц у злаков обычно находится на верхней стороне, например, на 1 мм^2 верхней стороны 70 устьиц, а на нижней — 49. Во время засухи края листьев злаков заворачиваются вверх и образуется трубка, замедляющая процесс испарения. Подрезание основной ткани на столбчатую и губчатую у злаков почти отсутствует. Устьица на кожице распределяются правильными рядами.

В строении устьиц злаков имеются свои особенности (рис. 72, II). Устьице злака состоит из двух замыкающих клеток. Отличительной особенностью каждой замыкающей клетки являются вздутия на двух концах в виде пузырей. Полости концевых пузырей не изолированы друг от друга, а соединяются тонким каналом, проходящим внутри стержня с утолщёнными целлюлозными оболочками. Другая замыкающая клетка, имеющая такое же строение, соединяется с первой своими пузырями. Увеличение тургора клеток влечёт за собой растяжение оболочек пузырей, отодвигание стержней и раскрытие устьиц.

Защитные приспособления на эпидермисе

Аппарат устьиц на листьях является мощным регулятором газообмена и выделения воды в парообразном состоянии. У растений сухих мест устьица располагаются в углублениях. Травянистые стебли также имеют на своей поверхности эпидермис с устьицами. Клетки эпидермиса имеют обыкновенно утолщённые

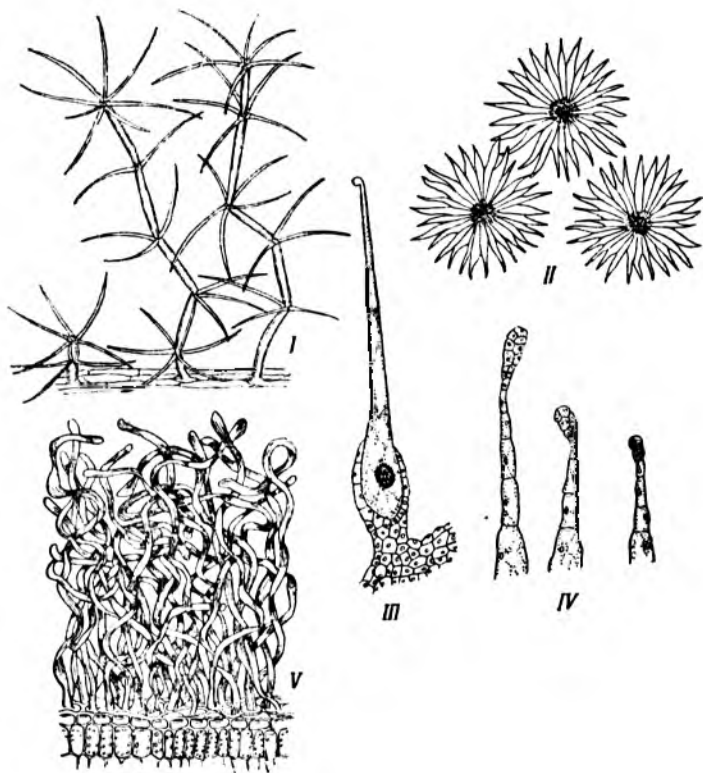


Рис. 73.

I — ветвистые волоски коровяка, защищающие листья от чрезмерного испарения воды; II — звездчатые волоски ларча, защищающие лист от чрезмерного испарения; III — изогнутый волосок крапивы, в котором наблюдается струйчатое движение протоплазмы; IV — железистые волоски табака; V — сплюснутые волоски сусеницы; I, II и III — при малом увеличении, IV и V — при сильном увеличении.

наружные оболочки. Кроме того, наружные слои оболочек бывают пропитаны кутинем, образующим на поверхности плёнку — к у т и к у л у, предохраняющую растение от потери воды. Особенно толстую кутикулу имеют кожистые листья вечнозелёных растений (хвойные, мандарины и др.), а также стебли кактусов и других сухолюбив. Восковой налёт на поверхности эпидермиса играет такую же роль, как кутикула. Он встречается у кре-

стопветных (ранс, брюква и др.) и у злаков в виде сизого налёта. Если потереть пальцем стебель ржи или лист капусты, то можно видеть, что на месте прикосновения пальца остаётся след, так как восковой налёт стирается.

Особенно развиты на эпидермисе волоски, также играющие защитную роль. Волоски представляют собой выросты клеток эпидермиса и бывают одноклеточные и многоклеточные. Формы их, так же как и функции, разнообразны. Очень часто волоски состоят из ветвистых, переплетающихся между собой отмерших клеток, напоминающих густой войлок (рис. 73, I и V), или они бывают звездчатые (рис. 73, II), чешуйчатые, лентовидные и т. п. Такие волоски предохраняют растение от яркого света, от сильного нагревания днём и от сильного охлаждения ночью, а также от чрезмерного испарения им воды. Особенно отчётливо это проявляется в сухих степях на юго-востоке, где растения имеют беловато-серебристый цвет от волосков.

Иногда волоски играют защитную роль от животных. Жёсткие волоски делают несъедобными многие растения, например бурачниковые. Жгучие волоски, распространённые на стеблях и на листьях крапивы, причиняют «ожоги» кожи (рис. 73, III). Каждый волосок — одна крупная, постепенно утончающаяся клетка, сидящая на многоклеточном основании. Внутри волоска находятся струйчато движущаяся протоплазма, ядро, вакуоли. Оболочка пропитана кремнезёмом и на конце волоска имеется легко отламывающийся шарик. Малейшее прикосновение влечёт за собой отламывание шарика; острый обломок волоска вонзается в кожу, и едкое содержимое впрыскивается в ранку.

Волоски на стебле и на листьях иногда разрастаются и превращаются в шипы, например у шиповника.

Эпидермис бывает покрыт ещё железистыми волосками, выделяющими эфирные масла, отличающиеся неприятным для животных запахом (рис. 73, IV). Кроме того, эфирные масла предохраняют растения от почного лучеиспускания. Железистый волосок многоклеточен; на верхушке его обычно образуется головчатое вздутие, в котором вырабатываются масла.

Столбчатая и губчатая ткани листа

Столбчатая, или палисадная, ткань более ясно выражена у тех листьев, у которых верхняя поверхность сильно отличается от нижней, т. е. у двусторонних листьев; вместе с губчатой тканью она образует зелёную мякоть, играющую главнейшую роль в процессе фотосинтеза и называемую мезофиллом, или ассимиляционной тканью (рис. 74).

Столбчатая ткань состоит из множества клеток, тесно расположенных и вытянутых перпендикулярно к верхней поверхности листа, в том направлении, в каком лучи света проходят через листовую пластинку. При рассматривании этой ткани со стороны

верхнего эпидермиса можно видеть круглую форму клеток столбчатой ткани.

У растений, растущих при усиленном освещении, столбчатая ткань развита сильнее, чем у растений, растущих при недостаточном освещении. У световых растений она состоит из двух (и более)

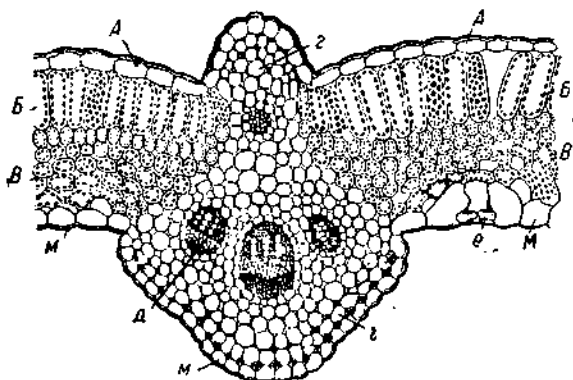


Рис. 74. Микроскопическое строение листа. Поперечный разрез листа под микроскопом:

А — А — верхний эпидермис; М — М — нижний эпидермис;
Б — Б — столбчатая ткань; В — В — губчатая ткань;
з — з — механическая ткань; δ — проводящая ткань;
е — устье.

рядов клеток, а иногда примыкает ещё и к нижней стороне листа. У теневых растений столбчатая ткань может совсем отсутствовать, и тогда вся мякоть состоит из губчатой ткани (рис. 75).

Губчатая ткань обычно примыкает к нижней стороне листа. Клетки её имеют неправильную, иногда извилистую форму

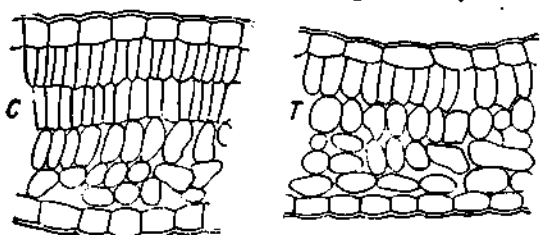


Рис. 75. Поперечный разрез через лист земляники:
С — выросший на ярком солнечном свете; Т — выросший в тени.

с развитыми межклеточными пространствами. Клетки столбчатой ткани примыкают к клеткам губчатой ткани или по одной или по нескольку штук.

Все клетки мезофилла содержат в себе зелёные хлоропласты и служат для

процесса фотосинтеза. Однако столбчатая ткань листа, богатая хлоропластами, более приспособлена для этого процесса, чем губчатая ткань. Последняя, помимо фотосинтеза и газообмена, служит для испарения воды и для отвода выработанных в листе органических веществ в проводящую ткань. Вода и минеральные соли, притекающие в лист по жилкам, доставляются в столбчатую ткань путём осмоса, также при посредстве клеток губчатой ткани.

Жилки листа

Сосудистоволокнистые пучки входят в состав жилок. Жилки листьев, помимо проводящей ткани, состоят из колленхимных и склеренхимных клеток механической ткани, придающих листу прочность.

По сосудам древесины в лист притекают из стебля вода и минеральные вещества, а по ситовидным трубкам из листа происходит отток органических веществ.

Сосудистоволокнистые пучки в листе обычно имеют замкнутое строение, но наиболее толстые жилки многих растений имеют камбий между ксилемой и флоэмой (рис. 74).

Древесная часть пучка (ксилема) обращена к верхней поверхности листа, а лубяная часть пучка (флоэма) — к нижней поверхности. Так как сосудистоволокнистые пучки из листьев направляются в стебли и загибаются вниз, то ксилема пучков оказывается обращенной внутрь стебля, а флоэма наружу.

Сильное разветвление жилок в листе способствует быстрому передвижению веществ и процессу фотосинтеза. У растений, растущих на сухих местах, сеть жилок гуще, чем у растений влажных мест. По мере разветвления жилка всё более и более упрощается. В тонких жилках отсутствуют сосуды (трахеи), а остаются только трахеиды, имеющие спиральное утолщение оболочки и заканчивающиеся в губчатой ткани листа. Тончайшие трахеиды окружены паренхиматическими влагалищами из клеток мякоти. По клеткам влагалища, более удлинённым, чем другие клетки мякоти, происходит отток растворимых веществ из листа (рис. 76).

Изучение морфологического и анатомического строения листьев показывает, что они, обладая особенно большой пластичностью, способны сильно видоизменяться, приобретая разнообразные функции.

Лист, как часть целого организма, играет в жизни растения разнообразнейшую роль: прежде всего лист — орган для фотосинтеза (ассимиляции углерода) и испарения воды. Иногда в листьях откладываются запасы питательных органических веществ (семядоли) или запасы воды (суккулентные растения). Лепестки

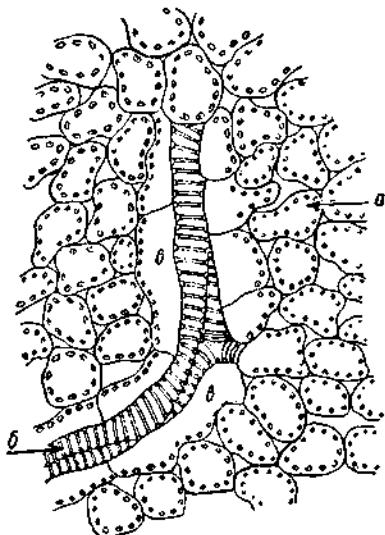


Рис. 76. Окончание сосудистого пучка в листе:

а — клетки мякоти; б — трахеиды со спиральным утолщением; в — клетки паренхиматического влагалища (сильно увел.).

венчиков — видоизменённые листья служат для привлечения насекомых. У насекомоядных растений листья превращаются в ловчие снаряды, а у многих растений — в колючки, служащие для защиты растения от животных. Иногда с помощью листьев растения размножаются вегетативным путём (бегония, бриофиллум).

Глава VI

РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Размножение, т. е. увеличение численности особей, есть одно из основных свойств живых организмов. Растения размножаются бесполым способом и путём полового воспроизведения.

1. БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

В отличие от животных, у растений широко распространено бесполое размножение, при котором новые растения вырастают из спор, отделяющихся во множестве от материнского растения. Размножение спорами распространено как у низших, так и у высших растений. «Споры» (от греческого слова — посев, сеяние) состоят обычно из одной мельчайшей клетки, реже из группы клеток. Они разносятся или ветром или водой. В последнем случае они могут активно передвигаться с помощью протоплазматических жгутиков и напоминают быстро плавающих микроскопических животных, отчего и получили название зооспор. С размножением при посредстве спор мы подробнее познакомимся в курсе систематики низших и архегонияльных растений (глава IX).

Другая разновидность бесполого размножения — это вегетативное размножение, при котором новые растения развиваются из вегетативных органов — корней, стеблей, листьев, побегов, а также из их видоизменений — луковиц, клубней, корневищ. У низших растений вегетативное размножение совершается путём деления одноклеточного или многоклеточного слоевища на части, из которых вырастают новые растения. Так как отделившиеся от материнского растения части обладают способностью к регенерации, т. е. способностью восстанавливать утраченные органы, то многие растения могут быть расчленены на весьма мелкие части, после чего из них можно вырастить новые растения. Регенерацией утраченных частей особенно обладают стебли и корни; вот почему эти органы чаще всего используются для искусственного размножения.

Из предыдущего изложения мы уже знаем, что из корневых отпрысков (осота, бодяка, вьюнка) вырастают самостоятельные растения. Мясистые корни георгины, батата, чистяка служат для перезимовывания и для размножения. Такую же роль играют клубни картофеля и земляной груши. Тополь, осина, белая акация дают корневую поросль. Земляника, гусиная лапка, клевер белый размножаются ползучими укореняющимися побегами. Размножение пырея и ландыша корневищами, чеснока, лука и лилии — луко-

видами — также примеры вегетативного размножения. Человек широко использует вегетативное размножение с целью получения новых растений.

Смородину, крыжовник и виноград разводят черенками и отводками, на которых после высадки образуются придаточные корни и новые побеги. Сыпучие пески и овраги укрепляют путём посадки черенков ивы. Даже просто вбитый в землю свежий ивовый кол даёт придаточные корни и превращается в самостоятельное растение. Листья бегонии, сердечника, листья бриофиллума,

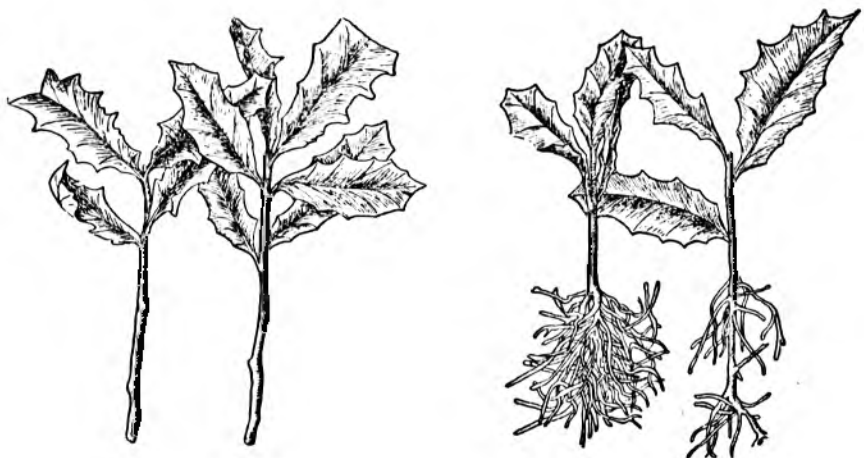


Рис. 77. Черенки падуба, обработанные слабым раствором β -индолилуксусной кислоты (справа) и контрольные (слева) (по Н. А. Максимова).

колеуса, некоторых лилий, будучи присыпаны землёй, дают почки, придаточные корни и побеги и таким образом служат для вегетативного размножения.

При размножении растений черенками подмечено, что черенки лучше укореняются при наличии на них листьев. Для размножения трудно укореняемых растений, черенки последних погружаются нижними концами на 24 часа в водный раствор корнеобразующего вещества (β -индолилуксусной кислоты), стимулирующего рост, крепостью всего 1 : 2 500 или 1 : 5 000 (рис. 77).

Для закрепления признаков хорошего сорта часто прибегают к вегетативному размножению, так как потомство, выращенное из материнского растения, лучше сохраняет его признаки, если внешние условия выращивания сходны с условиями, при которых формировалось материнское растение.

Прививки растений, или трансплантации, которыми широко пользуются в садоводстве, плодоводстве и овощеводстве, также относятся к вегетативному размножению. Эти способы улучшения растений состоят в том, что производят пересадку части живого растения (почки или черенки) на другое

растение, имеющее собственные корни. Прививки основаны на способности побегов срастаться между собой благодаря весенней и летней деятельности камбия. При прививках то растение, к которому прививают, называется *подвоем*, а то растение, которым прививают, называется *привоем*. Подвоем может служить всё растение данного сорта или лишь нижняя часть стебля вместе с корнями; привоем служит часть побега с почками или один глазок (почка). Спосовов прививки много: копулировка, под кору, в расщеп, окулировка и др. Во всех случаях срезанный острым ножом привой плотно прикладывается к срезанному подвою или вставляется под кору и плотно привязывается. Через некоторое время происходит срастание двух растений. Прививки достигаются в периоды наиболее энергичной деятельности камбиального слоя и сокодвижения. Так, первые три способа производятся весной, а окулировка — прививка глазком — во второй половине лета.

В настоящее время, благодаря работам И. В. Мичурина, Т. Д. Лысенко и многочисленных мичуринцев, установлено, что свойства разных растений могут передаваться через питательные соки от подвоя к привою и обратно. С помощью прививок И. В. Мичурин получил много вегетативных гибридов. Так, например, на дикую трёхлетнюю грушу он привил (путём окулировки) глазки однолетней яблони Антоновки шестисотграммовой. Через два года на грушевом подвое разрослась крона привоя — яблони. По форме листьев и по опушению, по типу побегов растение сочетало в себе признаки яблони и груши. Через два года привой был освобождён от грушевого подвоя и переведён на собственные корни. Растение успешно развивалось и по внешнему виду уклонялось в сторону яблони. В первый год плодоношения преобладал грушевый тип плодов. В последующие годы плоды отклонились в сторону плодов яблони, но у них сохранились некоторые признаки плода груши — бугорок возле плодоножки, а также окраска и строение мякоти. Вновь полученный вегетативный гибрид И. В. Мичурина назвал Ренет бергамотный. Этот сорт введён в стандартный сортимент плодовых культур 19 областей РСФСР и стойко сохраняет свои признаки в течение полустолетия. Учёный-мичуринец С. И. Исаев скрестил половым путём Ренет бергамотный с различными сортами яблонь. Из семян, полученных от половых гибридов, выращены яблони, плоды которых имели бугорок при основании плодоножки. Следовательно, признак, приобретённый при вегетативной гибридизации, унаследовался и при половом размножении (рис. 78).

Во введении мы уже говорили, что с помощью метода *ментора* (воспитателя) И. В. Мичурину удалось улучшить много сортов плодовых деревьев (см. также стр. 174—175).

Академик Т. Д. Лысенко и другие мичуринцы многочисленными фактами подтвердили и окончательно доказали возможность наследственной передачи признаков от одного растения к другому при многочисленных прививках как многолетних, так и однолетних растений. Например, при прививке томата с рассечёнными

листьями и белыми плодами на тоmat с картофелевидными листьями и красными плодами в год прививки заметных изменений может и не быть. Но в последующих поколениях на растениях, полученных из семян, собранных с подвоя, рассечённость листьев и белый цвет плодов привоя становятся вполне заметными, а на растениях, выращенных из семян привоя, появляются красные и жёлтые плоды. Такое разнообразие окраски плодов на одном растении

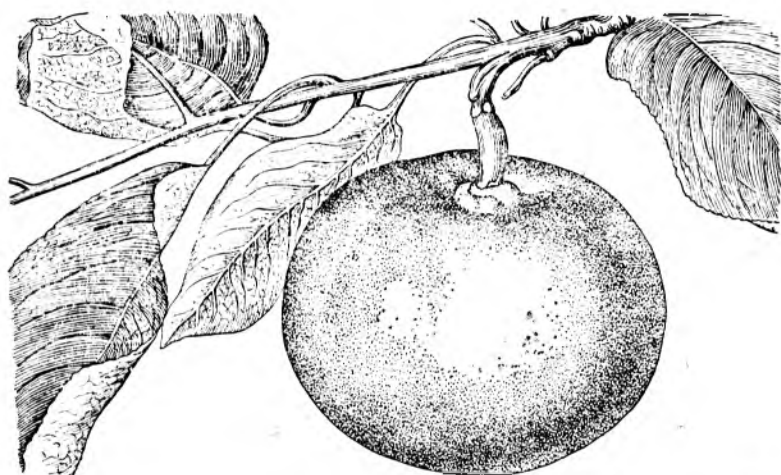


Рис. 78. Вегетативный гибрид Ренет бергамотный, полученный И. В. Мичуриным.

часто встречается среди вегетативных гибридов. Во втором семенном поколении изменённая окраска плодов также бывает заметна.

Работы мичуринецов по получению вегетативных гибридов доказывают, что наследственные свойства могут передаваться от одного растения к другому не только при половом процессе, но и при прививках, путём обмена питательными соками, следовательно, без всякого участия хромосом.

2. ПОЛОВОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

Наряду с бесполом размножением, у современных растений распространено половое воспроизведение, при котором сперва происходит оплодотворение, т. е. слияние и взаимоассимиляция мужской и женской половых клеток, называемых гаметам и. В результате оплодотворения, называемого иначе половым процессом, образуется зигота, воспроизводящая новый организм. Половое воспроизведение неизвестно только у синезелёных водорослей и бактерий, у некоторых грибов и лишайников, размножающихся вегетативным путём и при помощи спор; у всех других растений, помимо бесполого размножения, увеличивающего

численность особей данного вида, существует половое воспроизведение, обогащающее наследственную основу растений и увеличивающее их способность к изменчивости. «В половых клетках как бы аккумулирован весь путь развития, пройденный организмами предшествующих поколений». «Биологическая значимость процессов оплодотворения заключается в том, что получают организмы с двойственной наследственностью — материнской и отцовской»¹.

Половой процесс, приводящий через зиготу к половому воспроизведению нового растения, имеет огромное значение для процесса эволюции. Виды, обладающие этим способом размножения, являются наиболее стойкими в борьбе за существование.

При изучении полового воспроизведения у низших и архегонияльных растений мы встретимся с разнообразными способами полового процесса. Здесь мы приведём некоторые из них. Гаметы (мужская и женская) часто бывают неразличимы между собой: обе гаметы подвижны, имеют жгутики и, выделившись из клеток одной и той же особи, или чаще из разных, сливаются и образуют неподвижную зиготу. В других случаях мужская и женская гаметы отличаются по размеру и форме; из них мужские гаметы мельче и подвижнее женских. У растений более высоко организованных наблюдается третий случай, когда женская гамета, носящая название яйцевой клетки, — неподвижна и отличается крупным размером по сравнению со многими мельчайшими мужскими гаметами, имеющими жгутики и чрезвычайно подвижными.

У хвойных растений и у всех покрытосеменных женская яйцевая клетка неподвижна, так же как и мужские гаметы (спермии). С помощью пыльцевой трубочки последние приносятся к яйцевой клетке и оплодотворяют её. Процесс полового воспроизведения у покрытосеменных растений будет понятен нам, когда мы познакомимся с цветком, с его опылением и оплодотворением.

3. ЦВЕТОК И ЕГО ФУНКЦИИ

Цветение растений и строение цветка

Процесс цветения растений — один из наиболее бросающихся в глаза процессов жизни растения. К моменту цветения вегетативные органы успевают накопить в себе достаточные запасы питательных веществ: сахара, белка, жира и др. Под влиянием не вполне выясненных ещё причин в развитии растения происходит резкий перелом: запасные питательные вещества переходят в новое состояние, и вместо вегетативных частей появляются цветки, плоды и семена.

Деревья и кустарники, а также многолетники с мясистыми корнями и корневищами обычно зацветают весной или в начале лета, используя питательные вещества, скопившиеся в течение предыду-

¹ Акад. Т. Д. Лысенко, Агробиология, М., 1948, стр. 506.

щего лета. Какой яркий внешний вид приобретают яблони, груши и другие плодовые деревья наших садов в период цветения! Ещё задолго до цветения садов, в постепенной последовательности, начиная почти с момента таяния снега и обнажения земли, а порой даже прямо из-под снега, появляются весенние цветы, в большинстве обладающие особенно пёстрой окраской. Когда в лесу весной набухнут и заплыт мужские серёжки орешника, мы можем уже найти много цветущих растений. В это время цветут хохлатка, ветреница, гусиный лук, адонис мускусная, пролеска, медуница, мать-и-мачеха, копытень, чистяк, первоцвет и многие другие. Каждый тёплый следующий день вызывает к жизни всё новые и новые виды, и к моменту зацветания садов мы можем найти в лесу и на полях десятка три-четыре цветущих видов растений. Большинство весенних растений цветёт за счёт запасов питательных веществ, накопленных в течение предшествующего лета. В течение всего лета и до поздней осени цветут всё новые и новые сотни видов цветов. Многие из однолетних растений в течение нескольких недель или месяцев успевают образовать свои вегетативные органы и накопить запасы органических веществ, необходимые для процесса цветения и для дальнейшего созревания плодов.

Цветение растений связано с известным возрастом растения, хотя внешние факторы — свет, тепло, влага и питательные соли могут ускорить или задержать появление цветков. Известно, что избыток азота и влаги в почве задерживает цветение (злаки, картофель), а недостаток воды и минерального питания заставляет преждевременно зацветать плохо развившиеся растения (гречиха). Процесс цветения деревьев можно ускорить и усилить путём перетягивания штамбов деревьев железными обручами. В этом случае уже пятилетние яблони могут дать плоды.

Внимательно присматриваясь к цветущим растениям в течение вегетационного периода, мы приходим к выводу, что среди них встречается множество растений с незрчными, малозаметными цветками. Одни из таких цветков, так же как и цветки с яркими околоцветниками, обладают ароматом и привлекают к себе множество пчёл, шмелей, бабочек и других опылителей (цветки ивы, липы, резеды); другие же не только малозаметны, но и не обладают никаким ароматом (у ольхи, сосны, берёзы, ржи). Первые растения называются *а с е к о м о о п ы л я е м ы м и* (энтомофильными), а вторые называются *в е т р о о п ы л я е м ы м и* (анемофильными). У анемофильных растений только при громадном количестве пылевых зёрен возможен процесс опыления, так как успех опыления зависит от направления и силы ветра.

Цветок — видоизмелённый побег

Ближайшее рассмотрение цветков показывает, что они обычно имеют следующие части: околоцветник, состоящий из чашечки и венчика, круг тычинок (андроцей) и круг плодолистиков (гинецей)

(рис. 79). На первый взгляд может показаться странным, откуда берётся такое разнообразие органов цветка.

Рассматривая строение цветка белой кувшинки (*Nymphaea alba*), легко можно заметить постепенный переход от чашелистиков к лепесткам и от лепестков к тычинкам.

Цветок — это видоизменённый (метаморфизированный) побег с укороченными междоузлиями, листья которого в большей или меньшей степени видоизменились и превратились в отдельные части цветка, прикрепленные к цветоложу, которое и есть укороченный стебель (рис. 80). Нижняя часть цветочного побега часто бывает вытянута, в виде цветоножки; последняя служит для прикрепления цветка к стеблю. При укороченных цветоножках цветки кажутся сидячими на стебле. Явление превращения

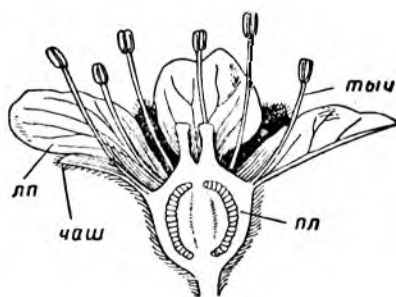


Рис. 79. Части цветка камеллии:

чаш — чашелистики; лп — лепестки; тыч — тычинки; пл — плодолостики, образующие пестик.

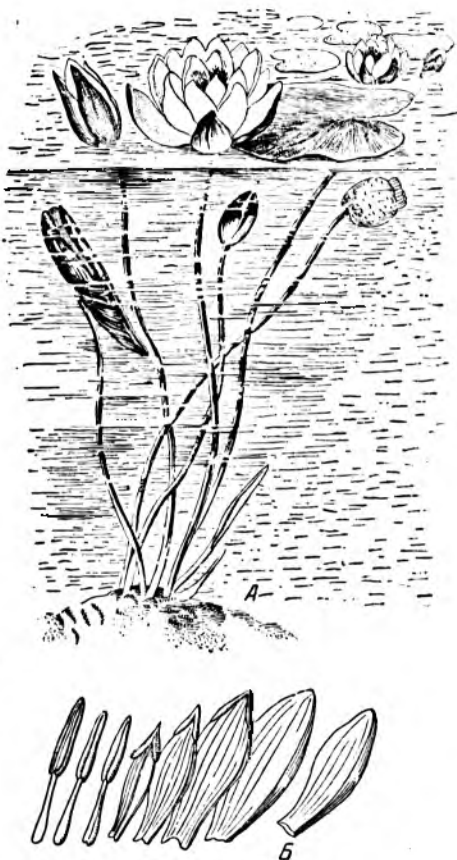


Рис. 80. Белая кувшинка (*Nymphaea alba*):

А — внешний вид растений; Б — тычинки и лепестки.

побега с листьями в цветок носит название метаморфозы; оно было доказано впервые поэтом и натуралистом Гёте. В пользу этого доказательства, кроме белой кувшинки, можно привести много других фактов.

Укажем хотя бы на махровые цветки (например, мак, гвоздика и др.), у которых наблюдается обратное превращение тычинок и пестиков в лепестки (рис. 81, I и II).

Цветки служат для образования плодов и семян, что может произойти или после оплодотворения или, в редких случаях, без

всякого оплодотворения (партеногенезис). Последний случай наблюдается, например, у цветков одуванчика, ястребинок и других растений. У бессемянных сортов огурцов, груш, яблок, винограда и банана развитие сочной завязи происходит без одновре-



Рис. 81. Виды околоцветника:

I — венчик простого пиона; II — венчик махрового пиона; III — строение цветка пиона с двойным околоцветником (продольный разрез); цв — цветоножка, ч — чашечка, л — лепесток, п — пестик, мч — тычинки; IV — цветок чемерицы с простым околоцветником; V — цветок белокрыльника без околоцветника.

менного развития семян (партенокарпия). Партенокарпические плоды развиваются без процесса оплодотворения. В подавляющем большинстве случаев образованию плодов и семян предшествуют два процесса: один называется опылением, а другой — оплодотворением. Строение цветков приспособлено к успешному завершению этих двух процессов, вот почему сейчас уместно разобрать подробности строения цветка.

Околоцветник

Околоцветник цветка бывает двойной, состоящий из чашечки и венчика (пеон, лапчатка, картофель), и простой, состоящий из однородных листиков. Простой околоцветник может быть или чашечковидным, состоящим из зелёных листиков (конопля, свёкла), или венчиковидным, состоящим из окрашенных лепестков (гречиха, чемерица) (рис. 81). Иногда околоцветник или совсем отсутствует или бывает в зачаточном виде; в таких случаях роль его выполняют чешуйки, волоски, щетинки и т. п. (злаки, осоки, пвы).

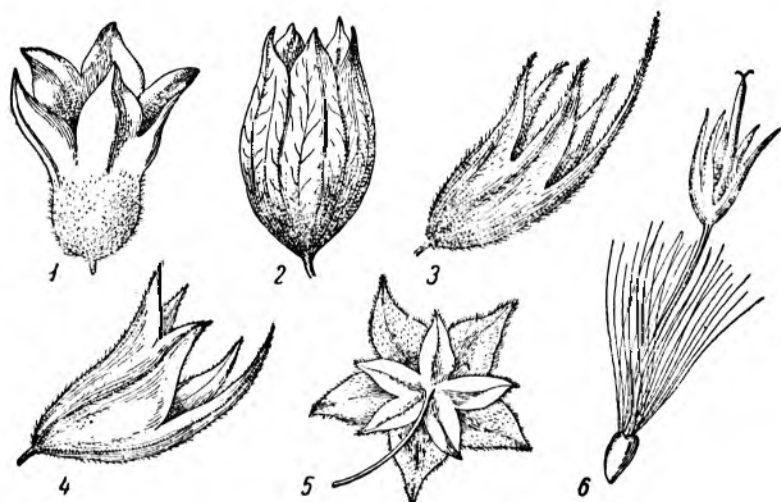


Рис. 82. Виды чашечки.

Правильная: 1 — белены; 2 — хлопши. Неправильная: 3 — клевера; 4 — шадфея. Двойная: 5 — лапчатки. Чашечка в виде волосков: 6 — чертополоха.

Роль околоцветника заключается, с одной стороны, в защите нежных и главных частей цветка (андроцея и гинецея) от высыхания и холода, а с другой стороны, яркая его окраска у энтомофильных растений служит в качестве сигнализатора для насекомых. При двойном околоцветнике чашечка выполняет первую роль, а венчик — вторую, т. е. служит для привлечения насекомых.

Чашечка состоит или из зелёных чашелистиков (рис. 82), сросшихся между собой (сростнолистная чашечка у мальвовых, губоцветных, мотыльковых), или из чашелистиков, отделяющихся поодиночке (свободнолистная чашечка у лютиковых, крестоцветных, льновых). Иногда чашечка защищает лишь цветочный бутон, а затем она опадает, например два чашелистика мака. Во многих случаях роль чашечки сводится не только к защитным функциям. Частично она играет роль ассимиляционного органа, а также иногда остаётся и разрастается при плоде, служа ему за-

щитой в период созревания. Иногда чашечка видоизменяется в летучку и служит для разноса плодов (сложноцветные).

Подчашием называется второй наружный ряд листочков, иногда встречающихся у цветков (розоцветные, мальвовые) (рис. 82, 5). Они образуются из прилистников (у розоцветных) или из прицветников (у мальвовых).

Венчик состоит из лепестков — видоизменённых листьев, окрашенных в различные цвета, а иногда отражающих все лучи света и потому имеющих белый цвет. В последнем случае паренхима лепестка особенно богата межклетниками, наполненными воздухом. Различная яркая окраска венчика, как упоминалось, зависит от наличия трёх причин:

1) пигмента антоциана, имеющего то красную, то синюю, то голубую окраску (мак, медуница, синяк); 2) от пигмента антохлора, придающего жёлтую окраску (льнянка, жёлтая георгина, лядвенец); 3) от хромопластов, имеющих оранжевую или жёлтую окраску (настурция, подсолнечник).

Поверхность лепестков снаружи часто покрыта сосочками, придающими им бархатистый вид (рис. 83).

Венчик бывает **спайнолепестный** (тыква, клевер, томат), когда лепестки срастаются между собой, и **свободнолепестный** (лютик, мак, капуста), когда лепестки свободно отделяются друг от друга. По степени срастания спайнолепестный венчик может быть **зубчатым**, **лопастным**, **раздельным** и **рассечённым**.

Каждый лепесток венчика состоит из более узкой части — **ноготка** и из более широкой части — **отгиба**, развитых то в меньшей, то в большей (гвоздика) степени.

При основании венчика на ноготке или на цветоножке часто помещается ещё **нектарник**, иногда прикрытый чешуйкой (лютик), выделяющий из себя сладкий сок, привлекающий к себе насекомых. Аромат цветков зависит от эфирных летучих масел, выделяемых лепестками. *Главнейшая роль венчика — привлечение опылителей* выполняется благодаря яркой окраске, аромату и наличию нектара в цветке.

Виды венчиков у цветков отличаются крайним разнообразием. На рисунке 84 приведены некоторые из них: **крестовидный** — свободнолепестный венчик, состоящий из четырёх лепестков, чередующихся с чашелистиками (крестоцветные); **колокольчатый** — по форме напоминает несколько колокольчика (колокольчики); **воронковидный** — имеет форму воронки

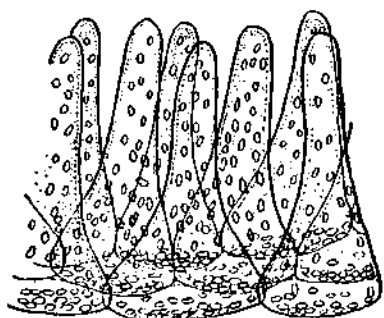


Рис. 83. Часть эпидермиса с лепестка примулы (*Primula*).

Клетки эпидермиса вытянулись в сосочки, делающие поверхность лепестка мягкошероховатой, бархатистой. В клетках — хромопласты (увел. 500).

(вьюнок); **трубчатый** (у сложноцветных) — представляет собой трубку, несколько расширяющуюся кверху; **язычковый**, — часто встречающийся у сложноцветных (одуванчик и др.), состоит из пяти лепестков, сросшихся в одну пластинку; **двугубый** — состоит из двух губ, образовавшихся путём срастания в трубочку пяти лепестков, из которых два образуют верхнюю губу, имеющую часто форму шлема и защищающую тычинки, а три лепестка образуют нижнюю губу, имеющую обычно три лопасти (такой венчик имеется у растений из семейства губоцветных); **колесовидный**

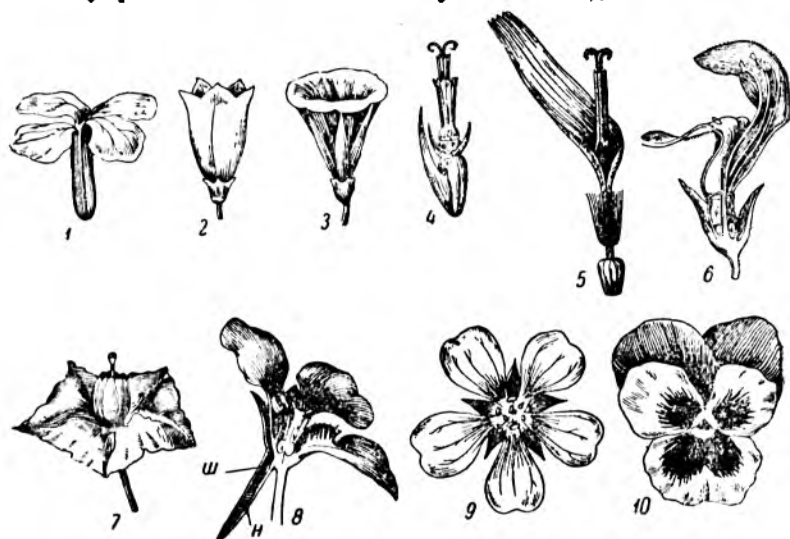


Рис. 84. Виды венчиков:

1 — крестовидный; 2 — колокольчатый; 3 — воронковидный; 4 — трубчатый; 5 — язычковый; 6 — двугубый; 7 — колесовидный; 8 — венчик со шпорцем — ш, в котором скапливается нектар — н; 9 — цветок правильный (актиноморфный); 10 — цветок неправильный (зигморфный).

ный (у картофеля) — имеет короткую трубку и широкий плоский отгиб; **венчик со шпорцем** (настурция) — у него нижняя часть вытянута в длинный трубчатый отросток, в котором скапливается сладкий сок (нектар); **правильный** свободнолепестный венчик (герань); **неправильный** свободнолепестный (анютины глазки).

Своеобразным строением обладают венчики **мотылькового** типа у подсемейства **мотыльковых** (горох и др.) (рис. 85). Они состоят из **паруса** — большого лепестка, **двух** **вёсел** — боковых лепестков, и из одной **лодочки**, образовавшейся от срастания двух лепестков. Обычно в лодочке бывают спрятаны тычинки. Насекомое своей тяжестью надавливает на вёсла, которые оттягивают лодочку вниз, при этом тычинки ударяют насекомое по брюшку и стряхивают пыльцевые зёрна.

Все вышеперечисленные формы околоцветников распадаются на две группы: правильные, или актиноморфные, через которые можно провести несколько вертикальных плоскостей симметрии, и неправильные, или зигоморфные, через которые можно провести всего лишь одну плоскость симметрии и которая делит цветок на две симметричные половины.

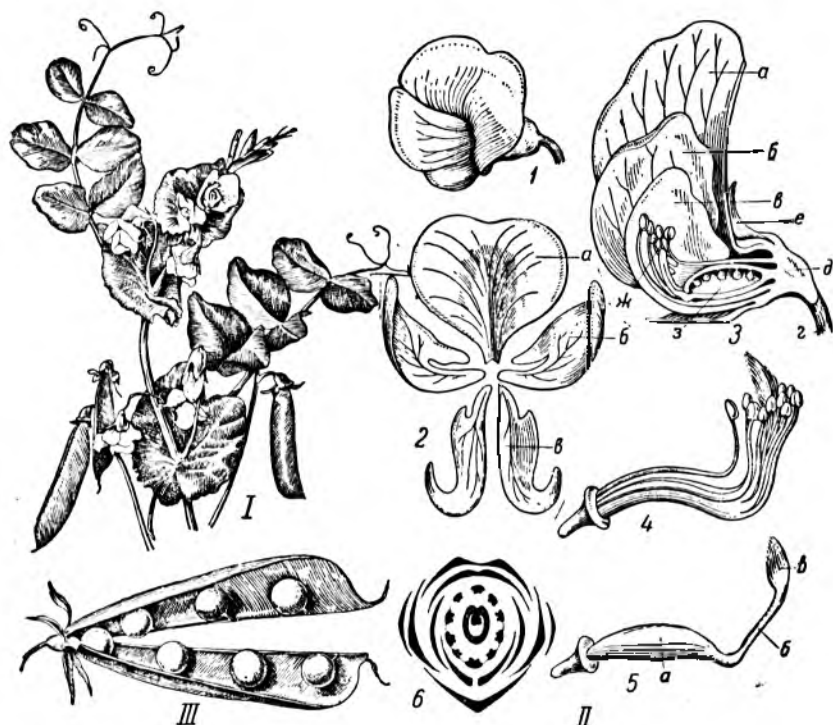


Рис. 85. Горох посевной и строение его цветка

I — общий вид верхней части стебля; II — части неправильного цветка: 1 — общий вид цветка; 2 — венчик, расчленённый на лепестки: а — парус, б — вёсла, в — лодочка; 3 — цветок на продольном разрезе: а — парус, б — вёсла, в — лодочка, г — цветоножка, д — цветоложе, е — чашелистики, ж — андроцей, з — гинецей; 4 — двубратственные тычинки окружают пестик; 5 — пестик: а — завязь, б — столбик, в — рыльце; 6 — диаграмма цветка; III — растреснувшийся плод — боб.

Существующие в природе разнообразные формы околоцветников, иногда весьма причудливые, выработались в результате длительной приспособляемости растений к многообразным формам насекомых. Несомненно, что и насекомые-опылители, в свою очередь, приспособляются к цветкам и накапливают под влиянием естественного отбора полезные для них свойства, которые и закрепляются в их потомстве.

Столь же разнообразны по своему строению тычинки и пестики, которые также произошли из наиболее пластиче-

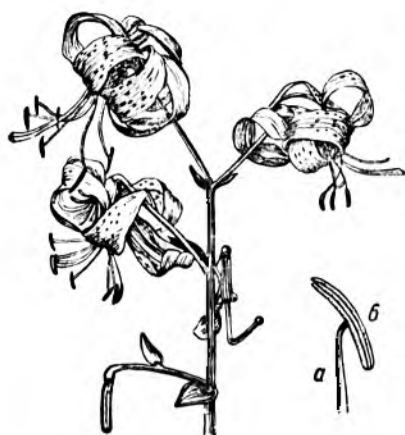


Рис. 86. Лилия «царские кудри» (*Lilium martagon*) из семейства лилейных. Пример качающихся пыльников: а — тычиночная нить; б — пыльник.

скающиеся (рис. 86). Качающиеся пыльники бывают и в том случае, когда тычиночная нить длинна и тонка (рожь). Андроец может состоять или из свободных тычинок или из тычинок, сросшихся между собой. Срастание происходит или пыльниками (у сложноцветных) или тычиночными нитями. При этом различают тычинки оди́нственны́е, когда все тычинки срастаются между собой (мальва), и дву́братственны́е, когда они срастаются в два пучка или когда одна тычинка остаётся свободной (горох). Наиболее существенной частью тычинок являются те пыльцевые зёрна, микроскопически малые образования (микроспоры), которые во множестве напол-

няют орган, каковым является лист. Число тычинок в андроеце бывает различным. Если их меньше 12, то указывают точно их число; если больше 12, то говорят, что их много.

Каждая тычинка состоит из тычиночной нити и пыльника. Зрелый пыльник имеет два пыльниковых мешка, разделённых между собой промежуточной частью, называемой связником, или спайником, к которому прикрепляется тычиночная нить. Сочленение между тычиночной нитью и спайником может быть или неподвижное или подвижное. В первом случае пыльники бывают неподвижные, а во втором случае —

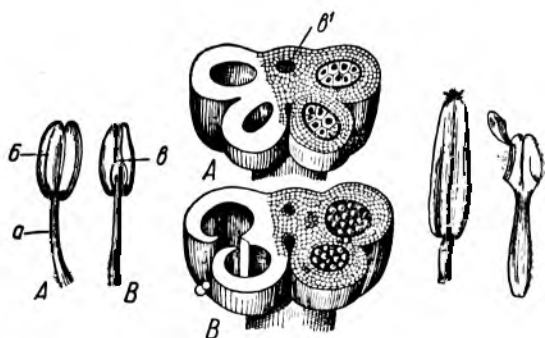


Рис. 87. Строение тычинки и пыльника:

Налево две тычинки белены: А — снаружи, В — изнутри; а — тычиночная нить, б — пыльник, в — связник. По середине рисунка — два поперечных разреза через пыльник: А — до вскрытия пыльника, В — после раскрытия, в' — сосудистый пучок. В А — пыльцевые зёрна ещё развиваются, в В они созрели. Направо — две тычинки: картофеля и барбариса (по Бородину).

пляют собой гнёзда пыльника. Пыльцевые зёрна в гнёздах пыльника образуются из клеток мезофилла путём последовательного деления их на четыре части. Образовавшиеся тетрады при созревании распадаются на отдельные пыльцевые зёрна.

Изучение пыльника с помощью микроскопа показывает, что в ранней стадии развития пыльника имеют четыре гнезда и только у зрелых пыльников перегородка между смежными гнёздами разрушается и образуются два пыльниковых гнезда (рис. 87). Вскрытие пыльников при созревании происходит различными способами: 1) трещинами вдоль мешков (капуста, подсолнечник), причём в

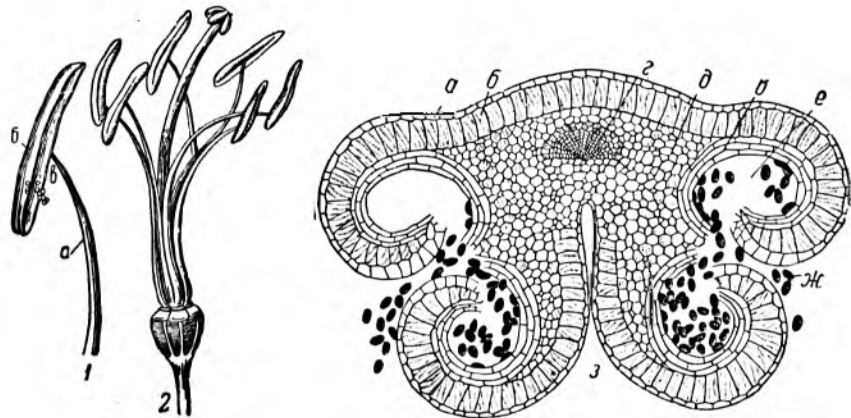


Рис. 88. Строение тычинки лилии:

1 — тычинка: а — тычиночная нить, б — начинающийся пыльник, ж — пыльцевые зёрна; 2 — шесть тычинок и один пестик; 3 — пыльник лилии в разрезе: а — эпидермис, б — фиброзный слой, в — тапетальный слой, г — сосудистый пучок, д — основная ткань связника, е — полость пыльника, ж — пыльцевые зёрна.

одних случаях трещины образуются по наружной стороне, а в других случаях пыльники вскрываются по внутренней своей стороне; 2) дырочками на концах (картофель) и 3) особыми крышечками (барбарис). Стенка пыльника состоит из трёх слоёв: снаружи располагается эпидермис, под ним волокнистый, или фиброзный, слой, граничащий с внутренним слоем, называемым тапетальным (выстилающим, или питательным).

Фиброзный слой состоит из столбчатых клеток, вытянутых перпендикулярно к поверхности пыльника. Оболочки этих клеток имеют утолщённые одревесневшие полоски, расположенные в виде пологой спирали. Наличие фиброзного слоя создаёт неравномерное сжатие тканей при созревании пыльника, способствующее растрескиванию стенок последнего. Тапетальный слой состоит из плоских эпителиальных клеток, играющих важную роль в питании созревающих пыльцевых зёрен (рис. 88).

Пыльцевые зёрна (пыльца, проросшие микроспоры) подробно можно рассмотреть лишь при большом увеличении. В лупу они едва заметны, и лишь наиболее крупные из них

(у тыквы) различимы простым глазом в виде мельчайшего порошка. Микроскоп даёт возможность различить на пыльцевых зёрнах различные утолщения наружной оболочки в виде шипиков, узоров, гребешков и других шероховатостей, способствующих лучшему прилипанию пыльцы к рыльцам пестиков (рис. 89). Вообще внешний вид пыльцевых зёрен зависит от способов опыления. У ветроопыляемых растений они легки, сухи и потому легко высыпаются из пыльников и разносятся ветром. У насекомоопыляемых растений пыльцевые зёрна более крупные, липкие и снабжены разнообраз-

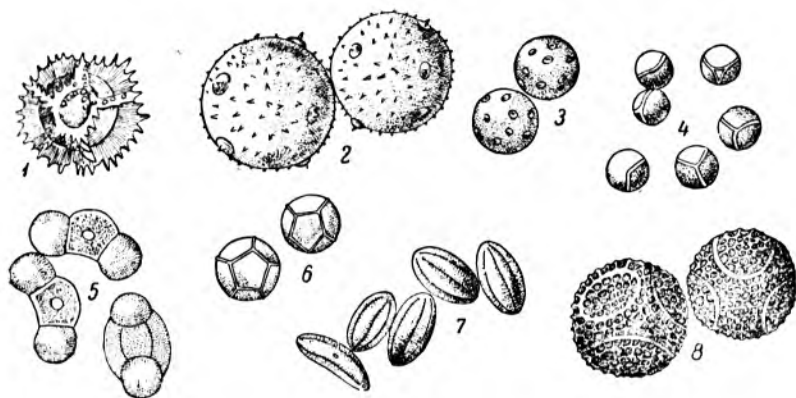


Рис. 89. Пыльцевые зёрна (при больш. увел.):

1 — пихория, 2 — тыквы, 3 — вьюнка, 4 — конопля, 5 — сосны, 6 — гвоzdия, 7 — шалфей, 8 — пассифлоры.

ными наружными утолщениями оболочки. У голосеменных растений (хвойные) пыльцевые зёрна снабжены двумя полыми воздушными мешками, образованными наружной оболочкой.

Детальное рассматривание пыльцевых зёрен различных растений показывает, что, кроме наружной оболочки, богатой веществами, близкими к кутику, и называемой экзину, имеется ещё внутренняя тонкая пектиновая оболочка — интина. Наружная оболочка снабжена, кроме утолщений, ещё несколькими отверстиями (иногда прикрытыми крышечками), служащими для прорастания через них пыльцевой трубочки, образуемой вследствие выпячивания интины (рис. 90).

Сформировавшееся пыльцевое зерно состоит из двух клеток с ядрами, не разделённых между собой целлюлозной оболочкой: одна из них — более крупная — называется вегетативной клеткой, а другая — чечевицеобразная — генеративной. Последняя мельче и находится сбоку; она состоит из ядра и обособившейся протоплазмы. Пыльцевые зёрна содержат разнообразные химические вещества: белки, углеводы, жиры, зольные и пектиновые вещества, а также разнообразные ферменты.

При благоприятных условиях пыльцевые зёрна начинают прорастать. Одним из таких условий является наличие сахаристой жидкости (5—10% раствор). Прорастание наступает уже через несколько часов и может быть наблюдаемо под микроскопом. Процесс заключается в том, что питина выпячивается в виде трубочки, вегетативная клетка проскальзывает в самый конец трубочки, а генеративная, продвинувшись в конец или в середину трубочки, делится на две мужские клетки (гаметы, или спермии) (рис. 91). Позднее ядро вегетативной клетки разрушается, а спермии участвуют в оплодотворении.

Пыльцевые трубочки обладают явлением хемотропизма, т. е. способностью расти по направлению к питательным веществам.

Теперь мы разберём строение гинецея, который является самой внутренней частью цветка. Он состоит из листьев, сильно видоизменённых, называемых **плодолистиками**. За некоторое сходство у иных растений с пестом такие плодолистики получили название **пестиков** (рис. 92). Число пестиков в гинецее может быть разнообразно — от одного и до весьма большого числа. Так же как и в отношении тычинок, при наличии пестиков до 12 штук при описании растения указывают точно их число; если же пестиков больше, то говорят про них, что их много.



Рис. 90. Прорастание пыльцевого зерна П (сильн. увел.) на рыльце Р:

К — крышечка, прикрывающая отверстие в оболочке; под давлением набухающего содержимого пыльцевого зерна эти крышечки при прорастании приподнимаются (K_1); одна из них (K_2) совсем отодвинулась в сторону и открыла проход для удлиняющегося трубочки.

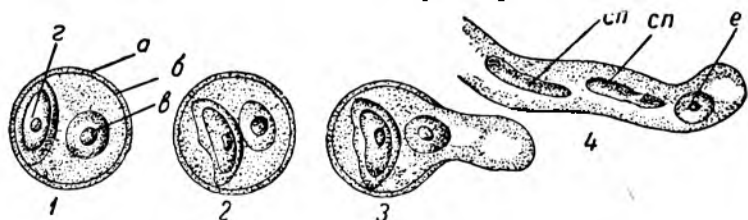


Рис. 91. Строение пыльцевого зерна и его прорастание:

1 и 2: а — паружная оболочка (экзина), б — внутренняя оболочка (интина), в — вегетативное ядро, г — генеративное ядро; 3 — начало прорастания зерна; 4 — конец пыльцевой трубочки; е — вегетативное ядро, сп-сп — спермии, образовавшиеся путём деления генеративной клетки.

Каждый пестик, как это мы уже знаем, состоит из самой нижней части, обычно вздутой, называемой **завязью**, средней части, называемой **столбиком**, и верхней части, называемой **рыльцем**.

цем (рис. 93). В том случае, если столбик отсутствует, рыльце называется с и д я ч и м (например, у мака). Плодолистники могут срастаться между собой, тогда гинецей называется с р о с т н о

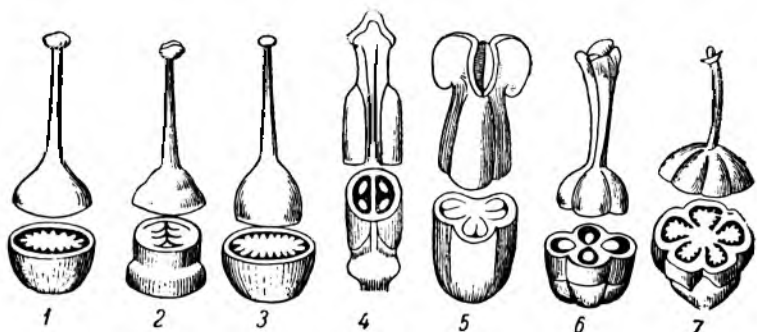


Рис. 92. Пестики различных видов с поперёк перерезанными завязями: 1 — первоцвета, 2 — вахты, 3 — паслёна, 4 — желтофиоли, 5 — тюльпана, 6 — вербены, 7 — грушанца.

л и с т н ы м (синкарпным); при свободных плодолистниках гинецей называется с в о б о д н о л и с т н ы м (апокарпным). Роль

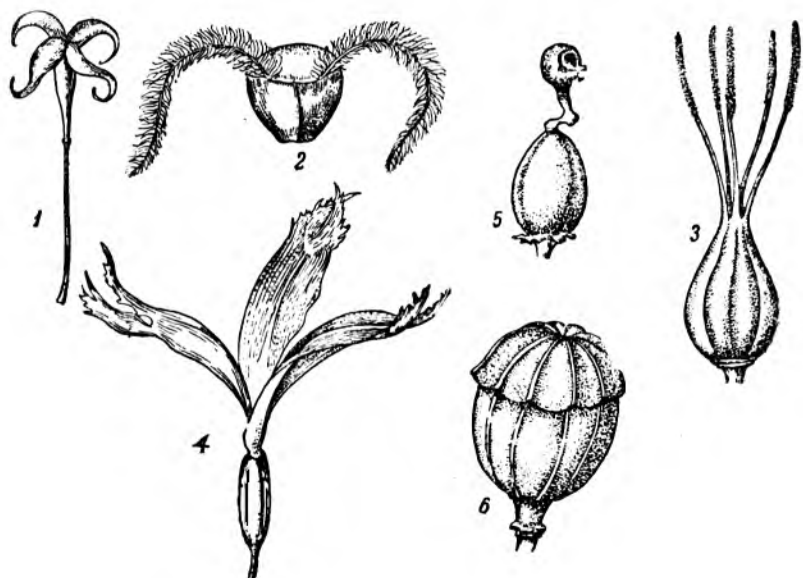


Рис. 93. Рыльца:

1 — дван-чая, 2 — костра, 3 — льна, 4 — насатина, 5 — фиалки, 6 — мака.

частей пестика сводится к следующему: рыльце воспринимает пыльцевые зёрна при процессе опыления; столбик соединяет рыльце с завязью и поднимает рыльце на большую или меньшую высоту; завязь внутри имеет с е м я п о ч к и (макроспороангии), из которых

после оплодотворения развиваются семена. Сама завязь превращается в плод. Таким образом, завязь со своими семязпочками является наиболее существенной частью гинецея.

Расположение семязпочек в завязи находится в зависимости от числа плодолистиков и от способов их срастания (рис. 94). Различают завязи **одногойздные**, **двугйздные**, **трёхгйздные** и **многогйздные**. Одногйздные завязи могут быть образованы как из одного плодолистика, так и из нескольких. При этом срастание плодолистиков происходит по краям, и это место, несколько утолщённое, называется **семяносцем**, или **плацентой**,

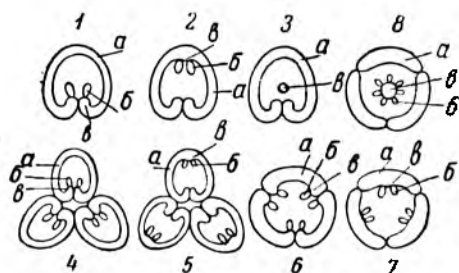


Рис. 94. Схема поперечных срезов завязей:

1—3—однолистные завязи с различным расположением плаценты; 4—5—трёхлистные и трёхгйздные завязи; 6—8—трёхлистные одногйздные завязи с различным расположением плаценты: а—стенка завязи; б—семязпочки а—плацента (семяносец).

служит для прикрепления семязпочек. Такого рода семяносцы называются **стенными**. У двугйздных и многогйздных завязей срастание плодолистиков происходит путём загибания их краёв; при этом семяносцы вместе с семязпочками оказываются в центре, и тогда семяносец получает название **среднего**, или **центрального**.

Осевым семяносцем называется семяносец, имеющий вид колонки, поднимающейся со дна одногйздной завязи, образовавшейся из нескольких плодолистиков (у нерасцветших и некоторых расцветших). Образование осевого семяносца происходит путём неполного срастания плодолистиков, при котором в завязи не образуется перегородок.

У крестоцветных растений завязи бывают двугйздные вследствие образования ложной перегородки из швов двух плодолистиков. Это строение хорошо видно на плодах (рис. 95).

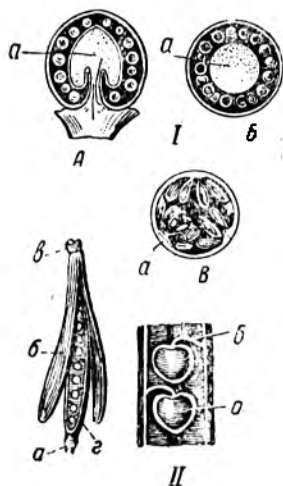


Рис. 95.

I — одногйздная завязь; семязпочки прикреплены к осевому семяносцу: А — продольный, Б — поперечный разрез завязи; В — семязпочки прикреплены к трём семяносцам, расположенным вдоль стенок: а — семяносец, или плацента; II — двугйздный плод крестоцветного: слева — растреснувшийся стручок левкой; а — цветоножка, б — створка, в — крыльце, г — перегородка, несущая семена; справа — часть перегородки стручка левкой: а — семя, б — семязпочка.

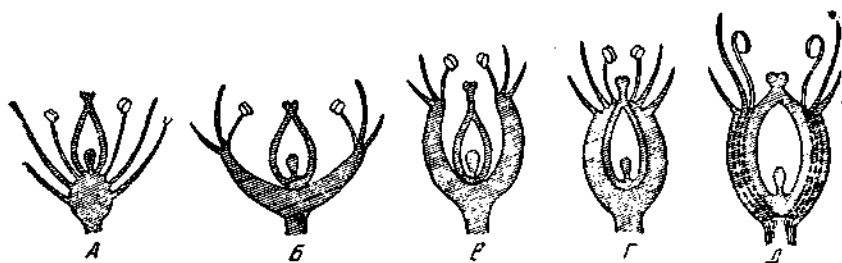


Рис. 96.

А — схема подпестичного цветка с верхней завязью. **Б и В** — схемы околопестичного цветка с верхней завязью. **Г** — схема надпестичного цветка с нижней завязью, образовавшейся от срастания плодolistиков с цветоложем. **Д** — схема надпестичного цветка с нижней завязью, образовавшейся от срастания плодolistиков с нижними частями чашелистиков, лепестков и тычинок.

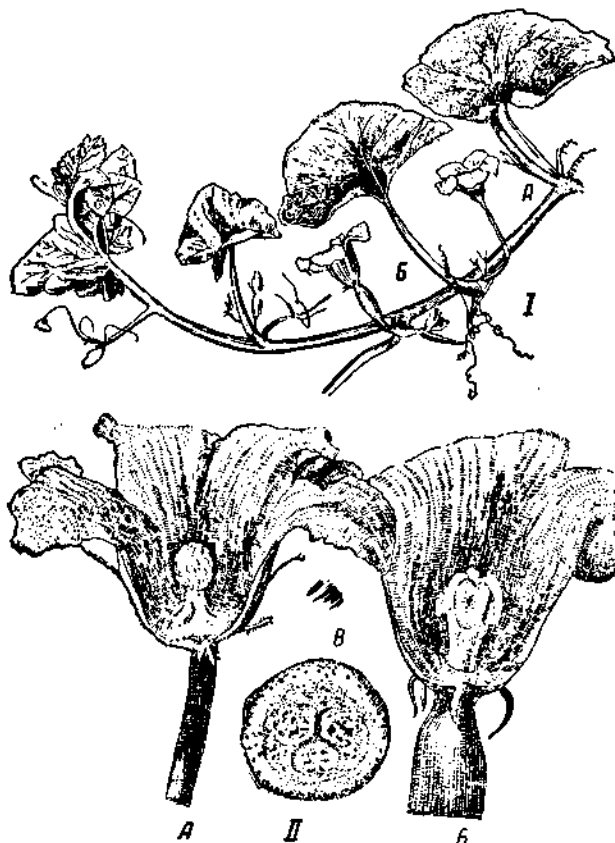


Рис. 97. Тыква (*Cucurbita pepo*) из семейства тыквенных:

I — общий вид растения: стебли пеппалоупиеся, усики ветвистые; **А** — мужской цветок; **Б** — женский цветок; растение однодомное; **II** — цветы тыквы: передняя часть околоцветника удалена; **А** — мужской цветок: видны цветоножка, чашелистики, лепестки спайнолепестного венчика и сросшиеся тычинки; **Б** — женский цветок: видны нижняя завязь, чашелистики, спайнолепестный венчик, столбик и трёхлопастное рыльце; **В** — завязь в разрезе: заметны три гнезда и семечки.

О числе плодолистиков, принимавших участие в образовании гинецея, в большинстве случаев можно судить по числу имеющих столбиков или по числу лопастей рыльца.

Часть стебля с укороченными междоузлиями, на которой развиваются части цветка (цветочные листья), называется **цвето-ложем**.

При слабом разрастании цветоложа завязь занимает в цветке верхнее положение, и все остальные части цветка прикреплены



Рис. 98. Конопля посевная (*Cannabis sativa*), растение двудомное:

А — мужской экземпляр, имеет метелку с тычиночными цветками (а); Б — женский экземпляр, на верхушке стебля и в пазухе листьев имеет пестичные цветки (б). Плод — орешек (б).

ниже завязи. Такой цветок носит название **подпестичного** цветка с верхней свободной завязью. В том случае, если цветоложе, вследствие разрастания, приобретает бокаловидную форму и завязь располагается на одной высоте с местом прикрепления остальных частей цветка или ниже их, то цветок называется **околопестичным** со средней свободной завязью. Наконец, цветок может быть **надпестичным** с нижней завязью в том случае, когда цветоложе или нижние части чашелистиков, лепестков и тычинок разрастаются вокруг завязи и плотно с ней срастаются. У надпестичных цветков околоцветник и тычинки кажутся прикреплёнными к верхней части нижней завязи (рис. 96).

Все вышерассмотренные части цветка являются непременной принадлежностью так называемых **обоеполых**, или

гермафродитных, цветков (рожь, горох, подсолнечник). Помимо таких цветков, имеющих в себе и андроцей и гинецей, в природе встречаются однополые цветки, которые бывают мужскими, имеющими из половых частей лишь одни тычинки, и женскими, имеющими лишь одни пестики. Тычиночные цветки обозначаются значком ♂, а пестичные ♀. Однополые цветки, как мужские, так и женские, могут быть распределены на одном и том же индивидууме; тогда растение получает название *однодомного растения*. В том случае, когда мужские и женские цветки распределяются на различных индивидуумах, растение получает название *двудомного*. Примером первых растений могут служить огурец, тыква (рис. 97), кукуруза (рис. 256), дуб, берёза, орешник (рис. 172), сосна и др., примером вторых — конопля (рис. 98), хмель, ива (рис. 171), осина и др. У многих растений часть цветков совершенно утрачивает свои половые органы. Такие цветки называются *бесполоыми*, например краевые цветки в корзинках у сложноцветных (василёк, подсолнечник); они служат лишь для привлечения насекомых своими яркими околоцветниками.

Формулы и диаграммы цветка

Формулы цветка и диаграммы цветка употребляются иногда в качестве условных сокращённых обозначений при описаниях растений. При этом простой околоцветник обозначается буквой Р (Perigonium), чашечка — буквой К (Calyx), венчик — буквой С (Corolla), андроцей — буквой А (Androceum), гинецей — буквой Г (Gynaecium). Число частей в каждом круге цветка обозначается цифрами, а большое число — знаком бесконечности (∞). Скобки обозначают сращение частей цветка; верхняя завязь обозначается чертой под цифрой гинецея, а нижняя завязь — чертой над цифрой гинецея. Неправильные — зигоморфные — цветки обозначаются вертикальной стрелкой ↑, а правильные — звездочкой *.

Примеры:

Цветок тюльпана (рис. 231) обозначается: * Р6, А6, Г(3).

Цветок гороха (рис. 85) обозначается: ↑ К(5), С5, А(9)+1, Г1.

Цветок лютика (рис. 168) обозначается: * К5, С5, А ∞ Г ∞ .

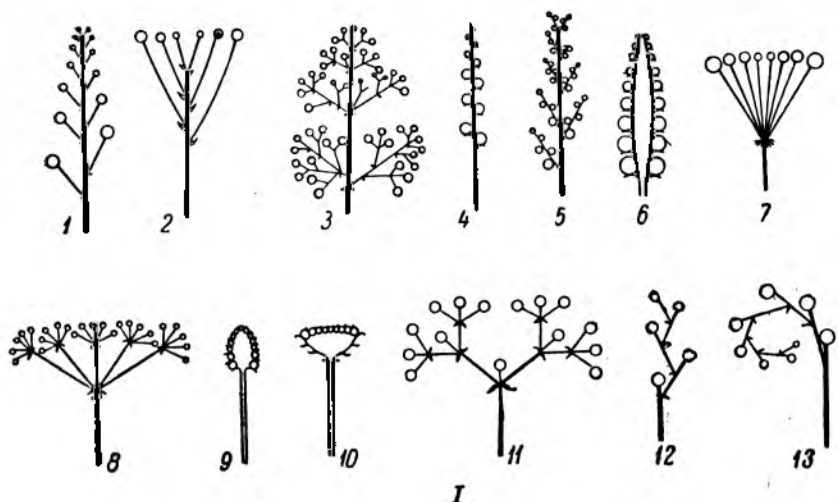
Диаграмма цветка вычерчивается по поперечным разрезам, мысленно проведённым через цветок. Разумеется, предварительно цветок тщательно изучается с помощью морфологического анализа (рис. 184, 202, 232).

4. ВИДЫ СОЦВЕТИЙ

Только крупные цветки сидят на растении поодиночке, а мелкие обычно бывают собраны в соцветия (рис. 99. *I* и *II*).

Цветки в соцветии сидят на цветоножках. При основании цветоножек часто находятся особые листья, которые называются прицветниками. Прицветники иногда сидят скученно при основании соцветия и образуют обвёртки. Соцветия бывают неопределённые и определённые.

Неопределённые, или моноподиальные, соцветия: 1) *кисть* — соцветие, у которого на верхушке стебля, в очередном порядке, сидят цветки на заметных, постепенно удлиняющихся цветоножках



I



II

Рис. 99. Соцветия:

I — схемы главнейших типов соцветий: 1 — кисть; 2 — шпигот; 3 — метёлка; 4 — простой колос; 5 — сложный колос; 6 — початок; 7 — простой зонтик; 8 — сложный зонтик; 9 — головка; 10 — корзинка; 11 — развилка; 12 — извилинка; 13 — завиток. II — соцветия: 1 — черёмухи; 2 — груши; 3 — мятлика; 4 — подорожника; 5 — плевела; 6 — Белокрыльница; 7 — вляши; 8 — моркови; 9 — клевера; 10 — лопуха; 11 — гвоздики; 12 — лапчатки; 13 — незабудки.

(редька, ландыш); 2) щ и т о к получается при удлинении цветоножек у нижних цветков так, что все цветки оказываются сидящими приблизительно на одном уровне (боярышник, груша); 3) м е т ё л к а имеет многочисленные разветвления, на концах которых сидят цветки (метельчатые злаки); 4) с е р ё ж к а имеет мягкий, свисающий стержень, на укороченных разветвлениях которого сидят цветки (орешник); 5) п р о с т о й к о л о с сходен с кистью, но у него цветки лишены цветоножек и сидят непосредственно на главном стержне (подорожник); 6) с л о ж н ы й к о л о с имеет на главном стержне колоски (колосовые злаки); 7) п о ч а т о к сходен с простым колосом, но имеет главный, сильно утолщенный стержень (кукуруза); початок обычно снабжён обвёрточными листьями или покрывалом; 8) з о н т и к п р о с т о й имеет цветки на цветоножках, выходящих из одного места, как спицы в зонте; при основании бывает обвёртка (аистник, вишня, лук); 9) з о н т и к с л о ж н ы й имеет на основных лучах, выходящих из одного места, простые зонтички (у зонтичных); 10) г о л о в к а имеет скученные боковые цветки, сидящие или почти сидящие на укороченной оси (клевер); 11) к о р з и н к а состоит из разросшегося цветоложа, то плоского, то выпуклого, то погнутого, состоящего из укороченной оси, на которой скученно сидят цветки, окружённые общей обвёрткой (подсолнечник).

Все вышеперечисленные соцветия обладают моноподвальным способом ветвления. Происхождение каждого соцветия становится понятным, если сравнивать его с кистью — весьма распространённым соцветием.

Определённые соцветия — дихотомические, или симподиальные: 12) р а з в и л и я, или д и х а з и й, — такое соцветие, у которого происходит ложно-дихотомическое ветвление стебля (гвоздичные), причём все ветви заканчиваются цветками; 13) з а в и т о к — симподиальное соцветие, спирально закрученное, у которого каждая новая ось появляется на одной и той же стороне; все оси заканчиваются цветками, обращёнными в одну сторону (медунца, незабудка и другие бурачниковые); 14) и з в и л и я — также симподиальное соцветие, у которого боковые, очередные оси заканчиваются цветками и появляются поочерёдно на двух сторонах (лютик, шпажник, гравилат).

5. ОПЫЛЕНИЕ

Опылением растений называется перенос пыльцевых зёрен (пыльцы) с тычинок на рыльца пестиков. Мы уже знаем, что у ветроопыляемых растений пыльцевые зёрна лёгкие и сухие, а у насекомоопыляемых растений пыльца крупная (сравнительно), липкая, снабжена наружными утолщениями экзины. В соответствии с этим и рыльца пестиков имеют различные приспособления для улавливания пыльцевых зёрен. Встречаются следующие формы

рылец: перистые, лопастные, головчатые, питевидные, звездчатые и т. п. (рис. 93).

Перенос пыльцевых зёрен с тычинок на пестики, как уже говорилось, совершается или с помощью ветра или с помощью насекомых. В редких случаях опыление совершается с помощью воды (валлинерия). В тропических странах мелкие птицы (колибри и др.) являются опылителями. Иногда при культуре растений (например, огурцов в закрытых помещениях, в теплицах, в парниках) приходится прибегать к искусственному опылению. Этим же способом опыления растений пользуются при селекционных работах.

Искусственное опыление огурцов в теплицах пытаются заменить естественным опылением с помощью пчёл; с этой целью улья выставляют в теплицы.

Нахождение тычинок и пестиков по соседству в одном и том же обоеполом цветке даёт повод неправильно думать, что в природе распространено самоопыление, т. е. прямое перемещение пыльцевых зёрен на рыльце цветка в пределах той же особи. Действительно, с а м о о п ы л е н и е (или автогамия) встречается среди растений у так называемых к л е й с т о г а м н ы х цветков. Клейстогамными цветками называются невзрачные, нераскрывающиеся цветки, приспособившиеся всецело к самоопылению. Они встречаются, например, у фиалки, вики, яснотки, звездчатки, арахиса и др. наряду с обычными цветками.

К с а м о о п ы л я ю щ и м с я растениям относятся также многие культурные растения: горох, вика, конский боб, соя, пшеница, ячмень, овёс, просо. Растения, приспособившиеся к самоопылению, под влиянием длительной культуры, обладают более устойчивыми сортами, часто имеющими, однако, склонность к вырождению. Все вышеперечисленные виды сельскохозяйственных растений имеют очень много устойчивых сортов. Нельзя сказать того же про растения п е р е к р ё с т н о о п ы л я е м ы е (рожь, кукуруза), т. е. про растения, у которых перенос пыльцевых зёрен происходит с одного цветка на цветок другой особи. Сорта этих растений в большей степени подвержены изменениям. Вместе с тем перекрёстное опыление имеет преимущества перед самоопылением, на что указывал ещё Ч. Дарвин. При этом способе опыления получается более жизнестойкое потомство. Перекрёстное опыление является одной из причин изменчивости растений и способствует увеличению видового состава растительности. Искусственным перекрёстным опылением между сортами широко пользуются при выведении новых сортов. У многих растений самоопыление происходит в том случае, если перекрёстного опыления почему-либо не произошло.

Перекрёстное опыление (ксеногамия) встречается в природе чаще, чем самоопыление. Все двудомные растения — перекрёстноопыляемые. У однодомных растений опыление происходит между различными цветками одного и того же растения, но большей частью

перекрёстное опыление между особями у них достигается благодаря неодновременному созреванию мужских и женских цветков.

Растения с обоеполыми цветками обладают многими разнообразными приспособлениями, с помощью которых осуществляется процесс перекрёстного опыления. Широко распространено у растений явление **дихогамии** — неодновременное созревание тычинок и пестиков. Более раннее созревание тычинок (протандрия) наблюдается у ржи, колокольчиковых, слож-



Рис. 100. Примеры дихогамии.

I. Герань луговая (*Geranium pratense*) из семейства гераниевых; **A** — видны пальчатораздельные листья, попарно сидящие цветки пятерного типа, плоды, напоминающие голову и клюв аиста. Цветок луговой герани (по удалении чашечки и венчика); **B** — пыльники уже созрели и вскрылись, рыльце же ещё не созрело; **B** — несомненно позже — тычиночные нити отогнулись и частью потеряли пыльники, рыльце же распустилось и готово к прилипанию пыльцы; **Г** — растреснувшийся плод. **II** Собрание цветков подорожника. Распускание цветков идет неодновременно. Самые верхние цветки ещё не распустились, из средних, ещё закрытых цветков выступают готовые к опылению столбики (♀). Нижние цветки уже потеряли свои столбики, но зато развернулись длинные тычинки (♂).

ноцветных, зонтичных, просвирниковых, гераниевых (рис. 100). Более раннее созревание пестиков (протогиния) — явление, менее распространённое. Его можно наблюдать у душистого колоска, белены и подорожника (рис. 100, II).

У первоцвета, гречихи, дербенника и других растений цветки обладают разностолбчатостью (гетеростилией). Чтобы понять это явление, познакомимся с первоцветом лекарственным (*Primula officinalis*) (рис. 101).

Все цветки этого лугового растения собраны в соцветие — зонтик, которое сидит на безлистном стебле. Цветки жёлтые, обращены в одну сторону. Цветки у первоцвета двоякого типа: одни — короткостолбчатые, другие — длинностолбчатые. У одних особей цветки имеют тычинки, прикрепленные к верхней части трубочки; у этих цветков короткий столбик пестика. У других особей тычинки прикреплены около середины трубочки венчика; эти цветки имеют столбики более длинные, чем предыдущие. Такое строение цветков способствует процессу перекрёстного опыления, которое достигается с помощью шмелей. Предположим, что шмель сел на цветок, у которого тычинки спрятаны глубоко в трубочке венчика; тогда в погоне за нектаром шмель испачкает пыльцой свой хоботок. Перелетая на другие особи первоцвета, имеющие цветки с короткими столбиками и с тычинками, расположенными возле зева венчика, шмель касается своим хоботком рыльца короткого пестика и опыляет его, а на головке у него остаётся пыльца данного цветка. Перелетая на другое растение — с цветками, имеющими длинные пестики, шмель своей головкой переносит пыльцу на рыльце длинного пестика, а на хоботке у него остаётся пыльца с тычинок, находящихся в глубине цветка, и т. д. Если прибавить к этому, что пыльца тех и других цветков различается между собой по своей величине и по способности прорастать лишь на рыльцах пестиков разнотипных цветков, то станет ясно, что приспособление к процессу перекрёстного опыления у первоцвета достигло определённого совершенства. Двуформность цветков первоцвета иначе называется **д и м о р ф н о й г е т е р о с т и л и е й**. В остальных частях цветки первоцвета имеют сходство: чашечка несколько вздута, сростнолистная, о пяти зубчиках; венчик спайнолепестный, с длиной цилиндрической, кверху расширенной трубкой; отгиб венчика плоский, с выемчатыми долями.

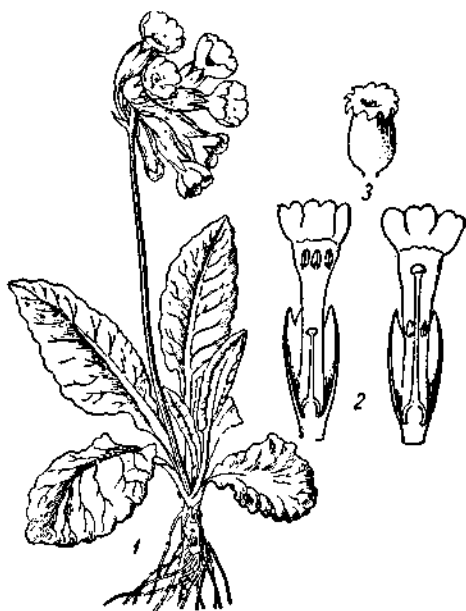


Рис. 101. Пример гетеростилии. Первоцвет лекарственный (*Primula officinalis*): 1 — общий вид растения; 2 — цветки с различных экземпляров; 3 — плод.

Весьма большого совершенства достигло опыление у шалфея лугового (*Salvia pratensis*) (рис. 102). Цветки шалфея располагаются мутовками в пазухе листьев. Чашечка двугубая, состоит из

сросшихся между собою чашелистиков; она незначительна по сравнению с венчиком. Венчик крупный, синий, состоит из пяти сросшихся лепестков, образующих две большие губы — верхнюю и нижнюю. Верхняя губа — шлемовидная, под сводом её спрятаны тычинки и пестик, а нижняя губа — трёхлопастная, служащая местом для посадки шмелей, опыляющих шалфей. Тычинок у шалфея всего две. Они прикреплены к трубочке венчика цветка. Каждая тычинка



Рис. 102. Шалфей луговой (*Salvia pratensis*) из семейства губоцветных.

Венчики двугубые, синие, с двумя тычинками и одним пестиком. Чашечки двугубые. Листорасположение супротивное. Стебли четырехгранные. А — цветок шалфея, опыляемый шмелём; Б — такой же цветок на продольном разрезе; В — цветок шалфея с развившимся вполне пестиком.

состоит из короткой тычиночной нити, к которой прикреплён сильно разросшийся спайник; длинный конец последнего заканчивается пыльниковым мешком, а короткий конец несколько утолщён и загнут. Вся тычинка напоминает собой неравноплечий рычаг первого рода. Шмель, просовывающий свой хоботок за нектаром, находящимся в глубине трубки венчика, задевает за короткие плечи рычагов и получает по спине удар двух пыльников, из которых на его спину высыпается липкая цветень, пристающая к шерстистому телу насекомого. У более старых цветков шалфея пестик разрастается так сильно, что достаёт своим двухлопастным рыльцем до спины садящегося на цветок шмеля, и таким путём пыльца с одного цветка переносится на другой. Происходит процесс перекрёстного опыления.

Ознакомление с многочисленными приспособлениями для процесса перекрёстного опыления наиболее полно достигается путём изучения летом живых цветков.

В практике агрономической деятельности далеко не всегда учитывается важная роль насекомых как опылителей. Необходимо как можно шире развивать пчеловодство, так как пчёлы дают нам не только мёд и воск, но и повышают урожайность многих культур путём опыления растений. Пчёлы, собирая нектар и цветень, опыляют гречищу, вишню, сливу, яблоню, грушу, абрикос, а также многие овощные и луговые растения. В последнее время обращено внимание на то, что и урожай семян красного клевера (*Trifolium pratense*) зависит от деятельности пчёл, так как клевер опыляется не исключительно шмелями, а в некоторых случаях и пчёлами.

Для поднятия пчеловодства нужно высевать и разводить медоносные растения, из которых главнейшими будут гречища, липа, фацелия, огуречная трава, сизяк, белый и гибридный клевер, белая акация и др.

При естественном перекрёстном опылении растений на рыльце пестика попадает пыльца не только с растений того же самого вида и сорта, но также и с других. В плодоводстве давно уже было замечено, что сад даёт лучший урожай, когда, помимо основного сорта деревьев, в нём имеются другие сорта. Например, плодов созревает больше в том случае, если в саду с Владимирской вишней растёт сорт Шубинка и другие сорта вишен. Переопыление с другими сортами повышает урожай плодов вишен, яблонь, груш и других плодовых деревьев. У полевых растений (ржи, кукурузы, клевера и др.), обладающих перекрёстным опылением, как показали опыты Т. Д. Лысенко и его сотрудников, при наличии в посевах разных сортов урожай также повышается. Растения, выросшие из гибридных семян, т. е. из семян, полученных от скрещивания растений, принадлежащих к разным видам или сортам, оказываются более стойкими против болезней и более урожайными. Из разнообразной пыльцы, попадающей на одно рыльце, только лучшая пыльца произведёт оплодотворение, так как растение обладает избирательной способностью при оплодотворении, что было доказано мичуринской агробиологической наукой. На основе этого открытия отменено постановление, запрещающее посев чистосортной ржи ближе чем на расстоянии километра одного сорта от другого. Внутрисортное скрещивание — переопыление у растений-самоопылителей (пшеницы, овса, ячменя, гороха и др.) и скрещивание растений разных сортов также улучшает качество посевного материала, а потому оно находит всё большее применение в практике селекционных работ. Для проведения такого скрещивания необходимо предотвратить самоопыление, а это достигается удалением из цветков пыльников, т. е. кастрацией, после чего цветки свободно опыляются от соседних некастрированных растений.

Урожайность перекрёстноопыляющихся сельскохозяйственных растений часто снижается из-за неблагоприятных естественных условий, когда многие цветки остаются неопылёнными. Отрицательно влияют безветренная погода, суховей, туманы или дождливая погода в периоды цветения. «Череззёрность», «пустозёрность» и отсутствие семян у ржи, кукурузы, конопли и других растений часто происходит из-за плохих условий опыления и оплодотворения и влечёт за собой снижение урожая на 10—30%. В последнее время в нашей сельскохозяйственной практике применяется «добавочное опыление» некоторых культур. Оно достигается путём встряхивания растений, производимого руками или верёвкой, которую тянут два человека через поле по верхушкам растений, или же с помощью специальных приспособлений.

Современная мичуринская наука широко использует преимущества перекрёстного опыления. Сам И. В. Мичурин получил множество ценных растений путем гибридизации, т. е. путём искусственного скрещивания между собой различных сортов и видов растений. Гибриды обладают большой способностью приспосабливаться к новым условиям, и потому их развитие можно направлять в желательную сторону. При подборе родительских пар он всегда принимал во внимание предшествующие биологические требования материнского и отцовского растений. Путём гибридизации И. В. Мичурин «расшатывал» консервативную наследственную природу растений и путём направленного воспитания гибридных сеянцев и отбора наилучших экземпляров получал ценные сорта и виды растений. Для выведения зимостойких и высококачественных сортов яблонь и груш он применял скрещивание географических удалённых форм, основываясь на том, что такие гибридные сеянцы легче поддаются воспитанию в нужном направлении. Это объясняется тем, что оба родительских растения в одинаковой степени не приспособлены к местным условиям и потому не будет слишком сильно преобладать односторонняя передача признаков одного из родителей в развитии гибрида. Так, скрещивая ценный сорт груши Бере рояль с молодым сеянцем дикой уссурийской груши и применяя направленное воспитание гибрида, И. В. Мичурин получил ценный сорт груши Бере зимняя, который обладает прекрасным вкусом и достаточной холодостойкостью. Таким же путём он получил зимостойкий сорт винограда.

Много ценных сортов вишен, слив, груш и яблонь (из последних, например, Кандиль-китайка и др.) получил И. В. Мичурин путём скрещивания местных сортов с сортами других стран и местностей и путём последующего направленного воспитания и отбора молодых сеянцев. Если полученный им сорт не обладал каким-либо желательным свойством (ароматом, лёжкостью, сахаристостью), то он прививал в крону молодого сорта черенки, взятые от того или иного старого сорта, который имел эти признаки. Через некоторое время недостающее свойство, в результате изменившегося типа питания, появлялось в новом сорте. Это — один из

многочисленных способов воспитания гибридных семян; Мичурин назвал его, как уже говорилось ранее, методом ментора (воспитателя).

И. В. Мичурин разработал методы гибридизации систематически отдалённых растений и получил также половые гибриды между видами и родами растений. Например, широко известны полученные им гибриды между вишней Идеал и Виргинской розовой черёмухой (церападус), между рябиной и боярышником, между малиной и ежевикой, между миндалём и персиком, между крыжовником и смородиной. Трудность скрещиваемости между видами и родами он преодолевал разнообразным



Рис. 103. Прививка рябины на груше. Преодоление трудной скрещиваемости между разными родами. Видно влияние подвоя на привой (по И. В. Мичурину).

способами. Например, чтобы получить половой гибрид между грушей и рябиной, у которых обычное скрещивание не удаётся, он сперва привил побег от молодой рябины к ветви старой груши. В последующие годы побег рябины развивался под влиянием листово́й системы груши и постепенно менял свои свойства. После опыления цветков рябины пылью груши удалось получить гибридные семена между этими растениями (рис. 103). В настоящее время нашим учёным удалось получить межродовые гибриды между рожью и пшеницей, между пшеницей и пыреем и многие другие.

6. СЕМЯПОЧКА И ОПЛОДОТВОРЕНИЕ

Чтобы хорошо понять процесс оплодотворения, следует ознакомиться со строением семяпочки (макроспороангия). В завязи пестика их бывает от одной до нескольких тысяч. Семяпочка, при рассматривании её в микроскоп при небольшом увеличении, представляет собой шаровидное, несколько сплюснутое, многоклеточное образование, имеющее семяножку, с помощью которой она прикрепляется к семяносу, и покровы, окружающие многоклеточное ядро семяпочки (nucellus). Отверстие в покровах и каналец, ведущие к ядру семяпочки,

называются **семявходом**, **пыльцевходом**, или **микропиле** (micropyle). Часть семязпочки, находящаяся на конце, противоположном семявходу, называется **халазой** (рис. 104).

Семязпочки бывают **прямые**, **обратные** и **изогнутые**. У первых семявход находится на конце, противоположном семяноску; у вторых семявход обращён в сторону семяносца, а семязпочка имеет сильно изогнутую форму; наконец, у изогнутых семязпочек ножка остаётся прямой, а изгибается сама семязпочка; в этом случае семявход занимает такое же положение, как и у обратной семязпочки, но он оказывается приближённым к халазе. Все эти три типа семязпочек видны на рисунке 105.

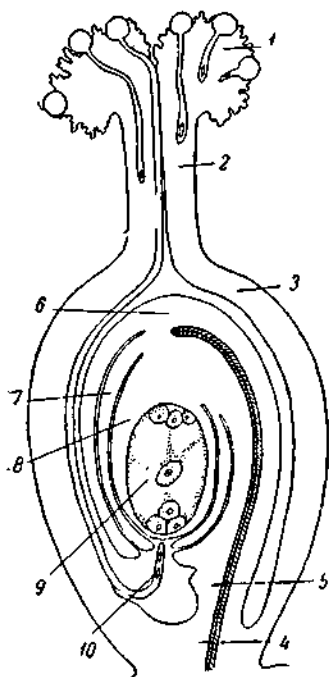


Рис. 104. Схема продольного разреза пестика и оплодотворения:

1 — рыльце пестика и на нём прорастающие пыльцевые зёрна; 2 — столбик; 3 — стенка завязи; 4 — семязпочка (плацента); 5 — семяносок; 6 — халаза; 7 — покровы семязпочки; 8 — ядро семязпочки; 9 — зародышевый мешок; 10 — пыльцевая трубка.

Находящийся внутри ядра семязпочки зародышевый мешок (проросшая макроспора) имеет довольно сложное строение, так же как и рассмотренное нами выше пыльцевое зерно в тычинке (микроспора). Зародышевый мешок состоит из семи клеток. Средняя — самая большая клетка — имеет в центре **вторичное ядро**, образовавшееся из двух ядер; к двум концам внутри неё прилегают по три голых клетки, из которых каждая имеет собственное ядро и обособленную, но не отделённую целлюлозной оболочкой протоплазму.

Три клетки, находящиеся возле семявхода, образуют так называемый **яйцевой аппарат**, состоящий из яйцевой клетки (женской гаметы) и двух вспомогательных клеток (синергид). На противоположном конце зародышевого мешка находятся три клетки, получившие название **антипод** (рис. 106).

Процесс оплодотворения заключается в том, что попавшие на рыльце пестика пыльцевые зерна уже через несколько часов, а иногда и минут, начинают прорастать; образовавшиеся пыльцевые трубочки внедряются в мякоть рыльца и, проникая рыхлую мякоть столбика, направляют свой рост к завязи, а затем дальше по стенкам завязи к семязпочкам и к их пыльцевходам. Пыльцевые зёрна содержат в себе питательные вещества (крахмал, сахар, масла), которые вместе с питательными веществ-

вами, выделяющимися из клеток рыльца, столбика, завязи и семяпочки, затрачиваются на рост пыльцевых трубок по направлению к пыльцевходу семяпочки. Путь пыльцевых трубок иногда достигает длины до 10—20 см (кукуруза, безвременник), но обычно он бывает значительно меньше.

Для ясности представим себе наиболее простой случай, когда в завязи имеется всего одна семяпочка (рис. 104). Множество пыльцевых трубок растёт по мякоти пестика в одном направлении. Наконец, наиболее жизнестойкая и сильная трубочка первой достигает семявхода, проникает через него к ядру семяпочки и к зародышевому мешку. Припомним, что в конце пыльцевой трубочки находятся две мужские половые клетки. Теперь начинается самый

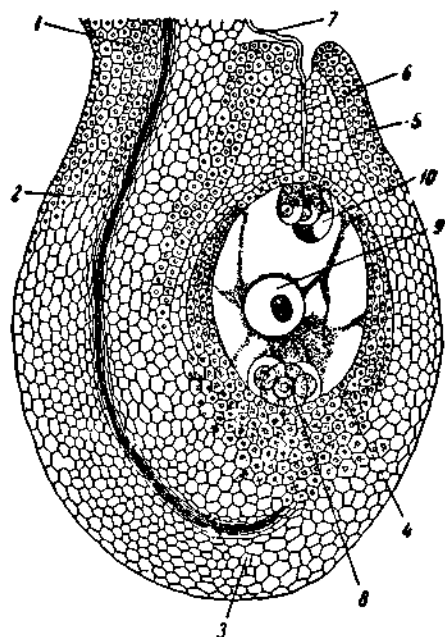


Рис. 106. Схема строения обратной семяпочки нарцисса:

1 — семяпочка; 2 — сосудистый пучок; 3 — халаза; 4 — ядро семяпочки; 5 — покровы; 6 — микропиле; 7 — пыльцевая норочка; 8 — антиподы; 9 — вторичное ядро зародышевого мешка; 10 — яйцевая клетка и две синергиды.

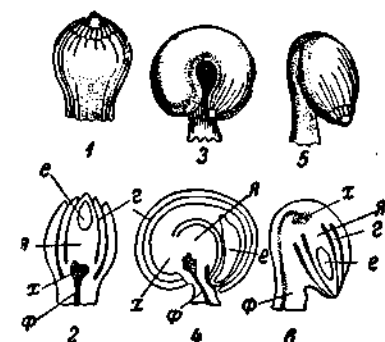


Рис. 105. Схематическое изображение семяпочек:

1 и 2 — прямая семяпочка; 3-4 — согнутая семяпочка; 5-6 — обратная семяпочка; e — зародышевый мешок, в — внутренний и внешний покровы семяпочки, х — халаза, я — ядро семяпочки, ф — семяпочка.

важный акт в процессе оплодотворения: конец пыльцевой трубочки разрывается, а спермии проскальзывают в зародышевый мешок. Один спермий сливается с женской яйцевой клеткой, а другой спермий направляется к центру зародышевого мешка и сливается со вторичным его ядром. Происходит процесс двойного оплодотворения, открытый знаменитым русским ботаником С. Г. Навашиным (рис. 107). Этому же учёному удалось подметить и другой способ проникновения пыльцевой трубочки, изредка наблюдаемый в обратных семяпочках, — непосредственно через халазу, например, у берёзы, вяза и других растений. Этот способ получил

название халазогамии, в отличие от первого способа (порогамии).

В последнее время процесс оплодотворения рассматривается как обмен веществ и взаимоассимиляция между половыми клетками скрещиваемых растений. В результате оплодотворения получится зигота, качественно отличающаяся и от спермия и от яйцевой клетки, причём в этом процессе могут участвовать несколько мужских половых гамет.

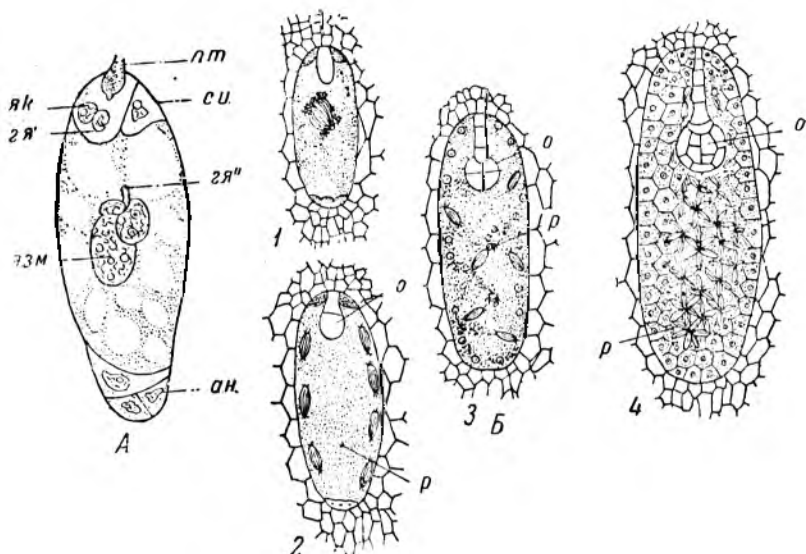


Рис. 107. Двойное оплодотворение и процесс развития зародыша:

А — зародышевый мешок лилии: лт — пыльцевая трубка; си — синергида; як — яйцевая клетка; 2я' — генеративное ядро, оплодотворяющее яйцевую клетку; 2я'' — генеративное ядро, оплодотворяющее ядро зародышевого мешка (яам); ан — антаподы. Б—1, 2, 3, 4 — последовательные стадии образования «подвеска», зародыша в эндосперме: о — подвесок и зародыш; р — эндосperm.

Процесс двойного оплодотворения влечёт за собой превращение семязпочки в семя, а всей завязи — в плод. Оплодотворённая яйцевая клетка энергично начинает делиться и превращается в зародыш семени, а оплодотворённое вторичное ядро путём многократного повторного деления превращается в основную паренхимную ткань, в которой откладываются питательные вещества (крахмал, жир, белок), необходимые для процесса прорастания семян.

Эта питательная ткань получила название эндосперма, или «белка» (рис. 107, Б) (у злаков, лилейных, зонтичных и др.). У некоторых растений после оплодотворения сильно разрастается ядро семязпочки (nucellus), заполняющееся запасными питательными веществами и превращающееся в перисперм семени (гвоздичные, маревые и др.).

Роль синергид и антипод в процессе оплодотворения окончательно не выяснена, но можно предполагать, что она сводится к усилению питания оплодотворяющихся элементов.

7. РАЗВИТИЕ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЁРЕН И ЗАРОДЫШЕВОГО МЕШКА

Процессу оплодотворения предшествуют сложные процессы формирования пыльцевых зёрен (из микроспор) и зародышевого мешка (из макроспоры). Вследствие редукционного деления половые элементы имеют половинное количество хроматинного вещества.

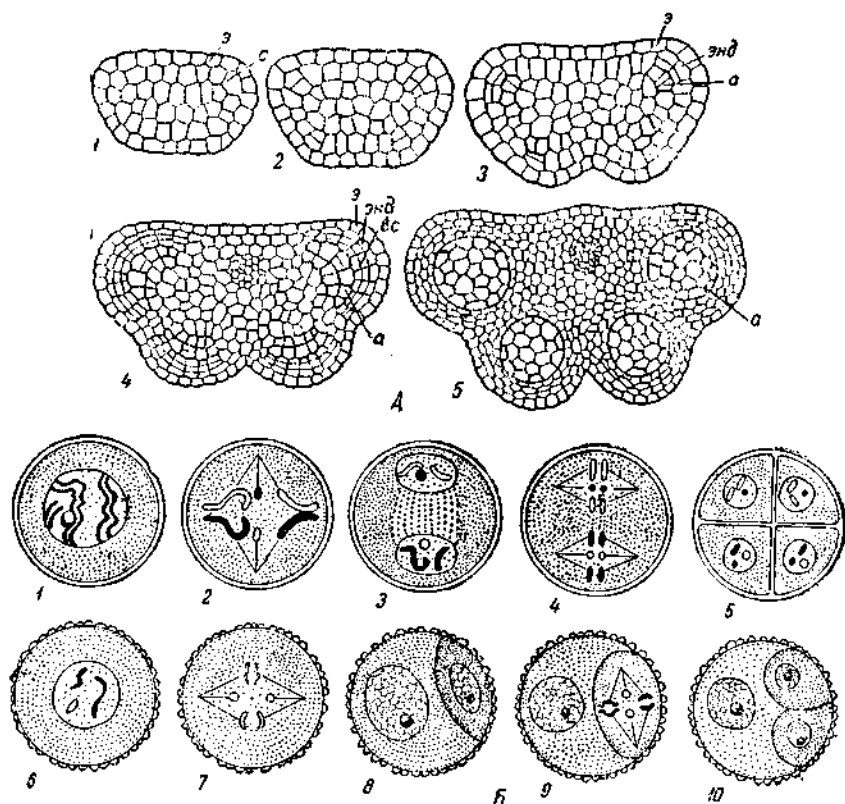


Рис. 108.

А — развитие пыльника: а — эпидермис; с — субэпидермический слой; энд — эндотей (фиброзный слой); а — археспорий; сс — тапетальный слой. Б — схема развития пыльцевых зёрен (объяснение в тексте).

Тычинки образуются из бугорков, появляющихся в конусе нарастания цветочного побега. Вследствие энергичного деления клеток бугорок вытягивается и нижняя часть его превращается в тонкую тычиночную нить, а верхняя часть — в более толстый пыльник. Клетки зарождающегося пыльника однородны, но вскоре же в четырёх лопастях пыльника недалеко от поверхности начинают выделяться более крупные клетки археспория, имеющие густую протоплазму и крупные ядра (рис. 108).

Путём сложного деления клетки археспория размножаются, и из них развиваются материнские клетки, дающие начало микроспорам.

Материнские клетки претерпевают первое и второе редукционные деления, в результате которых в гнёздах пыльника появляются микроспоры, соединённые в тетрады (четвёрки). У большинства растений тетрады распадаются на отдельные микроспоры.

В созревающем пыльнике увеличивающиеся в размерах микроспоры претерпевают ещё одно деление, вследствие чего созревшие пыльцевые зёрна состоят обычно из двух клеток: большей — вегетативной и меньшей — генеративной.

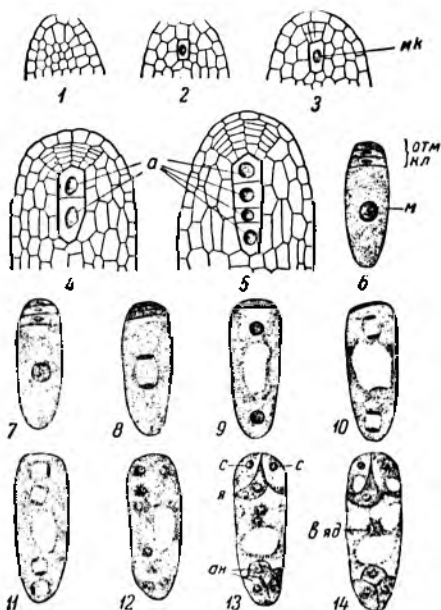


Рис. 109. Развитие семязпочки и зародышевого мешка:

мк — материнская клетка; а — редукционные деления при образовании микроспор; 1, 2, 3, 4, 5 — схема развития тетрады из материнской клетки; 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 — схема развития зародышевого мешка из микроспоры; ом — отмирающие клетки; м — макроспора; с — синергиды; я — яйцеклетка; в — вторичное ядро; ам — анטיפола.

В клетке оказывается восемь ядер, расположенных по четыре на двух её противоположных концах. Теперь по направлению к центру зародышевого мешка направляются два ядра (полярных), отделившихся от двух групп. Они сходятся в центральной части клетки и сливаются во вторичное ядро зародышевого мешка. Ядра, оставшиеся возле полюсов клетки, имеют обособившиеся участки протоплазмы, а потому возле полюсов большой клетки скопляются две группы маленьких клеток. Одна из трёх клеток, расположенных возле микропола, называется яйцевой клеткой, а две другие — синергидами (вспомогательными). Три клетки, расположенные на противоположном конце зародышевого мешка, называются анטיפолами.

ПЛОДЫ И СЕМЕНА

1. РАЗВИТИЕ И СОЗРЕВАНИЕ СЕМЯН И ПЛОДОВ

Развитие семян и плодов начинается после оплодотворения. После проникновения мужских клеток (спермиев) в зародышевый мешок макроспорангия и после взаимоассимиляции их с женской яйцевой клеткой и с вторичным ядром зародышевого мешка в цветке начинаются резкие изменения. Венчик быстро увядает и опадает, а иногда засыхает. Чашечку в редких случаях постигает та же участь; чаще она остаётся при развивающемся плоде и служит защитой. Особенным изменениям подвергаются завязь и находящиеся внутри неё семяпочки. Превращение завязи в плод, а семяпочек — в семена происходит с различной быстротой.

В наиболее распространённых случаях плод образуется из разросшейся после оплодотворения завязи, а семя — из оплодотворённой семяпочки (макроспорангия). Иногда в образовании плода, помимо завязи, участвуют и другие части цветка (цветоложе, околоцветник, тычинки). Стенка плода, образовавшаяся из завязи, называется *околоплодником*, или *перикарпием*. Под его защитой созревают семена, и очень часто на нём развиваются различные придатки, которые способствуют распространению плодов и семян.

Превращение семяпочки в семя происходит следующим путём. После процесса двойного оплодотворения яйцевая клетка окружается оболочкой и делится на две клетки: ближайшую к семявходу — верхнюю и далее отстоящую от семявхода — нижнюю. Верхняя клетка прирастает к стенке зародышевого мешка и разрастается в так называемый *подвесок* (рис. 107, Б). Увеличивающийся подвесок продвигает нижнюю клетку в эндосперм, который начинает развиваться путём многократного деления вторичного ядра зародышевого мешка. Нижняя клетка зародыша делится перегородками на четыре клетки, из которых каждая вновь делится, и т. д.

В зародыше возникают *семядоли*: у однодольных — одна, у двудольных — две. Образуются также *корешок* зародыша, *подсемядольное колено* и *почечка*.

Одновременно с формированием зародыша во всей семяпочке происходят изменения, которые превращают её в семя. Покровы семяпочки при этом превращаются в кожуру семени, зародышевый мешок превращается в *эндосперм*. Синергиды и антиподы исчезают вслед за оплодотворением.

Процесс образования эндосперма происходит так: вторичное ядро зародышевого мешка после оплодотворения делится на две половинки, которые расходятся к стенкам макроспоры и продолжают делиться. Вскоре во всей

массе зародышевого мешка появляются делящиеся ядра, между которыми одновременно возникают перегородки и образуется эндосперм, служащий для питания зародыша.

У семян с эндоспермом зародыш остаётся мелким, а у семян без эндосперма запасные питательные вещества скопляются в семяздолях. Одновременно с образованием и созреванием семян идёт превращение завязи в стенку плода. *Итак, из семязпочки образуются семена, покровы семязпочки превращаются в кожуру семени, яйцевая клетка — в зародыш; клетка, содержащая в себе вторичное ядро зародышевого мешка, превращается в эндосперм, а вся завязь — в плод. Запасные питательные вещества могут скопляться также после оплодотворения в нуцеллусе (ядре семязпочки), и тогда развиваются семена с периспермом.*

Наиболее простые плоды образуются только из пестика, но встречаются плоды, в образовании которых принимают участие и другие части цветка, или же всё соцветие в целом. Поэтому в одних случаях плоды — это пестик, видоизменившийся и разросшийся после оплодотворения, а в других — это цветки или даже соцветия, подвергшиеся таким же изменениям. В редких случаях плоды развиваются без оплодотворения; тогда они называются партенокарпическими плодами (бессеменные огурцы, такие же груши, бананы).

Процесс созревания плодов и семян у различных растений протекает с разной скоростью. Многие весенние растения (эфмеры) успевают принести плоды в две-три недели. Рожь обычно две недели колосится, две недели цветёт, две недели наливает и две недели созревает. От начала цветения и до уборки проходят примерно месяца полтора. Процесс созревания у ржи (и у других злаков) совершается в определённой последовательности. Различают три фазы спелости: в первой — **м о л о ч н о й** фазе — зерно снаружи зелёного цвета и наполнено жидким мучнистым «молочным» содержимым. Растения в это время ещё зелёные, но нижние листья уже отмирают. Во второй — **ж ё л т о й**, или **в о с к о в о й**, фазе спелости зерно жёлтого цвета и режется ногтем, как воск. Растения в это время желтеют, нижние узлы сохнут и только верхние узлы остаются ещё сочными и зелёными. В третьей — **п о л н о й**, или **т в ё р д о й**, фазе зерно легко отделяется от колосков, затвердевает, разламывается. В это время в зерне появляется мучнистость и стекловидность, а растения высыхают, и даже верхние узлы стеблей теряют зелёный цвет.

Количество воды по мере созревания зерна уменьшается — от 80 до 12—15%, количество сахаров также уменьшается — от 12 до 0.03%, а количество крахмала увеличивается — от 27 до 62%. Сформировавшееся и созревшее зерно является результатом сложнейших физиологических процессов, совершающихся в растительном организме. Уборку хлебных злаков производят, не дожидаясь полного затвердения зерна, во избежание осыпания.

2. ВИДЫ ПЛОДОВ

При созревании плодов стенки завязи превращаются в околоплодник (перикарпий), состоящий из плодолистиков.

Если в образовании плода принимала участие только завязь, то такие плоды носят название **истинных плодов**. У некоторых растений после оплодотворения начинает разрастаться цветоложе, которое вместе с завязью, околоцветником и тычинками принимает участие в образовании плода. Тогда развиваются **ложные плоды** (шиповник) (рис. 110).

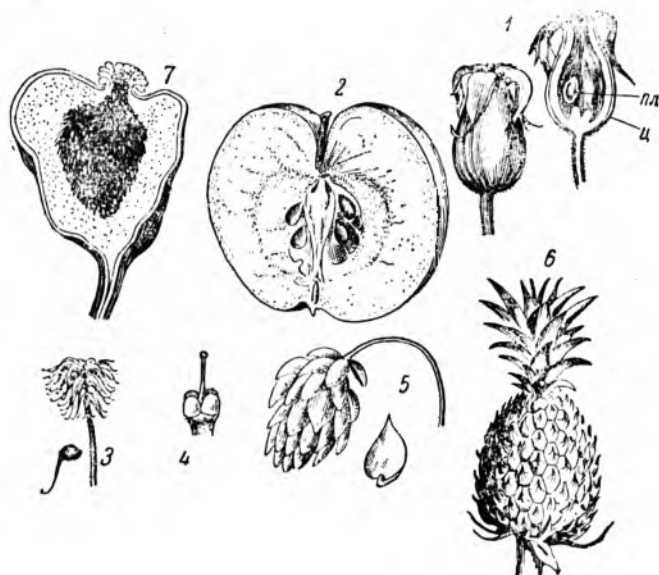


Рис. 110.

1 — ложный плод шиповника, целый и в разрезе; 2 — ложный ягодообразный плод — яблоко; оно образовалось из разросшихся околоплодника, тычинок и завязи; 3 — сложный плод гравилата, состоит из простых плодиков; 4 — дробный плод, четыре орешка бурачниковых; 5 — соплодие хмеля — шишечка; 6 — соплодие ананаса; 7 — соплодие смоковницы.

Кроме того, плоды бывают **простые** и **сложные**, или **сборные**. Первые образуются в том случае, когда цветок имеет один пестик, а вторые — когда цветок имеет несколько или много пестиков (гравилат). Отличают ещё **дробные** плоды, образовавшиеся из пестика, у которого только в процессе созревания плодолистики начинают обособляться и распадаются на отдельные плодики (бурачник).

Со сложными и дробными плодами не следует смешивать с **оплодиями**: они образуются из целого соцветия, путём срастания отдельных цветков (например, клубочки свёклы, соплодия шелковицы, вишней ягоды, ананаса).

Плоды подразделяются на **сухие** и **сочные**.

Под сухими плодами подразумевают высыхающие при созревании плоды. Обычно к моменту их полного созревания они содержат от 10 до 15% гигроскопической воды. Сухие плоды подразделяются на раскрывающиеся и нераскрывающиеся. Нераскрывающиеся плоды разносятся целиком, а раскрывающиеся — при созревании разбрасывают семена. При уборке плодов нужна особая осторожность. Горох, люпин, фасоль и другие бобовые растения лучше убирать в утренние часы, когда они не так растрескиваются; нельзя также запаздывать с уборкой плодов капусты, рапса, моркови.

К раскрывающимся многосеменным плодам относятся: 1) *листовка* (живокости), образующаяся из одного плодолистика, сросшегося своими краями. При созревании листовка растрескивается по месту срастания. *Сложная листовка* (калужница, водосбор) состоит из нескольких простых листовок; 2) *боб* (бобовых) сходен с листовкой, но это плод, растрескивающийся по двум швам сверху вниз; иногда боб бывает односеменным и двусеменным (эспарцет, клевер, нут). У арахиса бобы созревают в земле и не раскрываются. Встречаются также членистые бобы (сераделла, копеичник); 3) *стручок* (крестоцветных) — двугнёздный плод, состоящий из двух плодолистиков и растрескивающийся двумя створками снизу вверх. Стручок имеет ложную перегородку, к краям которой прикреплены семена. Формы стручков разнообразны: с носиком, без носика, с мечевидным отростком. Длина его значительно превышает ширину. У редьки дикой стручок дробный, так как при созревании распадается на членики. *Стручок* отличается от стручка малой длиной, приблизительно равной ширине, или только в два-три раза превышающей её. Перегородка у стручочка бывает узкая (ярутка, пастушья сумка) или широкая (икотник, лунник); 4) *коробочка* образуется из двух или многих плодолистиков и бывает одногнёздная (хлопчатник), двугнёздная (белена), трёхгнёздная (тюльпан), многогнёздная (лён). Открывается коробочка зубчиками на вершине, крышечкой, путём растрескивания, отверстиями или совсем не раскрывается (рис. 111).

К нераскрывающимся односеменным плодам относятся: 5) *семянка* (подсолнечник и другие сложноцветные) — одногнёздный плод, развивающийся из двух плодолистиков, у которого кожистый околоплодник не срастается с семенем. Семянки часто бывают снабжены летучками — волосками, образовавшимися из чашечки и служащими для разноса семян ветром (осот, бодяк, валерьяна). Иногда у семянки образуется крыловидный придаток — вырост околоплодника, и она превращается в *крылатку* (вяз, ясень), а у клёна две семянки срастаются вместе и образуют *два крылатку*. У зонтичных плод при созревании распадается на две семянки, а у лютиков развиваются *сложные семянки*; 6) *орех* (лещина) сходен с сеянкой, но обладает плотным деревянистым околоплодником, состоящим

из каменистых клеток. Орех погружён в плюску из нескольких листовидных прицветников. У губоцветных и бурачниковых плод при созревании распадается на четыре орешка; 7) жёлудь —

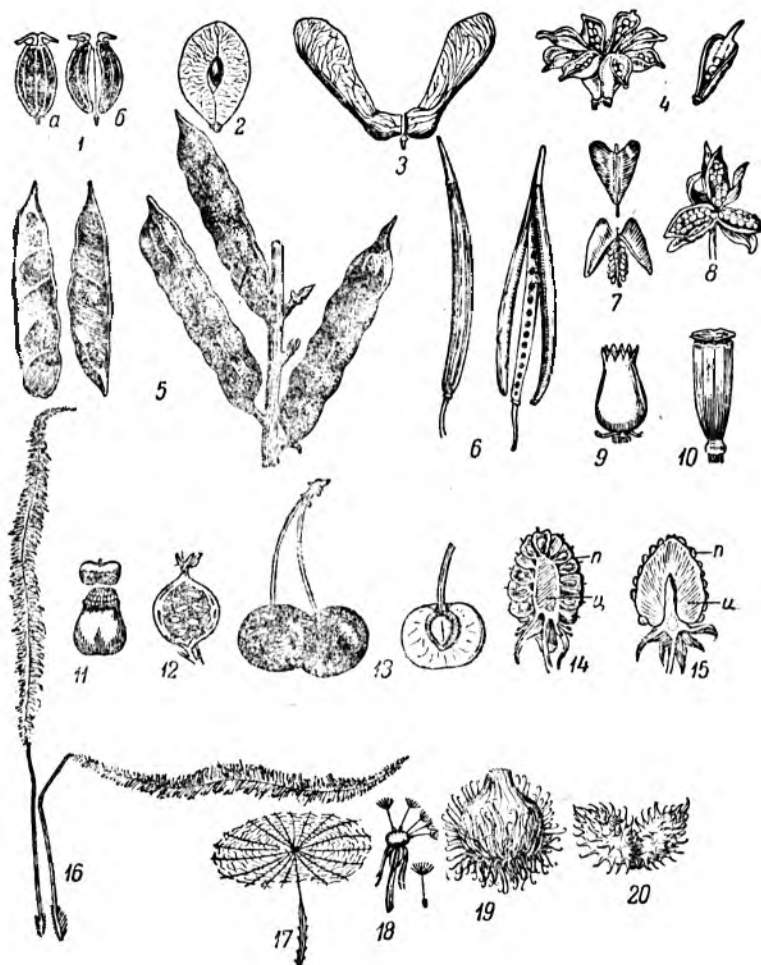


Рис. 111. Виды плодов:

1 — двусемянка зоптичного: а — пераскрывшаяся, б — раскрывшаяся; 2 — семянка с крылаткой (вяза); 3 — двукрылатка (клёна); 4 — сложная листовиз (калунинны) и простая листовиз (живокости); 5 — бобы (люпина); 6 — стручок (раиса); 7 — стручок (пастушья сумка); 8 — коробочка фиалии; 9 — коробочка дремь; 10 — коробочка мака; 11 — коробочка белелы; 12 — плод (смородины); 13 — костянка (вишни); 14 — сложная костянка (малины), разрезающая вдоль; ч — цветоложе, п — отдельные плодники; 15 — продольный разрез ложного плода земляники; ч — цветоложе, п — отдельные плодники — семянки; 16 — самозарывающаяся семянка ковыля; 17 — семянка хохолком (коалобородника); 18 — семянка (одуванчика); 19 — семянка с прицепками (лопуха); 20 — семянка с прицепками (дурнишника).

сходен с орехом, но образуется из трёх кожистых плодолостиков и основанием погружён в плюску, состоящую из плотно сросшихся многочисленных прицветников (дуб); 8) зерновка — одно-

семенной, одногнёздный сухой плод, у которого околоплодник плотно прилегает к кожуре семени; срастание околоплодника с семенем происходит лишь возле семяноса. Семя зерновки имеет эндосперм, богатый запасами питательных веществ, и зародыш — зачаток будущего растения.

Сочные плоды содержат в себе до 75—85% и больше воды. До момента созревания они имеют зелёную окраску и незаметны среди листвы. При созревании окраска их делается яркой, вследствие появления в клетках антоциана или хромопластов. Вкус плодов при созревании также изменяется, вследствие накопления сахара. Яркая окраска привлекает млекопитающих животных и птиц, которые питаются мякотью, а семена выбрасывают, и таким путём распространяют. Известно, что семена, проглоченные вместе с ягодами, проходя через пищеварительный тракт птиц, не только не теряют своей всхожести, а иногда даже приобретают способность более сильно прорасти. Большой процент воды способствует лёгкой порче плодов от загнивания. Необходимо помнить, что кожура, покрывающая сочные плоды, защищает их не только от высыхания, но и от проникновения в них микроорганизмов и грибов. Вот почему при съёмке фруктов в садах, сочных овощей на огородах необходимо принимать все меры предосторожности против механических повреждений кожуры.

К сочным плодам относятся: 1) костянка (вишня, слива, абрикос и др.) — односеменной плод с разросшейся сочной стеной завязи. В костянке ясно видны три слоя, свойственные околоплоднику (перикарпию): внеплодник (экзокарпий), т. е. наружная кожура, межплодник (мезокарпий) — сочная мякоть и внутриплодник (эндокарпий) — крепкая косточка, состоящая из каменистых клеток, защищающая находящееся внутри семя. У боярышника и у крушины несколько косточек. У малины, ежевики и других сходных растений из нескольких пестиков, находящихся в одном цветке, развивается сложная (сборная) костянка; 2) ягода (виноград, паслён) — сочный, чаще многосеменной плод, состоящий из нескольких плодolistиков. Ягоды развиваются из верхней завязи и бывают двугнёздные и многогнёздные (картофель, томат, баклажан). У финика ягода односеменная.

Ложные ягоды образуются из нижних завязей (смородина, крыжовник, черника, клюква). У тыквенных (огурец, дыня, арбуз) — плод ложный, ягодообразный, называется тыквина; он образуется из нижней завязи и имеет плотный наружный слой, мясистый межплодник и сочный (ослизняющийся) внутриплодник. К ложным плодам относится также плод земляники — ложная семянка, в образовании которого принимает участие разросшееся цветоложе, на котором расположены многочисленные семянки.

Яблоки и груши — ложные, ягодообразные, пятигнёздные и многосеменные плоды. Внутриплодник состоит из ка-

менистых волокнистых клеток, а межплодник — из основной сочной мякоти. Снаружи околоплодник окружён ещё вторым сочным слоем мякоти и плотной кожурой. Наружные слои развились из основания тычинок и околоцветника. В мякоти плода видны сосудистые пучки (рис. 110).

Лимон, апельсин и другие имеют плоды померанцы, многогнёздые, многосеменные, ягодообразные. Наружная, окрашенная часть плода богата эфирномасличными веществами выделений. Внутренняя часть состоит из мякоти, развившейся из многочисленных волосков внутреннего эпидермиса завязи, имеющих вид мешочков, наполненных жидким питательным соком. Перегородки, отделяющие гнёзда, богаты пектиновыми веществами.

3. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О СЕМЕНАХ

Семена служат для размножения растений и для распространения их. Внешний вид семян и размер их отличаются большим разнообразием. Мелкими семенами являются семена горчицы, рапса и других крестоцветных растений, но они всё же крупнее семян орхидейных растений и заразих. Семена этих растений таковы, что они едва заметны простым глазом. Одно растение заразики даёт до 100 тыс. семян, обсеменяющих землю. С другой стороны, крупными считаются семена конского боба, дуба и грецкого ореха, но всё же они ничтожны по сравнению с семенем, заключённым в орехе кокосовой пальмы.

Понятия «семя» и «плод» часто смешиваются между собой. В ботанике семенем называется развившаяся после оплодотворения семязачка (микроспorangий), покровы которой превратились в кожуру, яйцевая клетка — в зародыш, а клетка, содержащая в себе вторичное ядро зародышевого мешка, — в эндосперм¹. Семена у покрытосеменных растений развиваются в завязях, которые превращаются в плоды. Примерами семян могут служить семена гороха, мака, горчицы и т. д.

В сельском хозяйстве часто семенами называют плоды, которые высевают так же, как и семена. Примером могут служить плоды семянки подсолнечника, конопля, гречихи, моркови и зерновки ржи, овса, кукурузы и других злаков.

Семенем неправильно называют и соплодия свёклы, хотя в каждом клубочке свёклы находится от двух до пяти плодов. В сельскохозяйственной практике подчас даже черешки хмеля, клубни картофеля, корни свёклы, предназначенные для посадки, называют «семенным материалом», но это будут вегетативные органы, и смешивать их с семенами не следует, так как семя является продуктом полового размножения. При вегетативном размножении растений новое растение несёт в себе все признаки того растения,

¹ У семян без эндосперма последний ещё до созревания семени идёт на питание зародыша.

которое произвело его. При размножении растений семенами новое растение приобретает признаки как отцовского, так и материнского растений, от которых произошло семя.

В силу наследственности семя несёт в себе задатки не только своих родителей и всех своих прародителей, но и возможные комбинации новых признаков. Вот почему семенное размножение растений имеет столь важное значение при выведении новых сортов. Изучая семена, мы по должны забывать, что *качество семенного материала есть один из факторов хорошего урожая.*

Несмотря на бесчисленное разнообразие внешних и внутренних свойств, семена цветковых растений имеют много общих признаков в своём строении и в своих функциях.

4. МОРФОЛОГИЯ СЕМЯН ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Класс двудольных растений включает в себя множество растений, сходных между собой по ряду характерных признаков. Одним из них является строение семени.

Рассмотрим внимательно разбухшие в воде семена *ф а с о л и* *о г о р о д н о й* (*Phascolus vulgaris*) и *г о р о х а* (*Pisum sativum*). Семя фасоли белое или окрашенное, продолговатое, несколько изогнутое. Семя гороха шаровидное, у сахарных сортов морщинистое в сухом виде, зелёное или жёлтое. То место семени, которым оно прикреплялось к плоду, называется *р у б ч и к о м*. При сдавливании набухших семян между пальцами обратим внимание на отверстие в кожуре, из которого выступает капля воды: это *семявход*, или *микропиле*. У семян, образовавшихся из обратных семяпочек, возле рубчика имеется ещё бугорок (*семяшов*), происхождение которого объясняется срастанием ножки семяпочки с покровом. Семявход следует посмотреть в лупу; он находится как раз против конца корешка, находящегося под кожурой. Вода проникает в семена преимущественно через это отверстие. Иногда семявход бывает заросшим, и тогда семена плохо набухают.

Сняв с семян фасоли и гороха *к о ж у р у*, обнаружим, что зародышек зародыша помещался в кармашке кожуры. Кожура — белая, а иногда и окрашенная, полупрозрачная, трудно пропускающая воду плёнка. Она защищает внутреннюю часть семени от загнивания. Вся внутренняя часть семени — *з а р о д ы ш* (*embryo*) состоит из двух мясистых семядолей (*cotyledones*), прикреплённых к *з а р о д ы ш е в о м у* *с т е б л ю*, имеющему короткое *п о д с е м я д о л ь н о е* *к о л е н о* (*hypocotyle*), под которым находится *з а р о д ы ш е в ы й* *к о р е н ь* (*radicula*) (рис. 112). Выше места прикрепления семядолей лежит *п о ч е ч к а* (*plumula*), из которой разовьётся *п о б е г* *р а с т е н и я*.

Сравним строение семени фасоли и гороха с молодыми проростками этих же растений. Заметим, что в почву углубился главный корень, *п о д с е м я д о л ь н о е* *к о л е н о* *у* *ф а с о л и* *у д л и н и л о с ь*, *в с л е д с т в и е* *ч е г о* *с е м я д о л и* *о с в о б о д и л и с ь* *о т* *к о ж у р ы* *и* *п о д н и л и с ь* *н а д*

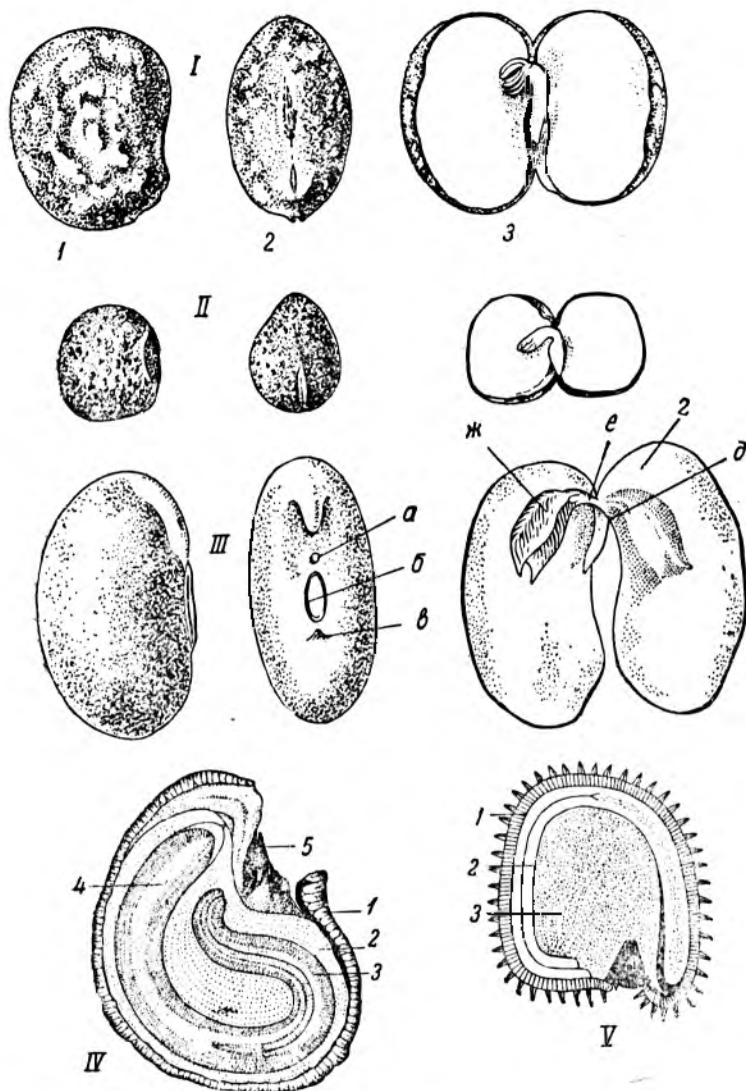


Рис. 112. Семена двудольных растений:

I — люпин, II — вики, III — фасоль: 1 — сбоку; 2 — со стороны рубчика; 3 — разделенное на две семядоли: а — микропила, б — рубчик, в — семяносок, г — семяносок, д — корень, е — стебель, ж — почка; IV — семя дурмана в разрезе (увел.): 1 — кожура; 2 — запасная питательная ткань — эндосперм; 3 — семязачаток зародыша; 4 — корень и корневой чехлик; 5 — микропила; V — семя кукурузы в разрезе (увел.): 1 — кожура; 2 — зародыш; 3 — запасная питательная ткань — перисперм.

землѣй. Между семядолями показался зелёный побег, превращающийся в стебель и зелёные листья. Семядоли у фасоли — первые листья, они также зазеленели; затем они сморщиваются, так как все питательные вещества переходят в растение; после этого семядоли совершенно отсыхают (рис. 113, I).

У гороха прорастание происходит несколько иначе. У него семядоли — первые листья — остаются в земле, так как

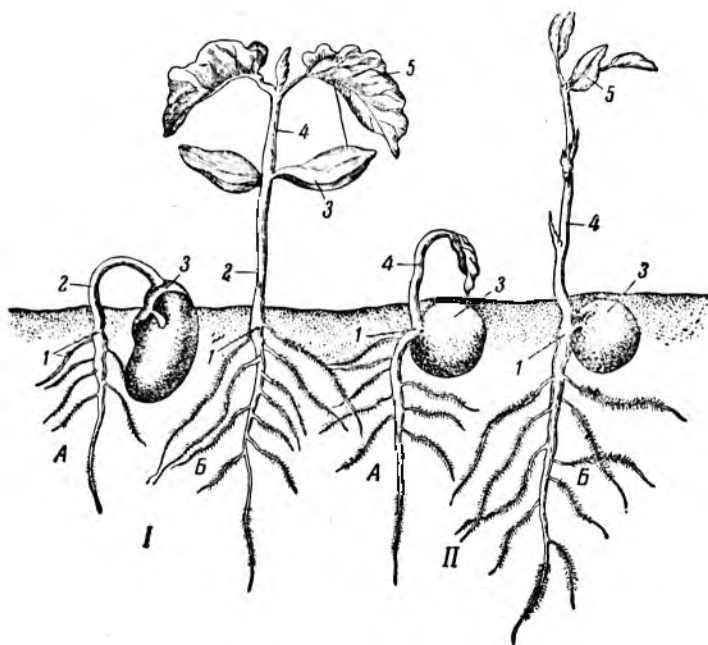


Рис. 113.

I. Прорастание семени фасоли. II. Прорастание семени гороха. АА — появление всходов; ББ — молодые растения; 1 — корневая шейка; 2 — подсемядольное колено; 3 — семядоля; 4 — надсемядольное колено; 5 — молодые листья.

подсемядольное колено не удлиняется, а на поверхность почвы выходит почка вследствие удлинения надсемядольного колена стебля (epicotyle). Семядоли питают молодое растение ещё и тогда, когда появятся уже зелёные листья (рис. 113, II). У многих двудольных растений семядоли при прорастании выносятся на поверхность так же, как и у фасоли, однако с той разницей, что на поверхности они сильнее зазеленеют и разрастаются в две зелёные пластинки, играющие роль настоящих листьев, но отличающиеся от последних своей упрощённой формой и непродолжительностью жизни. Таким способом прорастания обладают растения из семейства тыквенных (тыква, дыня, огурец, арбуз). Так же прорастает подсолнечник.

Клеточный тургор, придающий упругость органам, играет решающую роль в успехе появления всходов. У тыквенных имеется ещё одна интересная биологическая особенность: в том месте, где корень переходит в стебель, а именно на корневой шейке, у них образуется бугорок, который упирается в кожуру и способствует освобождению семядолей от последней (рис. 114).

Семена растений, выносящих семядоли на поверхность, при посеве нельзя заделывать глубоко в почву, так как семядоли оказывают значительное сопротивление выходу растения наружу.

Так же как и фасоль, выносят семядоли на поверхность люпин, клевер, морковь, редис, гречиха и многие другие. К растениям, не выносящим семядоли на поверхность,



Рис. 114. Прорастание тыквы (*Cucurbita pepo*).

ность и допускающим более глубокую заделку в почву, кроме гороха, относятся вика, конский боб, фасоль турецкая (*Phaseolus multiflorus*) и чечевица. У этих растений, вследствие удлинения надсемядольного колена, остающиеся в земле семядоли не задерживают выход на поверхность почвы ростка, изогнувшегося в виде крючка.

Разумеется, при выборе глубины заделки семян следует считаться и со многими другими условиями (размер семян, влажность и тип почвы, способ посева и т. д.).

Семена двудольных растений отличаются одни от других ещё наличием или отсутствием эндосперма (*endospermum*) и перисперма (*perispermum*) (см. выше: развитие и созревание семян и плодов).

Эндосперм и перисперм состоят из основной ткани, в клетках которой отложены запасы питательных веществ (крахмал, белок и др.). При прорастании семян эти запасы, под влиянием ферментов, переходят в другие, растворимые в воде, вещества (сахар, пептоны), которые нужны для питания зародыша. Запасные питательные вещества эндосперма — это первичная пища растения, это — условие для его развития.

Интересны опыты учёного И. И. Презента. Он отделял зародыш от эндосперма и воспитывал его в искусственной обстановке, а затем выращивал из зародыша растение, с которого собирал семена. Растения, выращенные из этих семян, были не сходны с материнским растением; зародыш питался иной пищей, и это сказалось на его природе, на его наследственности.

Из двудольных растений — бобовые растения (фасоль, горох и др.), а также тыквенные (тыква, огурец и др.) не имеют эндосперма и перисперма: у них запасные вещества отложены в семядолях зародыша. Морковь, лён, конопля, клеверина, гречиха имеют в семенах эндосперм, а куколь — перисперм (рис. 112, V). У них, помимо зародыша, есть ещё запасная питательная ткань, которая или окружает со всех сторон зародыш, или находится сбоку, или занимает центральное положение в семени, или окружена кольцеобразно изогнутым зародышем. При столь тесном соприкосновении эндосперма и перисперма с зародышем последний при прорастании высасывает из перых все питательные вещества. Затем семядоли освобождаются от кожуры семени, выносятся на поверхность и зеленеют, превращаясь в первые листья.

5. МОРФОЛОГИЯ ЗЕРНОВКИ ЗЛАКОВ

Зерновка злаков (ржи, ячменя, кукурузы и др.) — это плод, у которого околоплодник плотно прилегает к заключённому внутри семени. Крупной зерновкой обладает кукуруза, а потому она более удобна для рассмотрения (рис. 115). При осмотре зерновки снаружи мы видим гладкую кожуру, имеющую белый, жёлтый, синий или красный цвет, в зависимости от сорта. Форма зерновки кукурузы также различна. У кукурузы Конский зуб она плоская, зубовидная, с заострённым концом. Зародыш на одной из плоскостей несколько вдавленный, просвечивает в виде более светлого тела. На продольном разрезе набухшей зерновки, проведённом перпендикулярно к её широким плоскостям, видны эндосперм и зародыш. В состав эндосперма входят запасные питательные вещества, главным образом крахмал и белок, причём стекловидная масса эндосперма содержит много белка, а мучнистая масса эндосперма — много крахмала. К эндосперму прилегает зародыш, который у кукурузы крупнее, чем у других злаков. Зародыш состоит из зародышевого корешка, зародышевого стебелька и зародышевых листьев, расположенных конусообразно один над другим, в виде почки. Между эндоспермом и почкой располагается щиток, представляющий собой семядоль зародыша, которая играет важную роль в питании последнего. Во время прорастания зерновки щиток, выделяя ферменты, способствует растворению питательных веществ эндосперма и особыми всасывающими клетками сосёт растворённые органические вещества (сахар и др.), которые направляются в корешок и почечку. В самом зародыше находятся запасы растительного масла, которые также используются при прорастании.

На продольном разрезе зерновки пшеницы или другого злака в микроскоп (при малом увеличении) можно увидеть строение, в общем сходное со строением зерновки кукурузы, с тем лишь отличием, что зерновки у этих злаков значительно мельче, нежели у кукурузы (рис. 116). Зародыш пшеницы, по отношению к эндосперму, также значительно мельче, чем у кукурузы.

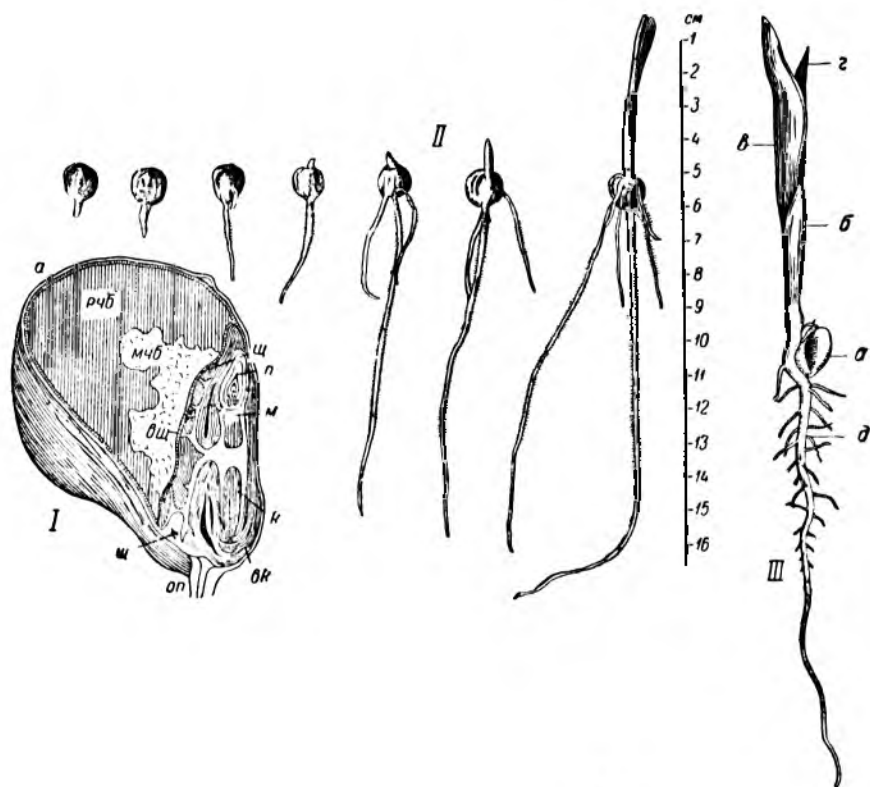


Рис. 115. Строение зерновки кукурузы и её прорастание:

I — продольный разрез через плод (*Zea mays*): *а* — оболочка плода — околоплодник; *оп* — основание плода; *рчб* — роговая часть белка; *мчб* — мучнистая часть белка; *щ* — щиток; *вч* — всасывающая часть щитка; *к* — корень; *жк* — влагалище корня; *м* — междоузлие; *п* — почка с молодыми листьями, внутри конус нарастания; *II* — прорастание кукурузы: после посева на 7-й, 8-й, 10-й, 12-й, 16-й, 18-й и 26-й день; *III* — молодое растение: *а* — зерновка; *б* — первичный лист (колеоптиль); *в* — первый зеленый лист; *г* — второй лист; *д* — корень.

В зародыше пшеницы мы видим почку, зародышевый стебелёк, зародышевый корешок, щиток (семядолю), а также неразвившуюся зародышевую чешуйку (эпибласт) — рудиментарный орган, остаток от второй семядоли. Кроме того, вдоль зерновки этих злаков видна бороздка, играющая, повидимому, важную роль при набухании. У многих злаков зерновка несёт на конце, противоположном зародышу, волоски (рожь, дшеница, овёс).

Зерновки злаков подразделяются ещё на голые и плёчатые. Первые не покрыты плёнками, т. е. цветочными чешуями, так как при созревании зерновки выпадают из них (рожь, пшеница, кукуруза, тимофеевка), а вторые покрыты плёнками, плотно обхватывающими зерновку, а иногда и срастающимися с ней (ячмень, овёс, просо, овсяница и др.). У полбы стержень

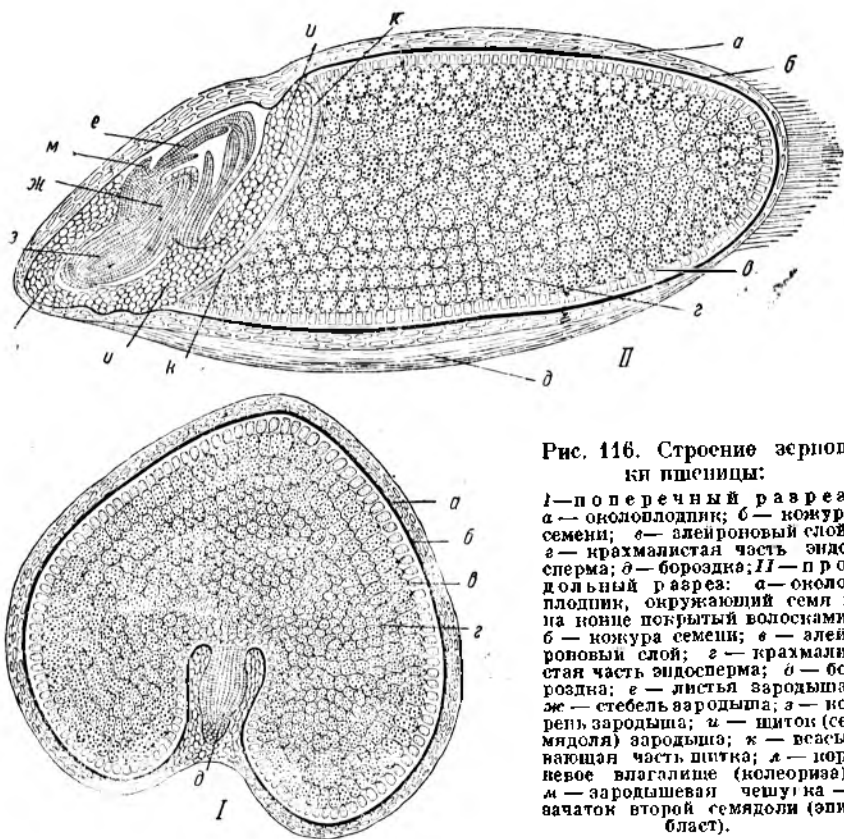


Рис. 116. Строение зерновки пшеницы:

I — поперечный разрез: а — околоплодник; б — кожура семени; в — алеуроновый слой; г — крахмалистая часть эндосперма; д — бороздна; II — продольный разрез: а — околоплодник, окружающий семя и на концы покрытый волосками; б — кожура семени; в — алеуроновый слой; г — крахмалистая часть эндосперма; д — бороздна; е — листья зародыша; ж — стебель зародыша; з — корень зародыша; и — щиток (семядоля) зародыша; к — всасывающая часть щитка; л — корневое влагалище (колеориза); м — зародышевая чешуя; н — зачаток второй семядоли (эпибласт).

колоса при молотье разламывается на отдельные куски, а потому зерновка снабжена не только плёнками, но и кусочком колосового стержня.

Все злаковые растения относятся к классу **о д н о д о л ь н ы х** **р а с т е н и й**, так как в семенах у них явно заметна только одна семядоля — щиток. Такие растения, как лук, лилия, осока и др., также имеют в семенах одну семядолю, а потому принадлежат к тому же классу однодольных растений.

Противоположное строение имеют семена хвойных растений, у которых семя содержит до десяти семядолей. Кедровый «орех» состоит из скорлупы и тонкой кожуры, окружающей маслянистый

эндосперм. В середине эндосперма лежит маленький зародыш, имеющий корешок, подсемядольное колено и почечку, состоящую из десяти узеньких семядолей, превращающихся при прорастании в десять первых зелёных нитевидных листьев (хвоя).

6. ПРОЦЕСС ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН

Процесс прорастания семян при посеве начинается с процесса их набухания. Семена поглощают воду, причём с е м я в х о д играет важную роль в подаче воды прямо к корню, который первым трогаются в рост. Прорастание семян — сложный физиологический процесс, сопровождающийся химическими превращениями веществ из одного состояния в другое. Трудно растворимые органические вещества с помощью разнообразных ферментов и воды превращаются в растворимое состояние и направляются на усиленное питание размножающихся и растущих клеток зародыша. С зародышем происходят видимые глазом изменения, заключающиеся в укоренении его и в выходе ростка на поверхность земли. Процесс прорастания хорошо протекает при благоприятной влажности почвы, при соответствующей температуре, при доступе воздуха (подробнее об этом см. в главе XVI). Выбравшиеся на поверхность земли ростки под влиянием света начинают зеленеть вследствие образования в них хлорофилла; с этого момента начинается самостоятельная жизнь нового растения. При наблюдении за появлением всходов приходится обращать внимание на все подробности этого процесса.

Знаки пробиваются на поверхность при помощи конусовидного ростка, защищённого тонкой, но упругой плёнкой, называемой колеоптиле (coleoptile). У двудольных наблюдается несколько способов выхода ростков из земли. Семена затрачивают большую энергию на процесс прорастания и на выход ростков на поверхность. Эту энергию они получают благодаря дыханию, при котором происходит окисление органических веществ, в результате чего энергия освобождается. Наблюдая прорастание семян, мы убеждаемся в важном значении для растений запасных питательных веществ, необходимых для построения первых клеток и для процесса дыхания.

Органические вещества, находящиеся в семенах, содержат в себе потенциальную энергию, необходимую для прорастания семян и для дальнейшего развития молодого растения. Собирая урожай зерна, мы собираем вместе с тем запас энергии, которой пользуемся в своей жизни. Но мы неправильно бы думали, если бы приписали зеленому растению способность творить энергию. Растение, пользуясь энергией солнечных лучей, создаёт органическое вещество, которое само является источником потенциальной энергии, так как содержит в себе углерод, способный окисляться.

При прорастании семена дышат особенно сильно. Процесс дыхания семян есть процесс окисления органических веществ за

счёт кислорода воздуха; при этом наблюдается выделение углекислого газа. Убеждаемся в этом следующим опытом.

На дно банки с широким горлом и с притёртой пробкой положим фильтровальную бумагу, смоченную водой, и насыплем немного семян, которые необходимо увлажнить. Через два-три дня, когда семена прорастут, закроем банку плотно притёртой пробкой и оставим её на некоторое время, например, на ночь. Теперь, опуская горящую лучинку, убеждаемся, что в банке нет уже кислорода, способного поддерживать горение,— его заменил углекислый газ. Для контроля опустим горящую лучинку в подобную же банку, но без семян или с сухими семенами. Легко также обнаружить процесс дыхания цветков, корней, клубней и зелёных органов растений, находившихся в темноте.

Процесс прорастания семян и дальнейшего развития растения складывается из ряда чередующихся между собой фаз постепенного роста и резких стадийных изменений, совершающихся в растении. Своеобразная, мало изученная жизнь растения под землёй, от момента посева до выхода на поверхность, сменяется новой формой жизни со времени появления первых зелёных листьев: до этого растение лишь расходовало свои запасные вещества на процесс дыхания и на питание проростка. Процесс зеленеения резко изменяет всю жизнь растения: убыль вещества сменяется его прибылью, приход превышает расход.

Образование новых клеток, тканей и органов растений, отличающихся по своим качественным свойствам, находится в зависимости от окружающей внешней среды, от накапливающихся в растении веществ.

7. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛОДОВ И СЕМЯН

Созревшие плоды и семена, отделяясь от материнского растения, не падают на землю тут же, а тем или иным путём распространяются и «завоевывают» себе новые места. Это распространение является необходимостью для растительных видов, так как в противном случае произошло бы скопление растений на одном месте и они погибли бы из-за недостатка питания и света.

Способы распространения плодов и семян весьма разнообразны: они разбрасываются с помощью метательных приспособлений, разносятся порывами ветра, течением воды, а также разносятся с помощью животных и человека.

Остановимся на всех способах распространения несколько подробнее.

Примером метательных приспособлений могут служить растрескивающиеся сухие плоды (боб, стручок, стручочек), у которых к моменту созревания создаётся различное напряжение наружных и внутренних тканей околоплодника, в результате чего околоплодник быстро растрескивается, и семена с силой отбрасываются во все стороны. Такой треск созревших

плодов каждому приходится слышать при высушивании плодов вики, гороха, люпина, капусты и т. п. Особенно интересные метательные приспособления имеются у различных видов герани. Сочные плоды также иногда с силой выбрасывают из себя семена, например, всюду растущая у нас на сырых местах *недотрога* (*Impatiens noli tangere*) и бешеный огурец (*Echium elaterium*), растущий на юге (рис. 270).

Плоды *аистника* (*Erodium cicutarium*) (рис. 190), этого постоянного сорняка на огородах, состоят из пяти орешков, имеющих на нижних концах особые клювики с волосками, обращёнными назад, а на верхних концах — длинные остистые отростки, которые до созревания сращены с центральной колонкой, а при созревании отделяются от неё. Упавшие на землю плодики *аистника* вследствие штопорообразного закручивания ости при высыхании и раскручивания её при увлажнении. Сходное строение имеют плоды ковыля, снабжённые, кроме того, длинным волосистым придатком, с помощью которого они разносятся ветром (рис. 111).

Плоды овсяга также снабжены остью, способной закручиваться при высыхании и раскручиваться при увлажнении. Благодаря этой способности зерновки овсяга переползают с места на место и зарываются в землю.

Ветром на далёкое расстояние разносятся лёгкие плоды одуванчика, козлобородника, осота, бодяка, семени львы, иван-чая и др., снабжённые волосистыми хохолками. На меньшее расстояние относятся ветром плоды и семена, снабжённые крыловидными придатками (клён, ясень, берёза, сосна и т. д.). При падении с вершин деревьев они совершают вращательные движения и падают вниз как бы по наклонной плоскости.

Водная стихия также служит для распространения тех семян, которые обладают способностью плавать по поверхности воды. Семена белой кувшинки плавают по воде до тех пор, пока не лопнет пузырёк воздуха, образующийся в углублении, имеющемся на этих семенах. Затем они попадают на дно водоёма и прорастают. Плоды кокосовых пальм совершают далёкие путешествия через океаны и случайно выбрасываются прибоем на сушу в новых местах. Наконец, постоянно струйками воды после дождя разносятся многочисленные семена наших сорных растений и таким путём распространяются (подорожник, спорыш).

Плоды, снабжённые прицепками (крючковидными придатками), зацепляются за шерсть животного, за платье человека и, будучи подчас унесены на далёкое расстояние, сбрасываются при очистке от них (репейники, череда, лопухи и др.).

Многие съедобные плоды и семена (жёлуди, орехи, шишки) заготавливаются белками и хомьяками в норках, а затем иногда остаются несъеденными и прорастают. Птицы разносят семена сочных плодов, а также множество семян прилипает вместе с грязью к ногам животных и птиц и переносится таким путём на

далёкое расстояние. *Муравьи* тащат к себе в муравейники семена чистотела, снабжённые сочными белыми придатками, и по дороге теряют их, способствуя распространению этого растения.

Дальше всего семена *«совершают путешествия»* на *пароходах* по рекам и даже через океаны, особенно при перевозке зерна и других хлебных продуктов. Так, из Америки к нам были перенесены мелколепестник канадский, щирца белая, ослинник двухлетний, ромашка пахучая, а от нас в Америку еще давно переселились бодяк полевой, овсюг.

Железнодорожные насыпи, особенно в тех местах, где происходит очистка товарных вагонов, представляют собой места с чрезвычайно пёстрой растительностью, часто совершенно несвойственной данной местности.

Наконец, *распространению семян* сорной растительности может способствовать плохая хозяйственная деятельность самого человека. Вместе с посевным материалом, плохо очищенным от семян сорняков, в почву вносится огромное их количество. Множество семян сорных трав вместе с соломой попадает в навоз и, не успевая перегнить, попадает с навозом в поле, где прорастает и засоряет почву. Поэтому плохо перепревший навоз, плохо перепревшая компостная куча часто являются причинами сильного заражения почвы сорняками, борьба с которыми является трудной. Она затрудняется ещё тем, что прорастание семян сорных трав растягивается на много лет. Семена многих сорных трав кроме того, способны, не перевариваясь, проходить через пищеварительный тракт животных и заражать навоз, а затем почву, например семена лобеды, ромашки, подмаренника.

Тщательной очисткой посевного материала (на сортировках, веялках и т. д.), приёмами правильного приготовления и использования навоза и других местных удобрений и т. д. человек преграждает пути распространения семян сорных растений. Сами по себе семена сорных трав, за исключением ядовитых, являются питательными. Они десятками, сотнями, тысячами килограммов скопляются в хозяйствах под зерпоочистительными машинами. Использование их в корм скоту может быть рациональным лишь при условии предварительного тщательного размола или запаривания и при условии отсутствия семян ядовитых растений.

В условиях крупного социалистического земледелия, с уничтожением меж, введением травопольных севооборотов, улучшением и механизацией обработки почвы, проведением массовой очистки посевного материала уничтожаются вместе с тем и сорные травы, которые наносят колоссальный урон урожаям. В последнее время на наших полях с успехом применяются также химические способы борьбы с сорняками.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО СИСТЕМАТИКЕ И ГЕОГРАФИИ РАСТЕНИЙ

Глава VIII

РАЗНООБРАЗИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

1. КЛАССИФИКАЦИЯ РАСТЕНИЙ

Растительный мир в его современном состоянии представляет собой не случайное нагромождение видов, а является единым целым, бесчисленные члены которого находятся между собой в различных степенях родства и имеют происхождение от растений, населявших земной шар в предыдущие геологические периоды. Несмотря на несомненные успехи систематики растений как науки, мы далеки ещё от полного знания всего разнообразия растений нашей планеты. Ещё меньше мы знаем о тех растениях, которые когда-то появились на земле и развивались в течение предшествующих отдалённых периодов, за много миллионов лет до нашего времени.

Ископаемые остатки растений (окаменелости, отпечатки на горных породах) свидетельствуют об отличительных особенностях растений предшествующих геологических периодов. Нам была бы ясна картина эволюции растительного мира в том случае, если бы были найдены ископаемые остатки всех растений, когда-либо населявших землю. Наука палеоботаника даёт некоторые сведения об этих растениях, но полной картины развития растительности на земле мы пока ещё не имеем.

Изучение огромнейшего количества видов растений, встречающихся на земном шаре в настоящий момент, возможно лишь благодаря систематике растений, в задачи которой входит возможно полное описание ныне живущих растений и сопоставление их с растениями, ранее населявшими землю. Установление родства между видами, родами, семействами, порядками, классами и типами растений приводит к созданию филогенетической системы растительного мира, которая должна соответствовать той последовательности, в которой этот мир развивался.

Филогенетическая система развития растительного мира отличается от искусственной классификации именно тем, что она строится не на основе какого-либо одного признака, произвольно

взятого (например, система Линнея; см. Введение), а на основе совокупности всех признаков, характеризующих родство между растениями.

Современная систематика, для установления родства между растениями, пользуется всесторонним изучением растений, особенно их органов размножения. Для разрешения сложных вопросов систематики учёные привлекают физиологию, анатомию, генетику, палеоботанику, географию и другие науки, дающие много ценных указаний для установления родства и филогении (происхождения отдельных групп растений), а также для установления различных ступеней развития растительного мира в целом.

Учение Ч. Дарвина об изменчивости видов (растений и животных) и об их происхождении дало толчок к созданию филогенетических классификаций растений, из которых наибольшей известностью пользуются системы Энглера, Веттштейна, Гроссгейма, Кузнецова, Пуллы, Буха, Козо-Полянского и др. Все эти системы имеют безусловные преимущества перед существовавшими ранее искусственными системами, но ни одна из них не является общепризнанной: каждая имеет свои преимущества и свои недостатки.

Мы не будем рассматривать особенности этих систем. Укажем лишь, что их отличительным признаком является восходящий порядок расположения растений при описании, начиная от низших растений и переходя к всё более сложным.

Растительный мир разнообразен. Его подразделяют на низшие — слоевцовые, или талломные растения (Thallophyta), и на высшие — листостебельные растения (Cormophyta).

К низшим растениям относятся следующие типы: 1) водоросли (Algae), 2) бактерии (Bacteria), 3) слизевики (Mycophyta), 4) грибы (Fungi), 5) лишайники (Lichenes). Тело этих растений состоит из одной клетки или из многоклеточного слоевища, не расчленённого на стебель, листья и корни. Всасывание питательных веществ у них происходит всей поверхностью тела, а у некоторых имеются ризоиды — волоски для прикрепления к субстрату и частично для всасывания воды. Эти растения лишены проводящих пучков.

Наличие оогония, т. е. крупного женского полового органа, характерно для многих водорослей и грибов. Оогоний — клетка, несущая в себе одну или несколько яйцеклеток. Водоросли — один из наиболее древних типов растений. Жизнь растений (и животных) возникла в воде. Водоросли дали начало наземным растениям. Водоросли — автотрофные — хлорофиллоносные организмы, усваивающие углерод из углекислого газа. Бактерии, слизевики, грибы — гетеротрофные — бесхлорофильные растения, способные питаться готовыми органическими веществами. Лишайники — симбиотические организмы.

К высшим растениям относятся следующие типы: 6) мохообразные (Bryophyta), 7) папоротникообразные (Pteridophyta), 8) голосеменные (Gymnospermae), 9) покрытосеменные

(Angiospermae). Все они в основном организмы хлорофиллоносные, т. е. автотрофные, имеющие тело, расчленённое на части, организованное более сложно, чем тело низших растений. Из них только мхи не имеют корней и лишь у некоторых мхов (печёночников) имеется слоевище. У всех остальных, в большей или меньшей степени, развиваются корни, стебли и листья, состоящие из тканей. Сосудистые пучки у высших растений развиты, за исключением мхов. Мохообразные, папоротникообразные и голосеменные растения имеют сходство в строении женского полового органа — архегония, который, в отличие от оогония низших растений, состоит из многих клеток, прикрывающих яйцевую клетку. Эти три типа растений объединяются в группу архегонияльных растений.

Наиболее совершенный и богатый видами тип высших растений — покрытосеменные (Angiospermae), иначе называемый пестичные (Gynaeciatae), или цветковые (Anthophyta). Эти названия хорошо характеризуют данный тип: семязпочка, внутри которой находится яйцевая клетка, прикрыта стенками завязи, превращающимися в стенки плода. Под защитой стенки плода (околоплодника) развиваются семена. Растения имеют цветок, наиболее важной частью которого является пестик, образовавшийся из одного или из нескольких плодолистиков. Развитие тканей у этих растений достигло наибольшего совершенства. Они приобрели способность наиболее полно использовать солнечную энергию. Вегетативные органы у них достигли наибольшего совершенства и разнообразия. Ещё более разнообразны цветки, приспособленные к опылению ветром, водой, а также насекомыми и другими животными. Покрытосеменные — наиболее совершенные растения; они наиболее полно используют современные условия окружающей среды. Происхождение их остаётся пока невыясненным, но есть основание думать, что они произошли от одной из вымерших групп голосеменных растений.

В настоящем курсе низшие растения (слоевищные) и архегонияльные описываются в главе IX, а покрытосеменные — в главе X.

Каждый тип растения подразделяется на классы, классы — на порядки, порядки — на семейства, семейства — на роды, а роды — на виды.

2. ЧИСЛО ВИДОВ. ВИД, РАЗНОВИДНОСТЬ¹

До недавнего прошлого было известно около 300 тыс. видов растений (180 тыс. видов высших и 120 тыс. низших). Некоторые учёные считают, что число видов значительно превосходит эту цифру.

Точное определение числа видов наталкивается на затруднения, так как многие линнеевские виды растений, так называемые

¹ Понятие вида, рода, семейства на примере клевера и других мотыльковых растений было дано в главе I, стр. 37. См. также стр. 19, 29.

«линеоны», произрастающие при разнообразных условиях, приобретают новые формы и их принимают за элементарные виды.

Так, например, из линеевского вида «крупка весенняя» (*Draba verna* L.) учёный Жордан выделил до 200 мелких видов, так называемых «жорданонов», с мельчайшими отличительными признаками. Подобному же распаду на многие элементарные виды подверглись очанка лекарственная (*Euphrasia officinalis* L.), манжетка обыкновенная (*Alchimilla vulgaris* L.) и многие другие. «Жорданоны» — не виды: это внутривидовые формы, дающие при скрещивании плодovitoe потомство.

Растения, принадлежащие к разным видам, не скрещиваются между собой или не дают плодovitого потомства в обычных условиях их жизни. Трудность скрещивания между видами и родами растений преодолевается только с помощью специальных приёмов (см. стр. 175).

Виды не являются неизменными, как думал Линней и многие другие учёные; виды подвергаются то медленным, то быстрым изменениям. Однако виды растений обладают и устойчивыми отличительными признаками, по которым мы распознаем их (см., например, признаки видов клевера, описанные на стр. 37). Внутривидовые взаимоотношения организмов, отличные от взаимоотношений межвидовых, также характерны для вида: они всегда направлены на процветание данного вида (см. стр. 14, 19, 29).

Многие виды растений, как культурные, так и дикорастущие, часто подразделяются ещё на разновидности (*var.* — *varietas*), которые представляют собой более мелкие систематические единицы — различные формы существования данного вида.

Понятие разновидности существовало ещё во времена Дарвина. Но неправильно считать, как утверждал Дарвин, что разновидности — это возникающие новые виды. По современным представлениям, вид является целой системой, состоящей из разновидностей. Так, например, род пшеница включает в себя 16 видов, а для одной мягкой пшеницы (*Triticum vulgare*) известно до 80 разновидностей (например, *Triticum vulgare var. lutescens*, *var. militurum*, *var. ferrugineum* и т. д.).

Более подробное изучение видов растений, развившихся в разных местах их распространения, при различных климатических условиях, показывает, что внешние условия (свет, температура) накладывают свой отпечаток не только на внешнюю форму растений, но и на их физиологические свойства. Например, виды эспарцета, люцерны, клевера, выросшие у подножия гор, имеют куст с прямостоячими стеблями, а подобные же растения, выросшие на склонах гор и особенно у верхнего предела своего распространения, имеют распростёртую — стелющуюся форму. Подобные же изменения претерпевают виды растений, развивающиеся на обширной территории: изменяется их внешний вид, опушение, форма плода, длина вегетационного периода, изме-

няется химический состав и т. д. Таким образом создаются новые формы растений, появляющиеся в результате воздействия на растения внешней среды и в результате естественного отбора. Приобретённые под влиянием среды новые полезные свойства закрепляются в потомстве, и изменившиеся растения распространяются и занимают определённую территорию (ареал). Изменение условий существования влечёт за собой изменение типа ассимиляции и обмена веществ и создаёт разнообразие форм внутри вида или превращение одного вида в другой.

В последнее время акад. Т. Д. Лысенко приводятся доказательства возможности быстрого превращения одного вида растения в другой. Он указывает на факты превращения твёрдой (28-хромосомной) пшеницы в мягкую (42-хромосомную). Это происходит в том случае, если яровую твёрдую пшеницу, обычно высеваемую весной, высевать осенью, как озимую. Превращение твёрдой пшеницы в мягкую происходит через два-три её поколения под воздействием осенне-зимних условий, необычных для яровой твёрдой пшеницы. В клетках её накапливаются скрытые и незаметные количественные изменения. При образовании семян в колосьях такой пшеницы появляются отдельные зёрна мягкой пшеницы. Приводятся также иные факты порождения одними видами растительных форм других видов.

Для распознавания культурных растений введено ещё понятие *сорта*, под которым подразумевается группа однородных растительных индивидуумов, сходных между собой по внешним и внутренним признакам, хозяйственно равноценных и передающих свои признаки по наследству. Сорт — продукт деятельности человека. Сортов — множество; например, известно до 3 000 сортов пшеницы мягкой, до 2 000 сортов яблони, до 1 000 сортов картофеля. Сорта изучаются в курсе растениеводства.

3. НАЗВАНИЕ РАСТЕНИЙ

При изучении систематики растений необходимо знать, к какому семейству принадлежит то или иное растение, а также научное название рода и вида растения. Ещё со времён Линнея (1735 г.) принята бинарная номенклатура, при которой сперва называется род растения, а затем вид, а иногда и разновидность. Латинские названия растений имеют исключительно важное значение, так как они однородны для всех языков мира. Кроме того, одно и то же растение очень часто имеет различные названия, а некоторые растения совсем не имеют народных названий. Вот почему агроному, имеющему дело с научной литературой, приходится запоминать научные термины и уметь в них разбираться. После видового названия в научной литературе (в определителях растений, в научных статьях) обычно ставятся ещё буквы — одна или несколько, обозначающие фамилию учёного, впервые описавшего данный вид: L. — Линней; D. С. — де-Кандоль; Мх. — Максимович; Alech. — Алексин; Lam. — Ламарк;

Petun.— Петуников; Zhuc.— Жуковский; Kom.— Комаров; Kell.— Келлер и др. Вот несколько примеров научных названий растений: *Medicago sativa* L.— люцерна посевная; *Larix europaea* D. C.— лиственница европейская; *Triticum Timopheevi* Zhuc.— пшеница Тимофеева. Обычно родовое латинское название пишется с большой буквы, а видовое с маленькой. С большой буквы видовое название пишется только в том случае, когда оно обозначает фамилию лица, в честь которого дано название. Не следует пренебрегать народными русскими названиями растений: большинство из них чрезвычайно метки и легко запоминаются; например, с м о л к а л и п к а я (*Lychnis viscaria* L.); в о р о н и й г л а з (*Paris quadrifolia* L.); м е т л и ц а п о л е в а я (*Apera spica venti* P. B.); к у р и н о е п р о с о (*Echinochloa crus galli* L.). В настоящей книге сперва приводятся русские названия, а затем латинские.

Глава IX

СЛОЕВИЩНЫЕ, ИЛИ ТАЛЛОМНЫЕ РАСТЕНИЯ (THALLOPHYTA) И АРХЕГОНИАЛЬНЫЕ РАСТЕНИЯ (ARCHEGONIATAE)

1. ВОДОРОСЛИ (ALGAE)

Общая характеристика и подразделение водорослей на классы

Отдел ботаники, изучающий водоросли, называется альгологией. Водоросли — хлорофиллоносные растения, у которых имеется лишь таллом, или слоевище, заменяющее им органы высших растений. Водоросли — водяные растения, обитатели морей, озёр, рек, прудов, болот. В любой канаве, луже — их множество. Часто мы находим их на сырой земле, на мокрых камнях, на коре деревьев. Они встречаются не только на поверхности почвы, но и в толще её верхнего слоя.

Водоросли — одноклеточные и многоклеточные организмы. Размер их сильно колеблется: многие из них видны только в микроскоп, но, скопясь в массу, они вызывают «цветение воды», а затем быстро отмирают. Многоклеточные пазмурдно-зелёные тонкие нитчатки, прикрепившиеся к подводным сваям и камням, достигают нескольких десятков сантиметров, а сложно устроенное слоевище некоторых морских водорослей достигает многих десятков метров и живёт многие годы.

Водоросли, как и все зелёные растения, — автотрофные организмы: имея хлорофилл, они ассимилируют на свету углерод из углекислого газа, имеющегося в воде в свободном или в связанном состоянии. Клетки водорослей состоят из оболочки и содержимого; клетки бывают одноядерные и многоядерные. Оболочки — целлюлозные, иногда пектиновые, часто слизнящиеся. Прото-

плазма располагается обычно в постенном слое; кроме ядер, в ней имеются х р о м а т о ф о р ы — один, два или больше. Они играют в клетках ту же роль, что и хлорофилловые зёрна у высших растений, т. е. служат для ассимиляции углерода. Хроматофоры иногда имеют форму пластинок — то цельных, то звездообразных; иногда они бывают в виде колец или спирально изогнутых лент, а иногда в виде зёрен или пластинок, соединённых перемычками. У некоторых водорослей они напоминают хлоропласты высших растений. Хроматофоры состоят из бесцветной белковой стромы, пропитанной хлорофиллом и другими пигментами. В хроматофорах видны п и р е н о и д ы — уплотнённые белковые округлые тела, вокруг которых скопляется крахмал, встречающийся и в других местах хроматофора. Из других запасных веществ в водорослях встречаются капли масла, а также красный каротинообразный пигмент г е м а т о х р о м. Окраска водорослей бывает зелёная, бурая, красная, синезелёная. Вакуоли в клетках водорослей обычно сильно развиты. В клеточном соке скопляются сахар, дубильные вещества, органические кислоты, соли и кристаллы щавелевокислого и сернокислого кальция.

Водоросли поглощают воду всей поверхностью своего слоевища. Кроме воды и света, они нуждаются в соответствующей температуре. В холодных морях произрастают, например, л а м и н а р и и и ф у к у с ы, а в тёплых тропических — с а р г а с у м ы и м а к р о ц и с т ы.

В полярных и горных странах тающие снег и лёд иногда окрашиваются в красный, зелёный или синезелёный цвет от нетребовательных к теплу водорослей. Другие синезелёные водоросли, наоборот, поселяются в горячих источниках, при температуре до 69°.

Как и другим растениям, водорослям нужны азот, сера, фосфор, калий, кальций, магний и железо. Загрязнение водоёмов органическими отбросами, сопровождающееся гниением и выделением азотистых и фосфорнокислых солей, вызывает бурное развитие водорослей.

Некоторые зелёные, синезелёные и диатомовые водоросли обладают способностью усваивать органические вещества, т. е. ведут сапрофитный, а иногда и паразитный образ жизни. Появление их в большом количестве в водоёмах указывает на загрязнение воды и на непригодность её для питья.

Мелкие водоросли в озёрах и морях входят в состав планктона в несметных количествах. П л а н к т о н образуется из совокупности микроскопических животных и растительных организмов, находящихся в воде во взвешенном состоянии. Помимо своего ничтожного удельного веса, планктонные водоросли обладают парашютными приспособлениями в виде нитевидных придатков, пластинчатых выростов, слизистых нитей, поддерживающих их в воде как бы в висятном положении. Кроме того, они богаты маслом, уменьшающим их удельный вес. Глубина распространения

планктонных водорослей зависит от глубины проникновения света и достигает до 100 м, и лишь в редких случаях до 400 м и больше. Постепенно опускаясь, планктонные водоросли в конце концов отмирают и, падая на дно, образуют горные породы. Так возникла, например, горная порода «трепел», состоящая из кремнезёмистых панцирей диатомовых водорослей.

Водоросли, покрывающие склоны и дно водоёмов, начиная от поверхностных слоёв воды до границы проникновения света, образуют бентос. В пресных водах преобладают зелёные и синезелёные водоросли. Они прикрепляются к подводным камням и подводным частям высших растений, скопляются в виде зелёных подушек на дне водоёмов. В дневные часы они выделяют пузырьки кислорода и всплывают на поверхность в виде зелёных и синезелёных масс, которые ночью снова опускаются на дно. Диатомовые и десмидиевые водоросли входят в состав ила на дне водоёмов. В морской солёной воде, кроме зелёных водорослей, встречающихся в поверхностных слоях, распространены бурые и багряные, достигающие до 100 м глубины. На морском дне водоросли образуют подводные луга и целые леса. Больше всего их в прибрежной зоне и до глубины 40 м.

Размножаются водоросли путём деления слоевища на части, т. е. вегетативным способом, путём образования многочисленных спор, чаще подвижных (зооспор), т. е. бесполом способом, и с помощью полового процесса. В последнем случае происходит слияние мужских и женских половых клеток (гамет), в результате чего возникает зигота, хорошо защищённая от тех или иных неблагоприятных условий толстой оболочкой и снабжённая запасами питательных веществ. Зиготы иногда сразу, но чаще после периода покоя, прорастают в новые водоросли.

У водорослей встречаются три типа полового процесса, т. е. слияние мужской и женской клеток: изогамия (от слов: изос — сходный и гамейн — брак), когда сливаются подвижные мужские и женские гаметы, внешне сходные между собой; гетерогамия (от слова гетерос — различный), когда мужская гамета мельче женской, но обе подвижны; и оогамия (от слова оон — яйцо), когда женская яйцевая клетка неподвижна и во много раз крупнее подвижной мужской половой клетки (сперматозоида).

Водоросли имеют огромное значение в жизни водоёмов: они обогащают воду кислородом и являются пищей для рыб и других животных. Местами наблюдаются обширные скопления водорослей. Примером могут служить водоросли из рода саргассум (*Sargassum*) в Саргассовом море (в Атлантическом океане), занимающие пространство свыше 60 тыс. квадратных миль. Водоросль филофора (*Phyllophora*) скопляется в очень большом количестве в Чёрном море, между устьем Дуная, Севастополем и Одессой. Водоросль ламинария (*Laminaria*) распространена в северных морях. Только в Белом море её запасы равны 1½ млн. т. С одного

гектара морского дна можно собрать урожай водорослей, равный 10 т сухого вещества. Много водорослей в прибрежных водах Дальнего Востока. Морские водоросли, после удаления из них иода, используются в корм скоту; их иногда называют «морской капустой». Они не только питательны, но и богаты витаминами. Зола, полученная из водорослей, содержит до 30% калия, до 3% иода, а потому она используется для добывания калийных солей, для удобрения полей и для добывания иода. Из водорослей добывается также альгиновая кислота, употребляемая на приготовление лучшего клея. Из багряных и бурых водорослей получается ценный агар-агар, широко используемый в микробиологических лабораториях, а также в кондитерском деле.

Водорослей известно свыше 13 000 видов. Наиболее просто организованные водоросли близко примыкают к простейшим жгутиковым организмам, стоящим на грани между животными и растениями. Одним из представителей жгутиковых (Flagellata) является евглена зелёная (*Euglena viridis*) (рис. 117, I), часто вызывающая «цветение» загрязнённой воды. В капле такой воды в микроскоп видно множество снующих зелёных одноклеточных организмов, имеющих веретеновидную, легко изменяющуюся форму. Протоплазма евглены одета тонкой протоплазматической оболочкой и на переднем конце имеет жгутик, состоящий из эластичной нити, окружённой слоем протоплазмы. Основание жгутика погружено в углубление в протоплазме, переходящее в тонкий канал, заканчивающийся главной вакуолью. Вокруг этой вакуоли имеются ещё мелкие пульсирующие вакуоли, влияющие своё содержимое в главную. В передней части тела евглены имеет красное пятнышко — «глазок». Ближе к задней части клетки в протоплазме расположено ядро и ядрышко, а в средней части — пластинчатый зелёный хроматофор лучистого строения с пиреноидом в центре. В хроматофоре скапливаются продукты ассимиляции, сходные с крахмалом. С помощью колеблющегося жгутика евглена быстро движется вперёд, назад и вращается вокруг продольной оси. Размножается евглена путём продольного деления клетки.

Водоросли подразделяются на классы: зелёные, разножгутиковые, диатомовые, бурые, красные и синезелёные.

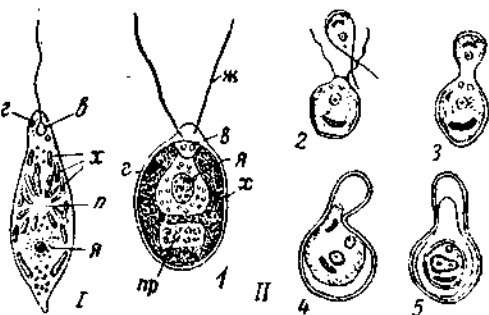


Рис. 117.

I — евглена (*Euglena viridis*): в — главная вакуоля; г — глазок; я — ядро и ядрышко; х — хроматофор; я — пиреноид; II — хламидомонада (*Chlamydomonas*) — зелёная одноклеточная водоросль: I — строение клетки: я — ядро, х — хроматофор, пр — пиреноид, г — глазок, в — вакуоля, жс — жгутики; 2, 3, 4, 5 — половой процесс (копуляция) хламидомонад.

Зелёные водоросли (Chlorophyceae)

Зелёные водоросли — наиболее обширный и разнообразный класс водорослей. Он включает в себя свыше $5\frac{1}{2}$ тыс. представителей, распространённых преимущественно в пресных водах. Окраска хроматофора чисто зелёная: хлорофилл не замаскирован другими пигментами. К ним относятся одноклеточные, колониальные, многоклеточные и неклеточные формы. К зелёным водорослям относятся подклассы: собственнозелёные, или равножгутиковые (Isocontae), сцеплянки (Conjugatae) и харовые (Characeae).

К равножгутиковым водорослям относятся порядки вольвоксовых (Volvocales), протококковых (Protococcales), улотриковых (Ulotrichales) и сифоновых (Siphonales). Из порядка вольвоксовых рассмотрим хламидомонаду и вольвокс.

Хламидомонада (Chlamydomonas) (рис. 117, II). Скопляясь во множестве, эти водоросли окрашивают воду в лужах и прудах в зелёный цвет. В стеклянном сосуде с водой хламидомонады собираются около стенки, обращённой к свету. При рассматривании в микроскоп капли воды с хламидомонадами видно множество зелёных клеток, быстро снующих во всех направлениях. Хламидомонада — клетка овальной формы, с переднего конца которой отходят два равных жгутика, приводящих клетку в движение. Между жгутиками находится носик, играющий роль при половом процессе. Хроматофор имеет чашеобразную форму и содержит в себе один пиреноид. Недалеко от носика расположен красный «глазок», а под носиком — две вакуоли. Всё остальное пространство занято протоплазмой, в которой помещается ядро. Хламидомонады имеют пектиновые оболочки.

Размножаются хламидомонады делением. Одна особь теряет жгутики и начинает делиться сначала пополам, затем ещё и ещё, образуя таким путём колонию. Каждая клетка обволакивается «хламидой» — слизистой массой, предохраняющей клетку от различных неблагоприятных условий. Вся система делящихся клеток окружается общей слизистой оболочкой. При благоприятных условиях у клеток появляются жгутики, и они освобождаются от слизи, вырастают и распливаются.

При бесполом способе размножения клетка останавливается, сбрасывает жгутики, и содержимое её делится на две, четыре, а иногда и на восемь частей. Внутри материнской клетки возникают зооспоры с двумя жгутиками, которые выходят наружу и разбегаются. Они быстро вырастают и снова размножаются таким же способом. Образование зооспор обычно происходит ночью.

При половом процессе содержимое хламидомонады делится на более мелкие части, чем при бесполом размножении. Внутри клетки возникает до 32, а иногда до 64 мелких клеток (гамет), которые выходят наружу, а затем попарно копулируют, т. е. прикладываются сперва своими носиками, а затем боковыми частями и, поплавав некоторое время в таком положении, останавливают-

ся, сбрасывают жгутики и сливаются в одну особь. Образуется зигота, которая окружается толстой оболочкой и впадает в период покоя. Хромафор обычно растворяется, а в зиготе скапливается масло, гематокром и другие запасные вещества. При подходящих условиях зигота выходит из состояния покоя, и содержащее её делится (редукционно) на четыре части, из которых возникают новые четыре хламидомонады; при этом окружающая их оболочка разрушается. Итак, хламидомонада обладает тремя способами размножения: вегетативным, бесполом и половым. Кроме того, различные виды хламидомонады при половом процессе обладают изогамией, гетерогамией и оогамией.

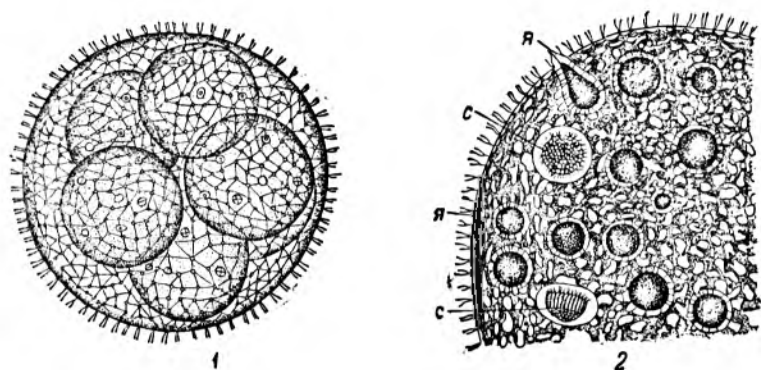


Рис. 118. Вольвокс (Volvok):

1 — дочерние шары внутри материнского; 2 — часть колонии с яйцеклетками (а) и сперматозоидами (с).

Вольвокс (*Volvox globator*)¹ — это заметная простым глазом шаровидная колония клеток, достигающая 2 мм в диаметре и состоящая из соединённых между собой отдельных клеток, число которых достигает до 50 000 (рис. 118). Внутренняя часть вольвокса заполнена жидкой слизью, а наружная часть состоит из одного ряда клеток, соединённых между собой протоплазматическими отростками. Поверхность вольвокса имеет вид сетки. Клетки, из которых состоит вольвокс, имеют сходство с хламидомонадами. У каждой из них имеется хромафор, протоплазма, ядро, глазок. На передней части, по направлению шара, клетки имеют по два жгутика. Согласованными движениями жгутиков шир приводит к движению. Среди мелких клеток вольвокса, служащих для ассимиляции, в задней части шара попадаются более крупные, обладающие способностью делиться и служащие для вегетативного размножения. В этих клетках начинается продольное деление содержимого и образование новых клеток, из которых развивается пластинка, постепенно изгибающаяся и превращающаяся в полый шар, клетки которого приобретают строение, сходное со строением материнского шара. Таких дочерних шаров возникает несколько, и все они проваливаются во внутреннюю полость материнского шара и там двигаются. Их увеличение вызывает разрыв стенок материнского шара и гибель его, а вновь появившиеся вольвоксы выплывают наружу и начинают самостоятельную жизнь.

Вольвоксы обладают и половым оогамным процессом. Виды вольвоксов распространены в прудах, озёрах и старицах рек. К вольвоксам относятся также роды: пандорина — колония из 16 клеток и эвдорина — колония из 32 клеток.

К порядку протоккокковых (рис. 119) относятся неподвижные одноклеточные и колониальные водоросли, клетки которых быстро утрачивают способность делиться. Подвижностью у них обладают только зооспоры, служащие для размножения. Из одноклеточных протоккокковых можно назвать хлорококки (*Chlorococcum*), постоянно встречающийся на сырой земле, на коре деревьев, на стенах и на цветочных горшках в теплицах, а иногда и прямо в воде. В микроскоп видны отдельные мелкие неподвижные, шаровидные клетки, имеющие протоплазму, ядро, зелёный хроматофор и целлюлозную оболочку. При размножении содержимое клеток делится на 8 и более частей, из которых каждая превращается в двухжгутиковую зооспору. Зооспоры расходятся, сбрасывают жгутики, и клетки поселяются в новых местах. Иногда

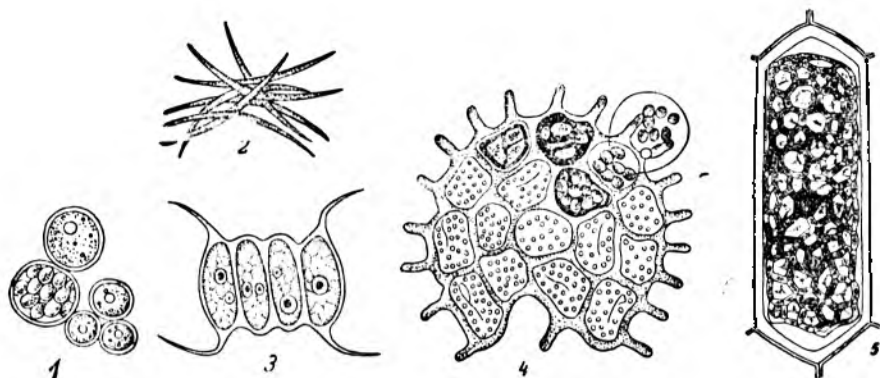


Рис. 119. Протоккокковые водоросли:

1 — хлорококки (*Chlorococcum*); 2 — рафидиум (*Raphidium*); 3 — сценедесмус (*Scenedesmus*); 4 — педиаструм (*Pediatrum*); 5 — водяная сеточка (*Hydrodictyon*) — крупная клетка с молодой колонией внутри.

наблюдается также копуляция сходных гамет. На коре деревьев часто встречаются также плевроккокк, хлорелла, а в воде рафидиум, колониальные формы сценедесмус и педиаструм. Все перечисленные протоккокковые — микроскопические мелкие формы. Относящаяся к этому же порядку водяная сеточка (*Hydrodictyon*) имеет вид замкнутой цилиндрической сетки, достигающей иногда до 1 м в длину. Нити, образующие ячейки этой сетки, состоят из клеток, достигающих в длину до 1 см.

Из порядка улотриксовых рассмотрим нитчатую водоросль улотрикс и ветвистую — кладофору. Улотрикс (*Ulothrix zonata*) (рис. 120. 1) встречается в пресных водах в виде мелких яркозелёных дерновинков, поселяющихся на подводных предметах. Улотрикс — нитчатая водоросль, состоящая из одного ряда мелких клеток, содержащих в протоплазме ядро и хроматофор в виде незамкнутого кольца. Нити улотрикса удлиняются вследствие поперечного деления клеток. Нижним концом каждая нить прикрепляется к подводным предметам с помощью бесцветной базальной клетки (ризоида).

При бесполом размножении в некоторых клетках образуются зооспоры по одной или по четыре. В первом случае они более крупные, во втором мельче. Каждая зооспора снабжена четырьмя жгутиками. После выхода из клетки они разбегаются, прикрепляются к субстрату и прорастают в новый улотрикс.

При половом процессе из некоторых клеток нити улотрикса выходят гаметы, образующиеся в большем числе, чем зооспоры. Они мельче зооспор и снабжены двумя жгутиками. Происходит копуляция между гаметами, вышедшими из разных нитей, а потому одни нити условно можно считать мужскими, другие женскими. Это явление называется гетероталлизмом. Мужские гаметы обозначают знаком минус (—), а женские знаком плюс (+). В данном случае гаметы сходны и пол их нестатичен.

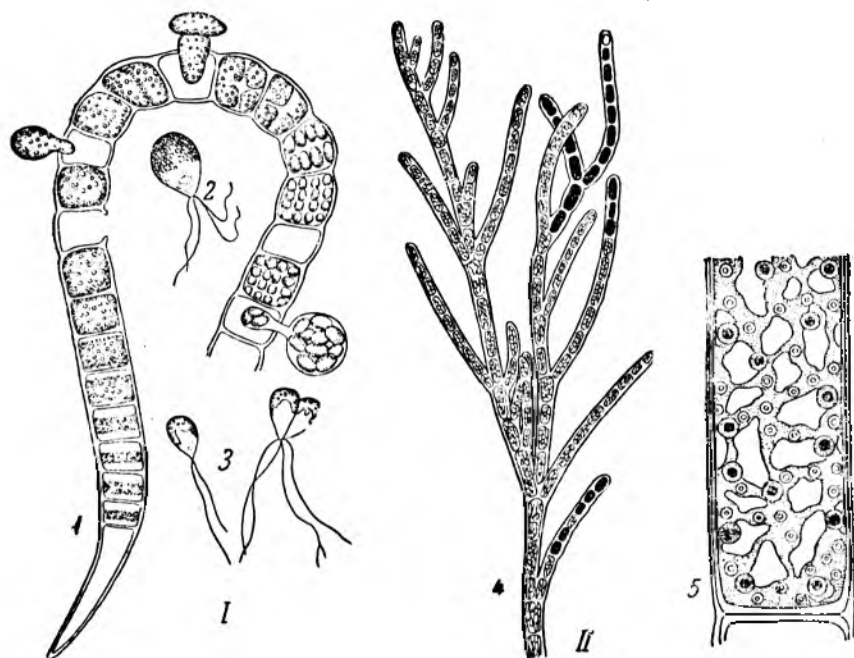


Рис. 120. Нитчатые водоросли:

— улотрикс (Ulothrix): 1 — отдельная нить; 2 — зооспора; 3 — гаметы; II — кладифора (Cladophora): 4 — ветвящаяся нить с зооспорами; 5 — клетка с хроматофором и пиреноидами, сильно увеличенная.

Следовательно, половой процесс у улотрикса изогамный. После копуляции образуется зигота, впадающая в состояние покоя, а затем прорастающая в новую нить.

К л а д о ф о р а (Cladophora) (рис. 120, II) — тоже нитчатая водоросль, распространённая в прудах, озёрах, ручьях, реках, а также и в морях. Она легко отличается по многочисленным ветвистым нитям, состоящим из многоядерных клеток. Оболочки клеток толстые, пеллюлозные, неослизняющиеся. Хроматофор расположен в протоплазме возле стенок и имеет форму пластинок, прорыленной в разных местах, с большим количеством пиреноидов. У некоторых видов кладифоры (*C. Sauteri*) нити слоевища так сильно разрастаются, ветвятся и переплетаются, что образуются довольно плотные зелёные шары, опускающиеся на дно водоёма или плавающие на поверхности воды, в зависимости от погоды и времени суток. Шары кладифоры достигают

размера апельсина, а иногда и размера головы ребёнка. Другие виды кладофоры имеют длинные слоевища, которые в проточных водах, зацепившись за подводные предметы, раскачиваются по течению воды. Размножение — вегетативное, путём разрастающихся и разрывающихся слоевищ, а также бесполое (зооспорами). Известен половой изогамный процесс размножения.

Часто встречается нитчатая водоросль *Эдогония* с характерными колпачками на клетках, также относящаяся к улотриковым.

Из порядка *сифоновых водорослей* (от слова сифон — трубка) рассмотрим вошерию и каулерпу.

Вошерия (*Vaucheria*) (рис. 121). Слоевище её состоит из ветвящейся темнозелёной грубой нити. Часто эти нити переплетаются между собой. Она встречается

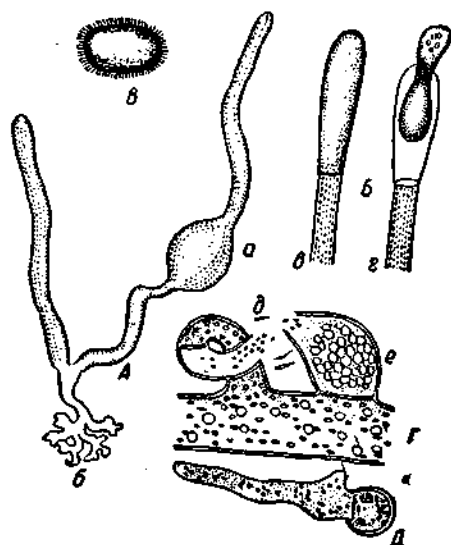


Рис. 121. Вошерия (*Vaucheria*) — нитчатая одноклеточная водоросль:

А — молодое растение, возникшее из зооспоры *а*, внизу — ризоид *б*; В — *а* и *в* — конец клетки, образующий зооспору в двух последовательных стадиях; В — зооспора; Г — часть нити с антеридием — *д* и оогонием — *е*; Д — прорастающая зооспора.

клеточным организмом.

Бесполой способ размножения происходит с помощью зооспор, которые развиваются по одной на кончиках ветвей. Конец трубочки вздувается и отделяется перегородкой от полости водоросли. Внутри вздувшейся части, являющейся зооспорангием, созревает зооспора, снабжённая многими жгутиками. Зооспорангий лопается, и многожгутиковая зооспора некоторое время плавает в воде, а затем останавливается, сбрасывает реснички, обволакивается оболочкой и, разрастаясь, превращается в новую нить — вошерию. Так же как и у других водорослей, у вошери существует и половой способ размножения. Заключается он в том, что на одной из сторон её появляется вздутие — о о г о

плетаются между собой. Она встречается на дне неглубоких водоёмов или на влажной земле. Растёт вошерия своим верхним концом, а нижний конец имеет волоски — ризоиды, которыми водоросль прикрепляется к различным предметам, находящимся под водой. Она не имеет отдельных клеток, а вся целиком представляет собой как бы гигантскую клетку, иногда разветвлённую. Протоплазма у вошери распространяется по стенкам. Ядер много; они разбросаны по всей клетке, а хроматофор состоит из отдельных небольших зелёных зёрен. Вошерию принято считать не-

ний, т. е. женский половой орган. Во вздутии находится много ядер и густая протоплазма. Рядом с первым вздутием у вошери появляется второе, которое растёт, изгибаясь в виде рога, — это антеридий, т. е. мужской половой орган. Растёт антеридий своим верхним концом по направлению к женскому оогонию.

В то же время в антеридии и у основания оогония появляются перегородки, отгораживающие их от материнского растения. Когда оогоний созреет, в верхней части его оболочка разрывается и часть протоплазмы выходит наружу. Из созревшего антеридия, через разрыв оболочки, выходят наружу мужские половые клетки — подвижные сперматозоиды, которые проникают в

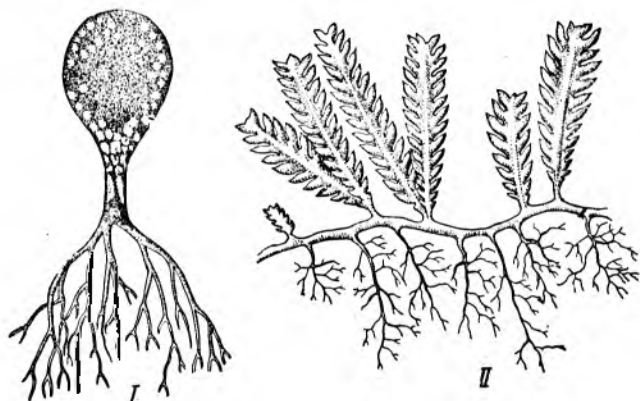


Рис. 122. Неклеточные водоросли:
I — ботридий (*Botrydium*) (увел.); II — каулерпа (*Caulerpa*) (уменьш.).

оогоний и оплодотворяют яйцевую клетку. В оплодотворении участвует только одно ядро, так как остальные ядра переходят из оогония обратно в нить ещё перед образованием перегородки.

Из оплодотворённого оогония развивается бурого цвета ооспора, окружённая толстой оболочкой, из которой после периода покоя развивается новая вошеря. Итак, у некоторых вошерей имеет место, как мы видели, явление гермафродитизма, так как на одной особи появляются оогонии и антеридии, т. е. женские и мужские половые органы.

Примером крупной сифоновой водоросли может служить ещё каулерпа (*Caulerpa*), которая часто встречается в Средиземном море и достигает длины 25—50 см и больше (рис. 122, II). Её полое слоевище имеет как бы горизонтальный стебель, зелёные листовидные пластинки и корневидные ризоиды, внедряющиеся в морское дно. Клетки в этом растении отсутствуют: каулерпа — неклеточный организм. В полости слоевища находится протоплазма, много ядер, зелёные хроматофоры, а также целлюлозные «балки», укрепляющие слоевище и идущие от одной стенки к другой.

Сходное строение с сифоновыми водорослями имеет ещё ботридий (*Botrydium*) (рис. 122, Г), который относится к классу разножгутиковых. На мокрой глинистой земле иногда можно заметить зелёный налёт, состоящий из слоевищ ботридия, имеющих вид небольших пузырьков. Величина каждого пузырька не превышает величины булавочной головки. В нижней части пузырёк вытянут в короткую трубку, которая многократно разветвляется на тончайшие волоски — ризоиды, которыми ботридий внедряется в почву. Ботридий также неклеточный организм. Внутри пузырька имеется многоядерное содержимое с зелёными хроматофорами. При жаркой погоде содержимое из верхней части передвигается в нижнюю (подземную) и там возникают толстостенные клетки, способные переносить засуху. После дождя эти клетки прорастают в новые ботридии или из них возникают зооспоры. Зелёные надземные пузырьки во время дождя лопаются и из них выплывают зооспоры. Зооспоры у ботридия разножгутиковые: один крупный жгутик направлен вперёд и снабжён боковыми отростками, а другой короткий и простой, направлен назад.

Зелёные водоросли, объединённые в подкласс сцеплянок, характеризуются зелёным хроматофором и особым способом полового процесса размножения, называемым конъюгацией, при котором две водоросли сцепляются вместе с помощью особых выростов, превращающихся в канал, служащий для слияния содержимого двух клеток. Подвижные зооспоры и гаметы у сцеплянок не развиваются. Из сцеплянок мы рассмотрим спирогиру и зигнему, относящиеся к семейству зигнемовых, а также одноклеточную водоросль кластериум, относящуюся к семейству десмидиевых.

Спирогира (*Spirogyra*) — нитчатая водоросль изумрудно-зелёного цвета, иногда свободно плавает в воде, иногда сплошной массой покрывает старые мельничные колёса, камни, сваи и все предметы под водой. В банке с водой, на солнце, спирогира всплывает на поверхность, увлекаемая пузырьками выделяемого ею кислорода.

В микроскоп видно, что зелёные нити спирогиры состоят из одного ряда цилиндрических клеток (рис. 123, Г). В каждой клетке, в постенном слое протоплазмы, располагается по спирали хроматофор, имеющий вид зелёной ленты с неровными краями. Иногда бывает 2—3 и больше спирально расположенных хроматофоров. В хроматофоре хорошо видны пиреноиды, окружённые крахмалом. Они располагаются вдоль средней линии хроматофора. Ядро с ядрышком находится в середине клетки в протоплазме, нити которой тянутся к постенному её слою. Всё пространство между нитями занято клеточным соком. Клеточные оболочки у спирогиры целлюлозные, снаружи они покрыты слоем слизи.

Рост нити спирогиры происходит вследствие поперечного деления клеток и последующего их увеличения. Деление клетки

начинается с кариокинетического деления ядра. Хроматофоры также делятся поперёк. Возникновение новой оболочки начинается с периферии, и она постепенно отделяет вновь образующиеся ядра и клетки. В молодых клетках ядра отходят от поперечной перегородки на середину клетки. Дочерние клетки быстро вырастают до размера материнской и вновь могут делиться. Деление клеток обычно происходит в ночное время и продолжается около $1\frac{1}{2}$ часов, а полного возраста дочерние клетки достигают через

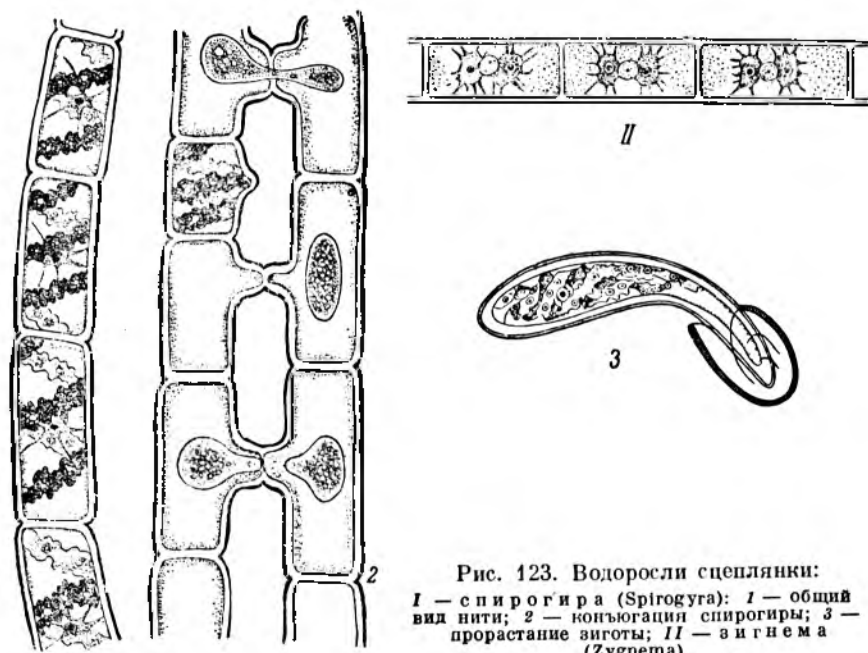


Рис. 123. Водоросли сеплянки:
I — спирогира (Spirogyra): 1 — общий вид нити; 2 — конъюгация спирогиры; 3 — прорастание зиготы; II — зигема (Zygema).

$1\frac{1}{2}$ дня. Вегетативное размножение спирогиры происходит путём случайного разрыва нитей и последующего усиленного деления клеток.

При конъюгации нити спирогиры располагаются параллельно одна возле другой и склеиваются слизью. Клеточные оболочки двух соседних нитей начинают расти навстречу друг другу, образуя выросты, которые, постепенно увеличиваясь, в результате сходятся концами и раздвигают нити. Каждая пара нитей приобретает фигуру лестницы. Перегородки между выростами растворяются и содержимое из клеток мужской особи переползает по каналцам в клетки женской особи. Содержимое двух клеток сливается и развивается зигота, окружающаяся тремя оболочками и содержащая запасные вещества (масло, гематокром и др.). При созревании зиготы происходит слияние ядер, мужской хроматофор растворяется, а женский остаётся. После периода покоя зигота прорастает: ядро делится (редукционно) и из четырёх гаплоидных

ядер три отмирают, а в проростке остаётся одно. Проросток разрывает две наружные оболочки и одетый внутренней оболочкой выходит наружу и превращается в новую спорогору.

К нитчатым сеплянкам относятся ещё две распространённые водоросли: *а н г н е м а* (*Zygnema*) (рис. 123, II), у которой хроматофор состоит из двух зелёных звездчатых пластинок и *м у ж о ц и я* (*Mougeotia*) с хроматофором в виде одной пластинки, поворачивающейся к свету то плашмя, то ребром, в зависимости от силы освещения.

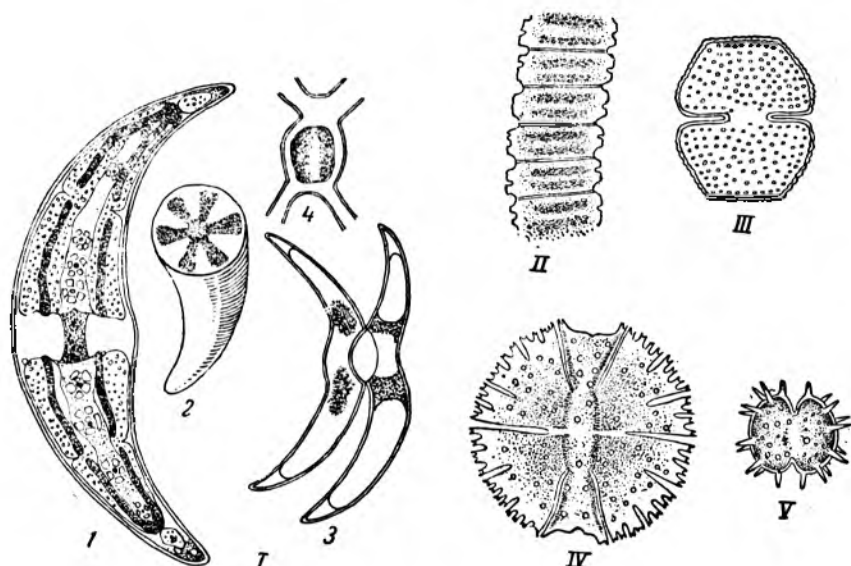


Рис. 124. Десмидиевые сеплянки:

I — кластерий (*Closterium*); 1 — общий вид при сильном увеличении; 2 — поперечный разрез, на котором виден хроматофор; 3 — конъюгация кластерия; 4 — образование зиготы; II — десмидиум (*Desmidiium*); III — космарий (*Cosmarium*); IV — микростериас (*Microsterias*); V — ксантидиум (*Xanthidium*).

Кластерий (*Closterium*) — одноклеточная зелёная водоросль, обладающая конъюгацией и относящаяся к семейству десмидиевых (рис. 124, I). В состав этого обширного семейства входит множество одноклеточных сеплянок и меньше нитчатых. Эти водоросли распространены в планктоне и в иле озёр и прудов, а также в торфяных болотах. Кластерий — одноклеточное, микроскопически малое растение, по внешней форме напоминающее полумесяц. Рога этого «полумесяца» совершенно симметричны. На конках имеются вакуоли с кристалликами гипса, находящимися в беспрестанном молекулярном движении. Клетка имеет оболочку, а в последней есть поры, через которые выделяется слизь. Выделение слизи через поры приводит кластерий в движение. В середине клетки расположено ядро, окружённое протоплазмой. Каждый рог полумесяца имеет свой хроматофор с пиреноидами, также расположенный в протоплазме. Клетка кластерия делится на симметричные части: один «рог» отделяется от другого, причём каждый из них получает половину ядра и протоплазмы. Затем недостающая половинка дорастает и в неё переходит часть протоплазмы и половинка поделившегося хроматофора. Образуются новые особи и т. д., до тех пор, пока не возникнет необходимость в обновлении, т. е. в акте полового процесса. При конъюгации две особи схо-

дятся вместе. Между ними появляются выросты, перегородки между которыми растворяются, образуется расширенный слизистый канал, в который вливается содержимое двух клеток. Образовавшаяся зигота запасается питательными веществами, одевается оболочками и только после периода покоя два ядра сливаются вместе. Прорастание зиготы сопровождается делением копуляционного ядра с образованием четырёх гаплоидных ядер. Из четырёх ядер два отмирают, а два идут на образование двух проростков, из которых развиваются два кластерпума.

Кроме кластерпума, семейство десмидиевых имеет много других родов и множество видов (десмидиум, космариум, микрастернас, кеантидиум и др.); некоторые из них показаны на рисунке 124.

К зелёным водорослям относится также подкласс харовых, к которым принадлежит хара (*Chara fragilis*), или лучипла (рис. 125). Это растение встречается в пресных водах и достигает в длину до 0,5 м. Словенце хары имеет длинную ось, состоящую из узлов и междоузлий. От узлов отходят боковые оси, сидящие мутовками. Корневидные ризоиды прикрепляют растение ко дну водоёма, на них развиваются клубеньки с отложениями крахмала. Верхушка главной оси заканчивается точкой роста, состоящей из верхушечной клетки. Каждое междоузлие хары состоит из крупной центральной клетки (до 5 см длины) и многоклеточной коры. В клетках наблюдается вращательное движение протоплазмы. Размножение вегетативное и половое. В пазухах боковых осей развиваются оогонии и антеридии. Половой процесс оогамный. С харой сходна нителла, но она проще организована.



Рис. 125. Водоросль хара (*Chara*).

Диатомовые водоросли (*Diatomeae*)

Диатомовые водоросли во множестве встречаются как в пресноводных, так и в морских водоёмах и находятся как в планктоне, так и в бентосе. Они образуют обширный класс, насчитывающий свыше 5 000 видов. К ним относятся микроскопически мелкие одноклеточные и колоннальные формы.

Клеточная оболочка диатомей состоит из пектиновых веществ, на которые снаружи накладывается устойчивый панцирь из кремнезёма, имеющий на наружной, а частично и на внутренней стороне тонкую структуру в виде штриховых, сетчатых и бугорчатых утолщений. Оболочка состоит из двух отдельных створок, из которых большая прикрывает меньшую, как крышечка корытца. Под защитой оболочки находится протопласт, состоящий из протоплазмы, ядра, хроматофоров и вакуоли. Хроматофоры содержат в себе зелёный хлорофилл, который обычно маскируется бурым пигментом — диатоминном. Крахмал в клетках у диатомей отсутствует, а скапливается масло. Среди многих видов диатомей в пресных водах распространена пиннулярия.

Пиннулярия (*Pinnularia viridis*) — одноклеточная водоросль. В микроскоп можно увидеть её строение (рис. 126, I). Со стороны створки она имеет удлинённо-овальную форму; на створке видны тонкие поперечные полоски — утолщения, чередующиеся с тонкими местами. Посредине створки проходит щель (шов) в виде извилистой тонкой линии. Кроме того, видны три бугорка (узелки): один в центре и два на концах створки. Если пиннулярию рассматривать сбоку (со стороны пояска), то она имеет вид

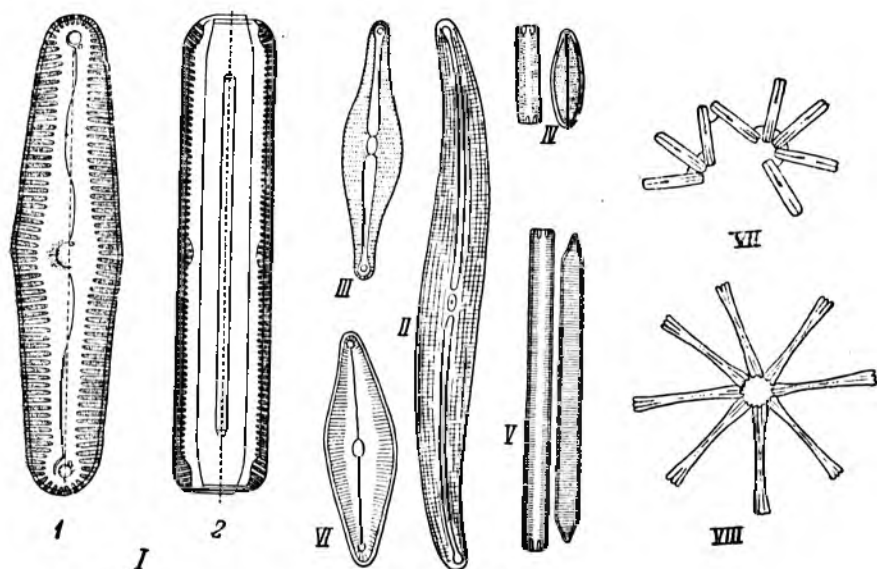


Рис. 126. Диадомовые водоросли:

I — пиннулярия (*Pinnularia*): 1 — вид со стороны створки; 2 — вид со стороны пояска; II — плеурозигма (*Pleurosigma*); III — навинула (*Navicula*); IV — диатомы (*Diatoma*); V — синедра (*Synedra*); VI — кимбелла (*Cymbella*); VII — табеллария (*Tabellaria*); VIII — астерионелла (*Asterionella*).

удлинённого прямоугольника. Теперь можно заметить наружную створку (эпивальву), прикрывающую краями меньшую, внутреннюю створку (гиповальву). Протоплазма у пиннулярии занимает постенное положение. Со стороны створки в ней видны две полоски бурого цвета: это — хроматофоры, которые широкой стороной прилегают к поясковым сторонам. Вся полость клетки занята вакуолей и только в средней части, в широком протоплазматическом мостике, помещается клеточное ядро. Всюду в протоплазме видны капельки масла. Живые клетки пиннулярии, находясь на твёрдом субстрате, обладают подвижностью, что объясняется движением протоплазмы и выделением слизистых веществ через щелевидное отверстие шва.

Размножение пиннулярии происходит путём деления: створки слегка разъединяются, хроматофоры переходят на широкие

створковые стороны, и протопласт делится на две части. Вслед затем обе половинки окончательно разъединяются и начинают самостоятельную жизнь. Обнажившаяся часть протопласта покрывается новой недостающей створкой. В ряде последующих делений происходит измельчание некоторых пиннулярий, так как всегда достигает внутренняя меньшая створка. На смену вегетативному размножению приходит половой процесс, который заключается в том, что створки у двух сблизившихся клеток расходятся, а протопласты сливаются в единое целое. Образуется спора роста (ауксоспора), которая увеличивается до первоначального размера клетки, а затем одевается створками (эпивальной и гиповальной).

Видов диатомовых водорослей множество. Одни из них сходны с пиннулярией и отличаются от неё лишь по форме и величине. У колониальных форм клетки при делении не расходятся, а остаются склеенными слизью в виде длинных цепочек, лент и разветвлённых колоний. У многих планктонных диатомей развиваются разнообразные приспособления, уменьшающие их удельный вес (стр. 205). Различные виды диатомей показаны на рисунке 126. Кремневые панцири диатомовых водорослей отличаются большой устойчивостью: они сохраняют свою форму после сгнивания клеток и даже после сжигания их.

Бурые и красные водоросли (Phaeophyceae и Rhodophyceae)

Бурые и красные, или багряные, водоросли образуют два самостоятельных класса растений, но так как они растут при сходных условиях и встречаются, за редкими исключениями, в морской воде, то мы описываем их вместе. Эти водоросли растут в воде, прикрепившись к дну водоёма, раковинам, подводным камням, к другим водорослям, и часто составляют главную составную часть бентоса. Пигмент фукоксантин ($C_{40}H_{58}O_6$), имеющий бурую окраску, маскирует собой зелёный хлорофилл в хроматофорах бурых водорослей, чем и объясняется их темнобурый цвет, переходящий иногда почти в чёрный, а иногда в оливково-зелёный цвет. У красных водорослей в хроматофорах, помимо хлорофилла, имеется синий фикоциан и красный фикоэритрин. Сочетание этих пигментов придаёт слоевищам желтоватый, синеватый, а чаще яркокрасный цвет, почему эти водоросли и называются красными, или багряными.

Бурые водоросли поселяются в прибрежных, более мелководных зонах, а красные встречаются начиная от самых мелких и до глубоких местообитаний (40—60 м). Замечено, что мелководные виды красных водорослей имеют бледнорозовую и желтоватую окраску, на больших водных глубинах окраска их становится более яркокрасной и глубоководные формы отличаются наиболее темнокрасным цветом. При отмирании бурых и красных водорослей слоевище их приобретает зелёный цвет.

Красная окраска глубоководных водорослей — это биологическое приспособление к условиям жизни. На глубину их распространения проникают голубые, синие и зелёные лучи света, которые лучи е улавливаются хроматофорами, имеющими красную окраску. Фотосинтез у красных водорослей, имеющих дополнительные к хлорофиллу пигменты (фикоциан и фикоэритрин), происходит наиболее энергично в синих лучах.

Клетки, из которых состоит слоевище бурых и красных водорослей, имеют целлюлозные, часто ослизняющиеся оболочки, протоплазму, клеточный сок, одно ядро и хроматофоры обычно зернистые и без пиреноидов. Продуктами ассимиляции углерода у бурых водорослей являются простые сахара, а также растворимый

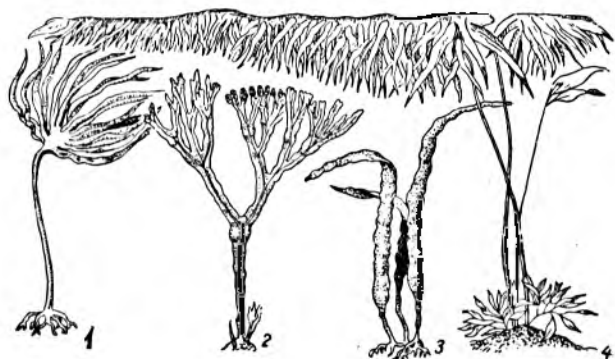


Рис. 127. Бурые водоросли:

1 — ламинария (*Laminaria digitata*); 2 — фукус (*Fucus*);
3 — ламинария (*Laminaria saccharina*); 4 — макроцистис
(*Macrocystis*) (сильно уменьш.).

ламинарин, а у багряных — багряниковый крахмал, окрашивающийся от иода в красно-бурый цвет. В клеточном соке бурых водорослей часто скопляются дубильные вещества; в клеточных оболочках багряных водорослей наблюдаются простые поры и плазмодесмы. Слоевище бурых и багряных водорослей отличается большим разнообразием форм. Каждый из этих типов растений имеет роды и виды с просто организованным слоевищем в форме нитей, лентовидных пластинок с дихотомическим ветвлением, а также роды и виды, обладающие весьма сложным строением слоевища, состоящим из стеблевидно-листовидных органов с развитыми ризоидами и дифференцированными «тканями» (механическими, ассимиляционными, запасными, проводящими). Размеры слоевищ колеблются от нескольких сантиметров до многих метров.

Для ознакомления с образом жизни и со способами размножения бурых и красных водорослей мы даём краткое описание некоторых из них.

Ламинария (*Laminaria*) — многолетнее растение, принадлежащее к семейству ламинариевых, к которому относятся также гигантские тихоокеанские макроцистисы, достигающие длины до 60 м и более. Слоевище лами-

вари (L. saccharina), растущих у Мурманского побережья, а также в Белом море, имеет в длину до 5 м. Оно состоит из черешка и длинной лентовидной пластинки (рис. 127, 3). У другого вида ламинарии (L. digitata) (рис. 127, 4) пластинка сидит на длинном черешке и имеет пальчатораздельную форму. На поверхности листовидной пластинки развиваются зооспороангии с гаплоидными зооспорами. Из одних зооспор вырастают микроскопических размеров мужские заростки с антеридиями, в которых созревает по одному подвижному сперматозоиду; из других зооспор вырастают столь же мелкие женские заростки с оогониями, в которых созревает по одной яйцевой клетке. После оплодотворения из диплоидной зиготы вырастает новая ламинария.

Фукус (Fucus) (рис. 127, 2) — бурая водоросль, имеющая широкое распространение в Балтийском море и в других северных морях. Слоевище фукуса плоское, со средней жилкой, дихотомически разветвлённое, достигающее до 1 м длины при пятилетнем возрасте. На слоевище развиваются воздухоносные вздутия, способствующие его пловучести. Нижняя часть слоевища имеет стеблевидную форму, на конце с расширенным основанием, которое плотно прирастает к подводным камням. Листовидная плоская часть слоевища состоит из переплетающихся многоклеточных нитей, образующих более рыхлую ткань внутри и плотную снаружи. Бесполое размножение у фукуса отсутствует, а половой процесс происходит оогамно. На концах бурого слоевища появляются вздутия более светлой окраски, в которых развиваются шаровидные полости (скафидии), открывающиеся наружу отверстием (рис. 128, 1). В этих полостях между тончайшими многоклеточными нитями (парафизами) развиваются женские оогонии и мужские антеридии, иногда в одной и той же полости, но чаще в полостях, развившихся на разных экземплярах. Каждый оогоний обычно имеет по 8 яйцевых клеток, а в антеридиях, сидящих на разветвлённых нитях, развивается по 64 сперматозоида. Яйцевые клетки крупнее сперматозоидов примерно в тысячу раз. Как оогонии, так и антеридии через наружное отверстие в полости выделяются вместе с каплями слизи наружу. Яйцевые клетки и сперматозоиды освобождаются от оболочек, и в воде происходит оплодотворение. Множество сперматозоидов быстро плавают вокруг яйцевой клетки, которая приходит во вращательное движение. Один из сперматозоидов проникает внутрь яйцевой клетки и сливается с ней. Зигота без периода покоя прорастает и из неё развивается новый фукус. Редукционное деление у фукусов происходит при образовании половых клеток. При массовом развитии сперматозоидов вода возле фукусов окрашивается в красноватый цвет, так как каждый сперматозоид имеет красный «глазок».

Размножение красных водорослей. Характерная особенность красных водорослей — отсутствие зооспор и подвижных гамет. При бесполом размножении у них развиваются многочисленные спорангии, в которых созревают неподвижные клетки — споры — по одной (моноспоры) или по четыре (тетраспоры). Эти споры выпадают из спорангиев, разносятся течениями воды и, прорастая, превращаются в новые красные водоросли (рис. 128, II).

При половом процессе на одних экземплярах развиваются многочисленные бесцветные клетки — антеридии, содержимое которых превращается

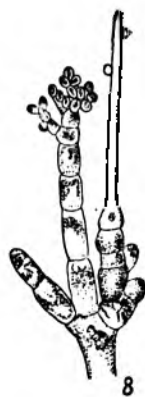
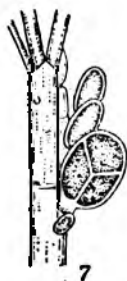
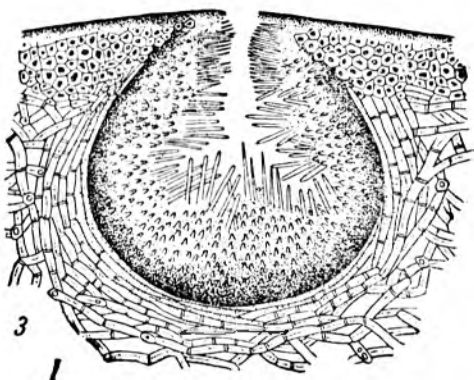
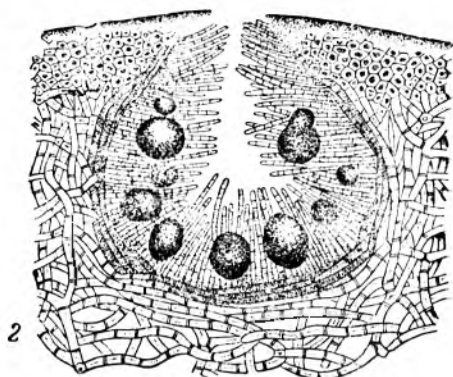


Рис. 128. Размножение бурых и красных водорослей:

I — бурая водоросль: 1 — слоевище фукуса; 2 — разрез скафидия с оогониями; 3 — разрез скафидия с антеридиями; 4 — выход сперматозоидов из антеридия; 5 — оплодотворение яичевой клетки. II — красная водоросль: 6 — слоевище; 7 — образование тетраспор; 8 — ветвь с антеридиями и с карпогоном.

и неподвижные мужские гаметы (спермации). Множество их разносится течениями воды и часть из них участвует в оплодотворении. На других экземплярах развиваются женские одноклеточные органы — оогонии, имеющие форму бутылочек с тонким удлинённым горлышком. В отличие от обычных оогоний, их называют карпогонами. Расширенная часть карпогона — брюшко содержит ядро и хроматофор, а тонкая удлинённая часть (трихогине) служит для восприятия сперматозоидов. Трихогина наполнена бесцветной протоплазмой. Находящиеся в воде сперматозоиды прилипают к трихогине, окружаются оболочкой и содержимое одного из них проникает в трихогину, а затем в брюшко карпогона и оплодотворяет яйцевую клетку. После оогадного полового процесса брюшко карпогона разрастается и развиваются карпоспоры, которые после созревания разделяются, разносятся водой и, прорастая, превращаются в новые слоевища водорослей.

Густые заросли зелёных, бурых и красных водорослей, образующие морской бентос, способствуют развитию животной жизни. Животные получают от растений кислород, пищу; находят для себя убежища, укрытые для икры и мальков.

Для добывания иода пригодна бурая водоросль ламинария, красная филлофора и др. Ламинария используется также для добывания альгиновых солей и в корм животным. Агар добывается из красных водорослей.

Синезелёные водоросли (Cyanophyceae)

Синезелёные водоросли встречаются не только в доброкачественной воде, но и в воде, испорченной загнившими органическими веществами. Часто в стоячей воде, в прудах, в небольших озёрах, в медленно текущих реках вода начинает цвести синезелёным цветом и приобретает неприятный запах. На поверхность воды всплывают синезелёные хлопья из переплетённых тонких нитей, и поверхность затягивается грязнозелёным слоем из отмерших планктонных и бентосных водорослей. Рыбы страдают от недостатка воздуха и замирают. Синезелёные водоросли растут также на поверхности почвы и в верхних её слоях. Их особенно много в воде и в почве, загрязнённых органическими отбросами, так как они питаются не только автотрофно, но и гетеротрофно, т. е. за счёт органических веществ.

Синезелёные водоросли бывают одноклеточные и многоклеточные; последние имеют форму нитей. Клеточные оболочки состоят преимущественно из пектиновых веществ и легко ослизняются. Протоплазма клетки густая, без ядра, без вакуолей. Наружный слой её — корковый слой — окрашен в синезелёный цвет, а внутреннее центральное тело не окрашено и содержит нуклеиновые вещества. Пигментация, создающая окраску наружного слоя, состоит из зелёного пигмента хлорофилла, оранжевого — каротина, синего — фикоциана, а иногда и красного — фикоэритрина. От сочетания этих пигментов зависят оттенки окраски синезелёных водорослей: то они с более синим, то с зелёным, то с желтоватым или красноватым оттенком. Не только разные виды имеют различные оттенки синего и зелёного цвета, но и каждый вид водоросли изменяет окраску в зависимости от условий среды

и от освещения. При нагревании клетки теряют фикоциан и мёртвая водоросль приобретает зелёный цвет.

Продуктами ассимиляции углерода являются гликоген и близкий к нему анабенин, которые скопляются в центральном теле. В постенном слое также наблюдаются запасные продукты в виде мельчайших зёрнышек.

Размножение одноклеточных синезелёных водорослей совершается путём деления клеток пополам с последующим их разъединением. У колониальных форм отделившиеся клетки остаются соединёнными между собой слизью. Нитчатые формы распадаются на отдельные кусочки, называемые гормогониями, которые путём деления клеток вырастают в новые нити. Часто у нитчатой водоросли или у водоросли, состоящей из цепочки клеток, появляются более крупные клетки, лишённые протопласта, — гетероцисты, по которым происходит разрыв на гормогонии. Иногда обычные клетки синезелёной водоросли увеличиваются, в них откладываются запасные вещества, оболочка утолщается, они разъединяются и превращаются в споры, служащие для размножения. Зооспору у них не образуется, и половым процессом они не обладают. Синезелёные водоросли считаются наиболее древними организмами на земном шаре.

Синезелёных водорослей известно до 150 родов и около 1 500 видов. В пресных водах они более распространены. Рассмотрим некоторые из них.

Хроококк (*Chroococcus*) — одноклеточная шаровидная водоросль, встречается во множестве на влажных почвах и в воде. Иногда клетки после деления окружаются слизью и остаются в виде колоний. Сходна с этой водорослью *Глеокапса* (*Gloeocapsa*), образующая более крупные слизистые колонии клеток. При расслизнении колоний синезелёные клетки освобождаются.

Осциллятория (*Oscillatoria*) (рис. 129, А) и сходные с ней нитчатые синезелёные водоросли. В массе эти нити образуют темноватые хлопья синезелёного цвета. Часто они скопляются на стенках аквариума возле воды. Нити тонкие. Каждая нить состоит из множества коротких цилиндрических, сходных между собой, клеток, расположенных в один ряд. Рост клеток происходит с одного конца путём деления клеток. Растущие концы нитей осциллятории несколько изогнуты. Нити обладают способностью двигаться, качаться из стороны в сторону и переползать с одного места на другое вследствие одностороннего выделения слизи. Размножаются гормогониями.

Сходна с предыдущей *Анабена* (*Anabaena*), но у неё имеются гетероцисты, по которым нить разрывается при размножении, и имеются крупные споры. *Артроспира* (*Arthrospira*) имеет нить штопоровидно изогнутую. *Лингбия* (*Lyngbia*), *Толипотрикс* (*Tolypothrix*) имеют трубчатое целлюлозное влагалище, охватывающее нити. *Ривулярия* (*Rivularia*) состоит из нитей, которые утолщаются к концу. Толстый конец заканчивается гетероцистой и окружён трубчатым влагалищем. Нити собраны в общие шаровидные колонии.

Носток (*Nostoc*) (рис. 129, Б) образует колонии в виде слизистых шаров синевато-зелёного цвета, плавающие в заболочивающихся озёрах. Шары достигают размеров сливы и снаружи имеют плотную плёнку, под которой расположена слизистая масса. В микроскоп видно, что в слизистую массу погружены

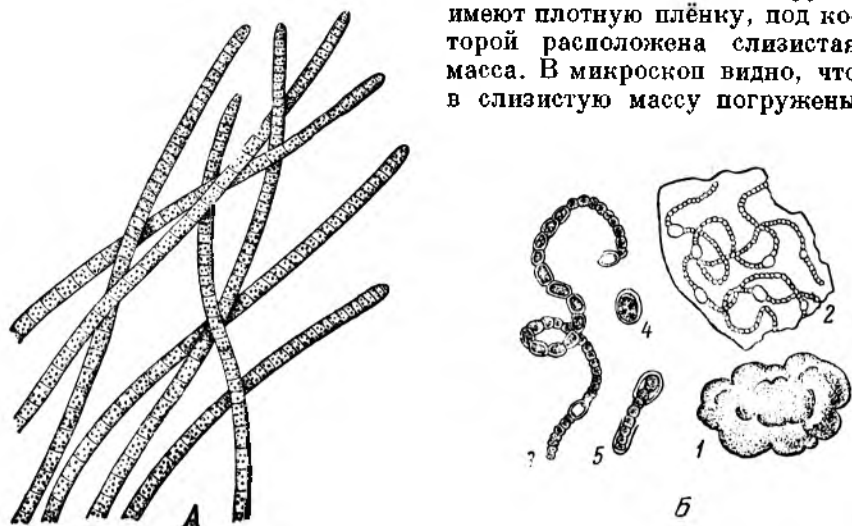


Рис. 129. Синезелёные водоросли:

А — осциллятория (*Oscillatoria*); Б — носток (*Nostoc*); 1 — колония в виде слизистого комка; 2 — часть такой колонии при малом увеличении; 3 — отдельная нить, сильно увеличенная; 4 — спора; 5 — прорастание споры.

многочисленные переплетающиеся изогнутые нити, состоящие из мелких синезелёных клеток шаровидной формы. Нити имеют гетероцисты и при расслизнении шара распадаются на гормогонии.

2. БАКТЕРИИ (BACTERIA)

Общая характеристика бактерий

Бактерии — мельчайшие из всех известных организмов. Наука, изучающая бактерии, называется бактериологией. Величина бактерий различна — в среднем от 0,3 до 3 μ , хотя встречаются более мелкие и более крупные виды¹.

Формы бактерий также различны. Типичные бактерии — одноклеточные растения. Форма их в разные периоды жизни может изменяться. *Bacterion* — слово греческое, означает «палочка». Такую форму, например, имеет *Bacterium radicolica* из клубеньков на корнях бобовых. Однако бактерии не всегда имеют вид палочки, как это видно из рисунка 130.

¹ μ (микрон) равен 0,001 мм. О бактериях мельче 0,2 μ мы знаем ещё мало, так как они не видны в оптические микроскопы. Они обнаруживаются с помощью ультрамикроскопов и с помощью электронных микроскопов, дающих увеличение в десятки и даже в сотни тысяч раз.

Встречаются также следующие формы бактерий: бациллы — тонкие, длинные палочки (например, туберкулёза, сибирской язвы, брюшного тифа, чумы и других болезней); извитые формы — спириллы; шаровидные формы — кокки (например, менингита); формы, более спирально изогнутые и более длинные, чем спириллы, — спирохеты (например, возвратного тифа и сифилиса); вибрионы — изогнутые палочки (например, холеры); диплококки — сроски из двух кокков (например, крупозного воспаления лёгких); стрептококки — цепочки из кокков; сроски в виде пакетиков из восьми и более кокков — сарпины — и нитевидные формы. Многие бактерии обладают способностью

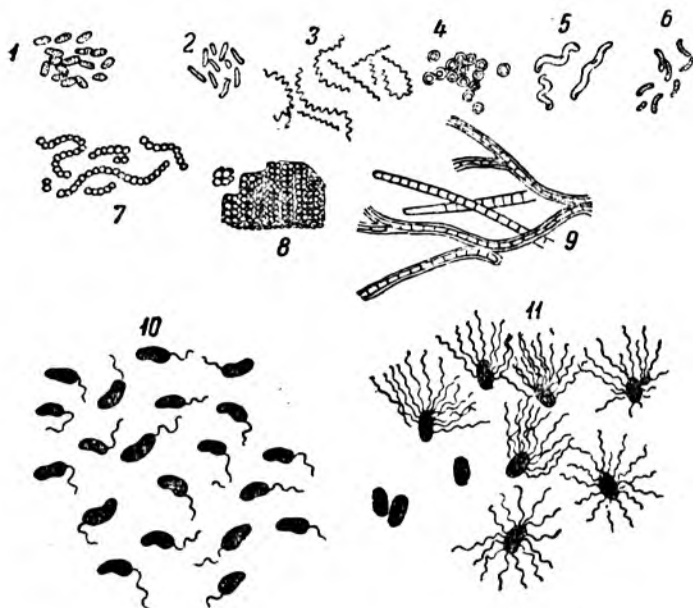


Рис. 130. Бактерии:

1 — бактерии; 2 — бациллы; 3 — спирохеты; 4 — кокки; 5 — спираллы; 6 — вибрионы; 7 — стрептококки и диплококки; 8 — сарпины; 9 — нитевидные формы; 10 — жгутиковые формы; 11 — реснитчатые формы.

двигаться (сенная, тифозная, кишечная). Способность к движению, наблюдающаяся в известную пору жизни, объясняется наличием жгутиков — тончайших протоплазматических выростов, а также ритмическими сокращениями клетки, как это наблюдается у спирально извитых форм. Однако большинство бактерий пассивно и переносится токами воды и воздуха. Некоторые бактерии, выделяющие слизь, размножившись, образуют скопления — зооглеи. Слизь удерживает их на месте возле источников питания.

Бактерии, за исключением немногих видов, лишены хлорофилла, и поэтому большая часть из них относится к гетеротрофным растениям, т. е. растениям, питающимся готовыми органическими веществами, которые они разлагают на более простые. Под влиянием разнообразной деятельности бактерий органическое вещество минерализуется, т. е. распадается на простые вещества (CO_2 , H_2O , NH_3 , H_2S и др.). В противоположность зелё-

ным растениям — созидателям органического вещества, гетеротрофные бактерии являются разрушителями органических веществ.

Однако среди бактерий встречаются и автотрофные, т. е. такие, которые усваивают углерод из углекислого газа воздуха. К ним относятся зелёные и пурпурные бактерии. У последних зелёный хлорофилл замаскирован красными каротиноидами. Как и все хлорофиллоносные растения, они используют энергию света для своей жизнедеятельности. Кроме того, есть хемосинтезирующие бактерии, которые для усвоения углерода из углекислого газа воздуха используют химическую энергию, получаемую ими при окислении неорганических веществ (см. стр. 231 и 235).

Бактериальная клетка имеет оболочку и содержимое. Содержимое клетки имеет щелочную реакцию. Оболочка состоит из белковых веществ или из гемиллюлозы, а также из жироподобных и воскоподобных веществ. У некоторых бактерий часть оболочки слизистая и образуется толстый разбухший наружный

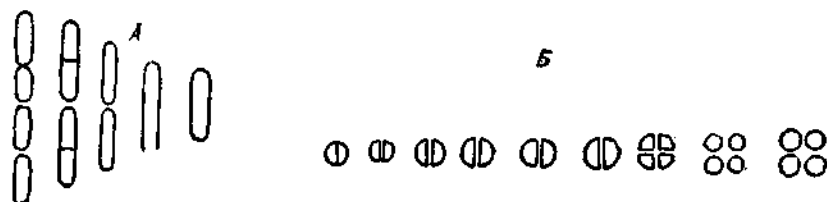


Рис. 131. Схема деления бактерий:

А — деление бацилл с немедленным расхождением дочерних клеток; Б — деление круглых форм в одном и двух направлениях.

слой (слизистая капсула). Содержимое клетки — протоплазма — белкового состава, в которой откладывается жир и вместо крахмала — гликоген («животный крахмал»). Клеточные ядра обычно незаметны, но при окраске в протоплазме обнаруживаются тельца, которые напоминают ядра. Предполагают, что ядерное вещество у бактерий диффузно распределено между частицами протоплазмы. В протоплазме ещё бывают заметны вакуоли. Размножаются бактерии с помощью деления, причём довольно быстро. Так, например, сенная бацилла при температуре в 35° делится через каждые 20—25 минут, при температуре в $20-25^{\circ}$ — через 35 минут, а при $12,5^{\circ}$ — через 4—5 часов. Учёные высчитали, что одна бацилла в 2 μ длины и в 1 μ ширины, делясь через каждые полчаса (рис. 131), даёт поколение, от которого через два дня получится 281 миллиард бактерий объёмом в 0,5 л. Через следующие трое суток при беспрепятственном делении потомство одной бактерии заполнило бы все моря и океаны. Если этого нет, то только потому, что бактерии гибнут в несметном количестве от недостатка пищи и от разнообразнейших внешних неблагоприятных влияний. Образование спор предохраняет бактерии от вредных изменений, которым они подвергаются в природе (при высыхании, промерзании и пр.).

Споры образуются у многих удлинённых палочковидных бактерий (бацилл), а также у некоторых шаровидных. В клетке, вследствие выделения воды из вакуолей, появляется уплотнение протоплазмы, которая окружается собственной прочной оболочкой. Спора образуется внутри клетки и освобождается из клетки после растворения материнской оболочки. Попадая в благоприятные условия тепла и влаги, спора прорастает, т. е. плотная оболочка её разрывается, а освобождённое содержимое покрывается тонкой оболочкой и начинает делиться.

Количество бактерий в природе неисчислимо велико. Трудно найти место, где бы не было бактерий. Их множество в навозе, почве, молоке, воде и т. д. Даже в воздухе они носятся в большом количестве в виде мельчайшей невидимой пыли. Существуют довольно точные методы определения количества бактерий в определённом объёме.

Вот результаты подобных подсчётов:

В 1 м ³ воздуха полей находится	100	бактерий
» 1 см ³ воды находится	1 000	»
» 1 « молока »	1 000 000	»

Работы русского учёного С. Н. Виноградского показывают, что в 1 г бедной почвы находится бактерий 300—500 млн., в средней почве — около одного миллиарда и в богатой почве — более двух миллиардов. По мере углубления в почву бактерии исчезают. Больше всего бактерий встречается в навозе: в 1 мм³ их насчитывается сотни миллионов и миллиарды; одна треть сухого вещества навоза по весу состоит из бактерий.

Бактерии по отношению к кислороду воздуха бывают двух родов: аэробы, которые развиваются в присутствии кислорода, и анаэробы, которые развиваются без кислорода. Факультативные аэробы — такие бактерии, которые могут развиваться в присутствии кислорода воздуха и без него; облигатные аэробы развиваются только в присутствии кислорода, облигатные анаэробы развиваются только без него.

Об отношении бактерий к свету можно судить по одной пословице: «Куда не заглядывает солнечный луч, туда приходится заглядывать врачу». Солнечные лучи убивают бактерии. Можно сделать такой опыт. Взять две пробирки и налить их прозрачным питательным бульоном; одну из них затенить чёрной бумагой, а другую — поставить на солнечный свет. Пробирка, которая была затенена, будет содержать через некоторое время мутную жидкость, потому что в ней уже начали развиваться бактерии, а в другой пробирке жидкость будет прозрачной. Губительными лучами для бактерий являются синие, фиолетовые и ультрафиолетовые лучи, которые убивают их. За последнее время лучи света используют для лечения от различных болезней, например «горное солнце» употребляют для лечения костного туберкулёза и других болезней. Свет является одним из факторов самоочищения рек от бактерий.

Для сельскохозяйственных животных имеют огромное значение светлые, просторные скотные дворы, ежедневно вычищаемые. В таких помещениях содержится меньше бактерий.

Роль бактерий в природе и в сельском хозяйстве

Одни бактерии являются полезными, другие — вредными.

Положительная роль бактерий заключается прежде всего в том, что они обуславливают круговорот веществ в природе. Бактерии минерализуют сложные органические вещества, превращают их в вещества более простые. Без бактерий земной шар вскоре же покрылся бы трупами животных и отмерших растений и жизнь была бы невозможна. Из мёртвого органического вещества, в состав которого входят белки, жиры и углеводы, бактерии освобождают вещества минеральные, необходимые для дальнейшего развития жизни.

Микроскоп помог доказать, что во всяком разлагающемся теле развиваются в большом количестве бактерии. Массовое появление бактерий в разлагающихся веществах объясняется благоприятными условиями для размножения бактерий, споры которых попадают на тела из окружающей среды. Доказано, что если убить бактерии и их споры, находящиеся в органическом веществе, и не дать возможности новым бактериям проникнуть из окружающей среды к органическому веществу, то оно не будет подвергаться разрушению. Это открытие прошлого века сыграло огромную роль в практической жизни, например в развитии консервной промышленности, в хирургии, в микробиологической практике, в молочном деле и т. п.

В сельскохозяйственной жизни значение бактерий исключительно велико. От их жизнедеятельности зависят плодородие почвы. Бактерии — посредники между почвой и зелёным растением. Корни растений окружены почвой, в которой несметное количество бактерий (ризосфера). Деятельностью разнообразных бактерий обуславливается в значительной мере газообмен, совершающийся в природе. В сельском хозяйстве, при хранении продуктов, приходится считаться с бактериями. Ряд брожений обуславливается деятельностью бактерий.

Бактерии, поселяющиеся на мёртвом органическом субстрате относятся к с а п р о ф и т н ы м организмам, а поселяющиеся на живых организмах и причиняющие им вред, относятся к п а р а з и т н ы м организмам и называются патогенными бактериями. Последние вызывают инфекционные болезни животных, растений и самого человека.

Гниение и нитрификация

Гниением называется разрушение бактериями органических веществ, содержащих в себе азотистые, преимущественно белковые, вещества. Процесс гниения встречается всюду: гниют трупы

отживших животных и растений, гниют мясные и рыбные продукты, повреждённые корнеплоды, гниют листья в лесу, растения в водоёмах; в навозе и в почве гниют азотистые вещества; в толстых кишках животных и человека происходит гниение остатков пищи. Гниение сопровождается выделением углекислого газа, а также многих неприятно пахнущих газов (индол, скатол, сероводород, метан и др.). Кроме того, при гниении выделяются органические яды — п т о м а и н ы. Поэтому нельзя скармливать животным испортившиеся корма. В процессе гниения участвует много различных видов бактерий — как анаэробов, так и аэробов. Одни виды бактерий разлагают сложные органические вещества на более простые вещества, которыми питаются другие виды; флора вторых видов бактерий сменяется третьим видом и т. д., пока органическое вещество не минерализуется на ряд простых веществ, как вода, минеральные соли, углекислый газ, аммиак, сероводород и др. При этом скрытая энергия, находящаяся в органическом веществе, освобождается и идёт на жизнедеятельность бактерий. Иногда избыток энергии идёт на нагревание, как, например, в разлагающемся сене, или энергия выделяется в виде света так называемыми светящимися бактериями, например, при гниении испорченного мяса.

Мы разберём процессы деятельности бактерий, совершающиеся в навозе и в почве. Прежде всего необходимо помнить, что в навозе содержится боль-

шое количество мочевины $\left(\text{CO} \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \diagdown \\ \diagup \\ \text{NH}_2 \end{array} \right)$, которая под влиянием

бактерий аммонификации присоединяет к себе две молекулы H_2O и превращается в углекислый аммоний $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$:



Аммонийные соли под влиянием бактерий нитрификации, в большом количестве встречающихся в навозе и в почве, подвергаются превращению в соли азотистой и азотной кислот. За счёт энергии окисления при этом процессе протекает жизнедеятельность бактерий нитрификации. Процесс нитрификации — процесс образования селитры в почве, а мы знаем, какое громадное значение для роста зелёных растений имеет присутствие этой соли в почве. Что образование селитры в почве есть биологический процесс, впервые доказали учёные Шлезинг и Мюнц. Они брали длинные толстые стеклянные трубки и наполняли их песком. Затем через верхний конец трубки вливали раствор аммиачной соли и исследовали жидкость, вытекающую через нижний конец трубки. Вытекающая жидкость содержала в себе соли азотной кислоты, а аммиачные соли из неё исчезали. Подвергая трубки с песком хлороформированию или нагреванию до температуры 110° , исследователи доказали, что процесс превращения аммиачных солей в

селитру прекрашается, из чего они сделали вывод, что нитрификация зависит от каких-то живых микроорганизмов.

Знаменитый русский микробиолог С. Н. Виноградский в 1889 г. выделил из почвы чистые культуры бактерий нитрификации двух родов, из которых первая бактерия (*Nitrosomonas*) (рис. 132, I) переводит аммиачные соли в соли азотистой кислоты ($2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 158$ калорий), а вторая (*Nitrobacter*) переводит соли азотистой кислоты в соли азотной кислоты ($2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{HNO}_3 + 38$ калорий).

Позднее в почвах всех стран были найдены подобные же бактерии, чем и доказано, что нитрификация — это процесс весьма распространённый. Успех нитрификации зависит от присутствия в почве достаточной влажности, достаточного количества солей кальция, связывающего азотную кислоту, а также от доступа воздуха в почву, так как бактерии нитрификации относятся к облигатным аэробам. Отсюда вытекает необходимость правильной глубокой обработки почвы.

Как видно из приведённых выше формул реакций, нитрификация сопровождается выделением энергии.

Эта химическая энергия окисления используется для разложения углекислоты и для использования углерода на образование органических веществ, входящих в состав тела бактерий. Подобного рода синтез органических веществ, заключающийся в превращении одной формы химической энергии в другую, называется х е м о с и н т е з о м.

Как прямая противоположность этим полезным бактериям, в почвах заболоченных или сильно уплотнённых встречаются д е н и т р и ф и ц и р у ю щ и е бактерии, производящие разрушение азотнокислых солей вплоть до выделения в воздух свободного азота. Процесс денитрификации — вредный для сельского хозяйства процесс, с которым необходимо вести постоянную борьбу. Всякое уплотнение почвы, связанное с неправильной обработкой её и с образованием на поверхности корки, усиливает этот вредный процесс, так как бактерии денитрификации являются анаэробами.

Кроме перечисленных выше бактерий, в почве встречаются ещё чрезвычайно интересные и полезные бактерии, обладающие способностью связывать свободный азот воздуха и делать его доступным для питания зелёных растений. Одна из этих бактерий *Azotobacter* (рис. 132, II) является аэробной, а другая *Clostridium Pasteurianum* — анаэробной. Успешное развитие азотфиксирую-



Рис. 132. I — *Nitrosomonas europaea* (увел. в 1 000 раз) (бактерии нитрификации); II — *Azotobacter chroococcum* (азотусвязывающие бактерии).

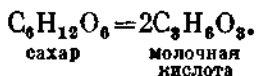
щих бактерий связано с развитием почвенных водорослей. Последние образуют углеводы и другие безазотистые вещества, необходимые для развития азотфиксирующих бактерий.

При изучении физиологии растений мы разберём вопрос о полезной бактерии, улавливающей свободный азот воздуха (*Bact. radicola*), встречающейся в почве и заражающей корни бобовых растений, на которых развиваются клубеньки.

Брожения

Большая часть бактерий для своего развития нуждается в органическом веществе. С помощью ферментов они расщепляют его на более простые соединения. Разложение безазотистых соединений (углеводов) при посредстве бактерий (и грибов) называется брожением.

Установлено, что особенно важное значение в сельскохозяйственном производстве имеет процесс молочнокислого брожения, вызываемый несколькими видами «молочнокислых бактерий» (*Streptococcus lactis*, *Bacterium Bulgaricum*, *Bacterium caucasicum* и др.). Молочнокислое брожение заключается в том, что сахар — лактоза превращается в две частицы гексозы ($C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6$), а каждая частица гексозы распадается на две частицы молочной кислоты:



Появляющаяся в молоке кислота свёртывает белок — казеин в плотную массу, почему и получается простокваша. Молочная кислота препятствует размножению гнилостных бактерий. При скисании молока её накапливается до 1%. Для приготовления простокваши хорошего качества молоко предварительно подвергают кипячению или пастеризации¹ и заражают чистой культурой молочнокислых бактерий. Употребление в пищу такой простокваши особенно рекомендовалось нашим выдающимся учёным И. И. Мечниковым, который считал, что простокваша препятствует развитию ядовитых процессов гниения, совершающихся в кишечнике человека, и тем предохраняет его от преждевременной старости.

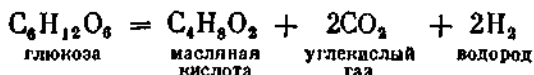
Молочнокислое брожение имеет особо важное значение для приготовления силосованного корма. Это важное мероприятие требует дальнейшего изучения. В настоящее время известно, что при силосовании корма происходят, кроме наиболее важного молочнокислого брожения, и другие виды брожения. Поэтому в силосе, кроме молочной кислоты, обра-

¹ Пастеризацией молока называется кратковременное (в течение 2—3 минут) нагревание его при температуре 80—85° или нагревание при температуре 63—65° в течение 20—30 минут. В отличие от стерилизации, при которой погибают все бактерии и их споры, при пастеризации уничтожаются лишь до 99% болезнетворных и молочнокислых бактерий, но зато в большей степени, чем при кипячении, сохраняются полезные составные части молока (витамины, молочный сахар, жир и др.).

зается незначительное количество этилового спирта, а также—при выделении углекислого и других газов — уксусная кислота. Скопившиеся кислоты предохраняют силосную массу от загнивания.

Молочнокислые бактерии могут обходиться без кислорода воздуха, но могут проявлять свою деятельность и в присутствии воздуха. Оптимальной температурой для них является температура в 37—44°, но некоторые из молочнокислых бактерий не прекращают своей деятельности при температуре 18—20°. При высокой температуре силосование протекает быстро и называется горячим, а при низкой температуре протекает медленно и называется холодным. При горячем силосовании измельчённую зелёную массу равномерно укладывают в силосную башню или в яму слоем до 1 м, а в середину вставляют железный прут или термометр на длинном стержне. Благодаря брожению температура через 1—2 дня внутри массы поднимается выше 40°, а иногда и до 50°, о чём судят приблизительно по нагретшемуся пруту или точно по термометру. Согревшуюся массу утрамбовывают и вновь укладывают такой же слой зелёной массы, которую также уплотняют, когда она согрелась. В таком порядке происходит наполнение всей ямы или башни. При горячем способе силосования съедобность грубостебельчатых растений (осоки, бурьяны и т. п.) сильно повышается. Более распространён холодный способ силосования, заключающийся в том, что подложная зелёная масса растений подвергается измельчению и беспрестанной загрузке и уплотнению, особенно у стенок и углов. Брожение при этом способе совершается медленнее, чем при предыдущем, и температура поднимается лишь до 20—30°. Как при холодном, так и при горячем способах силосования создаются условия, наиболее благоприятные для жизнедеятельности молочнокислых бактерий, а другие, вредные для силосования бактерии, как, например, маслянокислые, уксуснокислые, а также и всевозможные плесени, не находят для себя подходящих условий. При набивке силосной башни или ямы соблюдаются следующие условия: зелёная масса должна быть тщательно очищена от гризи, влажность её должна быть 65—70%, измельчение — на 4—4,5 см. Для заражения зелёной массы бактериями молочнокислого брожения рекомендуется обрызгивать измельчённую зелёную массу закваской, т. е. растительным экстрактом, содержащим эти бактерии. При брожении вся масса силосованного корма сильно оседает, поэтому через несколько дней после наполнения силоса следует добавочно заполнить сверху освободившееся пространство.

Маслянокислое брожение протекает без доступа кислорода воздуха, так как бактерии, вызывающие это брожение, принадлежат к облигатным анаэробам. Развиваются они при температуре 30—35°, а также и при более высоких температурах. Сбраживанию подвергается глюкоза, которая под влиянием маслянокислых бактерий разлагается на одну молекулу масляной кислоты, на две молекулы углекислого газа и на две молекулы водорода. Это брожение протекает по уравнению:



Маслянокислое брожение встречается в навозе, почве, молоке, сыре, масле и т. д. Иногда оно сопровождается выделением метана, этилового спирта, молочной и уксусной кислот.

Из бактерий маслянокислого брожения приходится указать на почвенную бактерию — *Clostridium Pasteurianum*, о которой мы говорили выше, что она способна усваивать азот из воздуха. Эта бактерия обладает способностью давать стойкие споры. Другой

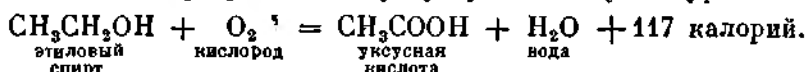
вид этой бактерии (*S. butyriscum*) вызывает прогоркание масла и кипячёного молока. Запах созревающего сыра обуславливается запахом масляной кислоты.

Кроме того, в почве есть бактерии, сбраживающие клетчатку, для чего они выделяют соответствующие ферменты. Эти бактерии разрушают растительные остатки в почве и навозе. Встречаются также маслянокислые бактерии (*Grapulobacter pectinovorum*), сбраживающие пектиновые вещества и играющие важную роль при мочке прядильных культур.



Рис. 133. *Bacterium aceti* (бактерии уксусного брожения).

Наконец, существует ещё уксуснокислое брожение, вызываемое рядом уксуснокислых бактерий (например, *Bacterium aceti*, *Bact. Pasteurianum*, *Bact. Kützingianum* и др.) (рис. 133). Всем известно, что если вино оставить незакрытым, то через некоторое время оно превращается в уксус. На поверхности такого прокисшего вина образуется плёнка, состоящая из разноразличившихся бактерий. При уксуснокислом брожении этиловый спирт окисляется и превращается в уксусную кислоту по уравнению:



Один из способов приготовления уксуса заключается в том, что вино наливают в плоские чаны на $\frac{2}{3}$ высоты и заражают уксуснокислыми бактериями. Уксусное гнездо быстро разрастается по всей поверхности и недели через две получается уксус. Бактерии уксуснокислого брожения являются облигатными аэробами. Развиваются они при температуре 20—30°.

В природе встречаются ещё две группы интересных бактерий — серобактерии и железобактерии. Первые из них поглощают сероводород (H_2S), выделяющийся при гниении белковых соединений. Поглощённый сероводород они превращают сперва в серу, а затем в серную кислоту ($\text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 115 \text{ калорий}$), которая при наличии углекислых солей переходит в сернокислые соединения и таким образом становится вновь доступной для питания зелёных растений. Процесс окисления сероводорода серобактериями был открыт русским учёным С. Н. Виноградским.

Сера входит в состав белков, а потому скопление разлагающихся животных и растительных остатков в почве и в воде некоторых озёр, лиманов и морей приводит к образованию и накоплению сероводорода, ядовитого для живых организмов. Однако небольшое наличие сероводорода и кислорода — необходимое условие для жизнедеятельности серобактерий, иногда скопляющихся в огромном количестве в почве и воде. Серобактерии перерабатывают сероводород в сернокислые соли и таким путём очищают воду поверхностных слоёв, в которых вновь может развиться богатая жизнь. Среди серобактерий встречаются одноклеточные шаровидные и многоклеточные витчатые формы, как неподвижные, так и подвижные. Среди них имеются бесцветные бактерии и окрашенные пигментом в пурпуровый цвет. Характерной особенностью серобактерий является их способность скоплять в протоплазме блестящие ка-

мельки серы, по которым серобактерии легко отличаются от других бактерий. К одноклеточным бесцветным серобактериям относится, например, тиофиза (Thiophysa), к неподвижным нитчатым — тиотрикс (Thiothrix) и к подвижным нитчатым — беггиатоа (Beggiatoa). Последняя напоминает по форме синезелёную водоросль — осцилляторию. Нити её также способны изгибаться и перемещаться. Тончайшая нить разделена множеством поперечных перегородок на короткие и цилиндрические клетки, содержимое которых состоит из бесцветной протоплазмы, мелких вакуолей и частиц серы. Большое скопление серы делает незаметными поперечные перегородки, которые становятся заметными лишь при исчезновении серы из клеток, в случае её полного окисления.

Примером грандиозных превращений серы, совершающихся в природе, могут служить воды Чёрного моря. Известно, что на больших глубинах этого моря нет жизни, вследствие скопления в воде сероводорода. Серобактерии, развивающиеся примерно на двухсотметровой глубине, очищают воду более поверхностных слоёв от ядовитого газа и тем создают благоприятные условия для жизни водорослей и животных.

Железобактерии (например, *Leptothrix ochracea*) живут в болотной воде и в железистых источниках. Эти бактерии переводят закисные соли железа (например, FeSO_4) в окисные [например, $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$]. Окисление происходит по уравнению: $2\text{FeSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{O} = \text{Fe}_2(\text{OH})_6 + 2\text{CO}_2 + 29$ калорий. Всем приходилось видеть результаты деятельности этих бактерий в виде красновато-бурых хлопьевидных масс гидрата окиси железа, плавающих в воде осушаемых болот. Железобактерия лептотрикс состоит из вешившейся многоклеточной тончайшей нити, одетой слизистым влагалищем, которое пропитывается гидратом окиси железа. Серобактерии и железобактерии, так же как и бактерии нитрификации, относятся к хемосинтезирующим бактериям, так как необходимую для своей жизнедеятельности энергию они черпают от окисления неорганических веществ. Затрачивая часть энергии на процесс ассимиляции углерода, эти бактерии могут обходиться без витания органическими веществами.

Патогенные бактерии

Патогенные бактерии — это паразиты, попадающие в организм и быстро размножающиеся при наличии для них благоприятных условий. Они вызывают разнообразнейшие заразные болезни у человека и животных. Кожа человека и животных хорошо предохраняет организм от заражения, и только при поранениях и при укусах насекомых патогенные микробы получают доступ к крови.

Другим уязвимым местом животного организма являются ротовое и носовые отверстия, через которые микробы проникают в носоглоточное пространство, в пищеварительные и дыхательные органы (брюшной тиф, холера, туберкулёз, чума и многие другие болезни). Особенно благоприятным местом для развития микробов являются слюнные и кариозные зубы, при малейших повреждениях которых микробы свободно проникают в кровь и заражают организм (болезни сердца, ревматизм и др.). Поддержание в здоровом состоянии ротовой полости и носоглоточного пространства — одна из важных мер профилактики, т. е. предупреждение заражения.

Некоторые из патогенных бактерий, вызывающих болезни, ещё не найдены. Многие из этих бактерий открыты и изучены, и борьба с ними проводится разнообразными способами.

Рассмотрим способы прививок, с помощью которых ведут борьбу с патогенными микробами.

Один из способов прививок основан на введении в организм противоядий, так называемых антитоксинов. Например, при заболевании дифтеритом больному впрыскивают антидифтеритную сыворотку, полученную из крови лошади, перенёсшей лёгкий дифтерит, искусственно привитый ей ранее. Организм лошади вырабатывает в своей крови противоядие — антитоксин, который и входит в состав прививочной сыворотки. Заболевание дифтеритом у человека начинается с болей в горле при повышающейся температуре. Микробы дифтерита образуют в горле налёты, превращающиеся в язвы. Горло опухает, а в крови скопляются яды — токсины, выделяемые микробами. Организм вырабатывает противоядие — антитоксин, нейтрализующие токсины. Во-время сделанная прививка помогает организму справиться с болезнью.

Примером второго способа предохранительных прививок может служить прививка ослабленной культуры оспы здоровому человеку для того, чтобы вызвать болезнь оспы в слабой степени. Если организм восприимчив к болезни, то он после прививки слабо заболевает, и в крови вырабатывается антитоксин, который в случае действительного заражения нейтрализует яды, и тогда болезнь, не успев развиться, ликвидируется. На этом же свойстве — вырабатывать противоядие — основан способ прививки сибирской язвы — этой страшной болезни рогатого скота, лошадей и других животных. Для человека эта болезнь также в большинстве случаев является смертельной. Для предупредительных прививок пользуются ослабленными культурами сибиреязвенных бактерий, которые выращиваются при температуре 43° С. Слабость бактерий зависит от продолжительности культуры их при этой температуре. Прививая животному сперва совсем слабую культуру сибирки, заставляют организм животного выработать антитоксин и сделаться менее восприимчивым к болезни. После второй прививки более сильных культур стойкость организма повышается, и для него уже становится опасным действительное заражение. Никогда не следует пренебрегать прививками и во всех необходимых случаях обращаться к этому могучему средству борьбы с болезнями.

Болезни высших растений, вызываемые паразитными бактериями, называются б а к т е р и о з а м и. Растения реже, чем животные, страдают от паразитных бактерий, так как они хорошо защищены (эпидермисом, кутикулой, коркой) от проникновения бактерий внутрь своего организма. Кроме того, кислая реакция клеточного сока растений не благоприятствует жизнедеятельности бактерий. Однако всё же бактериозы встречаются у свёклы, картофеля, деревьев и других растений и их известно свыше сотни.

Клубни картофеля страдают от мокрой и сухой гнили, вызываемой палочковидной бактерией (*Bacillus solaniperda*) и др. Иногда нижние листья картофеля желтеют, а нижняя часть стебля чернеет, утончается и легко обрывается от поражения бактерией (*Bacil. phytophthorus*), вызывающей болезнь «чёрную пожуху». Распространена болезнь картофеля кольцевая гниль, также вызываемая бактерией (*Bact. sepidonicum*). При этой болезни поражаются сосудистоволокнистые пучки стебля и клубни картофеля. При разрезании таких клубней видно побурение кольца сосудистоволокнистых пучков.

От бактериозов страдают томаты (*Phytohacter lycopersicum*), свёкла (*Bacil. betae*), капуста (*Bact. campestre*), морковь и др.

Встречается также бактериальный рак, или зобоватость, у яблони, груши, персика и многих других растений, вызываемый палочковидной бактерией (*Bact. tumefaciens*). На корнях растений появляются раковые опухоли, иногда являющиеся причиной гибели молодых саженцев. От палочковидных бактерий (*Bacil. amylovorum*) иногда происходит бактериальный ожог плодовых деревьев, называемый ещё «некроз», при котором кора ветвей буреет, сморщивается, растрескивается и отпадает участками.

В отношении каждого бактериоза применяются специфические меры борьбы, которые изучаются в курсе защиты растений (фитопатология). Но все культуры предохраняют от заболевания следующие общие меры: выращивание сильных и устойчивых растений, дезинфекция семян и посадочного материала, выбор устойчивых сортов, хорошие условия хранения убранных растений, удаление больных растений целиком или их поражённых частей, защита от механических повреждений, обмазывание стволов и поражённых частей, правильный севооборот и выбор подходящего места для выращивания растений.

В жизни растений (и животных) большую роль играют бактерииофаги, растворяющие живых бактерий. Они так малы, что не видны в микроскоп. Полагали, что они паразитируют на более крупных бактериях и с помощью ферментов уничтожают их или способствуют их изменению. В последнее время высказывается взгляд, что бактериофаги — это мельчайшие частицы расщеплённой бактериальной клетки. В конце прошлого века русский учёный Д. И. Ивановский, изучая мозаичную болезнь на листьях табака, установил, что причина этой болезни кроется в фильтрующемся вирусе. Мозаичная болезнь встречается также на листьях картофеля, свёклы, томатов, тыквы и др. Внешне она выражается в том, что на листьях появляются светлые пятна, лишённые хлорофилла, чередующиеся (в виде мозаики) с темнозелёными участками листа, содержащими хлорофилл. Листья при этом закручиваются и урожаи снижаются. Если сок больного растения ввести в ткань здоровых, то болезнь легко передаётся последним. Возбудитель болезни остался неизвестным и был назван «фильтрующимся вирусом», так как он свободно проходил через все фильтры, употребляемые в микробиологии. Вирусных болезней известно более двухсот. К ним относятся, например, оспа, бешенство, инфекционная анемия лошадей и многие другие. До недавнего времени природа фильтрующихся вирусов была неизвестна и только теперь советский учёный Г. М. Бошьян получил вирусы возбудителей анемии лошадей, чумы свиней, бешенства, сыпного тифа и другие в формах микробов, видимых в микроскоп. Последние работы советских учёных показывают, что вирусы при известных условиях могут развиваться на искусственных питательных средах, что вирусы и микробы — это различные стадии существования одних и тех же микроорганизмов, что фильтрующиеся вирусы при известных условиях культивирования можно превратить в микробные формы и, обратно, микробные формы — в вирусы. Кроме того, высказывается взгляд, что фильтрующиеся вирусы и микробные формы способны превращаться в кристаллические формы и что вирусные формы и формы микробов одного вида, превращаясь друг в друга, могут превращаться и в другие виды микробов и вирусов. Если дальнейшие исследования подтвердят эти предположения, то вопрос о возникновении и развитии живых клеток получит новое освещение.

Устранение бактерий с помощью различных средств

Дезинфекцией называется уничтожение бактерий с помощью ядовитых веществ. Такими ядами являются сулема (на 1 000 частей воды 1 часть сулемы), карболка (3—5% раствор), формалин и спирт. Растворы борной кислоты и перекиси водорода — более слабо действующие дезинфекционные средства. Кроме того, борьба с размножением бактерий

производится с помощью повышенных температур (при сохранении продуктов в погребах и ледниках), а также путём соления, маринования, копчения и прочими подобными способами.

Стерилизацией называется уничтожение всех живых бактерий и их зародышей (спор) с помощью высокой температуры: нагревание, кипячение и прокаливание действуют уничтожающим образом на бактерии. Инструменты при операциях, перевязочные материалы должны быть **стерилизованы**.

При кипячении молока, воды, при варке пищи большинство бактерий уничтожается. Однако только продолжительное нагревание даёт гарантию полного отсутствия бактерий. Безусловно губительным для бактерий является нагревание посуды и материалов в течение

одного часа при 150—170° С. Кипячение при 100° даёт полную стерилизацию, если оно производится повторно, например, три дня подряд по 20 минут. В промежутках между кипячением споры бактерий начинают прорастать и при следующем кипячении погибают. Нагревание в автоклаве даёт результаты более быстро. Так, 20—30-минутное нагревание при 120—130° С и при давлении в 2—2½ атм. достаточно для полной стерилизации питательных сред. Некоторые споры бактерий являются особенно устойчивыми, например споры сибирской язвы сохраняются в почве десятки лет. Вот почему необходимо быть особенно осторожными с трупами животных, погибающих от сибирской язвы. Устойчивыми также являются бактерии столбняка, встречающиеся в почве.

Доказано, что споры некоторых бактерий выносят низкую температуру, до —250° и переносят нагревание до +113° в течение ¾ часа. Бактерии, не имеющие спор, гибнут массами через не-

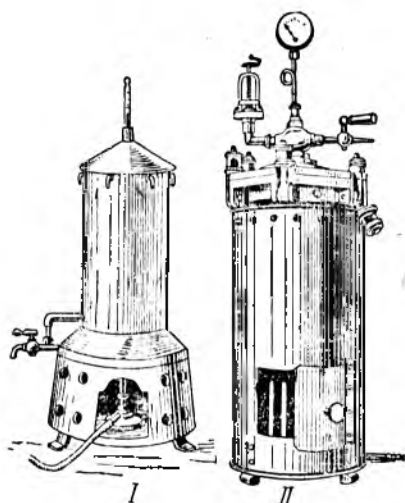


Рис. 134.

I — кипятильник для стерилизации теплым паром; II — автоклав для стерилизации паром под давлением; сверху слева — предохранительный клапан; в середине — манометр; справа — кран для выпуска воздуха и пара.

сколько минут при $+60-70^{\circ}$. В горячих источниках живут термофильные бактерии при $+50-70^{\circ}$. Для стерилизации существуют шкафы для нагревания посуды и инструментов, а также кипяtilьник (стерилизатор) и автоклав (рис. 134).

Жидкости и газы фильтруют через фильтры различных систем. Ватные пробки, воткнутые в горлышко посуды, не пропускают через себя бактерий.

Для выращивания бактерий служит прибор, называемый *термостатом*. Устройство его следующее: по наружному виду — это металлический шкаф с двойными стенками, подогреваемый газом с саморегулирующейся горелкой или электрическим прибором с терморегулятором. Преимущество его такое: если нужна, например, температура 37° , то мы можем нагреть термостат до этой температуры, причём выше она подниматься уже не будет, и мы будем иметь нужную нам температуру в течение всего опыта. В термостатах помещают бактерии на питательных средах, в качестве которых распространён мясо-пептонный желатин ¹.

Выращивание бактерий на желатине

Выращивание бактерий на желатине производится следующим образом. Кладут желатин небольшими кусочками в колбу с прозрачным мясным бульоном, туда же для питания бактерий добавляют ещё сахар и пептон. Затем получившуюся в колбе смесь нагревают и разливают в чашки Петри (рис. 135, I) или пробирки (рис. 135, II), после чего эти стеклянные чашки закрывают стеклянными крышками, а пробирки затыкают ватными пробками, чтобы туда не могли попасть бактерии, и уже после этого стерилизуют пробирки и чашки ². Чтобы убить все бактерии в питательной среде, стерилизацию производят в кипяtilьнике три дня подряд по 20 минут. После кипячения желатин, а вместе с ним и вся жидкость должны застыть в чашках Петри в виде горизонтальных поверхностей, а в пробирках в виде косых или ровных поверхностей. После этого прокалённой платиновой иглой, вделанной в стеклянную палочку, берут бактерии и заражают ими застывшую массу путём штриха или укола. Бактерии прививаются на питательной среде и потом, когда чашки и пробирки с содержимым помещаются в термостат, нагретый до соответствующей температуры, они (бактерии) начинают быстро развиваться. Через некоторое время мы можем увидеть пятна на том месте, где были сделаны уколы. Таким путём мы можем разводить бактерии, а также сосчитать количество пятен, т. е. число колоний бактерий. *Потомство от группы одно-*

¹ Желатин — чистый костяной клей, приготовляемый путём выварки костей и сухожилий.

² Предварительная стерилизация пробирок и чашек достигается сухим жаром в сушильном шкафу при температуре 160° в течение $1\frac{1}{2}$ —2 часов.

родных бактерий, состоящее из однородных клеток и свободное от посторонних организмов, называется чистой культурой бактерий.

Выращивают бактерии ещё на так называемом агар-агаре, веществе, получаемом из морских водорослей.

По внешней форме застывший агар-агар напоминает собой желе, но разжижается он при более высокой температуре, чем желатин. Бактерии можно культивировать ещё на ломтиках картофеля и яблока, предварительно простерилизованных. Бактерии различаются по своим свойствам, а именно: одни способны разжижать желатин, другие — окрашивать его в красный, жёлтый, синий и другие цвета. Пигментная бактерия (*Bact. prodigiosum*), иногда поселяющаяся на пшеничном хлебе, даёт кроваво-красное окрашивание.

* * *

Наш краткий обзор вопросов бактериологии показывает, какое огромное значение имеют эти организмы как в круговороте веществ, совершающемся в природе, так и в практике сельскохозяйственного производства.

При разрешении многих вопросов сельского хозяйства микробиология должна играть важнейшую роль. Вопросы повышения урожайности сельскохозяйственных культур на полях, а также природных и культурных трав на лугах тесно связаны с жизнью и деятельностью почвенных микроорганизмов. Заражение почвы бактериями (например, под бобовые культуры), хранение навоза, силосование, приготовление бурого сена, молочное дело и т. д. — всё это связано с жизнедеятельностью бактерий.

3. СЛИЗЕВИКИ — МИКСОМИЦЕТЫ (МУХОРНУТА)

Вегетативное тело слизевиков состоит из голой протоплазматической бесхлорофилловой слизистой массы, обладающей способностью медленно переползать с места на место. Строение слизистых грибов столь сильно отличается от обычных растений и даже от грибов, что один учёный (де-Бари) назвал их грибами-животными (*Mycetozoa*).

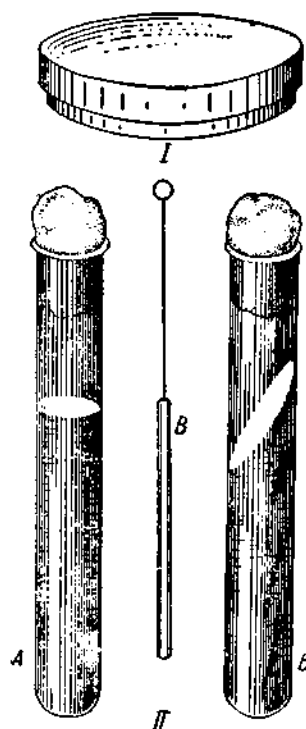


Рис. 135.

I — чашка Петри (стеклянная); II — пробирки с плотной питательной средой: А — для заражения среды уколом; Б — для заражения кося застывшей среды шпатель; В — платиновая игла, вводящая в стеклянную палочку.

го сена, молочное дело и т. д. — всё это связано с жизнедеятельностью бактерий.

Число изученных миксомицетов достигает 300 видов.

В качестве примера рассмотрим с л и з и с т ы й г р и б (*Aethalium septicum*), встречающийся на пнях в лесу, а также на складах коры у кожевенных заводов (рис. 136). Этот гриб является не паразитом, а сапрофитом, так как поселяется на мёртвых органических веществах. Плазмодий гриба — слизистая протоплазматическая многоядерная масса, достигающая размера ладони, окрашенная в жёлтый цвет и имеющая вид жёлтой пены, всползающей на поверхность пня или коры. Двигается он с помощью псевдоподий, напоподобие гигантской амёбы, со скоростью около 0,1 мм в минуту. В струйках его замечается движение протоплазмы. Повышение температуры усиливает движение гриба, но при 50° движение его останавливается. Смачивание плазмодия ядами, например формалином, прекращает движение. Когда плазмодий достаточно напится органическими веществами, он начинает выползать на сухое место и здесь высыхает в виде лепёшки, покрытой тонкой плёнкой. Масса протоплазмы распадается вокруг ядер на отдельные шарики, а из последних образуются споры, т. е. легко отделяющиеся и совершенно самостоятельные одноядерные клетки, приспособленные для сохранения и распространения вида. Высыхая лепёшка гриба является вместилищем для спор, т. е. спорангием.



Рис. 136. Слизистый гриб (*Aethalium septicum*).

Помимо спор, в спорангиях развиваются тончайшие трубочки, заострённые на концах и имеющие спиральные утолщения на стенках (капиллиции). Благодаря этим своеобразным пружинкам, изгибающимся при подсыхании, споры выталкиваются наружу из лопнувшего спорангия и затем уносятся ветром. В сухом состоянии споры могут долго сохраняться и перезимовывать. При увлажнении споры прорастают, т. е. оболочка их лопается, а содержимое выползает и превращается в подвижную зооспору со жгутиком на переднем конце. После размножения зооспоры теряют жгутики и превращаются в миксамёбы, которые продолжают размножаться путём деления, а затем попарно сливаются (когулируют). Позднее массы миксамёб сползаются вместе и сливаются в общие плазмодии.

Русским учёным Ворониным хорошо изучен слизистый гриб, вызывающий к а п у с т н у ю к и л у на корнях капусты и других крестоцветных (рис. 137, I). Сам паразит имеет только латинское название — *Plasmodiophora brassicae*.

Растения, больные капустной килой, — хилые, днём имеют увядший вид, плохо растут и легко вырываются из земли; кочаны плохо завиваются или совсем не завиваются. Корни капусты,

заражённые плазмодиофорой, покрыты наростами — желваками, достигающими размера грецкого ореха и больше. Наросты эти развиваются начиная от маленького бугорка и постепенно увеличиваясь. Сперва они бывают твёрдыми, а впоследствии рыхлеют и гниют, издавая неприятный запах. Микроскоп обнаруживает ненормальное разрастание клеток корня капусты и необычное содержимое в них: они имеют внутри, кроме протопласта, большее или меньшее количество миксамёб. Амёбы размножаются в клетках.

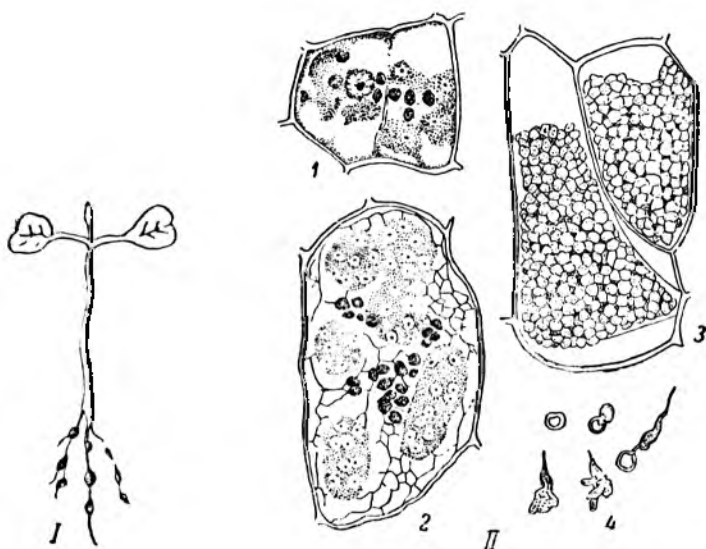


Рис. 137.

I — капустная рассада, поражённая килой; II — плазмодиофора (*Plasmodiophora brassicae*): 1 — клетки корня капусты, наполненные миксамёбами; 2 — слияние миксамёб в слизистый плазмодий; 3 — споры в клетках, образовавшиеся из плазмодия; 4 — прорастание спор и образование амёб.

растут и в конце концов заполняют собой все клетки. Вследствие обильного их питания, к больным клеткам притекают органические вещества в ущерб развитию капусты. Амёбы сливаются внутри каждой клетки в один слизистый плазмодий, который затем начинает делиться на мелкие части, одевающиеся оболочками и превращающиеся в споры (рис. 137, II).

Споры освобождаются из корней капусты после сгнивания последних. Они разносятся по всей почве водой, дождевыми червями и при обработке почвы. Споры представляют собой клетки гриба, окружённые оболочкой и способные перезимовывать. После периода покоя споры начинают прорастать. Это бывает обыкновенно весной, когда капусту высаживают на овощной участок. Выбравшаяся из споры амёба способна ползать с помощью ложноножек (псевдоподий). Она проникает в корневой волосок капусты, а из него пробирается в кору корневой мочки и начинает быстро размножаться, вызывая

образование желваков на корнях. Плазмодиофора, кроме капусты, паразитирует на корнях других крестоцветных, как культурных (репа, брюква, редька, редис и горчица), так и дикорастущих (редька дикая, сурепка и др.).

Заражение растений капустной килой может происходить не только на овощном участке, но также и в парнике, где заражённая земля содержит в себе споры плазмодиофоры. Рассада капусты, поражённая килой, отличается от здоровой более вытянутой формой и наличием мельчайших вздутий на корнях.

Кислая реакция почвы способствует заражению капусты килой. Болезнь сильно распространена на территории от Ленинградской области до Курской и Воронежской. Меры борьбы с капустной килой сводятся к выбору наиболее устойчивых сортов, к правильному севообороту, при котором капуста должна возвращаться на прежнее место не раньше, чем через четыре года, к известкованию почвы, борьбе с сорняками, особенно с крестоцветными, на которых поселяется плазмодиофора, к употреблению здоровой рассады, глубокой вспашке и уничтожению заражённых кочанов и кочерыг.

4. ГРИБЫ (FUNGI)

Общая характеристика грибов

Грибы — слоевковые, бесхлорофильные, гетеротрофные растения, т. е. всецело приспособившиеся к питанию готовыми органическими веществами. Пластиды у грибов отсутствуют. Общее число описанных видов превышает 70 тысяч.

Обладая исключительно быстрым ростом и размножением, они широко распространились в природе. Не имея хлорофилла, они не способны ассимилировать углерод из воздуха и живут как сапрофиты и паразиты. Отрицательное значение грибов в жизни человека преобладает над их положительной ролью.

Сапрофитные грибы поселяются на мёртвом органическом субстрате. Кусок увлажнённой булки, прикрытый колпаком, уже через несколько дней обильно покрывается белой плесенью, позднее чернеющей от созревших спорангиев. Плесени развиваются из спор, которых много в воздухе, воде и почве. Многие плесени поселяются на повреждённых корне-клубнеплодах, на квашеных продуктах питания, на варенье и т. п., способствуя их порче. Некоторые грибы — сапрофиты поселяются на увлажнённой древесине и разрушают её. Например, домовые грибы (*Merulius lacrymans* и др.), поселившись в деревянной, плохо проветриваемой постройке, выстроившей из сырого материала, разрушают полы, стены, потолки и быстро приводят их в негодное состояние, так как древесина темнеет, растрескивается и превращается в труху. Телеграфные столбы, железнодорожные шпалы, деревянные суда и мосты, особенно в условиях тёплого и влажного климата, часто страдают от сапрофитных грибов, если древесина

предварительно не подвергалась пропитыванию противогнилостными жидкостями (фтористым натрием или хлористым цинком, креозотом и др.). На навозе, в почве сапрофитные грибы вместе с бактериями разрушают — минерализуют — органическое вещество, повышая плодородие почвы.

В лесах, на почвах, богатых органическими веществами, произрастают шляпочные грибы. Разрастание и питание их происходят при помощи тончайших разветвлённых нитей — гиф, оплетающих частицы почвы и образующих белую грибницу, или мицелий, на которой развиваются органы спорообразования — плодовые тела, состоящие из пенька и шляпки. Во время сбора съедобные грибы следует срезать при основании так, чтобы не нарушать в земле грибницу. При полном высушивании плодовые тела грибов теряют до 90% воды. Сухое вещество содержит 30—45% белковых веществ, около 10—15% растворимых углеводов (сахар, гликоген и др.) и 1—2% жира. Леса наши богаты съедобными грибами. Сушёные, свежие, солёные, маринованные грибы занимают видное место в питании человека, хотя они и относятся к трудно переваримой пище. Переваримость их повышается при высушивании и превращении в мельчайший порошок. Некоторые шляпочные грибы, например шампиньоны, питаются органическими веществами, которые находятся в почве, удобренной конским навозом, а потому их удаётся разводить искусственно. Для этого используются шампиньонные теплицы, в которых грибы растут на почве, богатой перегноем. Разводят их с помощью грибницы. С площади в 1 м² за 8 месяцев можно собрать до 8 кг грибов.

Гифы многих шляпочных грибов, растущих в лесу, распространяются до корней деревьев и, оплетая корневые мочки, образуют микоризы, с помощью которых получают готовые углеводы от дерева. Наличие микориз на корнях многих лесных, луговых и полевых растений, хорошо растущих, говорит о том, что грибы могут вступать в полезное симбиотическое сожительство с другими растениями. Подробнее о микоризах будет сказано в главе XIV. Примером симбиоза грибов с низшими растениями (водорослями) могут служить лишайники, с которыми познакомимся в следующей главе.

Чрезвычайно распространены в природе паразитные грибы. Чаще всего они живут на высших растениях, питаются соками последних; при этом паразит сильно угнетает растение — «хозяина» или окончательно убивает его. Поселяясь на культурных растениях, паразитные грибы приносят огромный вред сельскому и лесному хозяйству, а потому борьба с ними обязательна. Паразитных грибов на растениях известно свыше 10 000 видов. Иногда грибы паразитируют также на животных, вызывая инфекционные заболевания. Шелковичные гусеницы страдают от мушкетёра; от мукора и аспергилла у птиц заболевают дыхательные органы, а рогатый скот заболевает иногда актиномикозом, вызываемым

мым лучистыми грибами. Мукор, аспергилл и лучистые грибы те же самые заболевания вызывают и у человека. Некоторые грибы содержат в себе ядовитые вещества и вызывают отравление как у человека, так и у животных. Из шляпочных грибов особенно ядовиты бледная поганка и мухомор. На хлебных злаках развиваются некоторые виды фузариума, которые, попадая в муку и в пищу, вызывают отравление, сходное с отравлением алкоголем (пьяный хлеб). Лошади смертельно отравляются грубыми кормами, заражёнными грибом стахитотрисом (*Stachybotrys alternans*). Человек заболевает тяжёлой септической ангиной, вызываемой употреблением в пищу зерна, перезимовавшего под снегом и заражённого ядовитыми грибами. В последнее время в медицине громадное значение приобрёл пенициллин, добываемый из сизой плесени (*Penicillium*). Из некоторых лучистых грибов готовят препараты для борьбы с туберкулёзом. Дрожжи спиртового брожения, так же как и некоторые виды мукора (см. стр. 250), используются для получения спирта и для хлебопечения.

Слоевище гриба состоит из тончайших нитей — гиф, которые у низших грибов не подразделены на клетки, а у высших — имеют поперечные перегородки, часто продырявленные посередине. Гифы имеют клеточную оболочку, протоплазму и ядро. Особенность клеточной оболочки — её химический состав: она состоит из углеводов (пектиновых веществ), сходных с целлюлозой, к которым присоединяются ещё азотистые вещества, близкие по составу к хитину насекомых. Гифы гриба растут своими концами, ветвятся, проникают субстрат, на котором развиваются, и образуют мицелий, приспособленный к питанию осмотическим путём. У низших грибов мицелий нечленистый (одноклеточный), у высших — членистый (многоклеточный).

Настоящих тканей, т. е. таких, какие мы изучали у цветковых растений, грибы не имеют, но часто у них развиваются ложные ткани, состоящие из гиф, переплетающихся между собой, но не соединяющихся плазмодесмами. Гифы лесных тканей имеют различное строение и сочетание между собой и приобретают различное физиологическое значение. Так, иногда различают ложную образовательную ткань, кроющую, механическую, проводящую. Разнообразие в строении и в размерах грибов весьма велико: слоевище дрожжей состоит из одной, ничтожных размеров, клетки, способной почковаться, а слоевище древесного трутовика имеет сложно построенное крепкое, многолетнее плодовое тело и развитый мицелий. Некоторые грибы, например опёнки, образуют длинные шнуры — ризоморфы, проводящие воду. Слоевище дождевика иногда достигает величины головы человека, а в исключительных случаях достигает величины 1,5 м в диаметре. Грибы, в противоположность хлорофиллоносным растениям, для роста не нуждаются в свете и только в период спорообразования положительно реагируют на освещение.

Для жизни грибов нужны питательная среда, влажность, кислород воздуха, соответствующая температура и кислотность среды. Органические вещества служат источником углеродистого питания для грибов. Главное значение имеют углеводы — глюкоза и сахароза; крахмал и целлюлозу грибы переводят в растворимые углеводы с помощью ферментов. Грибы используют для питания азотистые продукты распада белковых соединений, но вполне могут довольствоваться аммонийными солями и нитратами. Как и другим растениям, кроме углерода и азота, грибам нужны сера, фосфор, калий, магний, железо и кальций, которые они получают из солей. Грибы нуждаются во влажном субстрате. Некоторые из них всецело приспособились к водной среде, но огромное большинство грибов хорошо развивается при наличии капельножидкой воды. Большая влажность субстрата способствует развитию мицелия, а большая сухость — развитию органов спорообразования. Кислород воздуха также необходим для грибов, обладающих энергичным дыханием, но среди них попадаются и такие, которые могут добывать энергию путём бескислородного дыхания, например дрожжи.

К температурным условиям грибы предъявляют требования, сходные с требованиями высших растений: оптимальная температура для большей части грибов $+20-25^{\circ}$, минимальная, которую они легко переносят, $+1-5^{\circ}$ и максимальная $+30-35^{\circ}$. Некоторые плесени (*Aspergillus*) при самоподогревании сена выносят температуру выше 50° . Большая часть грибов предпочитает кислую среду и этим они отличаются от бактерий.

Кроме белковых веществ, входящих в состав протоплазмы и клеточных ядер, грибы накапливают в себе углевод гликоген и жирные масла. Крахмал в грибах не накапливается. От действия иода гликоген принимает красно-бурую окраску. Кроме того, в клетках грибов часто скопляются ядовитые вещества, пигменты и др.

Грибы быстро размножаются. Они обладают вегетативным и бесполом размножением, а также половым процессом. Вегетативное размножение происходит путём деления мицелия на отдельные части и на отдельные клетки. Почкование дрожжей — также вегетативное размножение. Бесполое размножение, наиболее распространённое, достигается с помощью разнообразных спор, а половой процесс осуществляется путём слияния содержимого двух клеток и образования зиготы. Подробнее со способами размножения познакомимся при описании отдельных представителей грибов.

Предшественниками грибов в эволюционном процессе считают водоросли, от которых грибы ведут своё начало. Однако есть много доказательств, что некоторые грибы произошли от простейших бесхлорофильных жгутиковых организмов.

Грибы подразделяются на пять классов: архимицеты, фикомицеты, аскомицеты, базидиомицеты и несовершенные грибы. Первые два класса считаются низшими грибами, а последние три — высшими.

Низшие грибы

Низшие грибы или совсем не имеют мицелия или имеют мицелий, состоящий из одной сильно разветвлённой, разросшейся многоядерной клетки; мицелий низших грибов лишён каких-либо внутренних перегородок, т. е. имеет неклеточное строение. Большая часть низших грибов обладает не только бесполом размножением, но и половым процессом.

I класс — Архимицеты (Archimycetes)

Некоторые из этих грибов паразитируют на водорослях и на других водяных растениях; другие паразитируют на сельскохозяйственных растениях. Часто капустная рассада заболевает чёрной ножкой: в области корневой шейки происходит почернение и отмирание коры; стебель делается тонким, рассада засыхает. В почерневших местах, в поверхностных клетках с помощью микроскопа обнаруживаются зооспорангии гриба ольпидия (*Olpidium brassicae*), развивающиеся из голых протоплазматических телец (рис. 138). Зооспорангии дают трубковидные выросты, концы которых высовываются из эпидермиса наружу и служат для выхода одножгутиковых зооспор. В мокрой земле зооспоры переплывают на здоровые растения и через клеточные оболочки проникают в клетки эпидермиса и в клетки глубже расположенные, в которых развиваются новые зооспорангии. В неблагоприятных для гриба условиях образуются споры с бугорчатой оболочкой, из которых вновь может развиваться спорангий. Поражённую рассаду следует уничтожать или подсыпать к ней песок, чтобы дать возможность образоваться новым корням. В хорошо проветриваемых парниках на пикированной рассаде болезнь реже появляется.

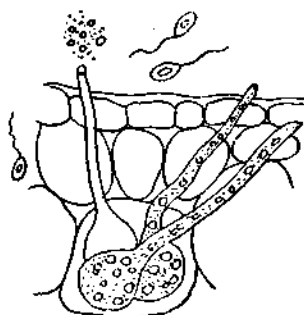


Рис. 138. Ольпидий (*Olpidium brassicae*). Спорангия в тканях капусты и зооспоры. Гриб вызывает у капусты болезнь—чёрную ножку.

II класс — Фикомицеты (Phycomycetes)

Относящиеся сюда грибы отличаются развитым ветвящимся многоядерным неклеточным мицелием, состоящим из гиф, лишённых поперечных перегородок. Их подразделяют на подклассы—оомицеты и зигомицеты. Из подкласса оомицетов мы рассмотрим сапролегнию (*Saprolegnia*), живущую в воде, как сапрофит на трупах насекомых и как паразит на рыбьей икре и на мальках (рис. 139). Например, труп мухи, брошенный в воду, через несколько дней покрывается белым пушистым мицелием сапролегнии. Мицелий гриба с помощью ризондов прикрепляется

к телу насекомого. Слабо ветвящиеся гифы лишены перегородок, имеют много ядер. Только удлинённые зооспорангии, образовавшиеся из окончания гифы, отделяются от неё перегородкой. В зооспорангии образуются зооспоры, снабжённые двумя жгутиками. Они выплывают наружу и находят для своего развития новый труп насекомого. Сапролегния обладает и половым процессом. На боковой ветви возникает шаровидной формы оогоний, окружённый толстой оболочкой. Внутри оогония возникает несколько яйцеклеток. Из другой боковой нити вырастает антеридий — мужской половой орган в виде цилиндрической клетки

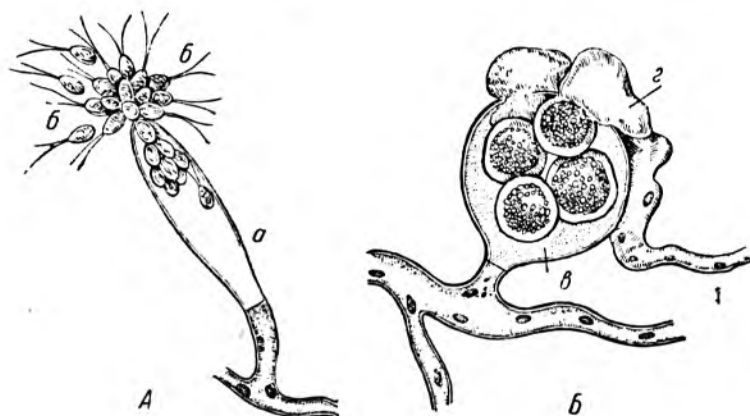


Рис. 139. Сапролегния (*Saprolegnia*):

А — бесполое размножение: а — зооспорангий в момент выхода зооспор; б — зооспоры. Б — половое воспроизведение: а — оогоний и четыре ооспоры; в — антеридий, примкнувший к оогонию.

с ядрами, который прикладывается к оогонию. Из антеридия возникают отростки, проникающие через утончённые места в оболочке оогония внутрь него, к яйцевым клеткам. Через эти отростки содержимое антеридия проникает внутрь оогония, и мужские ядра сливаются с женскими яйцеклетками, которые превращаются в ооспоры, развивающиеся в новые сапролегнии.

К оомицетам относится также фитифтора.

Ф и т о ф т о р а (*Phytophthora infestans*) — гриб-паразит, вызывающий заболевание картофеля, называемое **картофельной гнилью** (рис. 140). Этот гриб вызывает на листьях картофеля бурые пятна, в силу чего ботва картофеля гибнет. Фитифтора впервые была завезена из Америки в Европу вместе с привезёнными сортами картофеля в 30-х годах прошлого века. Чтобы отличить картофельную гниль от других болезней, надо взять лист с бурыми пятнами и накрыть его стеклянным колпаком. На другой день на нижней поверхности листа появляется «плесень» как раз на границе здоровой и больной части; если же «плесень» не появится, то это означает, что причина побурения листьев иная.

Мицелий гриба гнездится в ткани листа, и через имеющиеся в листе устьица вырастают нити — конидиеносцы. На своих концах нити дают споры — конидии. Конидии фитофторы находятся не только на концах конидиеносцев, но и по бокам, так как ножка под конидией продолжает расти и сдвигает её набок. Места прикрепления конидий к веткам конидиеносцев имеют вздутия. Распространение гриба может происходить прямо с помощью конидий, которые, прорастая на листьях, производят их заражение.

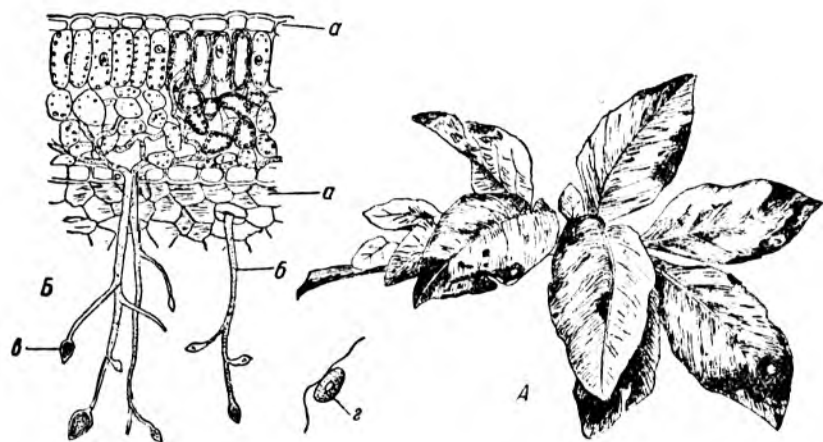


Рис. 140.

А — картофельные листья, поражённые картофельным грибом (*Phytophthora infestans*); Б — органы размножения гриба: а — эпидермис листа картофеля с устьицами; б — конидиеносцы и конидиоспоры; в — конидии, превращающиеся в зооспорангии; е — зооспора.

Болезнь появляется вскоре же после цветения картофеля.

В условиях сильно влажной погоды конидии часто превращаются в зооспорангии путём образования внутри конидий клеток зооспор, снабжённых двумя жгутиками. Освободившиеся из зооспорангиев зооспоры гриба во время дождей попадают на другие листья и заражают их. На листьях картофеля появляются всё новые и новые пятна, и вся ботва загнивает. Если дожди идут сильные, то зооспоры и конидии смываются на поверхность земли и, просачиваясь вместе с водой, проникают в землю и заражают клубни, которые затем разрушаются. В местах хранения большой картофель заражает и здоровый и вся масса может подвергнуться загниванию.

В дождливые годы фитофтора наносит колоссальные убытки.

При появлении фитофторы картофельное поле опрыскивают ядовитой для гриба бордосской жидкостью. Перед складыванием в хранилище картофель следует тщательно перебрать, картофелехранилища продезинфицировать; хранить картофель при температуре не выше 4—5°. Посадку производить только здоровыми

клубнями. Введение устойчивых сортов — также важная мера борьбы с фитофторой.

К оомикетам относится ещё гриб плазмопара (*Plasmopara viticola*), вызывающий болезнь милдью на листьях, стеблях и на ягодах винограда.

Представителем подкласса зигомикетов может служить обыкновенная белая головчатая плесень, или мукор. Мукор (*Mucor mucedo*) легко поселяется на навозе вместе с другими плесеньями (рис. 141).

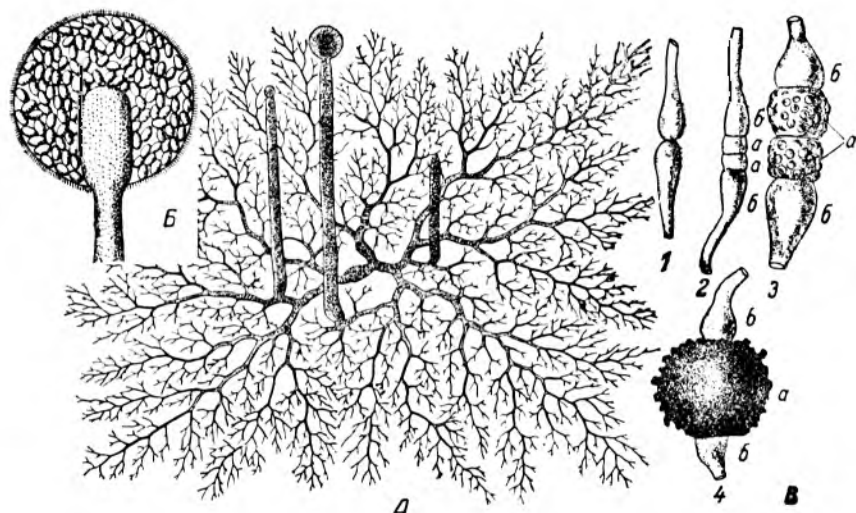


Рис. 141.

А — молодой экземпляр плесневого гриба (*Mucor mucedo*); Б — спорангий; В — отдельные моменты образования зигоспоров: 1 — соприкосновение половых выростов; 2 — отшнуровывание верхушечных клеток, или гамет (а), от «подвесков» (б); 3 — начало образования зигоспоры; 4 — зрелая зигоспора (а).

Для выращивания культуры грибов плесеней поступают таким образом. В тарелку насыпают песок, увлажняют его, а сверху кладут свежий конский навоз. Тарелку накрывают стеклянным колпаком и ставят в тёплое и тёмное место. Через три-четыре дня навоз покрывается роскошной культурой грибов — плесеней, состоящих из белых тонких нитей — гиф, на которых позднее появляются чёрные шарики — спорангии гриба. На увлажнённой булке под колпаком мукор также легко разводится.

Рассмотрим гифы мукора и спорангии под микроскопом. Первые сильно ветвисты, многоядерны и не имеют нигде перегородок. Спорангии отделены от вертикальных нитей перегородками и имеют внутри колонку, окружённую множеством спор.

Мукор обладает также половым способом размножения. Происходит копуляция (слияние содержимого) между двумя укороченными и расширенными на концах веточками, вырастающими из

соседних гиф. Копулирующие гифы у одних форм мукора принадлежат одному и тому же мицелию (гомоталлические формы), а у других форм мукора принадлежат разным мицелиям (гетероталлические формы). Гифы дают боковые веточки, направляющиеся друг к другу, отчлениваются перегородками, а в месте их соприкосновения оболочки растворяются, и многоядерное содержимое клеток сливается, увеличивается и окружается толстыми бурыми оболочками. Образуется зигота (покоящаяся спора), прорастающая после продолжительного периода покоя. Она даёт короткую гифу, которая заканчивается зародышевым спорангием. В зародышевом спорангии клеточные ядра делятся редукционно и в нём образуются однополые женские и мужские споры, из которых развиваются женские и мужские (гетероталлические) формы мицелия.

Зиготы образуются в глубине навоза, поэтому, чтобы найти их, нужно удалить верхний слой навоза и взять частицу его из глубины. Для нахождения зигот эту частицу навоза следует поместить в стаканчик и разболтать с водой. Чёрные зиготы опустятся на дно, откуда их можно извлечь пипеткой, поместить на стекло и рассмотреть в микроскоп.

Высшие грибы

Высшие грибы имеют мицелий, состоящий из многоклеточных нитей (гиф). У некоторых представителей изучен половой процесс, но у высших грибов преобладает размножение спорами.

III класс — Сумчатые грибы (Ascomycetes)

В этом классе насчитывается свыше 20 000 видов, отличающихся большим разнообразием по строению и образу жизни. Они размножаются бесполом путём с помощью спор — конидий и с помощью сумкоспор, развивающихся в сумках. Сумкоспоры появляются в результате полового процесса. Сумки иначе называются асками. В них созревают споры в чётном числе: 2, 4, 8, 16 и больше. Сумка развивается из двухъядерной клетки — дикариона, гаплоидные ядра которой сливаются, а затем копуляционное ядро (зигота) делится сперва редукционно и один раз или несколько раз обычным митозом. Вокруг ядер обособляется протоплазма, окружающаяся оболочкой, и гаплоидные ядра превращаются в сумкоспоры, или аскоспоры (рис. 142).

К наиболее просто организованным сумчатым грибам относятся дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*), о жизнедеятельности которых сказано в главе XVI.

К аскомицетам относятся также плесени, часто встречающиеся вместе с мукором или на сыром хлебе, фруктах, на варенье, в сырых помещениях, на чернилах, овощах и т. п. Они имеют вид белого паутинистого налёта с зеленоватым, голубоватым или

розовым оттенком, зависящим от цвета спор. Особенно распространены грибы плесени: чернильная — пеницилл (*Penicillium*) и леetchая — аспергилл (*Aspergillus*) (рис. 143).

При рассматривании пеницилла в микроскоп видны многоклеточные гифы, от которых кое-где поднимаются вверх ножки

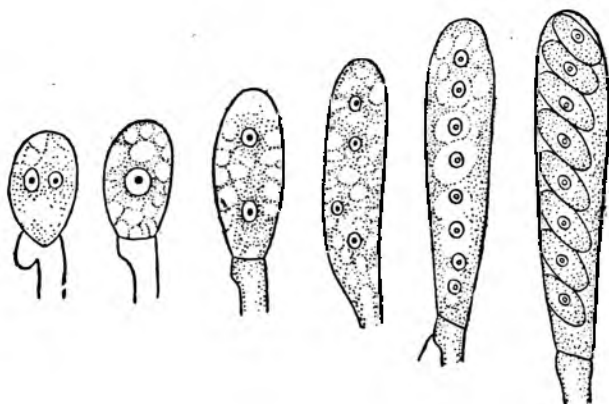


Рис. 142. Схема развития сумки.

(конидиеносцы), заканчивающиеся кисточками, с отчлняющимися от них мелкими спорами — конидиями. Конидии легко разносятся токами воздуха. Подобные плесени называются кистевиками. В последнее время из некоторых видов пеницилла

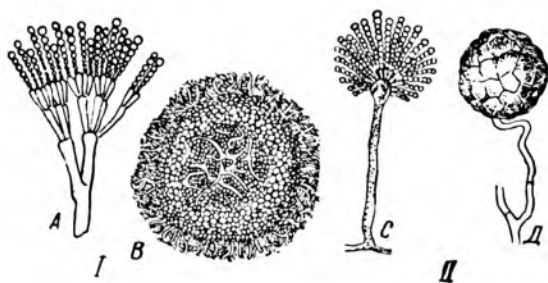


Рис. 143.

I — чернильная плесень (*Penicillium glaucum*): A — верхняя часть конидиеносца (увел. в 800 раз); B — молодое плодовое тело; II — леetchая плесень (*Aspergillus herbartorum*): C — конидиеносец с конидиями; D — зрелый перитеций.

(*Penicillium notatum*) добывается ценный препарат — пенициллин, получивший широкое применение в медицине при гнойно-воспалительных процессах и при других заболеваниях.

У аспергилла конидиеносец одноклеточный и на верхушке имеет вздутие, на котором расположены конидии, собранные чёткообразно. Нити из конидий напоминают струи воды, вытекаю-

шие из ситечка лейки, почему гриб называют ещё **л е е ч н о й** плесенью. У этих плесеней имеет место процесс образования сумок и сумкоспор.

Сумки собраны в замкнутых мелких шаровидных плодовых телах, называемых **к л е й с т о к а р п и я м и** и образованных сплетением гиф. Только после разрушения клейстокарпия сумкоспоры могут освободиться и прорасти.

Среди сумчатых грибов встречается большое количество вредных паразитов, поселяющихся на дикорастущих и на культурных растениях. Они относятся к порядку **м у ч и н и с т о р о с ы х**, или **п е р и с п о р и е в ы х**, растений.

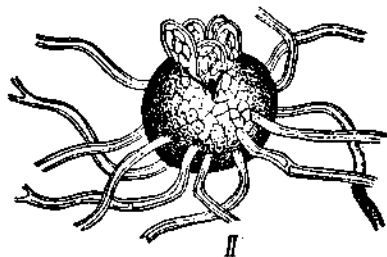
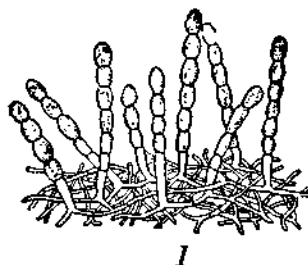


Рис. 144. Мучнистая роса:

— грибница с цепочками конидий мучнистой росы крыжовника (*Sphaerotheca*)
 II — клейстокарпий мучнистой росы злаков (*Erysiphe*).

М у ч н и с т а я р о с а (*Erysiphe*) (рис. 144) распространена на листьях и стеблях злаков, бобовых, сложноцветных и на растениях из других семейств; она имеет вид белого мучнистого налёта. Последний состоит из многоклеточного мицелия, который стелется на поверхности, давая от себя присоски, внедряющиеся в клетки эпидермиса. В противоположную сторону, в воздух, направляются гифы, от которых отшнуровываются многочисленные конидиоспоры, придающие мучнистый вид поверхности листьев. Конидии разносятся ветром и прорастают на новых листьях. Во вторую половину лета в белых мучнистых пятнах появляются темные точки, которые под микроскопом имеют шаровидную форму с отходящими в сторону придатками в виде нитей. Эти замкнутые плодовые тела — **к л е й с т о к а р п и я** и содержат в себе сумки овальной формы (аски), а в сумках находится по восемь аскоспор. Плодовые тела служат для перезимовки гриба. Весной, вследствие набухания, плодовое тело лопается, сумки высовываются наружу и из них выбрасываются споры. Попадая на листья, аскоспоры прорастают и образуют на них мицелий. Вред, причиняемый мучнистой росой растениям, заключается в том, что у листьев уменьшается ассимиляционная поверхность, они начинают сохнуть, а урожай снижается и качество его ухудшается. Выращивание устойчивых против мучнистой росы сортов, на которые могут указать местные селекционные

станции, опыливание серным цветом, мероприятия агротехнического порядка, направленные к получению более сильных растений, — вот основные меры борьбы с мучнистой росой.

Крыжовник, смородина, хмель, розы, персики страдают от мучнистой росы, принадлежащей к разным видам рода *сферотека* (*Sphaerotheca*); ява, клён, виноградная лоза страдают от разных видов рода *унцинула* (*Uncinula*), листья молодых побегов дуба — от *микросферы* (*Microsphaera*). Роды и виды мучнистой росы различаются по числу сумок в клейстогармии и по форме его придатков. У мучнистой росы крыжовника (*Sphaerotheca mors uvae*) клейстогармия с одной сумкой; у мучнистой росы злаков (*Erysiphe graminis*) и у других видов клейстогармии с несколькими сумками.

Обширный порядок сумчатых грибов — *пиреномицетов* имеют плодовые тела не замкнутые, а в виде мелких округлых телец с полостью внутри и с отверстием на верхнем конце. Такие плодовые тела — *перитеции* имеют внутри удлинённые сумки с аскоспорами. При созревании каждая сумка вытягивается и из её конца выбрасываются паружку аскоспоры, после чего сумка спадается, а её место занимает следующая. Так продолжается до тех пор, пока все сумки не выбросят свои споры наружу. Из паразитных сумчатых пиреномицетов опишем спорынью.

Спорынья (*Claviceps purpurea*) (рис. 145). Этот гриб размножается с помощью аскоспор и с помощью конидий. Поражает он многие злаки: рожь, пшеницу, ячмень, райграсс и др. Болезнь выражается в том, что в колосьях ржи вместо зёрен появляются несколько изогнутые чёрные рожки, называемые *склероциями*, состоящие из плотного сплетения грибницы.

Рожки очень ядовиты, и употребление муки с примесью спорыньи свыше 0,1% в пищу для человека весьма вредно. У него появляются судороги, повышение температуры, слюнотечение. Эта болезнь, от которой может умереть человек, называется *злой корчей*, или *эрготизм*ом. Обильное количество склероциев чаще встречается на краях поля. Попадая на землю, склероции перезимовывают и прорастают только в следующем году летом.

Снаружи склероции чёрно-лиловой окраски, а внутри имеют белую массу. Эта масса состоит из переплетённых между собой гиф, содержащих белок, жир и алкалоиды (эрготин, корнугин). При прорастании склероция появляются ножки, на концах которых образуются красноватые головки (стромы). Головки также состоят из переплетённых гиф. В головках, в их поверхностных слоях, находится большое количество перитециев, полости которых наполнены множеством сумок — асков. Внутри асков находится по 8 нитевидных аскоспор. Склероции можно прорастить искусственно, предварительно проморозив их.

Прорастание склероциев и образование сумок происходит во время цветения ржи. Сумки высовываются через отверстие перитеция, лопаются и из них выбрасываются споры, которые подхватываются ветром и часть их попадает на колосья. Аскоспоры.

попадая на цветки ржи, прорастают, давая ростковые трубочки. Последние внедряются в завязь и там разрастаются в мицелий, заполняя завязь и пронизывая её стенки. На поверхность завязи выходит множество гиф, отделяющих от себя множество спор — конидий. Гифы гриба выделяют медвяную росу, выступающую на поверхность колоса. Частицы медвяной росы, содержащие в себе множество конидий, переносятся с колоса на колос, чему способ-

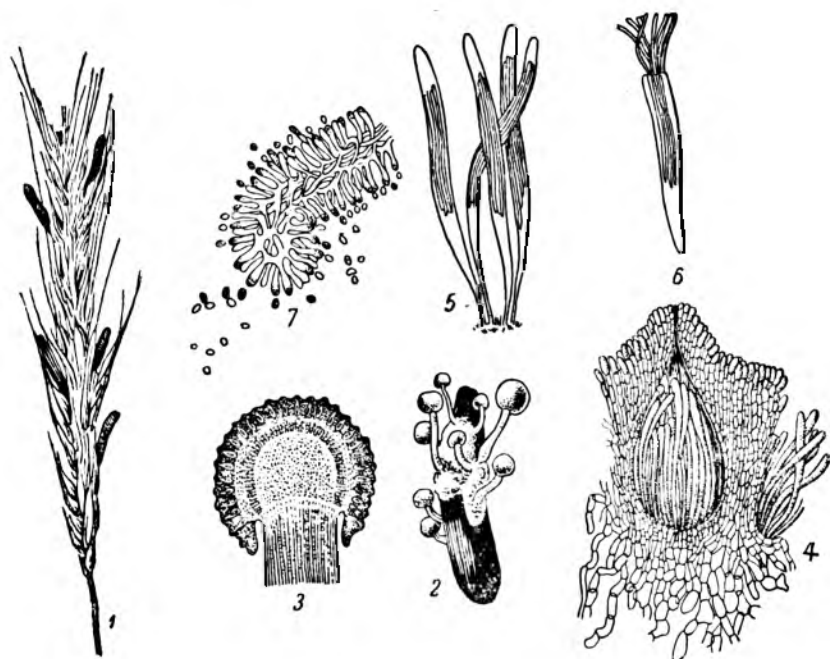


Рис. 145. Спорынья (*Claviceps purpurea*) на колосьях ржи:

1 — колос ржи, поражённый спорынней; 2 — рожок спорыньи с плодовыми телами; 3 — продольный разрез через головку плодового тела; 4 — углубление с сумками; 5 — сумки — аски с нитевидными спорами; 6 — набухшая сумка; 7 — конидии.

ствуют насекомые. Болезнь быстро распространяется по ржаному полю. После отцветания ржи в основании завязи закладывается плотная ткань из грибных нитей, которая разрастается и превращается в склеротий. На верхушке его остаётся засохший пестик.

Спорынья употребляется как лекарственное кровоостанавливающее средство, и потому отделение её от зерна имеет двойное значение: как меры борьбы с болезнью и как способ получения материала для медицины. Отделять рожки от зерна можно крепким соляным раствором (спорынья «всплывает» на поверхность), а также на сортировках и путём вскруживания зерна на больших решётах.

Сумчатые грибы, образующие порядок *дискомицетов*, имеют при созревании открытые плодовые тела блюдцевидной формы. Такие плодовые тела называются *апотециями*. Наиболее важная часть апотеция — *гимениальный слой*, выстилающий дно «блюдца» и вначале состоящий только из бесплодных утолщённых нитей (*парафиз*), между которыми позднее начинают вырастать снизу удлинённые сумки с аскоспорами. Парафизы между сумками играют буферную роль. Сумки набухают, с силой выбрасывают наружу аскоспоры, иногда на расстояние до 30 см и больше. Затем сумки спадаются и вместо них вырастают новые.

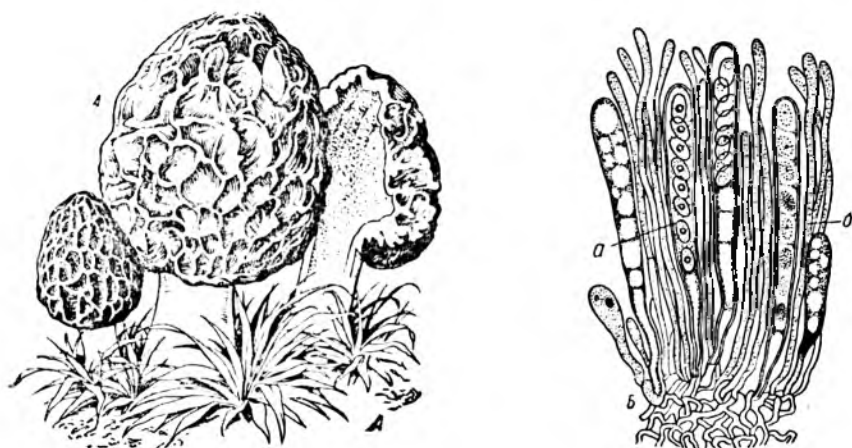


Рис. 146. Сумчатый шляпочный гриб сморчок (*Morchella esculenta*): А — общий вид гриба, на шляпке которого находятся углубления, выстланные гимениальным слоем; Б — продольный разрез через плодовое тело: видны аски и аскоспоры (а), между сумками — парафизы (б).

Под гимениальным слоем находится сплетение из гиф, состоящих из двухъядерных клеток. В верхушечных клетках этих гиф (в дикарионах) происходит слияние мужского и женского ядер, после чего происходят редукционное и митотические деления ядер, приводящие к образованию аскоспор. Слияние ядер в дикарионах — это заключительный акт полового процесса, совершающегося в более глубоких слоях плодового тела сумчатого гриба.

Примером дискомицетов могут служить *сморчки* и *строчки* (*Morchella*, *Verpa*, *Helvella*), появляющиеся в лесу ранней весной (рис. 146). Плодовое тело сморчка состоит из ножки и шляпки, на поверхности которой имеются блюдцевидные углубления — апотеции с гимениальным слоем. Сумки содержат по 2 или по 8 аскоспор. Грибы эти съедобны, но требуют предварительного обваривания для удаления ядовитых веществ.

На навозе или на почве развивается *пезиза* (*Peziza*) — небольшой дискомицет с блюдцевидным апотецием яркочерного и жёлтого цвета. Из паразитных дискомицетов часто встречается

склеротиния (Sclerotinia), многие виды которой наносят вред культурным растениям: яблоне, груше, вишне, сливе, айве, винограду. Основная ткань плодов пронизывается мицелием гриба, приобретает коричневую окраску, становится мягкой и губчатой. На поверхности появляются серовато-жёлтые или белые подушечки, располагающиеся правильными кругами. Они состоят из сплетения гиф, от которых отделяются споры — конидии, разносящиеся ветром и насекомыми и заражающие плоды, у которых повреждена кожица. Эта конидиальная фаза развития гриба называется монилией, а заболевание известно под названием «фруктовой гнили». Плоды, поражённые склеротинией, или сгнивают, или высыхают и принимают чёрную окраску с блестящей поверхностью. На таких «мумифицированных» плодах в следующие годы развиваются апотеции гриба с сумками и сумкоспорами. Последние заражают не только плоды фруктовых деревьев, но также цветки и молодые побеги.

Другие виды склеротинии вызывают «белую гниль» моркови, репы, подсолнечника, а также «рак» клевера. Все эти болезни изучены и с ними проводится борьба.

IV класс — Б а з и д и а л ь н ы е г р и б ы (Basidiomycetes)

В этом обширном классе высших грибов также насчитывается свыше 20 000 видов. Характерным для них является образование базидий, т. е. особых клеток, которыми заканчиваются гифы (рис. 147). На базидиях развиваются выросты — стеригмы, с сидящими на них базидиоспорами. Развитие базидии, так же как и сумки, происходит из двухъядерной клетки (дикариона). Клеточные ядра дикариона сливаются, а затем клетка начинает увеличиваться, и диплоидное ядро зиготы сперва делится редукционно, а затем оба ядра делятся обычным митозом. На вершине четырёхъядерной клетки развиваются трубчатые выросты (стеригмы), которые на концах вздуваются и в них проникают протоплазма и диплоидные ядра. Созревшие базидиоспоры отбрасываются на небольшое расстояние. Наиболее распространены грибы с четырьмя гаплоидными базидиоспорами, хотя встречаются также с двумя и с шестью. Базидиоспоры сходны между собой по внешнему виду, но различаются в половом отношении. Из одних спор развивается мицелий женский, из других спор развивается мицелий мужской. В процессе развития гифы этих гаплоидных гетероталлических мицелиев встречаются и из них образуется

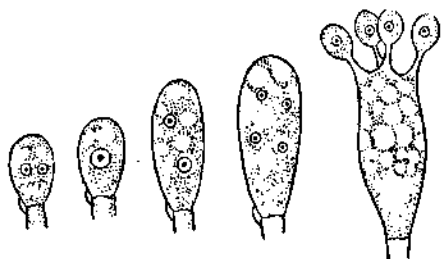


Рис. 147. Схема развития базидий и базидиоспор.

мицелий с двухъядерными клетками (рис. 148). Такой мицелий с двухъядерными клетками преобладает у базидиальных грибов; на нём развиваются плодовые тела, гифы которых также имеют двухъядерные клетки. Только при образовании базидия происходит копуляция гаплоидных ядер.

Базидиальные грибы, у которых базидии не разделены перегородками, образуют подкласс **х о л о б а з и д и а л ь н ы х** **г р и б о в** (от слова *holos* — целый). К ним относятся порядки гименомицетов, гастеромицетов и др.

К гименомицетам принадлежит большая часть

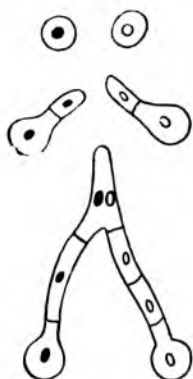


Рис. 148. Схема прорастания базидиоспоры и слияния двух гиф.

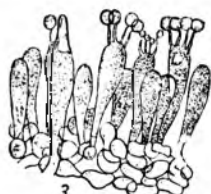
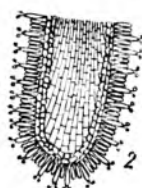


Рис. 149.

1 — базидиальный, шляпочный пластинчатый гриб шампиньон (*Psalliota campestris*); 2 — поперечный разрез через пластинку; 3 — край пластинки, сильно увеличенный; на нём видны базидии, стеригмы и базидиоспоры.

шляпочных съедобных и несъедобных (ядовитых) грибов. Среди них имеются сапрофиты, симбиотические организмы и паразиты. Базидии, чередующиеся с бесплодными клетками — парафизами, располагаются в виде правильного **г и м е н и а л ь н о г о** **с л о я** на поверхности плодового тела, называемого **г и м е н о ф о р о м**. У семейства пластинниковых гименофор имеет вид пластинок на нижней части шляпки. Представителем этих грибов может служить шампиньон (*Psalliota campestris*) (рис. 149). Мицелий гриба гнездится в унавоженной почве; плодовые тела, быстро вырастающие, состоят из пенька и шляпки.

К пластинчатым гименомицетам относятся также рыжики, лисички, грузди, сыроежки; из ядовитых — бледная поганка и красный мухомор. Опёнки растут на древесных пнях, а мицелий их не только живёт сапрофитом, но и паразитирует в корнях и стеблях деревьев, разрушая древесину. Ветвящиеся шнуры —

ризоморфы переползают на несколько метров от дерева к дереву.

У семейства трутовиковых в наиболее типичных случаях гименофор имеет вид вертикальных трубочек, находящихся на нижней части шляпки. На поперечном срезе, проведённом через гименофор, видны отверстия трубок, отделённые одно от другого плотно переплетёнными гифами. На гимениальном слое видны парафизы и между ними базидии и базидиоспоры. При

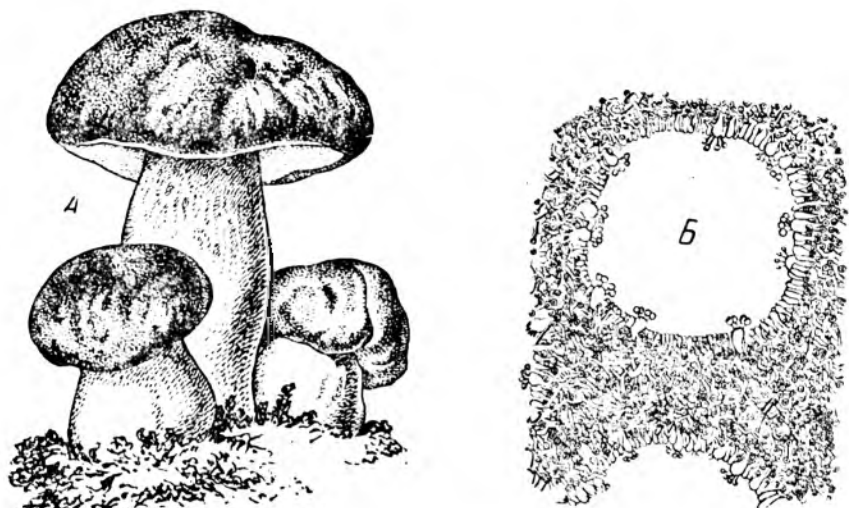


Рис. 150. Базидиальный шляпочный, трубчатый «белый гриб» (*Boletus edulis*): А — общий вид; Б — трубочка, внутри которой виден гимениальный слой, базидии и базидиоспоры (увел.).

созревания базидиоспоры отскакивают от стеригм на небольшое расстояние, падают вниз вдоль полости трубки и токами воздуха относятся в сторону.

К полезным съедобным грибам, имеющим трубчатое строение гименофора, относятся белый гриб (*Boletus edulis*) (рис. 150), осиновик, берёзовик, маслёнок, моховик. Мицелий их распространяется в лесной почве и гифы образуют микоризы на корнях деревьев, под которыми эти грибы растут. Распространение спор осуществляется не только ветром, но и многими животными, использующими грибы в пищу (слизняки, белки, медведи и др.).

К паразитным трутовиковым грибам относятся многие трутовики, развивающиеся на стволах деревьев в виде однолетних или многолетних копытообразных плодовых тел. К ним относятся различные виды родов *фомес* (*Fomes*) и *полипорус* (*Polyporus*). Иногда эти плодовые тела достигают больших размеров, так как ежегодно на старый гименофор нарастает новый и получаются наслоения, по которым можно сосчитать возраст гриба. Заражаются деревья спорами через пораненные места и через

трещины. Мицелий разрастается в древесине и с помощью ферментов растворяет пектиновые вещества, лигнин и целлюлозу. Древесина приобретает трухлявость, в дереве появляется дупло. Верхушки деревьев сохнут, в лесу происходят ветровалы. Нужен правильный уход за лесом для борьбы с трутовиками, наносящими колоссальный вред лесному хозяйству. Деревянные сырые помещения часто страдают от домового гриба (*Merulius lacrymans*) (см. стр. 243), от трутовика пория (*Poria variegata*) и от кониофору (*Coniophora cerebella*). На поверхности и в глубоких слоях сыроватой древесины (при влажности от 28 до 60%) распространяется мицелий, выделяющий капли желтоватой жидкости, вследствие чего домовый гриб и получил название «плачущий» (*lacrymans*). Капли жидкости выделяются также плодовыми телами мерулиуса, имеющими вид мягких лепёшек, размером от 10 см и до полуметра. Базидиоспоры появляются на верхней мелкоскладчатой поверхности плодового тела, отчего последнее приобретает жёлто-бурую окраску. Кроме того, у гриба развиваются длинные плотные тяжи (толщиной с карандаш и до семи метров в длину), способные распространяться из одного этажа дома в другой.

К порядку гастеромицетов относятся сапрофитные грибы с замкнутыми округлыми плодовыми телами, например дождевики (*Lycoperdon*), имеющие самую разнообразную величину — от размера грецкого ореха до размера головы человека и больше. В молодом возрасте плодовое тело дождевика белое, а позднее оно буреет и при надавливании легко разрывается и выбрасывает целое облако буроватых спор. Дождевики растут в лесах и на лугах и мицелий их гнездится в почве, богатой органическими веществами. Ткань плодового тела состоит из многочисленных камер, на стенках которых созревают базидиоспоры.

Базидиальные грибы, у которых базидии разделены перегородками, образуют подкласс фрагмобазидиальных грибов (от слова *phragma* — перегородка). Из них рассмотрим главнейших представителей порядка головнёвых и порядка ржавчинных грибов, ежегодно приносящих сельскому хозяйству огромный вред.

Головнёвые грибы (*Ustilaginales*). К ним относятся грибы, паразитирующие на культурных и дикорастущих растениях из семейства злаковых, осоковых, гречишных, лютиковых, лилейных и др. Их известно около 700 видов.

Злаки, поражённые головнёй, урожая обычно не дают, так как колоски их либо совсем, либо частично разрушены и заполнены чёрной пылью, которая является спорами головнёвого гриба. Споры головни весьма мелкие и их множество. Вот почему головня может распространяться с чрезвычайной быстротой. Споры головни сохраняют способность прорасти и заражать новые урожаи в течение 10 лет. Колосья и метёлки злаков, поражённые головнёй, можно легко заметить в поле, так как

колоски разрушаются, чернеют от скопившихся на них спор. Колоски приобретают как бы обгорелый вид, отчего болезнь и получила название «головня».

На различных злаках паразитируют разные виды головни (рис. 151) и потому, например, споры головни овса не могут за-

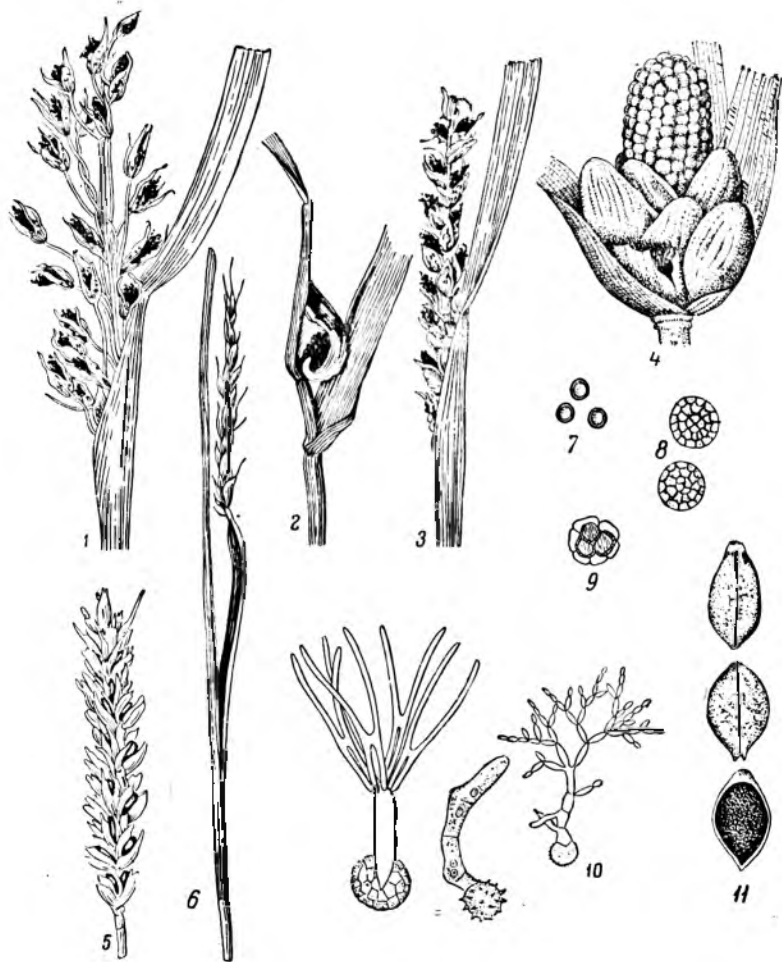


Рис. 151. Головневые грибы:

пыльная головня: 1—на овсе, 2—на просе, 3—на пшенице, 4—на кукурузе; 5—твёрдая головня на пшенице; 6—стеблевая головня на ржи; 7—споры пыльной головни; 8—споры твёрдой головни; 9—кучка спор стеблевой головни; 10—прорастание спор; 11—зерна пшеницы, поражённые твёрдой головней.

ражать ячмень и т. д. Наиболее распространённые виды головни следующие: 1) пыльная головня овса (*Ustilago avenae*), 2) пыльная головня проса (*U. panici miliaceae*), 3) пыльная головня пшеницы (*U. tritici*), 4) пыльная головня ячменя (*U. nuda*), 5) пыльная

головня кукурузы (*U. zeae*); кроме того, распространены: 6) твёрдая головня пшеницы (*Tilletia tritici*), 7) твёрдая головня ржи (*T. secalis*). Споры двух последних видов крупнее спор пыльной головни и бурая толстая оболочка их покрыта сетчатым узором. Кроме того, споры твёрдой головни обладают неприятным запахом тухлых селедочек. Кроме перечисленных видов головни, большой вред приносит стеблевая головня ржи (*Urocystis occulta*), поражающая верхнее междоузлие стебля, вследствие чего колос остаётся мелким и растение не выколашивается. Споры её образуют спорокучки, в которых споры при созревании не разъединяются; центральные споры в каждой спорокучке более крупные, а краевые — мельче и наполнены воздухом. Вредит также головня лука (*U. scirpae*); на листьях и на наружных частях молодых лукович появляются трещинки, наполненные клубочками спор.

Различные виды головни имеют отличительные особенности в своём развитии. Сперва мы остановимся на развитии пыльной головни проса и на видах, сходных с ней по развитию.

Во время уборки и молотбы проса споры головни разносятся в большом количестве и в это время они пристаёт к зерну и перезимовывают. Если весной заражённые зерна высеять, то споры головни начинают прорастать вместе с семенами в короткую трубочку — клетку, которая путём редукционного деления превращается в фрагмобазидию, состоящую из четырёх клеток. На фрагмобазидии развивается базидиоспора с гаплоидными ядрами. Базидиоспоры бывают разнополюе. Отделившись от базидий, эти споры, при соприкосновении друг с другом, копулируют, т. е. протопласт из мужской споры переползает в женскую базидиоспору: образуется двухъядерная клетка, дающая начало мицелию, клетки которого также двухъядерные. Замечено, что иногда базидиоспоры предварительно размножаются почкованием; тогда копулируют и прорастают в двухъядерный мицелий эти почкующиеся клетки, из которых одни бывают мужские, другие — женские. Двухъядерный мицелий проникает внутрь тканей молодого ростка проса и растёт с молодым растением по его межклеточным пространствам, обыкновенно не производя заметного разрушительного действия. Обнаружить гифы гриба в заражённых стеблях злака возможно только с помощью тончайшей микроскопической техники. Присутствие головнёвых грибов для невооружённого глаза незаметно до тех пор, пока злак не начнёт выметывать метёлку. В это время гифы гриба, остающиеся всё время двухъядерными, особенно обильно ветвятся на верхушке растения и дают многочисленные споры головнёвого гриба, которые называются хламидоспорами. Эти чёрные споры возникают из клеток гиф и отличаются толстой оболочкой, образующейся внутри клетки под ослизняющей старой оболочкой. Образование хламидоспор сопровождается частичным разрушением тканей затронутой части растения, в которой скопляется множество чёр-

ных хламидоспор. В каждой хламидоспоре вначале имеется два ядра, которые затем сливаются вместе, и потому позднее хламидоспоры имеют по одному диплоидному ядру. Разрушенная метёлка проса часто совсем не выходит из влагалища верхнего листа или выдвигается наружу в виде удлинённого чёрного тела, прикрытого беловатой легко разрушающейся плёнкой из мицелия. Хламидоспоры разносятся во время молотбы, пристают к зерновкам и с ними при посеве попадают в почву.

Подобным способом развития, кроме пыльной головни проса, обладает стеблевая головня ржи, пыльная головня овса и твёрдая головня пшеницы. У пыльной головни овса споры, попавшие на зерновку, прорастают ещё на растении, и мицелий внедряется в околоплодник и в чешую зерновки. Весной, в момент прорастания овса, мицелий проникает в проросток и развивается внутри растения. Особенности развития твёрдой головни пшеницы будут следующие: у неё хламидоспора при прорастании даёт базидию в виде короткой трубки, не разделённой перегородками; на конце базидия возникают нитевидные базидиоспоры, большей частью в числе восьми. Между соседними спорами (мужской и женской) у твёрдой головни возникает копуляционный канал, по которому содержимое из одной базидиоспоры переходит в другую, после чего двухъядерная спора развивается в мицелий, проникающий в зародыш прорастающей зерновки пшеницы. Так же как и у пыльной головни, мицелий твёрдой головни продвигается вверх одновременно с ростом пшеницы, пронизывая стеблевые узлы и междоузлия, распространяясь преимущественно по межклеточным пространствам и не причиняя пшенице видимого вреда до момента колошения. Колос пшеницы, повреждённый твёрдой головнёй, сохраняет вид здорового колоса, но при ближайшем осмотре его видно, что во вздутых потемневших «зёрнах», под околоплодником, вместо эндосперма находятся чёрные хламидоспоры. Заражённые колосья стоят прямо среди наклонившихся более тяжеловесных здоровых. В одной пшеничной зерновке, поражённой твёрдой головнёй, содержится больше 1 млн. спор, а во всём колосе 20—50 млн.

Вред, причиняемый головнёй, весьма значителен: кроме потери зерна в заражённых колосьях, превращающихся в чёрную пыль, загрязняется мука и понижается её качество. Такая мука вредно отзывается на здоровье не только человека, но и животных. От твёрдой головни мука приобретает неприятный запах.

Головня, поражающая луговые злаки, также снижает урожай сена и ухудшает его качество. При скормливании скоту заражённого сена споры попадают из желудка и кишечника (при поранениях) в кровеносную систему и, закупоривая вены, вызывают тяжёлые заболевания животных.

Борьба с головнёй и другими грибными паразитами обязательна для совхозов и колхозов. Министерство сельского хозяйства СССР проводит систему государственных мероприятий по ликвидации

головни на территории Советского Союза, вследствие чего заражённость хлебов головнёй снизилась с 30—50 до 0,3—1,3%. Только в условиях крупного механизированного социалистического сельского хозяйства борьба с различными паразитами, уничтожающими миллионы центнеров зерна, может быть успешной. Из всех мероприятий по борьбе с головнёй особо важным является протравливание семян ядовитыми веществами, с целью уничтожения спор головни, приставших к посевному материалу. Мокрое протравливание производится формалином (1 часть 40% формалина разбавляется 300 частями воды), а сухое — специальными препаратами. Техника протравливания описывается в курсах фитопатологии и защиты растений. Из других мероприятий следует указать на необходимость установления в хозяйстве правильного севооборота и правильного применения минерального и навозного удобрения, введение устойчивых против головни сортов, тщательную очистку и сортирование посевного материала.

Мокрое и сухое протравливание посевного материала не достигает цели в отношении пыльной головни пшеницы (*Ustilago tritici*) и пыльной головни ячменя (*U. nidula*), мицелий которых гнездится во внутренних тканях зерновки. Против этих грибов применяется прогревание зерна в горячей воде. Сперва зерно намачивается при температуре 30° в течение 4 часов, чтобы мицелий головни тронулся в рост, а затем зерно прогревается в воде при температуре 50—53° в течение 7—8 минут, после чего зерно можно просушить и употреблять для посева. Неосторожное перегревание может убить семена. Необходимость прогревания зерна пшеницы и ячменя, заражённого пыльной головнёй, становится понятной, если принять во внимание особенность развития этих видов пыльной головни. Споры их ещё в поле разносятся ветром и, попадая на рыльца растений, прорастают в четырёхклеточную фразмобазидию. Базидиоспоры не развиваются, но соседние клетки попарно копулируют и из них развиваются гифы с двухядерными клетками. Эти гифы проникают в завязь и разрастаются в ней, но не препятствуют развитию эндосперма и зародыша зерновки. Мицелий гриба перезимовывает внутри зерновки, а весной продолжает развиваться вместе с растением. Выколашивание злаков сопровождается обильным ветвлением мицелия и образованием чёрных хламидоспор; колоски, сидящие на главном стержне, разрушаются и вместо них развивается чёрная масса спор, которые разносятся ветром и снова заражают рыльца и завязи.

Особенностью развития пузырчатой головни кукурузы является способность её развиваться на всех частях растения-хозяина: на соцветиях, листьях, стеблях и даже на корнях. На поражённых частях растения образуются вздутия, иногда крупные, прикрытые тонкой плёнкой, наполненные спорами. Здоровая кукуруза заражается от больной ещё в поле, вот почему необходимо удалять в течение лета образующиеся вздутия. Хла-

мицелии кукурузной головни при прорастании дают четырёх-клеточную фрагмобазидию и на ней базидиоспоры, которые начинают обильно почковаться. Отпочковавшиеся споры копулируют и дают мицелий с двухъядерными клетками, который проникает во внутренние ткани кукурузы, где начинается развиваться опухоль, к которой обильно притекают питательные вещества. Мицелий гриба сильно разрастается за счёт разрушающихся тканей опухоль, а затем гифы распадаются на чёрные хламидоспоры, которые просвечивают сквозь белую плёнку вздутия.

Из луговых злаков у костра и райграса высокого пыльной головней поражаются метёлки и семена, а у остальных (лисохвост, поленица, ежа, мятлик и др.) повреждается листовая поверхность.

Ржавчинные грибы (Uredinales). Они паразитируют на листьях, стеблях, плодах семенных растений, а также на листьях папоротников. Из культурных растений от них страдают различные злаки, бобовые, яблоня, груша, малина, смородина, лён и др. Всего известно свыше 4 000 видов ржавчинных грибов, из них наиболее распространённый род — пукция (*Russinia*), на который приходится почти половина всех видов; распространены также уромйес (*Uromyces*), гимноспорангий (*Gymnosporangium*), фрагмидий (*Phragmidium*), мелампсора (*Melampsora*) и др.

Мицелий ржавчинных грибов растёт внутри тканей по межклеточным пространствам, но часто внедряется в клетки. На поверхности органов бывают видны пятна и подушечки оранжевого или ржавого цвета, что зависит от скопления кучек спор, содержащих в себе оранжевый пигмент, сходный по цвету с каротином. Ржавчинные грибы вызывают болезнь «ржавчину», которая в некоторые годы причиняет большие убытки сельскому хозяйству, так как из-за неё снижается урожай сельскохозяйственных культур и ухудшается качество продуктов. Иногда приходится преждевременно скашивать поражённые хлеба и получать одну плохую солому.

На хлебных злаках в пределах нашей страны паразитирует шесть видов ржавчинных грибов, из которых наиболее сложным циклом развития обладает **линейная, или стеблевая, ржавчина** (*Russinia graminis*) (рис. 152). Линейная ржавчина поражает влагалища листьев и стебли злаков, иногда колосья и, реже, пластинки листьев. На поражённых органах появляются удлиненные ржаво-бурые подушечки, расположенные продольными линиями. Из образующихся на подушечках трещинок в июле выделяются споры, легко пристающие к пальцам и одежде. Они сидят кучками в каждой трещинке. Каждая отдельная пылинка является двухъядерной **летней спорой** (уредоспорой) с оранжевым содержимым, с шиповатой оболочкой и с несколькими порами. Эти споры имеют овальную форму и сидят на ножках, являющихся окончанием гиф. Уредоспоры способны прорасти немедленно и, будучи перенесены ветром с одного растения на другое, выпускают гифы, которые через устьица

проникают в ткань листа, разрастаются там, образуя новый мицелий, состоящий из двухъядерных клеток. Образование летних спор повторяется в течение лета несколько раз, чем и объясняется быстрое и широкое распространение болезни. Все питательные соки, нужные для развития гриба и спор, берутся грибом из внутренних клеток растения.

К началу созревания хлебов вместо ржаво-жёлтых подушечек начинают появляться чёрные. Такая подушечка состоит из кучек буроватых спор, сидящих на ножках и снабжённых поперечной перегородкой. Они не распыляются и прорастают только после зимнего покоя. Это — з и м н и е с п о р ы, называемые т е л е й т о с п о р а м и. Каждая телейтоспора состоит из двух клеток с оболочкой более толстой, чем у уредоспоры, защищающей спору в течение зимы.

В каждой клетке телейтоспоры вначале имеется по два ядра. В созревающей телейтоспоре два ядра сливаются в одно диплоидное ядро. Прорастание споры происходит весной на остатках от растений (на стерне хлебных злаков или на сухих стеблях сорняков, на которых ржавчина также развивается). Прорастающая спора выпускает две нити — базидии по одной из каждой клетки, в которые переходят ядра. Диплоидные ядра, перешедшие в базидии, делятся редукционным способом и обычным митозом, и каждая нить даёт по четыре клетки (фрагмобазидии), с гаплоидными ядрами. На каждой базидиальной клетке вырастает трубочка — стеригма, на конце вздувающаяся. По этой трубочке ядро протискивается во вздутие, которое превращается в г а п л о и д н ю б а з и д и о с п о р у. Так как из телейтоспоры вырастают две четырёхклеточные фрагмобазидии, то всего на телейтоспоре возникает восемь базидиоспор. Базидиоспоры линейной ржавчины разносятся ветром и могут прорасти только в том случае, если попадут на листья какого-либо вида барбариса. Листья барбариса, заражённые ржавчиной, страдают от мицелия, пронизывающего ассимиляционные ткани.

На нижней стороне листа барбариса появляются ржавого цвета вздутия — э ц и д и и, наполненные двухъядерными э ц и д и о с п о р а м и. Располагаются эти споры правильными рядами, так как они отшнуровываются от окончаний гиф, вдающихся в эцидий. Эцидиоспоры разносятся ветром и, попадая на стебли и листья злака, прорастают, и гифы внедряются через устьица во внутренние ткани злака. Развившийся в листе злака гриб образует летние споры — уредоспоры, с которых мы начали описание.

На верхней стороне листьев барбариса, в местах, соответствующих эцидиям, имеются ещё особые темноватые точки, называемые п и к н и д и я м и. Пикнидии отшнуровывают от себя весьма мелкие гаплоидные споры — пикноконидии, или спермации, играющие роль в половом процессе, который имеет место у линейной ржавчины во время её жизни на барбарисе.

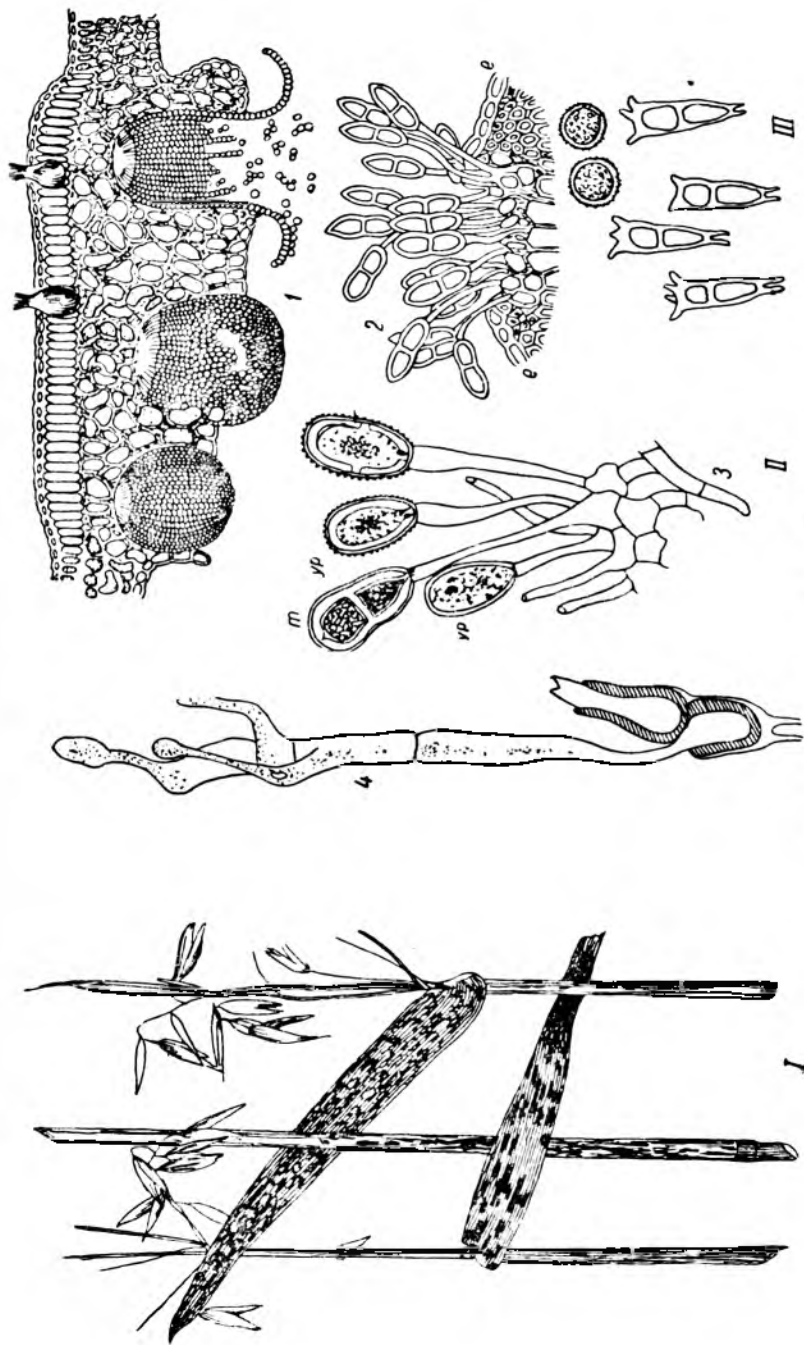


Рис. 152. Ржавчинные грибы:

I — ржавчина на листьях и на стеблях овса; II — поперечный разрез листа барбариса с эцидиями на нижней стороне и пикнидиями на верхней; 2 — телиоспоры; 3 — разорванная оболочка листа ржи, перерезанного поперёк; 3 — уредоспоры (ур) и одна телиоспора (m); 4 — телиоспора проросла и дала фрагмобазидий с базидиоспорами; III — споры корончатой ржавчины (зимние и летние).

Итак, последовательность в развитии линейной ржавчины бывает следующая: весной на листьях барбариса появляются эцидии и пикнидии, летом на злаках появляются уредоспоры, и в конце лета на тех же местах образуются телеитоспоры, которые прорастают весной и несут на себе базидиоспоры, переносимые ветром на листья барбариса.

Различные биологические расы или формы линейной ржавчины паразитируют на самых разнообразных злаках, как культурных, так и дикорастущих. Так, различают формы ржаной ржавчины, паразитирующей на ржи, ячмене, пырее и костре, а иногда и на пшенице. Зимовка этой формы ржавчины может происходить на листьях озимой ржи и на зимующих листьях пырея. Овсяная линейная ржавчина паразитирует на овсе, овсянице, еже и лисохвосте. Пшеничная линейная ржавчина зимует на пшенице, иногда переходит на ячмень, на плевел опьяняющий и пырей.

Кроме линейной ржавчины, существуют другие виды. Укажем на следующие.

Корончатая ржавчина овса (*Puccinia coronifera*). Развитие её сходно с линейной ржавчиной, с той лишь разницей, что она поселяется на овсе и на слабительной крушине (*Rhamnus cathartica*) (рис. 195). На ломкой крушине (*Rhamnus frangula*) поселяется другая форма корончатой ржавчины, которая для овса не опасна, а опасна лишь для многих луговых злаков: ежи, полевицы, пырея, овсяницы и др. Обе формы корончатой ржавчины отличаются характерным внешним видом телеитоспор, имеющих на поверхности особые отростки в виде коровки. Когда по опушкам леса в большом количестве встречается слабительная крушина, то на овсе паразитирует корончатая ржавчина. Корончатая ржавчина иногда встречается на овсе вместе с линейной ржавчиной.

Бурая ржавчина пшеницы (*Puccinia triticea*) паразитирует на пшенице, а весенняя её стадия на василистнике (*Thalictrum*) и на легице (*Isorugum*). Этот вид ржавчины широко распространён как на яровой, так и на озимой пшенице. Бурные подушечки бывают в беспорядке расположены на пластинках листьев. Бурая ржавчина обходится и без промежуточного растения. На озимой пшенице ржавчина зимует тогда в виде уредоспор и мицелия, а весной появляется вскоре после выхода листьев пшеницы из-под снега. Яровая пшеница заражается бурой ржавчиной от озимой, если она находится вблизи от последней. После уборки озимой и яровой пшеницы уредоспоры сохраняются на остатках от урожая (на стерне) и на всходах падалицы, а осенью заражают всходы озимой пшеницы. Бурая ржавчина приносит пшенице наибольший вред, так как сильно распространена.

Бурая ржавчина ржи (*Puccinia dispersa*) развивается на листьях озимой ржи ещё с осени. Весной её развитие продолжается, но массовое развитие наблюдается только в июле,

в поздние фазы роста ржи. Несмотря на сильное распространение, большой вред эта ржавчина приносит только запоздавшим в своём развитии посевам ржи. Телейтоспоры частично прорастают в год их образования, но прорастают также и после перезимовки, давая базидиоспоры, которые заражают сорные растения из семейства бурачниковых — кривоцвет (*Anchusa argvensis*) и румянку лекарственную (*Anchusa officinalis*). Эцидиоспоры с этих растений заражают только рожь.

На хлебных злаках паразитируют ещё жёлтая ржавчина (*Puccinia glumarum*) и карликовая ржавчина ячменя (*Puccinia simplex*). Первая из них встречается на ржи, пшенице, ячмене и на дикорастущих злаках в виде мелких лимонно-жёлтых подушечек, расположенных продольными рядами на пластинках и на влагалищах листьев и на чешуйках колосков. Вместо жёлтых кучек уредоспор позднее появляются тёмные кучки телейтоспор. Распространена в Крыму, на Кавказе, на Алтае, в Средней Азии, а иногда встречается в средней и северной полосах европейской части СССР. Промежуточный «хозяин» для жёлтой ржавчины не известен, но установлена её способность перезимовывать при посредстве мицелия и уредоспор. Сходна с жёлтой ржавчиной карликовая ржавчина, встречающаяся только на ячмене. Распространяется летними спорами и зимует на озимых формах ячменя. Зимние споры часто бывают одноклеточные, неправильной формы. Образующиеся на них весной базидиоспоры прорастают на птицемлечниках (*Ornithogalum*), растущих в южной и западной частях СССР.

Виды ржавчины, принадлежащие к роду пукциния, встречаются также на других растениях. На кукурузе паразитирует кукурузная ржавчина (*Puccinia maydis*); промежуточным же для неё растением является кислица (*Oxalis*). На подсолнечнике паразитирует подсолнечная ржавчина (*Puccinia helianthi*); эта ржавчина обходится без промежуточного растения. Появляющиеся весной на телейтоспоре базидиоспоры заражают непосредственно молодые растения подсолнечника.

На луговых злаках, а также на клевере встречаются виды ржавчины, принадлежащие к роду уромиец (*Uromyces*), но особенно сильного вреда этим растениям ржавчина не приносит. Уромиец паразитирует на многих овощных и полевых растениях. Этот род отличается одноклеточными телейтоспорами. Из культурных растений этой ржавчиной поражается горох, на листьях которого появляются оранжево-коричневые подушечки летних спор, позднее чернеющие от зимних спор. Базидиоспоры прорастают на молочае (*Euphorbia*), на котором появляются эцидиоспоры, заражающие горох. Уромиец встречается на фасоли, бобах, вике и на многих других растениях.

Виды ржавчины, принадлежащие к роду гимноспорангий (*Gymnosporangium*), паразитируют на плодовых деревьях. На яблоню ржавчина переносится с обыкновенного можжевельника, на грушу — с казачьего можжевельника.

Виды ржавчины рода фругмидий (*Phragmidium*) паразитируют на розе и малине. Зимние споры у них многоклеточные. Весь цикл развития происходит на одном растении. На смородине и крыжовнике паразитируют виды ржавчины из рода кронарций (*Cronartium*), эцидиальная форма

которых развивается на веймутовой сосне и на сибирском кедре. На лье паразитирует ржавчина льна или «мухосед», принадлежащая к роду *м е л а м п с о р а* (*Meiampsoa*). Другой вид мелампсоры вызывает искривление молодых ветвей сосны — болезнь, называемую «сосновый вертун».

Действительная борьба с разнообразными видами и формами ржавчинных грибов, приносящими вред культурным растениям, возможна при применении специальных мер борьбы в комплексе с агротехническими мероприятиями. Сюда относятся: уничтожение диорастущих трав на полях и межах, уничтожение барбариса, слабительной крушины, применению устойчивых против ржавчины сортов, ранний посев яровых, яровизация семян, лущение стерни, тщательная и глубокая обработка почвы, рациональное использование удобрений, рядовой посев, введение правильных севооборотов и многие другие агромероприятия, входящие в комплекс мероприятий травопольной системы земледелия. Против бурой листовой ржавчины пшеницы, зимующей в стадии уредоспора, применяется опыливание серными препаратами. В садах имеет значение опрыскивание растворами извести с серой и бордосской жидкостью.

У класс — Несовершенные грибы (*Fungi imperfecti*)

К классу несовершенных грибов относятся многие высшие грибы, имеющие многоклеточный мицелий, но не обладающие ясно выраженным сумчатым или базидиальным спороношением. У некоторых из них наблюдается только мицелий, у других имеет место размножение почкованием или путём распада мицелия на отдельные клетки, а у большинства известно размножение с помощью отчлениющихся конидий.

Несовершенных грибов известно до 25 тыс. видов, из которых мы остаёмся лишь на некоторых, приносящих вред сельскохозяйственным растениям.

Фузариум (*Fusarium*) — обширный род несовершенных грибов, различные виды которого поселяются в почве, а также на разнообразных растениях, вызывая их увядание; последнее происходит вследствие закупоривания сосудов мицелием. Конидии этих грибов имеют серповидную форму и разделены перегородками на несколько клеток. Скопление конидий имеет розоватый цвет. Различные виды фузариума вызывают увядание многих растений (льна, хлопчатника, томата, клевера, гороха, тыквенных), а также загнивание корней, стеблей и початков кукурузы. Сухая гниль картофельных клубней также вызывается фузариумом (*F. solani*). На кожуре клубня появляются вдавленные места, которые покрываются белыми, с розоватым оттенком, подушечками, состоящими из конидий, имеющих серповидную форму. Фузариум (*F. graminearum*), поселяющийся на хлебных злаках, выделяет из себя яды — токсины, которые вызывают у людей признаки отравления при употреблении в пищу заражённого, так называемого «пьяного хлеба». Другой вид фузариума (*F. nivale*) поселяется на озимых посевах, после выхода их из-под снега, в виде «снежной плесени».

Гриб **глюкоспорий** (*Glocosporium caulivorum*) поселяется на клевере и вызывает болезнь — антракноз красного клевера, от которой погибает иногда до 30—40% урожая клевера. Пятнистый антракноз винограда также вызывает глюкоспорий (*G. ampelophagum*). Пятнистость на листьях яблоны, сливы, табака, сирени появляется вследствие поражения видами несовершенных грибов, относящихся к роду *ф и л л о с т и к т а* (*Phyllosticta*); от видов рода *а с к о х и т а* (*Ascochyta*) появляются пятна на листьях, стеблях и плодах тыквенных растений, гречихи, злаков, фасоли и других растений, а от видов

рода септория (Septoria) появляются пятна на листьях конопля, малины, смородины.

К несовершенным грибам относятся также лучистые грибы (Actinopucciniae), гифы которых весьма тонки и часто радиально расходятся (в виде лучей), образуя мельчайшие клубочки. Они поселяются в почве, обуславливая характерный запах земли, и способствуют круговороту веществ. Лучистые грибы иногда вызывают заболевания полости рта и челюстей у рогатого скота. Подвержен этому заболеванию и человек.

Список грибных болезней сельскохозяйственных растений велик; они изучаются специально в курсе фитопатологии, в котором подробно также описываются меры борьбы с ними.

5. ЛИШАЙНИКИ (LICHENES)

Лишайники, или ягели, — нетребовательные растительные организмы, поселяющиеся на голых камнях, бесплодных почвах, на коре деревьев, особенно на сухих сучьях и стволах. Замечено, что они имеют большее распространение по направлению к северу, чем к югу; на вершинах гор лишайники встречаются чаще, чем у их подножья. Замечено, что лишайники нуждаются в чистом воздухе и селятся вдали от городов, в лесах и тундрах. На стволах деревьев мы найдём их в большем количестве на стороне, обращённой к северу, где они находят для себя более подходящие условия. Требовательность этих растений к субстрату, на котором они поселяются, крайне ничтожна: иногда их можно найти на старых деревянных заборах, каменных ступеньках, металлических оградах и даже на стеклах. Продолжительная неподвижность субстрата одно из основных условий жизни лишайников.

Внешний вид этих растений довольно своеобразный: они имеют слоевище то в виде пластинок, то в виде сухих кустиков, не достигающих и 10 см или свешивающихся с деревьев, наподобие длинной седой бороды, то в виде плёночек, сростающихся с субстратом, на котором поселяются, в имеющих листовидную форму, а иногда они имеют вид наклеек или студенистых плёночек. Слоевище их окрашено в яржёлтый, сероватый, зеленоватый и другие цвета.

По внешнему виду слоевища лишайники можно разделить на: 1) кустовидные, например исландский «мох» (*Cetraria islandica*), олений «мох» (*Cladonia rangiferina*) и бородачатый лишайник (*Usnea barbata*); 2) листовидные, например пармелия (*Parmelia*), степной лишайник (*Xanthoria parietina*); 3) наклеечные, например писчий лишайник (*Graphis scripta*); 4) слизистые, например коллема (*Collema*).

Слоевище лишайника своей нижней частью прикрепляется к субстрату. Растут эти растения медленно, в большинстве случаев величина их не превышает нескольких сантиметров и лишь некоторые виды достигают полуметра длины.

Продолжительности жизни исчисляется многими десятками лет. Олений «мох», например, даёт ежегодный прирост около 0,5 см, и пастбище из этого лишайника, стравленное оленями, восстанавливается в течение 10—20 лет.

Олений «мох» (рис. 153) на севере СССР имеет наибольшее значение из всех лишайников. Он встречается в сосновых лесах, а также в тундрах в огромном количестве и, вместе

с другими видами лишайников, составляет основной корм для северных оленей.

Некоторое питательное значение имеет исландский «мох» (рис. 154, Г), содержащий в сухом веществе до 50% углеводов, называемого лишайником, который входит в состав клеточных оболочек и, в отличие от крахмала, не окрашивается йодом в синий цвет. Лишайник менее питателен, чем крахмал картофеля, но всё же исландский «мох» идёт на приготовление лепёшек и пи-

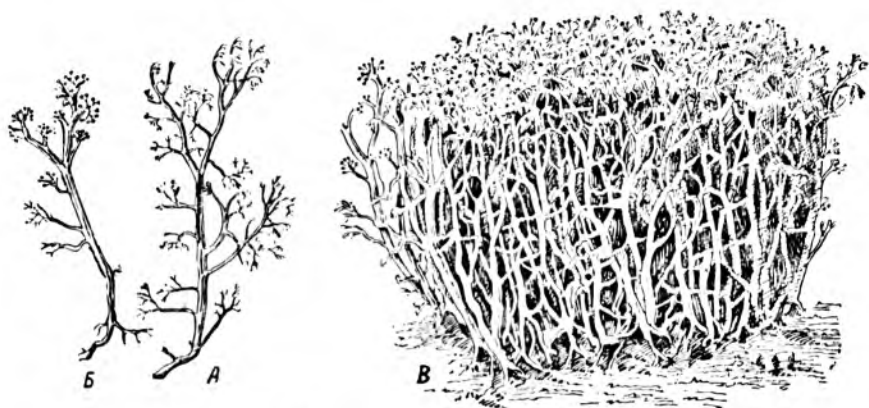


Рис. 153. Лишайник олений «мох» (*Cladonia rangiferina*):
А — бесплодная, Б — плодущая веточка; В — общий вид растений.

тательного студня. Не исключена возможность использования этого и других лишайников для спиртового производства. Для крайнего севера лишайники имеют большое значение. В степях и пустынях Азии и Африки, а также в полупустынях Казахстана встречается лишайниковая манна (*Lecanora*), употребляемая в пищу, а в Ост-Индии растёт лакмусовый лишайник (*Roccella tinctoria*), из которого добывается ценная краска — лакмус.

В последние годы А. Л. Курсановым и Н. Н. Дьячковым разработан способ использования лишайников (*Cetraria*, *Alectoria* и *Cladonia*) для получения глюкозной патоки и глюкозы. На лиственных деревьях часто встречается лишайник — дубовый мох (*Evernia*), употребляемый в парфюмерии. Арктический лишайник (*Cetraria cucullata*) богат полезным витамином С, а летария (*Letharia vulpina*) содержит ядовитые вещества и используется для отравления волков.

Способность лишайников при полном высыхании сохранять жизнь и таким путём переносить засуху, набухая и оживая при первом дожде, даёт возможность поселяться им вместе с другими пионерами жизни — водорослями, бактериями и мхами — на «бесплодных» горных породах и способствовать выветриванию их. Выделяемые лишайниками кислоты растворяют не только извест-

ковые соединения, но даже и кремнезёмистые, а в образовавшихся шероховатостях и трещинах задерживаются пылеватые частицы почвы, которые дают возможность поселяться в таких местах мхам, семенным травам и, наконец, мелким кустарникам.

Лишайники, поселяющиеся на коре деревьев, не являются паразитами, но безусловно вредны, так как дают пристанище вредным насекомым. Поэтому кору фруктовых деревьев необходимо очищать от них скребками и жёсткими щётками.

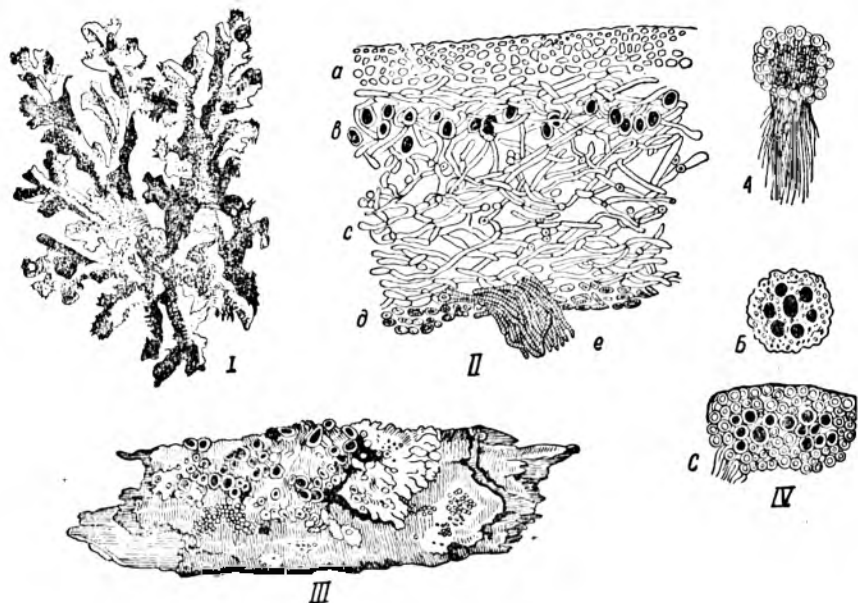


Рис. 154.

I — исландский «мох» (*Cetraria islandica*); II — поперечный разрез через слоевище лишайника (*Sticta fuliginosa*) (увелич. в 500 раз): а — ризоиды на нижней стороне, б — слой гонимидий, в — сердцевинный слой, г — верхний корковый слой, д — нижний корковый слой; III — стеноидный лишайник (*Xanthoria parietina*) на ветке дерева; IV — срединный лишайников — А, Б, С в их прорастании.

В биологическом отношении лишайники являются крайне интересными организмами. Они представляют собой прекрасный пример теснейшего сожительства (симбиоза) двух организмов: гриба и зелёных или синезелёных водорослей. В лишайниках встречается также третий симбиотический организм — азотфиксирующая бактерия (*Asotobacter*), что доказано исследованиями П. А. Генкеля.

При рассматривании в микроскоп поперечного разреза слоевища лишайника (рис. 154, II) можно увидеть гифы гриба, рыхло сплетающиеся между собой в средней части и очень плотно переплетённые на верхней и нижней поверхностях. Эта плотная ткань слоевища называется коркой, а рыхлый средний слой называется сердцевинным слоем. Часть слоевища, окрашенная в зелёный цвет, называется гонимидальным слоем, так как гифы гриба в этом слое одеты окрашенными (зелёными или синезелёными) одноклеточными

водоросли — гонидии¹. Не всегда водоросли расположены в слоевище лишайника в одном слое; у слизистых лишайников можно видеть цепочки синезелёных водорослей (*Nostoc* и др.), разбросанные между гифами равномерно по всему слоевищу. На нижней части слоевища вырастают грибные гифы (ризиды), врастающие в субстрат; часто ризиды располагаются пучком.

В 1867 г. русские учёные А. С. Фаминцын и И. В. Баранецкий обнаружили, что гонидии стенового лишайника (*Xanthoria parietina*) после сгнивания в воде грибных нитей продолжали жить самостоятельно и размножаться путём деления и образования зооспор. С другой стороны, было доказано, что на питательных средах можно вырастить отдельно лишайниковый гриб, удалив из него зелёные клетки (гонидии).

Водоросли (гонидии), живущие внутри гриба, способны ассимилировать углерод из воздуха и получать минеральные соли и воду от гриба, а гриб получает от водоросли органические вещества. Размножение водорослей происходит путём их деления. Часть водорослей идёт на питание гриба, так как замечено, что некоторые гифы гриба прикладываются к ним и высасывают из них всё содержимое и даже оболочки. Следовательно, гриб не только сожительствоует, но и паразитирует на водорослях. В других случаях наблюдается чрезмерное размножение водорослей, которые начинают угнетать развитие гриба. Происходит всё время как бы борьба двух организмов, которая оканчивается или победой одного из них или же между организмами устанавливается явление симбиоза.

Размножение лишайников сводится к размножению водорослей путём деления и к размножению гриба путём образования спор, созревающих в сумках, расположенных на особых бородавочках и блюдечках, так называемых апотециях, а также во вмеселищах — перитециях. Гонидии и аскоспores выбрасываются вместе из слоевища и, попадая на сырой субстрат, спора гриба начинает прорастать, а гифы оплетают гонидии. Получается новый лишайник.

Особенно распространён способ вегетативного размножения лишайников при посредстве так называемых соредий (от греческого сорос — кучка, множество) (рис. 154). Образуются они внутри гонидиального слоя путём плотного обрастания грибными нитями некоторых гонидий. Результатом такого обрастания является образование изолированных клубочков. К моменту их созревания корковый слой слоевища лишайника под влиянием внутреннего давления покрывается, и соредии в виде мелкого порошка высыпаются и разносятся ветром и водой. В дальнейшем, при благоприятных условиях, соредии, имеющие в себе и гонидии и гифы гриба, разрастаются в новые лишайники.

6. МХИ (ВЕРУРНУТА)

Мхи, по сравнению с водорослями и другими низшими растениями, — организмы более развитые по строению как вегетативных органов, так и органов размножения. Усложнение организации у мхов вызвано условиями наземного образа жизни, при котором уже требуется большая прочность растения и большая приспособленность к самостоятельному добыванию питательных веществ.

Мхи — автотрофные организмы с хорошо развитыми хлоропластами. Величина их незначительна: она никогда не превышает 20—30 см, а обычная высота их колеблется от 5 до 15 см. У некоторых мхов, например у маршанции (*Marchantia polymorpha*) (рис. 155), вегетативные органы не дифференцированы, а тело состоит из плоского, лопастной формы слоевища, прикрепляющегося

¹ Название «гонидии» (от греческого гонос — размножение) дано было давно, когда зелёные клетки ошибочно принимали за органы размножения лишайника.

к земле с помощью ризоидов (одноклеточных волосков). У торфяного мха (*Sphagnum*) имеются стебли и мелкие листья, а у настоящих листостебельных мхов, например у кукушкина (Polytrichum commune) (рис. 157), имеются хорошо обветвевшие стебли с ризоидами на нижнем конце. Корни у мхов не развиваются.

Мхи приспособились к жизни в условиях обильной влажности. Они растут большей частью на болотах, мокрых лугах, в густой

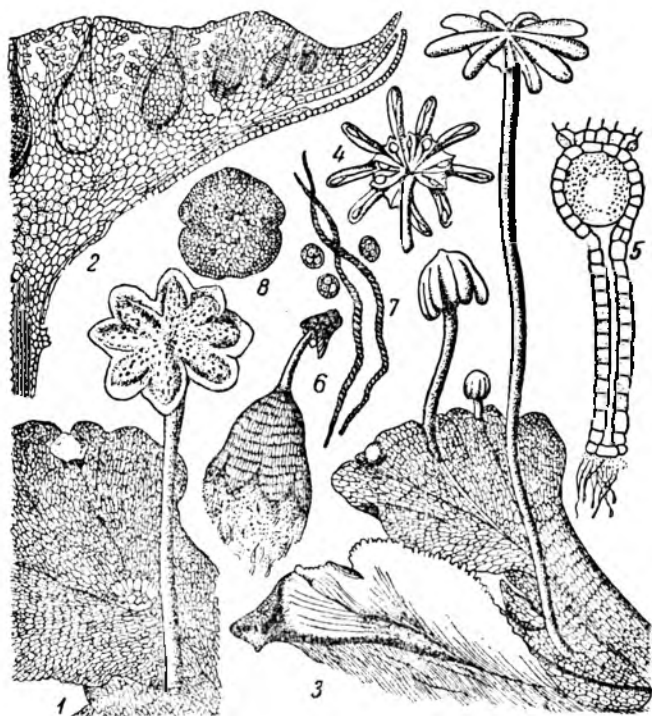


Рис. 155. Мох маршанция (*Marchantia polymorpha*):

1 — слоевище с мужской подставкой и с выводковыми почками; 2 — разрез мужской подставки с антеридиями; 3 — слоевище с листовыми подставками; на нижней стороне видны ризоиды; 4 — женская подставка с ножкой; 5 — архегоний; 6 — коробочка в момент выделения из нее спор и пружинки; 7 — пружинки сильно увеличенные и споры; 8 — выводковая почка (по А. А. Еленкину).

тени лесов, а если иногда и поселяются в более сухих местах, например на камнях, коре деревьев и сухих лугах, то пользуются для своего роста влагой в периоды дождей. Вообще мхи, как и лишайники, хорошо переносят засуху, впадая как бы в состояние анабиоза (скрытой жизни). Опыты показывают, что некоторые виды мхов возможно оживить даже после того, как они пролежали в засушенном виде (в гербарии) больше десятка лет.

В жизни природы мхи, как и лишайники, имеют значение в качестве пионеров, поселяющихся на бесплодных почвах и скалах. Они задерживают пылеватые частицы почвы и влагу и способствуют накоплению перегноя, на котором поселяются другие, более требовательные растения.

Мхи подразделяются на два больших класса: 1) печёночники (Hepaticae), слоевище некоторых из них имеет внешнее сходство с печенью, и 2) листовые мхи (Musci), имеющие стебли и листья. Каждый из этих классов разделяется на порядки, а последние — на семейства, роды и виды.

К классу печёночников относятся свыше 8 000 видов. Тело этих мхов имеет верхнюю и нижнюю стороны, отличающиеся по своему строению. У высших представителей этого класса тело расчленено на стебель и листья; у низших же представителей, например у распространённой маршанции (*Marchantia polymorpha*), тело состоит из слоевища, которое имеет форму темнозелёной широкой пластинки с дихотомически разветвляющимися лопастями (рис. 155). Маршанция встречается по берегам рек, по канавам, на увлажнённых местах. Слоевище стелется по сырой земле и прикрепляется к ней нижней своей частью с помощью многочисленных одноклеточных волосков — ризоидов. Кроме ризоидов, служащих также для всасывания воды и минеральных веществ, на нижней поверхности располагается ещё большее количество мельчайших зачатков листьев в виде чешуек. Ризоиды вырастают из кожицы, покрывающей слоевище. Верхняя поверхность слоевища маршанции также покрыта кожей; на слоевище заметны вдавленные жилки, дихотомически разветвляющиеся; на коже имеются округлые устья, неспособные закрываться. Под устьями располагаются воздушные полости — камеры, отделяющиеся одна от другой перегородками, состоящими из ряда клеток. Со два камер поднимаются вверх зелёные короткие нити — ассимиляционные органы, состоящие из клеток, богатых хлоропластами. Дно камер состоит из тонкостенных паренхимных клеток, плотно соединённых между собой и играющих роль проводящей ткани; в этих же клетках откладываются запасные питательные вещества: крахмал, белки, масло.

Размножение маршанции происходит вегетативным, бесполом и половым способами. Вегетативное размножение достигается с помощью выводковых почек, имеющих форму мелких зелёных пластинок. Они развиваются на верхней поверхности слоевища маршанции на дне выводковых «корзиночек», края которых зазубрены. Выводковые почки во время дождя отделяются от материнского слоевища и, прорастая, превращаются в новые слоевища.

Маршанция — двудомное растение. При половом размножении на одних экземплярах её вырастают мужские подставки с антеридиями, а на других — женские подставки с архегониями. Мужская подставка сидит на ножке, заканчивающейся наверху плоским, слегка лопастным, диском. В толще диска развиваются антеридиальные полости, устья которых выходят на верхнюю поверхность диска. В каждой антеридиальной полости помещается по одному антеридию. Антеридий состоит из тонкой многоклеточной стенки, под защитой которой развиваются сперматогенные клетки. Из каждой сперматогенной клетки развиваются по два сперматозоида, т. е. по две мужские половые клетки. Сперматозоиды весьма малы, подвижны и их множество. Каждый из них состоит из изогнутого тельца и двух жгутиков на переднем конце. Во время дождя они попадают на женские экземпляры и оплодотворяют яйцевые клетки.

Женские подставки, находящиеся на других экземплярах, сидят на ножках, заканчивающихся многолучевыми пластинками, имеющими звезчатую форму. Архегонии находятся на нижней поверхности звездообразной пластинки. Они свешиваются вниз и защищены покрывалом из однослойной ткани. Архегоний состоит из брюшка, в котором находится яйцевая клетка, имеющая густую протоплазму и ядро. Стенки брюшка

состоящие из ряда клеток, переходят в шейку с тончайшим каналцем внутри. Архегонии напоминают собой миниатюрные колбочки, опрокинутые горлышками вниз. Кроме яйцевой клетки, в брюшке архегония имеется брюшная канальцевая клетка, а в канальце несколько мелких канальцевых клеток. Во время дождя или росы канальцевые клетки архегония ослизняются, а попавшие на подставку подвижные сперматозоиды проникают по каналцу в брюшко и оплодотворяют яйцевую клетку. Из зиготы образуется с п о р о г о н и й¹ маршанция, состоящий из короткой ножки и коробочки (спorangия). В коробочке маршанции созревают многочисленные споры и между ними удлинённые мёртвые клетки — пружинки, или элатеры. Пружинки имеют прозенхимную форму и спиральные утолщения на внутренней стенке. Одноклеточные споры окружены оболочками и внутри, кроме протоплазмы и ядра, имеют пластиды и капли масла. При созревании спор коробочка на верхушке разрывается и споры выделяются наружу. Пружинки, обладающие гигроскопическими движениями, разрыхляющие массу спор и этим способствуют освобождению их из спорангия. Это освобождение происходит в сухую погоду и потому лёгкие споры разносятся ветром. На влажном субстрате споры прорастают в тонкую зелёную нить, на конце которой путём деления возникает многоклеточная зелёная пластинка, разрастающаяся в новое мужское или женское слоевище.

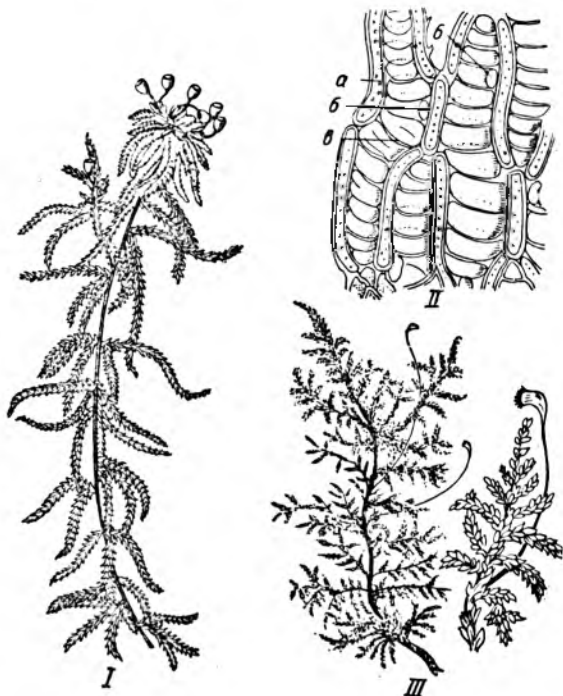


Рис. 156.

I — торфяной мох (Sphagnum); II — строение листа сфагнома: а — хлорофиллоносные клетки, б — поры, в — спиральные утолщения в мёртвых клетках; III — ветвистый мох «гипнум» (Hypnum).

К классу листовых мхов относятся порядки: торфяных мхов (Sphagnales) и зелёных мхов (Bryales).

К торфяным мхам относится род сфагнум (Sphagnum) (рис. 156), в котором известно свыше 300 видов, весьма сходных между собой. Растения имеют беловатый цвет, с зелёным оттенком от наличия хлорофилла. Ветвистый стебель сфагнома обильно покрыт мелкими чешуйчатыми листьями и наверху заканчивается густым разветвлением, иногда окрашенным от антоциана в красноватый цвет. Нижний конец стебля находится в состоянии от-

¹ Спорогоний от греческого слова «спора» — посев, семя, «гонос» — рождение, происхождение.

гнивания; он не имеет на себе даже ризоидов. Между верхушечными веточками бывают видны спорангии. На поперечном разрезе стебля, в центре, можно заметить клетки с тонкими оболочками. Они служат для медленного передвижения веществ по стеблю и для отложения запасных веществ. Настоящей проводящей ткани у сфагнома нет. Нежные центральные клетки окружены толстостенными клетками механической ткани. Наружная часть — кора стебля — состоит из крупных пустотелых омертвевших клеток, снабжённых круглыми отверстиями — порами, открывающими доступ воде к растению, а на внутренней поверхности имеющих спиральные утолщения оболочек. Такое устройство стебля способствует поглощению воды всей поверхностью стебля. При рассматривании строения листа в микроскоп мы заметим, что каждый лист состоит из мелких и крупных клеток. Удлиненные мелкие клетки соединяются между собою только своими короткими сторонами, образуя сетку. Они содержат в себе протоплазму, в которой можно заметить хлоропласты. Своими длинными сторонами они примыкают к крупным клеткам, располагающимся между петлями сетки. Бесцветные крупные клетки — трахеиды обладают тонкой оболочкой, снабжённой внутри спиральными утолщениями и крупными порами на наружной стороне. Они бывают наполнены водой или воздухом. Трахеиды через поры легко впитывают в себя воду даже из влажного воздуха. Водой пользуются живые зелёные клетки, хорошо защищённые от высыхания и обладающие ассимиляционной способностью. Благодаря такому устройству стебля и листьев сфагнум, как губка, впитывает в себя воду, которая постепенно испаряется в воздух (рис. 156, II). Полная влагоёмкость сфагнома равна свыше 1500%.

Сфагнум массами встречается на севере и западе СССР, заходя даже южнее Москвы. Очень часто сфагнум образует зыбкий покров на поверхности зарастающего озера. Сфагнум не переносит воды, содержащей в себе много кальция. Поэтому на известковых почвах мы его не встречаем. Верхним концом мох растёт, а нижний конец его постепенно отмирает. Таким образом происходит накопление пластов отмершего мха, через которые вода подается живым растениям. На поверхности такого сфагнового болота можно встретить много других интересных растений. Мы можем найти там насекомоядное растение росянку, хвощи, пушицу, различные осоки, клюкву, чернику, морошку, голубику, вереск, багульник, а также корявую сосну, иву и берёзу. Зарастающее озеро превращается в торфяное болото, в пластах которого происходит процесс торфообразования.

Высушенный сфагнум, а также и другие мхи употребляются для конопатки стен, дезинфекции, для упаковки скоропортящихся продуктов, как перевязочный материал и для изготовления защитных масок от газов. Значение торфа как топлива общеизвестно. Огромное значение имеет торф в животноводстве. Благодаря его влагоёмкости (600% и больше) он используется, с небольшим ко-

личеством соломы, на подстилку скоту. Кроме того, торф, пропущенный через скотный двор, обладает прекрасными удобрительными свойствами. При закладке компостных куч торф также играет очень важную роль.

Говоря о пользе мхов, нельзя умолчать и о вреде от них. Особенно они вредны на лугах и пастбищах, так как способствуют заболачиванию их, затрудняют доступ воздуха в почву и вытесняют хорошие травы. На лугах приходится с ними вести борьбу.

Типичные зелёные мхи, так же как и торфяные мхи, имеют стебли, покрытые спирально расположенными листьями. На вершине стебля листья сидят скученно, и спорогоний выходит из верхушки стебля. К таким вершиноплодным мхам относится, например, политрихум (*Polytrichum*), мниум (*Mnium*), фунария (*Funaria*), брнум (*Bryum*) и др. Стебли у них растут вертикально. У бокоплодных мхов, например у гипнум (Hypnum), туйдиум (*Thuidium*) и др., спорогонии выходят из боковых побегов, стебли сильно ветвятся и стелются на поверхности субстрата, на котором мхи поселяются. Зелёные мхи распространены в лесах, на деревьях, камнях, на почве, а также на лугах. У них развито вегетативное размножение побегами. Некоторые мхи живут в воде, например водяной мох (*Fontinalis*). Всего известно свыше 4 тыс. видов зелёных мхов.

Кукушкин лён (*Polytrichum commune*) — листостебельный мох относится к порядку зелёных мхов (рис. 157). Он развивается всюду на лугах, как сухих, так и мокрых, и является сорным растением, подлежащим уничтожению. Его можно встретить всюду в лесу. Прямостоячие стебли кукушкина льна обильно облиственны и развиваются так густо, что часто образуют кочки на лугу. Нижние части стеблей имеют многоклеточные тяжки из ризоидов, через которые вода и минеральные соли поступают в растения. Вода хорошо всасывается также нежными клетками листьев. Микроскопическое строение стебля сходно со стеблем сфагнома, с той лишь разницей, что проводящая ткань выражена отчётливее, так как срединные клетки более вытянуты. Кроме того, у кукушкина льна отсутствует поглощающая воду ткань стебля, ясно выраженная у сфагнома.

Листья кукушкина льна имеют довольно сложное строение. В сухом состоянии лист имеет загнутые края и потому кажется узким; в увлажнённом состоянии края листа распрямляются, и лист становится более широким. Под микроскопом видно, что во всю длину листа тянутся темнозелёные параллельные полоски.

На поперечном разрезе можно видеть, что лист имеет на верхней своей поверхности ряд параллельных выростов в виде зелёных столбиков, напоминающих зубцы гребёнки (рис. 158).

Эти выросты, состоящие из рядов зелёных клеток, и есть разрез тех продольных бороздок, которые видны при рассматри-

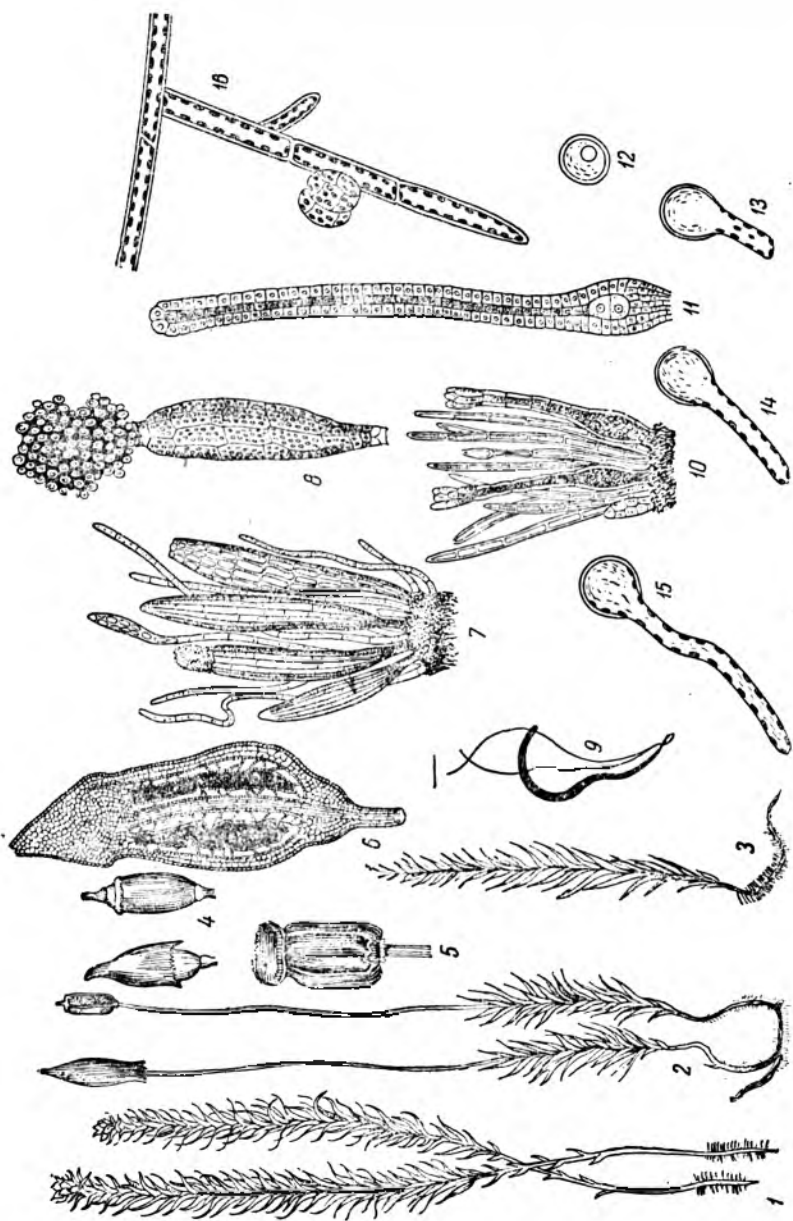


Рис. 157. Мох кукушкин лён (*Polytrichum commune*):

1 — мужские экземпляры; 2 — женские экземпляры в период спорообразования; 3 — женский экземпляр; 4 — коробочка; 5 — то же, без крышечки; 6 — коробочка в разрезе; 7 — антеридий и парфизы; 8 — длинный антеридий; 9 — сперматозоид; 10 — архегоний и парфизы; 11 — отделившийся архегоний; 12, 13, 14, 15 — споры и её проростание; 16 — проросток. (6, 7, 8, 10 — вид в микроскоп при малом увеличении; 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16 — вид в микроскоп при большом увеличении.)

вания листа сверху. Это — ассимиляционная ткань, соответствующая такой же ткани покрытосеменных растений. Роль её — усвоение углерода и всасывание воды. Пластинки листьев заканчиваются тонкими бесцветными краями, которые, загибаясь вверх, в сухую погоду защищают от высыхания сложно устроенный ассимиляционный аппарат. Кукушкин лён — это один из наиболее совершенно устроенных мхов. Мы видели, что у сфагнума листья устроены проще, а у мха *Mnium* лист состоит всего из одного слоя хлорофиллоносных клеток (рис. 7).

В весенний период можно видеть, что женские экземпляры кукушкина льна несут на своей верхушке упругие, сперва зеленоватые, а затем красноватые ножки, заканчивающиеся коробочками, прикрытыми волосистыми колпачками. Эти образования называются спорогониями, причём каждое растение несёт на себе по одному спорогонию. Другие такие же экземпляры, в которых спорогоний ещё не образовался, просто заканчиваются пучком зелёных листьев.

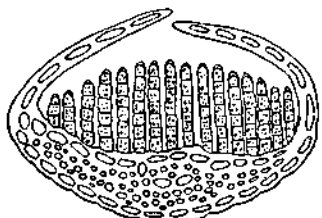


Рис. 158. Поперечный разрез листа кукушкина льна.

В коробочках спорогониев можно видеть в середине колонку, которая внизу переходит в расширенную часть ножки (а п о ф и з у), а наверху — в ткань, прикрывающую коробочку. Эта ткань (эпифрагма) прикрыта конусообразной крышечкой, а последняя, в свою очередь, удлинённым шелковистым колпачком. При основании крышечки имеется утолщение, называемое колечком. Внутри коробочки находится споровый мешок (спорангий), укрепленный в полости при посредстве множества зелёных нитей, приросших к стенкам и колонке. Споровый мешок в молодом возрасте заполнен спорами, соединёнными между собой в тетрады, т. е. по четыре. Тетрада образуется путём двукратного деления материнской клетки; первое из этих делений редукционное. В конце концов при созревании тетрады распадаются на отдельные споры.

Нижний конец ножки спорогония (гаустория) выходит из верхушки женского зелёного растения и при посредстве её получает воду и питательные вещества. Наличие хлорофилла в спорогоние говорит о его способности к самостоятельному фотосинтезу.

После созревания спор колпачок, а затем и крышечка, вследствие набухания клеток колечка, сбрасываются, и тогда можно заметить, что отверстие коробочки затянуто тонкой плёнкой (образовавшейся из эпифрагмы). Последняя придерживается с помощью мельчайших зубчиков, расположенных по краю коробочки. Эти зубчики (их 64) называются перистомом. У других мхов перистом имеет более крупные зубчики и в ином числе, которые сами по себе прикрывают отверстие коробочки, не имея плёнки.

У кукушкина льна зубчики перистагома в сухую погоду отгибаются и приоткрывают отверстия, и из коробочки, как из перечницы, споры от малейших сотрясений вытряхиваются, подхватываются ветром, и множество их разносится во все стороны. Споры — коричневого цвета, одноклеточные. Если споры попадают на влажную почву, то они прорастают и образуют на первой стадии развития мха протонему, т. е. густую сеть тонких разветвлённых зелёных нитей, состоящих из клеток, набитых хлоропластами. Протонема так похожа на нитчатую водоросль, что отличить её от последней можно только по перегородкам, которые у водорослей всегда бывают перпендикулярны к стенкам, а у протонемы располагаются косо (рис. 157, 16). Некоторые нити протонемы углубляются в почву, теряют хлоропласты и в дальнейшем играют роль ризоидов, питающих мох.

Дальнейшее развитие протонемы мха заключается в том, что клетки её в одном месте чем дальше, тем усиленнее делятся всё более и более косыми перегородками, и в конце концов в этом месте образуется верхушечная почка, имеющая внутри одну трёхгранную клетку (точку роста), окружённую защитными листьями. Почка развивается в стебель, который густо покрывается листьями; зелёное растение продолжает расти до тех пор, пока на верхушке его не совершатся крайне интересные акты полового процесса. Приблизительно в середине мая, присматриваясь к дерновинке кукушкина льна, мы заметим, что экземпляры дерновинки различны по своему внешнему виду: одни из них (мужские) несут на своей верхушке плоские головки, окружённые красновато-буроватыми листочками, а другие экземпляры (женские) заканчиваются обыкновенными зелёными листьями. Следовательно, из одних спор развиваются мужские индивидуумы, а из других — женские, так как кукушкин лён — двудомное растение.

Расщепляя верхушки мужских экземпляров с помощью иглы на предметном стекле и рассматривая их в лупу, можно заметить между мелкими срединными листьями белые мешочки — антеридии, чередующиеся с тонкими нитями — парафизами, защищающими антеридии от высыхания. Рассматривая микроскопический препарат в капле воды, мы заметим, что некоторые антеридии на верхушке лопаются и из них выплывают слизистые скопления, содержащие в себе клетки, которые освобождают от слизи своё спирально извитое тельце с двумя длинными ресничками и приходят в энергичное движение. Эти движущиеся клетки называются сперматозоидами (рис. 157, 9).

Соответственно устройству мужских экземпляров женские экземпляры несут на своих верхушках между зелёными листьями и парафизами архегонии, т. е. мешочки с расширенным основанием, в глубине которых находится по одной яйцевой и брюшной канальцевой клетке. Архегоний кукушкина льна сходен с архегонием маршанции. Он имеет в верхней части длинную шейку и каналец,

заполненный шейковыми канальцевыми клетками. При созревании все канальцевые клетки ослизняются и сперматозоиды, попавшие во время дождя или росы на женские экземпляры, привлекаемые веществами, выделяемыми из архегония, устремляются по канальцу внутрь архегония. Происходит процесс оплодотворения, несколько сходный с тем процессом, который мы изучали у водорослей. В архегониях мхов, стенки которых многоклеточные, яйцевые клетки лучше защищены от неблагоприятных условий, чем у водорослей, имеющих одноклеточные оогонии.

Вслед за оплодотворением начинается развитие спорогония, который вырастает из архегония. Оплодотворённая яйцевая клетка зигота многократно делится и всё более напирает на стенки архегония, которые, наконец, разрываются поперёк. Нижняя часть архегония остаётся прикрепленной к верхушке стебля мха, а верхняя часть выносится на верхушке спорогония и превращается в волосистый колпачок, который позднее, как мы об этом говорили, прикрывает собой коробочку. В последней созревают споры, рассеивающиеся и превращающиеся в мужские и женские протонемы. Мужские экземпляры после освобождения от сперматозоидов не погибают, а продолжают расти дальше и в следующем году дают новые головки с антеридиями. Также и женские экземпляры, после рассеивания спор, теряют спорогоний и в следующем году продолжают расти дальше и воспроизводить новые архегонии.

Из приведённого описания мы видим, что у кукушкина льна, как и у других мхов, существует бесполое размножение и половой процесс, которые чередуются в цикле развития растения. Для образования спор из зиготы вырастает спорогоний или спорофит, состоящий из ножки, коробочки и спорангия. Бесполое размножение происходит с помощью рассеивания многочисленных спор. Из спор вырастает зелёная протонема, на которой развивается сперва почка, а из последней листостебельный побег с антеридиями или с архегониями на верхнем конце. У многих других мхов антеридии и архегонии вырастают на одном растении. Так как в антеридиях и архегониях развиваются мужские и женские половые клетки — гаметы, то все части растения, служащие для воспроизведения гамет (прорастающая спора, протонема, побег с антеридиями и архегониями), называются *гаметофитом*, в отличие от *спорофита*, воспроизводящего споры. На примере развития кукушкина льна заметим себе, что у мхов *спорофит развивается слабее и вырастает на гаметофите, который отличается наиболее сильным развитием.*

Изучение мхов имеет важное значение при культуре болот. При определении мхов обращается внимание не только на внешнюю форму, но также и на микроскопическое строение, например на число зубчиков в перистоме, на строение листьев, на вид спор и на другие мелкие признаки.

7. ПАПОРОТНИКООБРАЗНЫЕ (ПТЕРИДОРХИТА)

Папоротникообразные — предшественники семенных растений. Происходят они от общего корня со мхами, т. е. от водорослей. Нет оснований думать, что папоротникообразные когда-то раньше были мхами: оба класса развивались независимо друг от друга, но эволюция мхов привела к существующим сейчас видам, а от папоротникообразных путём дальнейшей эволюции произошли семенные растения.

Время пышного развития папоротникообразных на земном шаре относится к прошедшим геологическим периодам, особенно к каменноугольному, когда развивались громадные заросли древовидных папоротников, а также высоких (до 20—30 м) хвощей — каламитов, плаунов — лепидодендронов и сигиллярий. Окаменевшие остатки этих ископаемых растений и точные отпечатки их находят в каменноугольных пластах, образовавшихся из растительности каменноугольного периода.

Тропические виды папоротникообразных в Австралии, Новой Зеландии, Бразилии и в других странах с влажным и жарким климатом пышно развиваются и в современный период и достигают высоты деревьев. Подобные папоротники у нас культивируются в оранжереях ботанических садов с декоративными и научными целями.

Полезьа для человека от современных папоротникообразных весьма невелика. Она сводится к использованию в медицине корневищ обычного папоротника, так называемого щитовника, в качестве противоглистного средства. Споры плауна под названием «плаунного семени» употребляются для присыпания пораненных частей тела и как порошок для хранения пилюль; их применяют также в тяжёлой промышленности в чугунолитейном деле. Корневища папоротника орляка в Новой Зеландии употребляют в пищу. Стебли хвощей, содержащие в себе много кремнезёма, используются в полировочном деле и для чистки медных предметов.

Папоротникообразные, так же как и мхи, относятся к высшим листостебельным, архегонияльным растениям. Они подразделяются на три самостоятельных класса: 1) плаунообразные (*Lycopodiata*), 2) клинолистные (*Sphenopsida*), 3) папоротниковидные (*Pteropsida*). Каждый из этих классов подразделяется на порядки, семейства, роды и виды. К папоротникообразным принадлежат не только представители ныне живущих растений, но также и давно вымершие, о которых можно судить лишь по ископаемым остаткам. В нашем курсе мы изучаем только ныне живущие растения.

К плаунообразным относится обычное в наших хвойных и смешанных лесах растение — плаун булавовидный (*Lycopodium clavatum* L.) (рис. 159, Г). Он произрастает на сыроватых почвах и имеет длинные (до 1 м) ползучие вечнозелёные, дихотомически разветвлённые стебли, густо покрытые мелкими

сидячими заострёнными листьями. От стебля отходят придаточные корни, также дихотомически разветвлённые. Верхушки некоторых веточек, вертикально растущих, заканчиваются обычно двумя

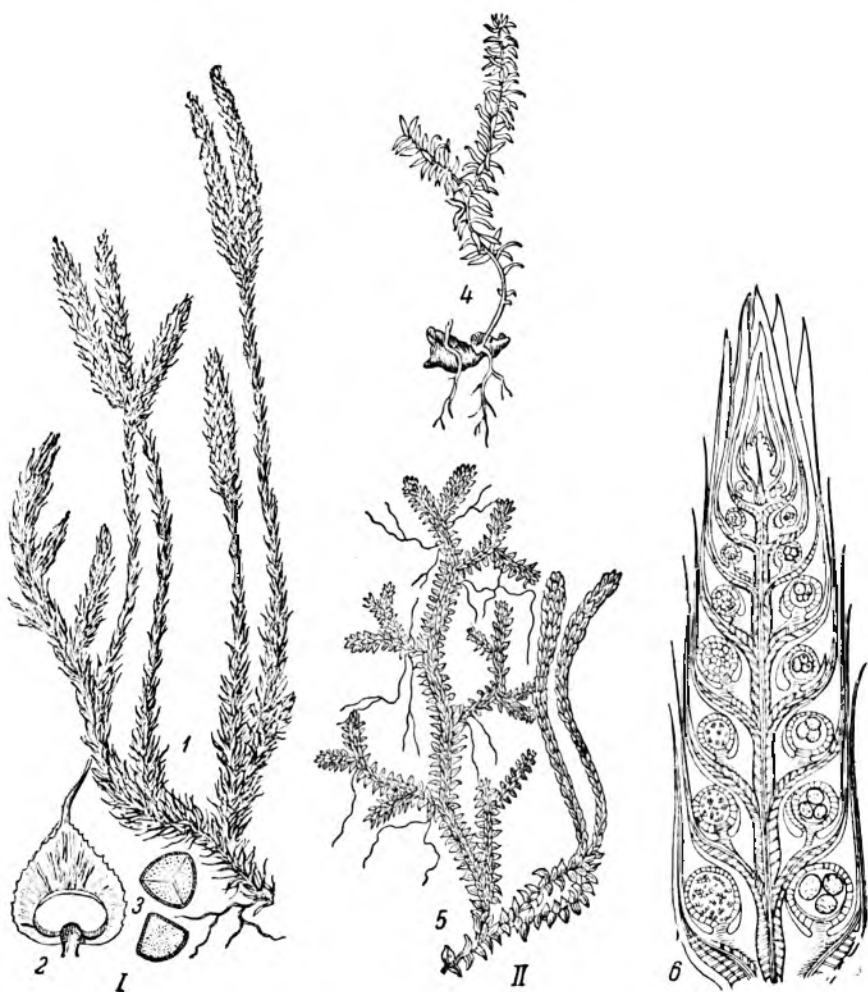


Рис. 159.

I — плаун (*Lycopodium clavatum*): *1* — общий вид растения; *2* — спорангий; *3* — споры; *4* — заросток и проросток на нём; *II* — селлагинелла (*Selaginella*): *5* — общий вид растения; *6* — колосок в разрезе (микроспорангии — слева, макроспорангии — справа).

удлиненными споровыми колосками, имеющими в пазухах расширенных споролистиков мешочки — спорангии, в которых созревают многочисленные жёлтые споры. Из спор вырастают заростки, которые медленно развиваются в земле в виде бесцветных сапрофитных клубневидных тел, имеющих размер всего 2—3 мм

в диаметре. Антеридии и архегонии находятся на этих, трудно обнаруживаемых, заростках. После оплодотворения яйцеклетки подвижным сперматозоидом, из зиготы вырастает зародыш, который пробивается на поверхность, зеленеет и превращается в новое растение. От момента прорастания споры и до образования новых спор проходят многие годы. Плауны размножаются также вегетативным путём: стебель легко делится на укореняющиеся части.

К плаунообразным относится селлагинелла (*Selaginella*), встречающаяся в лесах на Кавказе, в Забайкалье и в других местах; часто разводят её в оранжереях (рис. 159, *II*). Это небольшое травянистое растение произрастает в виде кустиков с дихотомически ветвящимися побегами, густо покрытыми мелкими листьями, расположенными в четыре ряда. Селлагинелла интересна как пример равноосного растения. В её колосках, в пазухах одних споролистиков развиваются микроспорангии со множеством мелких спор — микроспор и в том же колоске, в пазухах других споролистиков развиваются макроспорангии с четырьмя макроспорами. Внутри микроспор образуются мельчайшие заростки, несущие антеридии и сперматозоиды, а в макроспорах при прорастании их развиваются архегонии, внутри которых созревают яйцевые клетки.

К классу клинолистных относятся хвощи. Изучим х в о щ п о л е в о й (*Equisetum arvense* L.), представляющий собой сорное растение, имеющее длинные подземные корневища и произрастающее на бедных почвах. На корневищах хвоща развиваются придаточные корни и клубни с запасами питательных веществ. Следовательно, хвощи, так же как и плауны, являются многолетниками (рис. 160, *I*). Накопление питательных веществ в клубнях корневищ у хвощей возможно благодаря зелёным ветвистым побегам, развивающимся в течение лета. Эти маленькие однолетние «ёлочки» хвощей на полях и лугах, несомненно, приходилось видеть каждому. Скот не трогает их (по крайней мере, многие виды хвоща), так как они жёсткие от кремнезёма. От главного стебля такой «ёлочки» отходят мутовки боковых ветвей. На каждом узле зелёных стеблей и ветвей, играющих роль листьев, имеется кольцо из жёстких чешуек с заострёнными зубчиками. Эти чешуйки — редуцированные листья, через влагалища которых пробиваются молодые ветви.

Весной, вскоре же после оттаивания земли, показываются водянистые споровые стебли полевого хвоща, имеющие роговатую окраску и лишённые хлорофилла. Они развиваются за счёт запасов корневища и служат для образования спор, которые созревают в «колосках», заканчивающих собой стебель. Водянистые стебли имеют узлы и междоузлия. Прочность им придают кольца чешуйчатых бурых листьев, пропитанных кремнезёмом, а также тургорное состояние всех клеток.

Колоски состоят из оси, вокруг которой сидят споролистники — видоизменённые листья, расположенные правильными кольцами. Споролистник имеет ножку и щиток, под которым скрывается от пяти до десяти мешочков — спорангиев со спорами. При созревании колоски удлиняются, споролистники расходятся, а споры

выделяются из лопнувших спорангиев и разносятся ветром. Интересно устройство спор. Они одноклеточны и имеют, помимо оболочек, ещё четыре лентовидные пружинки, утолщённые на концах и обладающие большой гигроскопичностью (элатеры). Во влажную погоду они закручены вокруг споры, а в сухую погоду они раскручиваются, чем и помогают спорам «выбраться» из колоска. Сцепившись своими пружинками, споры разносятся ветром по нескольку штук вместе. Падая на землю, споры прорастают, для чего требуются влага, тепло и свет. Продолжительность прорастания равна нескольким дням.

Из спор развиваются маленькие лопастные курчавые зелёные заростки, из которых одни несут на себе только антеридии, а другие только архегонии. Следовательно, заростки хвоща двудомны и должны вырастать рядом друг с другом. Мужские заростки мельче женских и слабее расчленены на лопасти, чем женские. Нахождению их поблизости друг от друга способствуют пружинки на спорах, так как ветер разносит последние не поодиночке, а кучками. Оплодотворение совершается подвижными сперматозоидами при посредстве воды. После оплодотворения из яйцевой клетки развивается зародыш хвоща, из которого вырастает взрослое растение.

Из других хвощей часто встречаются лесной хвощ (*Equisetum silvaticum*) и луговой хвощ (*E. pratense*), у которых образуются как споровые побеги, развивающие зелёные ветви после высыпания спор, так и бесплодные зелёные ветвистые

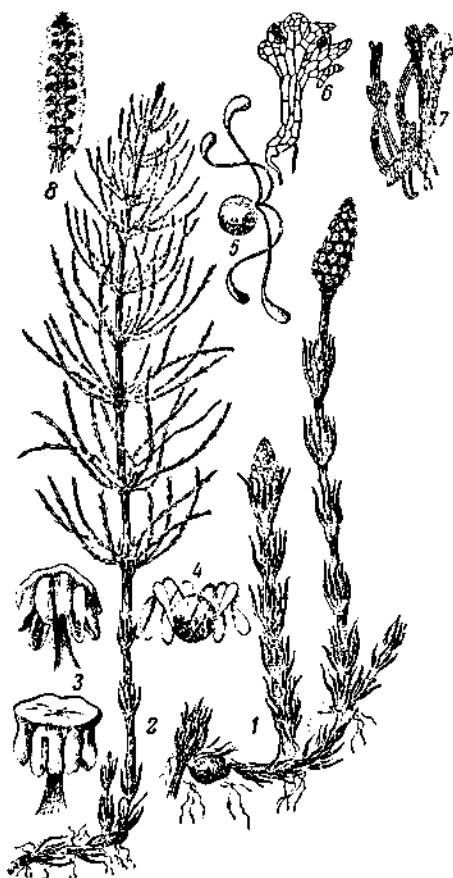


Рис. 160. Хвощ полевой (*Equisetum arvense*):

1 — споровые побеги бурого цвета, развившиеся из корневища с клубнями, они наверху заканчиваются колоском; 2 — зелёные побеги, развивающиеся позднее; 3 — спорофиллы колоска, несущие на нижней поверхности спорангии, в которых созревают споры; 4 — спора в увлажнённом состоянии с закрутившимися вокруг неё пружинками; 5 — спора подсушенная с распрямившимися пружинками; 6 — мужской заросток хвоща с антеридиями; 7 — женский заросток хвоща с архегониями; 8 — созревший споровый колосок.

побеги. Другие виды хвощей, например сорные луговые растения — болотный хвощ (*E. palustre*) и водяной хвощ (*E. limosum*), достигающий до 80 см высоты, несут спорангии на верхушках зелёных побегов.

Из класса папоротниковидных остановимся только на порядке настоящих папоротников (*Filicales*). Это — наиболее обширная

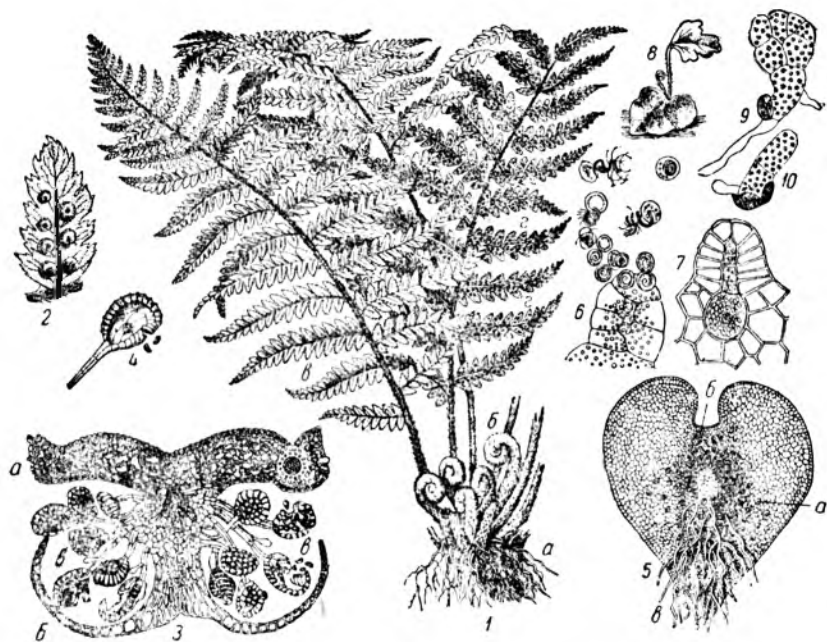


Рис. 161. Мужской папоротник (*Dryopteris filix mas*):

1 — общий вид растения; а — корневище, б — молодые листья (ваи), в — верхняя поверхность листа, г — нижняя поверхность листа (видны сорусы); 2 — часть листа с сорусами; 3 — разрез через лист и сорус: а — лист, б — индизий (покрывальце), в — спорангии; 4 — спорангий; 5 — заросток папоротника с нижней стороны; а — антеридии, б — архегонии, в — ризоиды; 6 — лопнувший антеридий со сперматозоидами; 7 — архегоний; 8 — зародыш папоротника; 9 — 10 — прорастание спор и образование заростка.

группа, включающая в себя 11 семейств и свыше 8 тыс. видов. Из ныне живущих мы рассмотрим мужской папоротник и водяной папоротник.

Щитовник обыкновенный, или мужской папоротник (*Dryopteris filix mas* Schott.), наиболее распространён в наших лесах; он имеет длинные (до 1,5 м) зелёные двоякоперисторассечённые листья, собранные в большие розетки. Листья осенью отмирают, а весной из верхушки корневища вырастает новая розетка. Могучее корневище, внутри мясистое и снаружи покрытое остатками листьев, с большим числом придаточных корней, находится под поверхностью почвы, покрытой лесным войлоком (рис. 161, 1).

Листья; корневища и корни папоротника снабжены концентрическими сосудистоволокнистыми лучками, в которых флоэма окружает ксилему, состоящую из коротких лестничных трахейд. Рост корневища щитовника, так же как и стеблей других папоротникообразных, происходит с помощью конуса нарастания, в самой верхушке которого находится одна трёхгранная клетка, многократно делящаясь и дающая начало остальным.

Листья папоротника имеют некоторую особенность в своём строении. Во-первых, в молодом возрасте они спирально закручены и покрыты множеством сухих чешуек, защищающих их от высыхания.

Весной эти зачатки листьев начинают раскручиваться и усиленно растут своей верхушкой, в отличие от листьев покрытосеменных растений, растущих основанием. Такой характер роста листьев у папоротника доказывает, что листья его — это изменившиеся побеги. Эти органы часто называют «вайи». Однако, поскольку эти побеги зелёные и приспособлены к фотосинтезу, будем называть их листьями. Они имеют верхний и нижний эпидермис; между эпидермисом располагаются клетки губчатой ткани, богатые хлоропластами. Клетки эпидермиса также содержат хлоропласты. На нижнем эпидермисе встречается много устьиц. Особенностью листьев папоротника является способность их воспроизводить на нижней поверхности множество спор, служащих для бесполого размножения папоротника (рис. 161, 2). Этот процесс бесполого размножения начинается с того, что на нижней поверхности листьев, после того как они вполне развернутся, появляются округлые возвышения кожицы, располагающиеся двумя рядами вдоль средней жилки на каждой доле листа. Позднее эти возвышения, называемые *сорусами*, приобретают бурый цвет, и тогда можно бывает рассмотреть с помощью лупы, что они состоят из покрывала (*индузия*), под которым находится много спорангиев, т. е. мешочков, заключающих в себе коричневые споры. В микроскоп можно заметить, что каждый спорангий имеет ножку и утолщение в виде округлого, несколько сплюснутого мешочка. С помощью ножек спорангии прикрепляются к утолщённому основанию соруса (плаценте). Мешочек состоит из однорядных тонкостенных клеток, причём с одной стороны, по гребню спорангия, клетки выступают в виде однорядного неполного кольца, образовавшегося вследствие сильного утолщения побуревших клеточных оболочек. Кольцо охватывает спорангий, на $\frac{2}{3}$ окружности, а остальные клетки спорангия имеют тонкостенные оболочки.

Внутри спорангия созревают бурого цвета споры, состоящие, как и у мхов, из тетрад, а последние образуются из материнских клеток, причём первое деление ядра бывает редукционное. В сухую погоду при созревании спорангии лопаются, чему способствует особое устройство клеток кольца. Оболочки клеток кольца утолщены только с внутренней стороны и с боковых сторон, а

наружные стенки их остаются тонкими. Вследствие тургора клеток наружные оболочки имеют несколько выпуклую форму. При испарении воды с поверхности выпуклых клеток кольца, благодаря силе сцепления частиц воды, боковые стенки кольца сближаются, и кольцо с силой выпрямляется, перегибается в обратную сторону, а затем мгновенно принимает первоначальное положение. Вследствие этих движений кольца спорангий лопаются, а споры выбрасываются наружу, подхватываются ветром и разносятся во все стороны.

Споры папоротника — одноклеточные, мелкие, с двумя оболочками, из которых наружная — тёмная, с шероховатой поверхностью. Попадая на влажную землю, спора прорастает, и образовавшаяся зелёная нить с ризоидом постепенно превращается в зелёную многоклеточную пластинку, так называемый з а р о с т о к, размером меньше копеечной монеты. Столь незначительный размер заростка делает его мало известным, и если папоротник, производящий споры, известен каждому, даже неопытному наблюдателю, то заросток папоротника, имеющий чрезвычайно важное значение для растения, остаётся почти неизвестным для многих. Между тем заростки, в виде зелёных пластинок на влажной земле, растут в большом количестве всюду, где имеется заросль папоротника. Их можно вырастить путём посева спор папоротника на кусок влажного торфа или на влажную землю. Посев необходимо держать под стеклянным колпаком и на окне, так как прорастающим спорам, кроме тепла и влаги, нужен свет. Всхожесть споры сохраняют до 10 лет. Прорастание спор происходит медленно, и только месяца через два появляются зелёные пластинки — заростки, имеющие сердцевидно-лопастную форму с волнистыми краями. При рассматривании такой пластинки в микроскоп можно заметить, что она состоит из паренхимных многоугольных клеток, богатых хлоропластами. Средняя часть заростка не просвечивает, так как она имеет несколько слоёв клеток, а края пластинки состоят из одного ряда клеток, и потому клетки видны особенно чётливо. Верхняя сторона заростка гладкая, а на нижней стороне заметны р и з о и д ы, которыми он прикрепляется к субстрату, и между ними — антеридии — мелкие тельца в виде мешочков с однослойными стенками, заполненных содержимым. Антеридии содержат в себе микроскопически малые сперматозоиды, которые в зрелом состоянии имеют вид штопора, на конце покрытого движущимися ресничками, благодаря чему сперматозоиды в воде быстро движутся. На заднем конце сперматозоид имеет протоплазматический пузырёк. Ближе к сердцевидной выемке, на той же нижней стороне заростка, находятся шейки архегониев, а расширенные брюшные части последних погружены в ткань заростка. На дне каждого архегония расположена яйцевая клетка. Имеются также брюшная и шейковые канальцевые клетки, ослизняющиеся при созревании. Во время дождя или росы сперматозоиды массами выделяются из лопающихся антеридиев

и плавают по увлажнённым нижним поверхностям заростков. Из раскрывшейся шейки архегония выделяется слизистая жидкость, навстречу которой устремляются сперматозоиды. Затем они проникают в шейку, в каналец и в брюшко архегония и оплодотворяют яйцевую клетку. После оплодотворения зигота начинает усиленно и повторно делиться и на заростке образуется зародыш папоротника (обычно один) с корнем, стеблем и листом. Зародыш постепенно разрастается во взрослый папоротник, с которого мы начали описание.

Итак, у папоротникообразных, так же как и у мхов, распространены бесполое размножение и половой процесс, которые чередуются в цикле развития растения. Кроме того, многие папоротники, так же как и мхи, размножаются вегетативным способом.

Многочисленные споры при бесполом размножении, рассеившись с помощью ветра, прорастают и превращаются в заростки. На заростках образуются антеридии и архегонии (иногда на одних и тех же, иногда на разных). В антеридиях созревают сперматозоиды — мужские гаметы, а в архегониях яйцевые клетки — женские гаметы. Так как прорастающая спора и заросток служат для образования гамет и для полового процесса, то эта часть растения называется гаметофитом. После оплодотворения яйцевой клетки, из зиготы начинает развиваться зародыш, который постепенно превращается во взрослое растение, приносящее споры. Следовательно, зигота, зародыш и взрослое растение папоротникообразных являются спорофитом. В отличие от мхов, спорофит папоротникообразных сильно разрастается и вполне напоминает собой вегетативные органы семенных растений, а гаметофит, по сравнению с гаметофитом мхов, развит слабо; он представлен у папоротникообразных всего лишь незначительным по внешности, но важным по существу — заростком.

Из других папоротников, сходных с мужским папоротником, мы укажем на женский папоротник, или кочедыжник (*Athyrium filix femina* Roth.), очень похожий на первый, но с более нежными листьями и с сорусами, расположенными в виде полосок.

Папоротник орляк (*Pteridium aquilinum* Kuhn.) растёт на полянах, лугах и лесных вырубках; имеет тройкоперистораздельные широкие листья, на которых сорусы расположены в виде непрерывной полоски по краям листовых пластинок. Размножается он преимущественно толстыми корневищами. На горах Кавказа листья орляка достигают таких размеров, что человек может свободно укрыться под ними.

Страусовый папоротник (*Struthiopteris filicastrum* All.) — самый красивый из наших лесных папоротников, интересен тем, что сорусы у него образуются на особых узеньких бурых листьях (споролистиках), вырастающих из середины розетки, составленной из длинных зелёных перистых листьев, которые никогда не образуют на себе спорангиев.

К разноспоровым папоротникам относится водяное однолетнее растение сальвиния (*Salvinia natans*), встречающееся на поверхности медленно текущих вод и в заводях южных рек (рис. 162). На тонком стебле (длиной от 5 до 10 см) расположены листья двух родов: плавающие — зелёные, овальной формы, сидят в два ряда, и подводные — рассечённые на тонкие доли, покрытые бурыми волосками и похожие на корни. Шаровидные сорусы сидят по несколько у основания подводных листьев. В одних сорусах, на разветвлениях, отходящих от плаценты, расположены в большом количестве микроспорангии, заполненные микроспорами. В других сорусах на том же растении созревают более крупные макроспорангии и в каждом из них по одной крупной споре — макроспоре, одетой тремя оболочками. Прорастание микроспор происходит внутри микроспорангия, который прорывается растущими заростками. Проросшая микроспора даёт маленький заросток, состоящий из нескольких клеток, среди которых образуется два антеридия с четырьмя сперматозоидами в каждом.

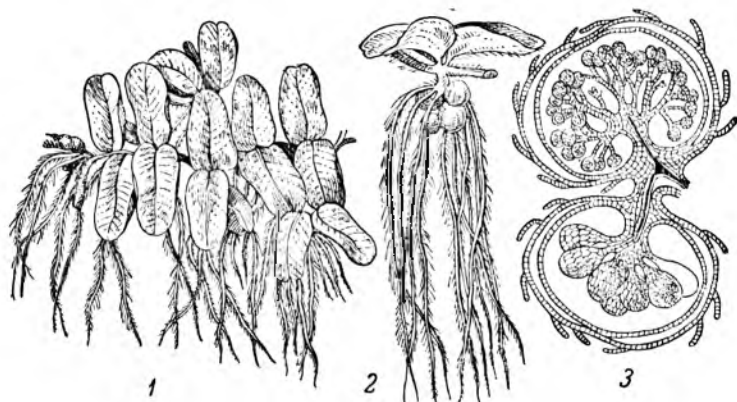


Рис. 162. Сальвиния — водяной папоротник (*Salvinia natans*):
1 — общий вид; 2 — узел с листьями; 3 — сорусы.

Прорастающая макроспора даёт небольшой зелёный заросток, который выпячивается наружу через прорванные оболочки, но не отделяется от споры и макроспорангия. Величина женского заростка не превышает величины булавочной головки. На нём имеются архегонии с яйцевыми клетками. После оплодотворения яйцевой клетки на заростке вырастает зародыш, который постепенно превращается во взрослую сальвинию.

Заканчивая изучение папоротникообразных, мы видим, что большая часть их относится к равноспоровым растениям, но есть среди них несколько представителей разноспоровых, к которым, кроме селлагнеллы и сальвинии, относятся ещё полушник (*Isoetes*) из класса плаунообразных и марсилия (*Marsilia*) из класса папоротниковидных. Кроме того, изучены ископаемые семенные папоротники, также имевшие микро- и макроспоры. Последние растения относятся к типу голосеменных.

Разноспоровые растения, существовавшие в прежние геологические эпохи, дали начало современным семенным растениям, которые также обладают спорами двух родов — микро- и макроспорами. Из микроспор развивается пыльца с вегетативной и генеративной клетками, а из макроспор у голосеменных развивается заросток в виде эндосперма с архегониями и яйцевыми клетками. У покрытосеменных растений из макроспор развивается только зародышевый мешок с яйцевой и другими клетками.

Гаметофит семенных растений претерпел в своей эволюции дальнейшее уменьшение, но зато и большее усовершенствование полового процесса, приспособленного к воздушной среде. Спорофит у семенных растений достиг наибольшего развития.

8. ГОЛОСЕМЕННЫЕ (GYMNOSPERMAE)

Название «голосеменные» показывает, что относящиеся сюда растения размножаются семенами и что семена у них не защищены стенками завязи, а сидят открыто. Семена развиваются из семяпочек, сидящих при основании макроспоролистиков.

Опыление обычно совершается ветром с помощью пыльцевых зёрен, состоящих из одной большой клетки и из слабо развитого заростка, находящегося в самом пыльцевом зерне. При оплодотворении образуется пыльцевая трубка, по которой продвигаются оплодотворяющие элементы. Женский заросток имеет видэндосперма и всегда образуется до оплодотворения. Эндосперм имеет архегоний с яйцевыми клетками. Так как завязь у голосеменных отсутствует, то плод не образуется. Так называемые шишки голосеменных представляют собой укороченные побеги, в которых за кожистыми чешуями (видоизменёнными листьями) сидят семена.

К голосеменным, имеющим крупные листья, относятся классы семенных папоротников (*Pteridospermae*), бенеттитов (*Benettitales*), саговников (*Cycadales*). К голосеменным, имеющим мелкие простые или игольчатые листья, относятся классы кордаитов (*Cordaitales*), гинкговых (*Ginkgoales*), хвойных (*Comferales*), гнетовых (*Gnetales*).

Вымершие семенные папоротники дали начало саговникам и бенеттитам. Саговники растут в тропическом климате и их разводят в оранжереях (рис. 163). Саговник (*Cycas revoluta*) имеет ствол высотой до 6 м, заканчивающийся розеткой длинных, жестких, перистых темнозелёных листьев, отмирающих через каждые 1—2 года. На толстом стволе остаются чешуи — остатки оснований листьев. Из сердцевины стебля добирается саго. Саговник — двудомное растение. На мужских экземплярах развиваются шишки, на микроспоролистниках которых появляются микроспорангии с микроспорами (пыльца). На верхушке женских экземпляров между зелёными листьями вырастают мелкие светложёлтые слегка перистые макроспоролистники, на которых появляются семяпочки (макроспороангии) яркочерного цвета. В семяпочке одна макроспора с женским заростком, с двумя архегониями и яйцевыми клетками. Пыльца, принесённая ветром на семяпочку, даёт короткую трубочку, из которой два подвижных сперматозоида проникают в архегоний и один из них оплодотворяет яйцевую клетку. После этого семяпочка превращается в семя.

Бенеттиты — ископаемые растения. Они были похожи на саговники. Микро- и макроспоролистники были собраны у них в одну шишку (стробилус). Первые имели вид перистых листьев, несущих микроспорангии с пылью. Макроспоролистники с семяпочками занимали центральное положение. Семена, развивавшиеся из семяпочек, имели по две семядоли. Возможно, что бенеттиты дали начало двудольным растениям.

К вымершим растениям относятся также кордаиты, которые ряд исследователей считает родоначальниками гинкговых и хвойных. Это были высокие ветвистые деревья, покрытые простыми ланцетовидными листьями. Древесина состояла из трахей с окаймлёнными порами и с сердцевинными лучами. Мужские шишки развивались отдельно от женских.

К весьма интересным вымирающим растениям относится гинкго двулопастное (*Ginkgo biloba*). В диком виде это растение уже не встречается, но в Крыму и на Кавказе в парках и в ботанических садах оно успешно выращивается. Это — ветвистое дерево до 40 м высоты и до 4 м в обхвате, имеющее длинные и укороченные побеги. Листья черешковые, трёхугольной формы, с двумя лопастями, пронизанные жилками, дихотомически разветвлёнными. Древесина состоит из трахид с окаймлёнными порами; в ней имеются годичные кольца, образующиеся из камбия, и сердцевинные лучи. На одних деревьях развиваются серёжки с мужскими шишками, имеющими микроспоролистки в виде тычинок; на других деревьях развиваются семяпочки (макроспо-

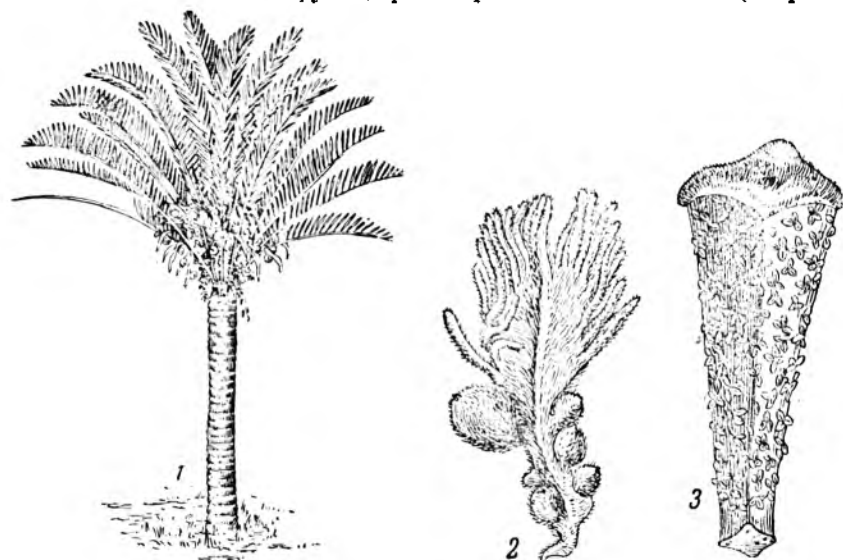


Рис. 163. Саговник (*Cycas*):

1 — общий вид растения; 2 — макроспоролистик с семяпочками; 3 — микроспоролистик с микроспорангиями.

рангии), сидящие по две на ножках (рис. 164). Опыляются растения ветром. Пыльца попадает в пыльцевую камеру семяпочки, прорастает в короткую трубочку с двумя подвижными сперматозоидами. После оплодотворения яйцевая клетка развивается в зародыш, а семяпочка — в семя.

Наиболее обширный класс хвойных растений (*Coniferales*) включает в себя семейства тиссовых, еловых, кипарисовых и др. Всего встречается больше 400 видов хвойных растений.

К классу хвойных относятся кустарники и деревья, достигающие иногда громадных размеров, например мамонтовое дерево (*Sequoia*) до 20 м толщины и до 150 м высоты. Утолщение ствола у хвойных совершается с помощью камбия. Древесина в главной своей массе состоит из трахид с окаймлёнными порами. Листья — хвои; они имеют игловидную или чешуйчатую форму. Хвойные бывают однодомные или, реже, двудомные растения. Женские шишки (за исключением тиссовых) состоят из кроющих и семенных чешуй, сидящих спирально на оси. На семенной чешуе находится макроспорангий (семяпочка), сидящий открыто, как у всех голосеменных растений. Мужские цветки вырабатывают много лёгких пыльцевых зёрен, разносящихся ветром. Сперматозоидов у хвойных нет; оплодотворение совершается с помощью пыльцевой трубки, по которой продвигаются мужские половые клетки — спермии.

К двояким принадлежит из семейства еловых, или сосновых (Pinaceae): ель обыкновенная (*Picea excelsa*), пихта сибирская (*Abies sibirica*), лиственница европейская (*Larix europaea*), сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*) и др.

К семейству кипарисовых (Cupressaceae) принадлежат: можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*), кустарник северных лесов с игольчатыми листьями, собранными по три в мутовки, с чёрными мясистыми шишками — «ягодами» (рис. 166, IV), можжевельник казацкий (*Juniperus sibirica*), кипарис (рис. 271), туя и др.

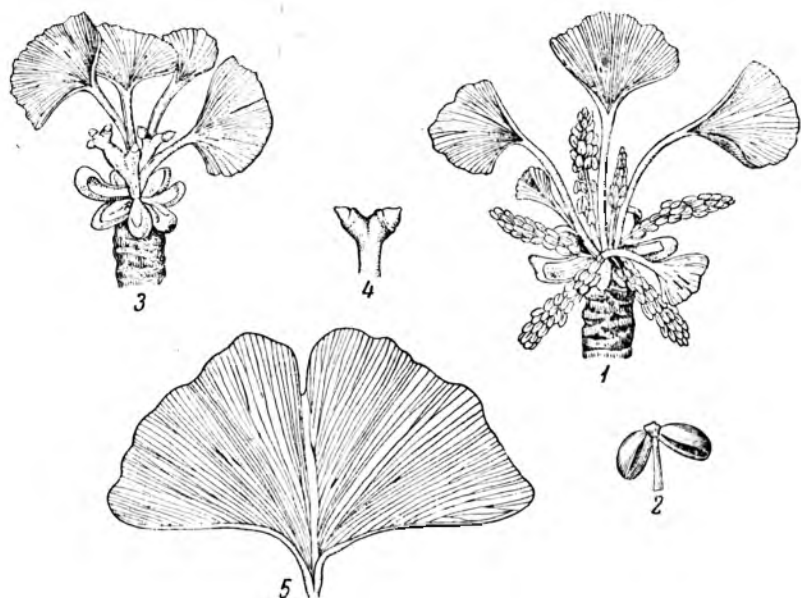


Рис. 164. Гинкго двулопастное (*Ginkgo biloba*):

1 — побег с мужскими шишками; 2 — тычинка; 3 — побег с семяпочками; 4 — семяпочка; 5 — лист гинкго.

Сосна (*Pinus silvestris* L.). Сосна покрывает обширные пространства северной и средней частей СССР и распространяется далеко за его пределы (рис. 165). Сосна — растение нетребовательное к почве; сосновые боры распространены на песках. Крупный, глубоко уходящий в почву, корень сосны многократно ветвится, так же как и многочисленные боковые корни. Развивается обширная корневая система, мочки которой покрываются микоризами. Стволы сосен достигают до 50 м высоты и громадной толщины. При условиях же неблагоприятных, например на болоте, сосна остаётся карликом и столетние экземпляры иногда не превышают высоты в 1 м. Узнать возраст не очень старой сосны мы легко можем не только по числу годичных колец древесины, но и по числу мутовок сучьев, так как сосна обладает моноподиальным способом роста и даёт по одной мутовке боковых ветвей в год. Ствол и ветви сосны пронизаны смоляными ходами, наполненными смолой, являющейся для неё хорошей защитой от короедов и от микроорганизмов.

низмов. Сосновые леса, имеющие чистый от микробов — «смолистый воздух», богатый эфирными маслами и озоном, издавна славятся своими благоприятными свойствами для здоровья человека. Вот почему везде в Советском Союзе мы видим в сосновых лесах лечебницы для лёгочных больных. Сосна является светолюбивым деревом. В густом насаждении сосна «очищается» от нижних ветвей, и получается строевой лес; на просторе сосна широко раскидывает сучья и резко изменяет свой внешний вид.

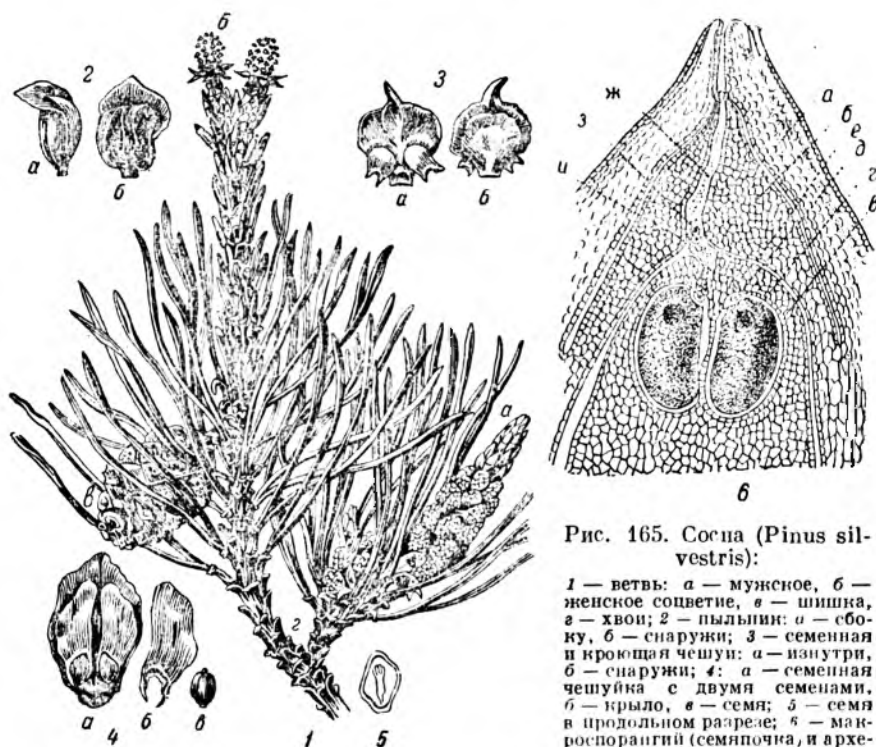


Рис. 165. Сосна (*Pinus sylvestris*):

1 — ветвь: а — мужское, б — женское соцветие, в — шишка, г — хвост; 2 — пыльник: а — сбоку, б — снаружи; 3 — семенная и кроющая чешуи: а — изнутри, б — снаружи; 4: а — семенная чешуйка с двумя семенами, б — крыло, в — семя; 5 — семя в продольном разрезе; 6 — макроспороангий (семяпочка) и архегонии шишки на втором году её жизни: а — покров семяпочки, б — ядро семяпочки, в — первичный эндосперм, г — яйцеклетка, д — брюшная канальцевая клетка, е — шейковая часть архегония, ж — пыльцевая трубка, з — генеративные клетки, и — вегетативное ядро.

Сосновые леса отличаются густотой, и, вследствие большого затенения и бедности почвы, в них слабо развивается подлесок, который достигает полного развития в лиственных лесах. Вот отчего сосновые леса кажутся более пустынными и однообразными. Лесная флора травянистых растений в них также отличается бедностью. Сосна играет видную роль в лесонасаждениях, являясь незаменимым растением для посадки на песчаных почвах. Прирост ветвей и верхушки у сосны происходит, главным образом, весной. В это время можно видеть множество молодых, сочных ветвей, окружённых кожистыми чешуйками, из-под которых развиваются

укороченные побеги, несущие на себе по паре зелёных хвой — игольчатых листьев. Процесс испарения через хвою происходит медленно, вследствие ничтожной испаряющей поверхности хвои, развитой кутикулы и малого количества устьиц на кожице. Хвоя ежегодно опадает с дерева, но не вся сразу, а частично, так как отдельные иглы живут два-три года. Вот почему сосна относится к вечнозелёным растениям. Зимой устьица хвои закупориваются восковидным веществом, и потому сосна, оставаясь зелёной, не сохнет, несмотря на прекращение притока воды через корни.

В конце мая сосны начинают цвести. В это время можно видеть целые тучи «жёлтой пыли», поднимавшейся над лесом. В случае дождя вся эта пыльца падает на землю и сносится водой в низины, что даёт повод несведущим людям говорить о выпадении «серпного дождя». Жёлтые пылящие колоски сидят в нижней части побегов данного года. Каждый колосок состоит из короткой оси, покрытой чешуйками, к которым на нижних поверхностях прикрепляется по два пыльниковых мешка (микроспорангия). В последних образуются тетрады микроспор, дающие начало пыльцевым зёрнам. При созревании микроспорангии лопаются и пыльцевые зёрна подхватываются ветром и разносятся на далёкие расстояния. Пыльцевые зёрна сосны чрезвычайно легки, так как они представляют собой клетки, снабжённые двумя воздухоносными полостями, образованными вследствие отслоения с двух сторон наружной оболочки (экзаны) от внутренней оболочки (интины). Зрелое пыльцевое зерно состоит из одной большой, вегетативной клетки и из двух маленьких клеток, свешивающихся внутрь зерна. Крайняя из маленьких клеток называется антеридиальной клеткой. Таким образом у сосны, как и у других голосеменных растений, образование заростка с антеридием происходит внутри пыльцевого зерна, а следовательно, заросток является ещё более редуцированным, чем у папоротникообразных.

Сосна — растение однодомное. На кончиках молодых ветвей у неё весной, в то же время, когда образуются тычиночные цветки, образуются также маленькие красноватые шишечки, которые представляют собой собрание женских «цветков». Шишечка состоит из приросших к короткому стержню чешуй двух родов: более сочных — семенных и более сухих — кроющих. Семенные чешуи сидят в пазухе кроющих чешуй и несут при своём основании две маленькие семечки — макроспорангии.

Каждая семечка возникает на семенной чешуе в виде маленького бугорка, состоящего из однородных паренхимных клеток. Одна из последних, находящаяся в середине, увеличивается и превращается в материнскую клетку, из которой возникают макроспоры. Материнская клетка делится редуцированным путём, и после обычного вторичного деления образуются четыре клетки (макроспоры), из которых одна сильно увеличивается и превращается в зародышевый мешок. Ядро зародышевого мешка много-

кратно делится и даёт начало многочисленным делящимся ядрам, между которыми появляются оболочки. Так возникает эндосперм (запасная питательная ткань), который рассматривается как женский заросток. Клетки, окружающие эндосперм, образуют ткань, составляющую ядро семяпочки (нуцеллус), в свою очередь, окружённое покровом (интегументом). Только в одном месте покрова, в верхней части семяпочки, остаётся отверстие — семявход (микропиле), играющее роль при оплодотворении.

Семяпочка у сосны в таком состоянии остаётся до весны следующего года. Весной в той части эндосперма, которая обращена к семявходу, образуются два архегония (рис. 165). Строение их напоминает строение архегониев у папоротникообразных. Так же как и у последних, в каждом архегонии имеется одна большая яйцевая клетка с густым протоплазматическим содержимым и с ядром. В той части архегония, которая обращена к микропиле, находится брюшная канальцевая клетка, исчезающая перед оплодотворением. У каждого архегония имеется в зачаточном состоянии шейка.

Вернёмся снова к пыльцевым зёрнам. Последние во множестве носятся в воздухе. Через микропиле пыльцевое зерно попадает на ткань ядра семяпочки (на нуцеллус). Здесь оно прорастает в пыльцевую трубочку, направляющуюся через ткани нуцеллуса и эндосперма в каналец архегония. Ядро вегетативной клетки, находящееся в конце пыльцевой трубки, растворяется, а антеридиальная клетка пыльцы отделяется и также проникает в пыльцевую трубку. Здесь она делится на две мужские половые клетки (спермии), которые располагаются в конце пыльцевой трубки. Когда пыльцевая трубка дорастает до архегония, конец её растворяется, и один из спермиев доходит до женской яйцевой клетки и оплодотворяет её. У сосны мужские половые клетки, соответствующие сперматозоидам папоротникообразных, не обладают заметной подвижностью и в этом отношении больше напоминают собой оплодотворяющие элементы покрытосеменных растений, но у некоторых других голосеменных (саговника, гинкго) генеративные клетки имеют реснички, с помощью которых они активно движутся и потому очень напоминают сперматозоидов папоротникообразных.

Вслед за процессом оплодотворения начинается многократное деление яйцевой клетки, которая в конце концов превращается в зародыш семени, заключённый в эндосперме.

Вполне развитое семя сосны состоит из одревесневшего и разросшегося покрова макроспорангия, из оболочки, образовавшейся из нуцеллуса, эндосперма (запасной ткани) и зародыша, имеющего корешок, 6 семядолей и стебелёк. Семена сосны снабжены ещё крыловидными придатками, с помощью которых они разносятся ветром на более или менее далёкие расстояния. Так как семяпочки и образующиеся из них семена у сосны не прикрыты стенками завязи и расположены между чешуями шишки, то сосна и все

сходные с ней растения относятся к группе голосеменных растений, в отличие от покрытосеменных, которые, как мы узнали ещё из первой части курса, имеют семяпочки и семена, окружённые плодolistиками, сросшимися в завязь.

Каждый год на сосне мы видим шишки трёх родов: маленькие красноватые, подвергающиеся процессу опыления; зелёные, более крупные, в которых происходит процессы оплодотворения, и, наконец, побуревшие шишки, в которых созревают семена. Созревшие шишки раскрывают свои чешуи, и тогда из них семена выдуваются ветром. Из семян вырастают новые сосны.

Сибирский кедр (*Pinus sibirica*) также относится к роду «сосна». Хвоя у этой сосны длинная, собрана в пучки по 5 штук. Шишки крупные, шаровидные, семена с твёрдой скорлупой, богаты маслом. Их называют «кедровые орешки».

Ель европейская (*Picea exelsa* Link) отличается от сосны своей пирамидальной формой, теневыносливостью, большей требовательностью к почве. Хвоя ели короткая, четырёхгранная, колючая, живёт 7—9 лет и больше. Женские соцветия красноватые, более крупные, чем у сосны, мужские более мелкие. Шишки удлиненные, свешивающиеся вниз, не распадающиеся при созревании (рис. 166).

Пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) имеет иглы более плоские, с двумя белыми полосками, более тупые, чем у ели. Шишки у пихты вертикально стоящие на ветвях и распадающиеся при созревании. Нижние ветви у пихты легко укореняются.

Лиственница европейская (*Larix europaea* D. C.) — светолюбивое растение, с однолетними, тонкими, мягкими опадающими хвоей, собранными в пучках (по 10—12), сидящих на укороченных ветвях. Весной на молодых побегах можно видеть одиночные хвои, в пазухах которых развиваются почки, превращающиеся следующей весной в укороченные побеги с пучками листьев. Шишки у лиственницы мельче, чем у ели.

В ботанических садах на юге и у себя на родине произрастают кедр ливанский и кедр гималайский (*Cedrus Libani* и *C. deodara*) — крупные деревья, покрытые пучками многолетней хвои.

В СССР хвойные растения — сосна, ель и др. занимают огромные площади. Плановая эксплуатация лесов даёт возможность извлекать пользу из бедных почв. Древесина хвойных идёт на строительство, на различные поделки, дрова. Из хвойных добывают также смолу, вар, скипидар, канифоль и другие ценные вещества.

Класс гнетовых, или хвойниковых, принадлежащий к голосеменным растениям, включает в себя три рода чрезвычайно оригинальных и интересных растений: эфедра, гнетум, вельвичия. Виды растений двух последних родов встречаются в тропических странах. Остановимся кратко на эфедре.

Эфедра, или кузмищьева трава (*Ephedra vulgaris*) (рис. 167), встречается по сухим склонам в южных степях, а также в Крыму и на Кавказе. У этого небольшого (10—30 см) ветвистого кустарника листья мелкие, чешуйчатые, супротивные, сидят при основании междоузлий, а членистые

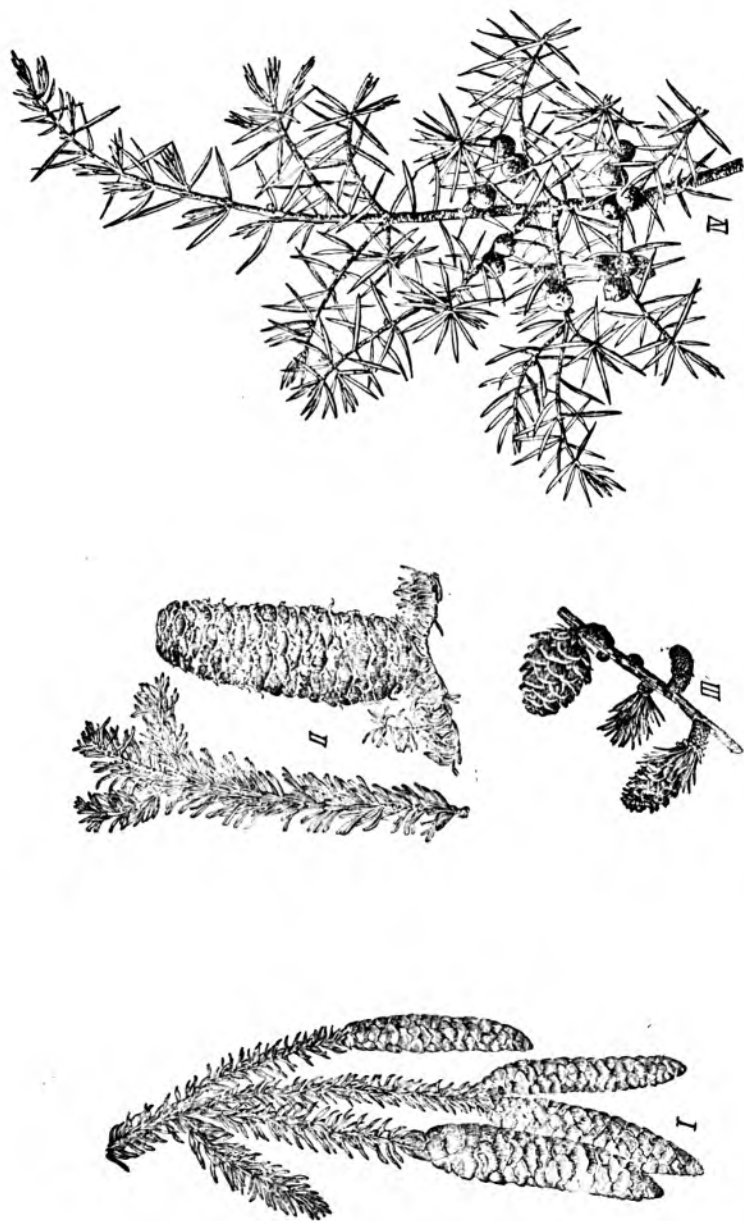


Рис. 166. Хвойные растения:

I — ель; II — пихта; III — лиственница; IV — можжевельник.

стебли имеют вид зелёных прутьев и служат растению для ассимиляции. Осенью ломкие зелёные ветви опадают, а весной заменяются новыми зелёными побегами. Растение содержит алкалоид эфедрин и употребляется как лекарственное средство против желудочных и ревматических заболеваний. По внешнему виду эфедра похожа скорей на хвоц, но к осени на ней обильно созревают яркокрасные сочные плоды с семенами (разносимыми птицами), указывающие на принадлежность этого кустарника к семенным растениям. Большинство видов эфедры, а их около 30, является двудомными растениями.

Мужские шишки, расположенные на узлах, состоят из короткой оси, на которой сидит от двух до восьми пар чешуй; из них верхние превращаются в микроспоролистники с несколькими микроспорангиями. Каждый микроспоролистник — это отдельный цветок, состоящий из тычинки, прикрытой при основании двураздельным околоцветником. Женские цветки сидят поодиночке или собраны по 2—3 на верхушках коротких веточек, снабжённых верхушечными чешуйчатыми листочками. Женский цветок состоит из прямой семязпочки, снабжённой эндоспермом и архегониями. Семязпочка эфедры окружена двумя покровами, из которых один вытягивается в отросток, служащий для улаживания микроспоров.

Класс хвойниковых растений включает в себя растения, отличающиеся сочетанием признаков голосеменных и покрытосеменных. Как голосеменные они не имеют настоящей завязи, у них отсутствует сложно устроенный яйцевой аппарат, а следовательно, и процесс двойного оплодотворения. Эндосперм у большинства хвойниковых растений развивается до процесса оплодотворения. Однако этот класс растений ушёл далеко вперёд в своём развитии по сравнению с другими голосеменными. Этот прогресс заключается в строении цветка, имеющего околоцветник, а иногда и замкнутые плодолистники, окружающие семязпочку. В древесине хвойниковых растений, помимо трахид, свойственных голосеменным, имеются настоящие сосуды (трахеи).

Сходство хвойниковых с покрытосеменными растениями не даёт ещё права считать их непосредственными прародителями последних. Вопрос о том, из какой группы голосеменных развились покрытосеменные растения, остаётся пока ещё не разрешённым; вполне вероятно, что настоящие прародители современных покрытосеменных растений давно уже исчезли с лица земли.

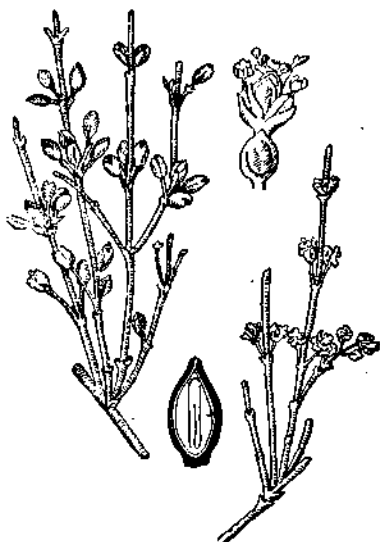


Рис. 167. Эфедра (*Ephedra vulgaris*).

Глава X

ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ (ANGIOSPERMAE)

Эта обширная группа семенных растений (*Spermatophyta*) включает в себя то разнообразие растительности, которое мы встречаем всюду вокруг нас: в лиственном лесу, в поле, саду и на лугу. Из всех известных растений покрытосеменные составляют около $\frac{3}{4}$ общего числа видов.

Покрытосеменные растения — те самые растения, которые мы обычно культивируем как пищевые, кормовые и технические. Почти все сорные растения, за исключением некоторых из папоротникообразных и мхов, также относятся к покрытосеменным.

Словом, это наиболее распространённые растения, с которыми постоянно приходится иметь дело и морфолого-анатомическое строение которых мы изучали в первой части этого курса.

Отличительной особенностью покрытосеменных растений является пестик с завязью, защищающей семяночку (макрспороангий) и зародышевый мешок. Пестик образовался из одного или нескольких сросшихся плодолистиков, которые можно рассматривать, как спорофиллы архегонияльных растений. Пыльцевые зёрна состоят из двух клеток, из которых одна вегетативная, а другая — генеративная. Последняя при процессе оплодотворения распадается на две и служит для двойного оплодотворения. Сплодотворяющие клетки (спермии), соответствующие сперматозоидам, у покрытосеменных неподвижны; поэтому большое значение у них приобретает пыльцевая трубка, при помощи которой мужские половые клетки проникают в зародышевый мешок. После двойного оплодотворения яйцевая клетка превращается в зародыш семени, а ядро зародышевого мешка превращается в эндосперм. Эндосперм является сильно редуцированным женским заростком, а вегетативная клетка пыльцевого зерна является сильно редуцированным мужским заростком; эти заростки соответствуют такому же у папоротникообразных. Цветки у покрытосеменных растений бывают или раздельнополыми или, чаще, двуполыми и имеют разнообразное строение. Покрытосеменные растения развились на земном шаре позднее голосеменных, папоротникообразных и других растений.

Покрытосеменные растения подразделяются на два класса: двудольные и однодольные, различающиеся по ряду признаков, о которых мы уже упоминали в различных местах курса (см. стр. 42).

Однодольные растения появились на земле позднее двудольных, от одной из древних групп последних. В дальнейшем развитие обоих классов шло параллельно. Число видов двудольных растений значительно преобладает по сравнению с однодольными.

Несмотря на наличие одной семядоли, на тройной тип строения цветка, на своеобразное строение стебля, однодольные растения — это те же сильно видоизменившиеся двудольные. Среди двудольных растений, как мы увидим дальше, попадаются представители, имеющие строение, сходное с однодольными; поэтому признаки однодольных растений филогенетически легко выводятся из организации ранее появившихся на земле двудольных.

При изучении покрытосеменных растений бросаются в глаза сходство и отличие в строении и развитии различных представителей родов и семейств, а это делает возможным соединение родственных между собой семейств в более обширные группы — порядки, располагающиеся в определённую систему. Современная

ботаника далека ещё от создания такой естественной классификации, которая в полной мере отражала бы филогенетическое развитие покрытосеменных растений, однако в научных курсах ботаники приводятся филогенетические системы растений.

Признаки, по которым судят о том, какое семейство покрытосеменных растений появилось на земле позднее, какое раньше — не являются вполне установленными, и часто разные исследователи высказывают по одному и тому же вопросу прямо противоположные суждения. При решении этих вопросов исходят не только из морфологии цветка, но также и из морфологии других органов. Принято считать, что сростнолистный околоцветник появился позднее свободнolistного: зигоморфность цветка — более позднего происхождения, чем актиноморфность; нижняя завязь также появилась позднее, чем верхняя, как и ограниченное число листиков в околоцветнике по сравнению с большим их числом. Соцветия появились позднее, чем одиночные цветки, немногочисленные тычинки — позднее, чем многочисленные. Гинецей синкарпный, у которого плодолистники срослись, появился позднее, чем гинецей апокарпный, у которого плодолистники свободные. Однолетние растения появились позднее многолетних и травы — позднее деревьев и кустарников. Сложные листья — более позднего происхождения, чем простые. Считается, что цветок ведёт своё начало от стробилуса или шишки бенеттитовых.

Растения более позднего происхождения обладают признаками более совершенными, чем растения ранее появившиеся, обладающие сравнительно примитивными признаками. Однако в каждой эволюционной линии могли появиться одни и те же признаки, и совпадение признаков могло происходить в линиях эволюции, не связанных между собой.

ДВУДОЛЬНЫЕ РАСТЕНИЯ (DICOTYLEDONAE)¹

Класс двудольных растений подразделяется на два подкласса: **раздельнолепестные** и **сростнолепестные**. Раздельнолепестные имеют обычно венчик из свободных крупных и ярко окрашенных лепестков, часто окружённых чашелистиками, или имеют простой, незарчатый околоцветник, или даже совсем не имеют околоцветника. Отсутствие околоцветника и опыление ветром у многих семейств двудольных растений до недавнего прошлого принимались учёными за признаки примитивные, свидетельствующие о древнем происхождении подобных растений. Однако современные исследователи полагают, что эти признаки могли появиться у растений вторично, в связи с изменением окружающих условий. С другой стороны, есть много доказательств в пользу того, что наиболее древним порядком двудольных растений следует считать многоплодниковые растения (лютиковые, магнолиевые и др.).

¹ Характеристику класса двудольных см. на стр. 42.

Вот почему изложение систематики мы начинаем с семейства лютиковых, относящегося к этому порядку.

Сростнолепестные имеют яркие венчики из лепестков, сросшихся в большей или меньшей степени и окружённых чашечкой. Опыление у них совершается преимущественно насекомыми. Тычинки сростнолепестных обычно прикрепляются к лепесткам венчика, пестик один, и семязпочка снабжена одним покровом.

Ознакомимся с главнейшими семействами, к которым относится большинство культурных и сорных растений.

ПОДКЛАСС РАЗДЕЛЬНОЛЕПЕСТНЫЕ (CHORIPETALAE) И БЕЗЛЕПЕСТНЫЕ (APETALAE)

1. Сем. Лютиковые (Ranunculaceae)

Семейство лютиковых характеризуется следующими признаками: преобладают травы, чаще многолетние, с очередными листьями, без прилистников; цветки правильные, редко неправильные, обоеполые, чаще пятерного типа, но бывают отклонения в числе чашелистиков и лепестков. В большинстве случаев лютиковые имеют много тычинок и много пестиков. Тычинки и околоцветник свободно прикреплены к цветоносу под пестиком. Околоцветник то двойной, то простой — венчиковидный; иногда лепестки превращаются в нектарники. Опыление перекрёстное, при посредстве насекомых, но встречается также и самоопыление. Плоды — семечки или листовки. Лютиковые включают в себя много различных растений. Они растут всюду: на лугах, полях, в лесах. Многие из них ядовиты, и их следует остерегаться. Скот, наевшийся лютиковых, страдает коликами, рвотой, поносами, замедлением пульса, судорогами; глаза втягиваются внутрь глазниц, и через 6—12 часов после появления судорог наступает смерть. В высушенном виде лютиковые теряют свои ядовитые свойства. В садоводстве ценятся как декоративные растения пaeон (Paeonia), аконит (Aconitum), водосбор (Aquilegia), ломонос (Clematis) и др. Некоторые виды ломоноса — деревянистые растения.

Лютиковые включают в себя множество (свыше 1 200 видов) разнообразных по внешнему виду и строению растений, распространённых преимущественно в умеренных и холодных странах, а также на высокогорных ластбищах.

Л ю г и к е д к и й (рис. 168, I) (Ranunculus acris L.) зацветает весной; особенно много его в садах и на лугах. Высота 20—80 см. Он имеет пучок волокнистых корней; глубокопальчатопятираздельные листья с ромбическими долями; нижние — на длинных черешках, верхние — трёхраздельные, сидячие; стебли с прижатыми волосками, прямостоячие, с одиночными цветками на концах ветвей; цветоножки без бороздок, с мягкими волосками, цветки пятерного типа с зеленоватой свободнолистной чашечкой и ярко-

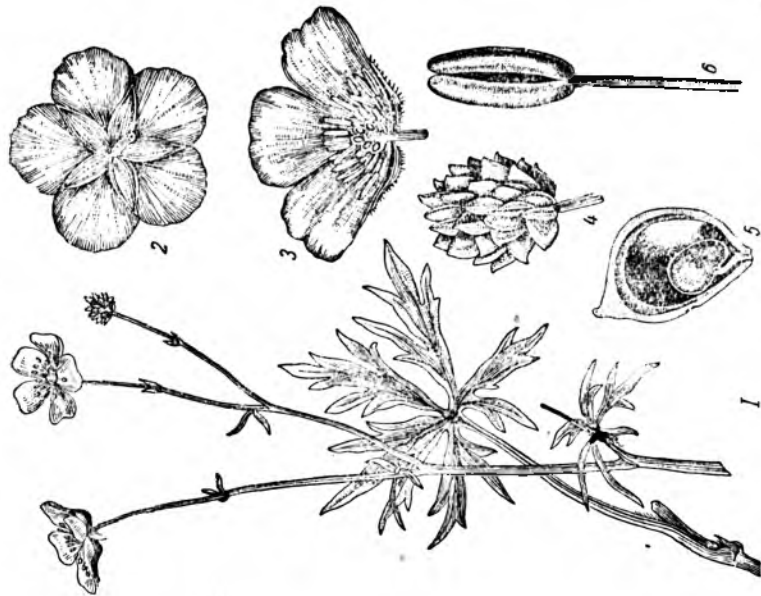


Рис. 168.

I — лютик едкий (*Ranunculus acris*); 1 — общий вид растения; 2 — цветок; 3 — цветок в разрезе; 4 — плоды; 5 — плод — семянка в разрезе; 6 — тычинка; II — ветреница дубровная (*Anemone nemorosa*): 1 — цветущее растение; 2 — развитие побега из корневища.

жёлтыми свободными лепестками. При основании каждого лепестка находится медовая желёзка, прикрытая чешуйкой. Тычинок с жёлтыми пыльниками, так же как и пестиков, много. Семянки голые. Растение ядовито для скота: засоряет луга. Род — лютик включает в себя много видов: лютик едкий, ползучий, ядовитый, водяной, золотистый, кашубский и др.

Рано весной в лесу зацветают ветреница дубровная (*Anemone nemorosa* L.) (рис. 168, II) и многие другие ветреницы (лютичная, перелеска, лесная, сон-трава).

К весенним растениям относятся и такие лютиковые, как купальница европейская (*Trollius europaeus*), чистяк лютичный (*Ficaria ranunculoides*) (рис. 169, I), калужница болотная (*Caltha palustris*), горичвет весенний (*Adonis vernalis*) (рис. 169, II) — лекарственное растение (при болезнях сердца).

Живокость посевная — рогатые васильки, или сокирки (*Delphinium consolida* L.) (рис. 169, III), — сорняк, встречается постоянно в озимых посевах, реже — в яровых, а иногда на паровых полях. Характерные особенности этого однолетника следующие. Неправильные сине-фиолетовые цветки, со шпорцами, собраны на стебле в редкую ветвистую кисть. Околоцветник состоит из пяти окрашенных чашелистиков, из которых один вытянут в шпору, и из двух лепестков, сросшихся в маленький шлем, нижний конец которого вытянут в длинную медовую шпору (нектарник), вложенную в наружный чехол шпорцы. Под лепестками расположены один пестик и скученные тычинки. В более молодых цветках тычинки прикрывают пестик, а пыльники находятся перед отверстием шпорцы. Позднее тычинки отсыхают, а рыльце располагается против отверстия шпорцы. Перекрёстное опыление производится насекомыми с длинными хоботками, достающими нектар из шпорцы. Стебель ветвистый, высотой от 15 до 30 см, с тройчаторассечёнными на линейные доли листьями. Плод у живокости — листовка, семена темносерого цвета, около 2—3 мм длины, слегка трёхгранные, покрытые, как черепицей, тонкими чешуйками. Едкие и горькие на вкус, семена ядовиты, поэтому растение вызывает, главным образом, у овец отравление, выражающееся в слабительном и рвотном действии, а иногда приводит к судорогам и смерти. Посевной материал должен быть тщательно очищен от семян живокости.

Вместе с другими семействами (кувшинковыми, барбарисовыми, лапровыми, магнолиевыми и пр.) лютиковые образуют порядок так называемых многоплодных растений (*Polycarpicae*), т. е. обычно имеющих большое количество пестиков, располагающихся спирально на вышуклом цветоложе.

Порядок многоплодных интересен в том отношении, что некоторые представители этого порядка, например кушника (*Nymphaea*), чистяк (*Ficaria*), барбарис, (Berberis) и др., обладают в семени одной семядолей, образовавшейся от сращения двух. Таким образом, они напоминают собой однодольные растения. Это сходство усиливается ещё трёхчленным

типом строения цветка у некоторых представителей, а также анатомическим строением. Как и у однодольных растений, попадают многоплодниковые, имеющие замкнутые сосудистоволокнистые пучки, разбросанные по всему стеблю, в то время как у двудольных сосудистоволокнистые пучки обычно располагаются в одно кольцо. Кроме того, у некоторых многоплодниковых при развитии наблюдается отмирание главного корня. Всё это говорит о том, что класс однодольных растений мог развиться из порядка многоплодниковых или же, возможно, что те и другие растения имели общих предков.

Многоплодниковые наиболее древняя группа двудольных растений. Из древесных к ним относится, например, магнолия (*Magnolia grandiflora*) — южное вечнозелёное, декоративное растение с большими листьями и с удушливо-пахучими крупными белыми или розоватыми цветками. Части цветка расположены по спирали, много тычинок и свободно расположенных пестиков, чашелистиков три, лепестков шесть и больше. К семейству лавровых относятся лавр (*Laurel nobilis*) и авокадо (*Persea*); листья лавра используются как пряность, а крупные ягоды авокадо исключительно питательны и богаты витаминами.

2. Сем. Барбарисовые (*Berberidaceae*)

Барбарис обыкновенный (рис. 170) (*Berberis vulgaris* L.) — кустарник в садах, являющийся одной из причин распространения грибного заболевания — линейной ржавчины — на хлебных злаках. Он встречается также в диком виде в лесах и иногда, как, например, на склонах Кавказских гор, образует целые заросли. Ветви барбариса обильно защищены трёхраздельными колючками, которые образовались из листьев. Пучки зелёных листьев образуются на укороченных побегах, сидящих в пазухах колючек. Листья обратнояйцевидные, с короткими черешками, по краям реснитчатые; светложёлтые цветки развиваются весной в поникших кистях. Замечательна способность шести тычинок быстро отклоняться внутрь при прикосновении к ним; при этом пыльца вытряхивается на насекомых, которые прилетают за нектаром, находящимся в оранжевых нектарниках при основании лепестков. Плоды красные кислые двусеменные ягоды, употребляемые на варенье.

3. Сем. Ивовые (*Salicaceae*)

Двудольные деревья и кустарники, цветущие до распускания листьев или одновременно с их распусканием. Листья чаще цельные, с прилистниками. Однополые цветки собраны в соцветия — сережки, состоящие из многих чешуйчатых прицветников, в пазухах которых и сидят цветки, примитивного строения. Мужские цветки состоят из нескольких свободных или сросшихся тычинок, а женские — из одного пестика с одногнездной верхней завязью. Охолоцветник — неразвитый, иногда превращённый в двухлопастную медовую железу. Плоды — коробочки, с многочисленными семенами, снабжёнными шелковистыми волосками.

К ивовым относятся роды: ива (*Salix*), насчитывающая свыше 200 видов, и тополь (*Populus*) — до 30 видов.

Ива козья (*Salix caprea* L.) (рис. 171) — распространённый кустарник или дерево; встречается по лесам, на холмах и скло-



Рис. 170. Барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris*):
1 — ветка с цветками; 2 — цветок в разрезе; 3 — лепесток
и тычинки; 4 — плод.

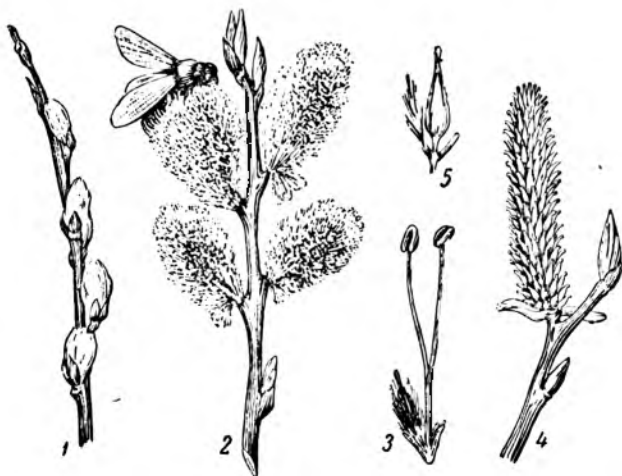


Рис. 171. Ива (*Salix*) — двудомное растение:
1 — ветка с почками; 2 — ветка с тычиночными соцветиями;
3 — тычиночный цветок; 4 — ветка с пестичным соцветием;
5 — пестичный цветок (3—6—увеличены).

нах. Листья черешковые, овальные или ланцетные с изогнутым концом, снизу сероваточные. Цветущие крупные мужские серёжки жёлтые, состоят из многих тычиночных цветков, имеющих по две тычинки, выходящие из пазухи мохнатой прицветной чешуи с черноватой верхушкой. При основании голых тычиночных нитей имеется нектарник. Женские серёжки, находящиеся в других экземплярах, имеют пестики, сидящие на длинных ножках, в пазухах таких же чешуй и с нектарной желёзкой при своём основании. Цветение — до распускания листьев, опыление — пчёлами и другими насекомыми.

Из деревьев распространены ива ломкая, или ракита (*Salix fragilis*), и ветла (*Salix alba*), достигающая до 25 м высоты и громадной толщины. Большое значение имеет ива корзиночная — лоза (*Salix viminalis*).

Ивы используются для закрепления сыпучих песков, плотин, оврагов; древесина их идёт на дуги, постройки, топливо; прутья — на корзины, фашины, рыболовные снасти.

Тополь чёрный, или осокорь (*Populus nigra* L.), — распространённое дерево с толстым стволом, высотой до 25 м. Цветёт до распускания листьев; при этом на одних экземплярах появляются красноватые мужские серёжки, а на других — серовато-жёлтые женские. У мужских цветков в пазухах багроватых прицветников развивается до 12—30 тычинок, а у женских — по одному пестику. Опыление ветром. Листья у осокоря со сплюснутыми черешками, ромбические или трёхгранные, заострённые, с пильчатым краем. Семена мелкие с пушком, разносятся ветром. Осокорь, так же как и другие виды тополей (бальзамический, пирамидальный, серебристый), разводятся с декоративными целями. К роду тополь принадлежит также осина (*Populus tremula*), древесина которой используется для получения целлюлозы для выделки вискозы, спичек и т. п.

4. Сем. Берёзовые (*Betulaceae*)

Это семейство включает в себя однодомные цветущие весной растения (деревья, кустарники) с мужскими, свешивающимися серёжками. Околоцветник в цветке в виде мелких чешуек. Мужской цветок с двумя-четырьмя расщеплёнными тычинками. В женских соцветиях в пазухах чешуй сидят по два-три пестика, из которых каждый имеет по два нитевидных пурпуровых рыльца. Плод — орешек. Берёзовые имеют цельные листья с пильчатым краем.

К берёзовым относятся берёзы (*Betula*), ольха (*Alnus*), граб (*Carpinus*), орешник (*Corylus*) — серёжкоцветные растения, зацветающие ранней весной и опыляемые ветром.

Орешник, или лещина (*Corylus avellana* L.) (рис. 172). — кустарник, достигающий 3—4 м высоты, цветущий до появления листьев. В первые тёплые дни орешник зацветает, мужские серёжки

быстро удлиняются, свешиваются и при малейшем встряхивании целые тучи жёлтой пыльцы переносятся на соседние экземпляры. Серёжки состоят из гибкого стержня, на разветвлениях которого сидят прицветные чешуи, в пазухах которых расположены цветки, лишённые околоцветника и состоящие из четырёх тычинок, раздвоенных до основания. Женские цветки появляются позднее мужских на тех же побегах. Из почек более крупных, чем обычные листовые, показываются яркокрасные нитевидные рыльца. В пазухах внутренних чешуй сидят по два пестика, каждый из которых состоит из завязи и двух красных нитевидных рылец. Наружные чешуи женской почки прикрывают собою цветки, и только рыльца высовываются наружу и воспринимают на себя пыльцу. По окончании цветения лопаются листовые почки, и побеги покрываются листьями, имеющими короткие черешки и округлые или овальные пластинки с двоякозубчатым краем. Плод — орех, окружённый разросшимися рассечёнными прицветными листьями.



Рис. 172. Орешник (*Corylus avellana*) — однодомное растение:

1 — ветка, цветущая ранней весной: а — а — мужские соцветия (серёжки); б — почки с неоплодотворёнными цветками; 2 — тычиночные цветки; 3 — пестичный цветок; 4 — ветка с листьями и орехами.

Встречаются и другие виды орешника, из которых некоторые введены в культуру и с успехом возделываются, например в Закавказье, под названием «фундуки».

Громадное значение имеет наша отечественная берёза бородавчатая (*Betula verrucosa*), занимающая обширные площади в европейской части СССР и в Сибири. В более сырых местах, на болотах произрастает берёза пушистая (*B. pubescens*), листья которой имеют более округлённое основание и с нижней стороны опушены волосками. Ценная древесина берёз используется в строительстве и для поделок. Из неё получают также дёготь, древесный спирт, скипидар. Наплывы на берёзе (капы) используются для изготовления ценных изделий, называемых изделиями из «карельской берёзы». В тундрах распространена берёза карликовая (*B. nana*), имеющая форму кустарника с распростёртыми ветвями и с округлыми мелкими листьями. Она встречается и в более северных местах.

5. Сем. Буковые (Fagaceae)

Крупные деревья, относящиеся к этому семейству, встречаются в странах с жарким и умеренным климатом. В СССР распространены дуб (*Quercus*), каштан (*Castanea*) и бук (*Fagus*). Листорасположение очередное, листья простые, перистолопастные, с опадающими прилистниками. Растения однодомные. Мужские серёжки удлинённые, нитевидные, повислые; цветки имеют 4—9-раздельный околоцветник и 4—9 тычинок. Женские цветки в редких

и коротких колосках; они окружены прицветниками, позднее превращающимися в плюску. Завязь нижняя, трёхгнездная, рыльце трёхлопастное, яркочерное. Плод с одним семенем; он окружён листочками плюски, расположенными черепитчато.

Дуб обыкновенный, летний, или черешчатый (*Quercus robur* L., или *Q. pedunculata* Ehrh.), — однодомное дерево, обладающее могучей развесистой кроной, достигающее до 40 м высоты и живущее до 400—600 лет и даже до 2 000 лет (рис. 173). Чистые дубовые леса (дубравы) сохранились кое-где в чернозёмной полосе; в более северных частях СССР дуб обычно встречается вместе с другими породами и на северной границе своего распространения растёт в виде кустарника. На северо-востоке дуб заходит кое-где за Волгу и доходит до Уральских гор. Дуб имеет характерные перистолопастные темнозелёные, кожистые, короткочерешковые, голые листья. Цветение начинается с 20—30-летнего возраста и происходит после распускания листьев. Муж-



Рис. 173. Дуб (*Quercus pedunculata*):

1 — цветущая ветвь; 2 — серёжка с тычиночными цветками; 3 — женские цветки; 4 — плоды — жолуди.

ские серёжки — тонкие, качающиеся, с цветками, имеющими 4—6-листый околоцветник и столько же тычинок. Женские цветки и плоды расположены на ножках, превышающих черешки листьев. Опыление ветром. Плод — жолдь. Древесина дуба отличается прочностью; из неё изготавливается ценная мебель, паркет, фанера, прочные мосты, суда и т. д. Из коры добываются дубильные вещества; жолуди используются в корм и для приготовления «кофе». Много дубильных веществ в «черныльных орешках» — галах, иногда во множестве развивающихся на листьях дуба. Галы вызываются личинками насекомого оре-

хотворни. Дуб — главная древесная порода, используемая для лесопосадок.

Дуб зимний (*Q. sessiliflora* Salisb.) имеет короткие цветоножки у женских цветков и плоды почти сидячие, а черешки листьев более длинные. Распространён в более южных районах. Большое значение имеет дуб пробковый (*Q. suber*), возделываемый в Крыму и на Кавказе для добывания пробки.

Каштаны и буки — крупные широколиственные деревья, распространённые на юго-западе СССР и по склонам Кавказских гор, имеющие столь же важное значение, как дубы.

Буковые и берёзовые объединяются в порядок букоцветных (*Fagales*).

6. Сем. Тутовые, или шелковичные (*Moraceae*)

К этому семейству относятся много тропических и субтропических деревьев и кустарников, а также травянистых растений с вьющимися или с прямостоячими стеблями, распространённых в умеренном климате. К первым относятся шелковица (*Morus alba* и *M. nigra*) (рис. 267, *II*), соплодия которой съедобны, а листья используются для выкорки шелковичных гусениц, а также смоковница, или инжир (*Ficus carica*) (рис. 267, *I*), соплодия которой — «вишние ягоды» употребляются в пищу. Эти деревья распространены на юге СССР и особенно на Кавказе. Некоторые тропические растения из семейства тутовых богаты млечным соком и каучуком (*Ficus elastica*).

К тутовым относится также хмель и конопля. Это — травянистые растения с вьющимися или с прямостоячими стеблями. Листорасположение супротивное. Листья пальчаторассечённые или лопастные, с прилистниками.

Растения двудомные, с мелкими зелёными цветками. Околоцветник у мужских цветков состоит из пяти зелёных или желтоватых листиков, против которых помещаются пять тычинок. У женских экземпляров цветки не имеют околоцветника, вместо которого имеется свёрнутый прицветник, заключающий в себе пестик, состоящий из одногнёздной верхуей завязи и двух нитевидных рылец. Плод — орешек.

Конопля (*Cannabis sativa* L.) (рис. 98) — двудомное растение, возделываемое для получения волокна и масла. Мужские экземпляры называются **посконью**; цветки у них собраны в метельчатое соцветие. Женские экземпляры (матерки) более прочные и сильнее облиственны; цветки у них образуют колосовидные соцветия, сидящие в пазухах листьев. Индийская конопля содержит в себе одуряющее вещество — **гашиш**. С коноплей сходен хмель (*Humulus lupulus* L.) (рис. 38, *I*), содержащий в своих «шишках» лупулин, ценное вещество для пивоваренного производства. «Шипчики» образуются из головчатых женских соцветий.

7. Сем. Крапивные (*Urticaceae*)

Крапива (*Urtica*) сходна с коноплей, но отличается жгучими волосками, цельными листьями и четырёхраздельным околоцветником. Цветки зелёные, мелкие, однополые, в пазушных

кистях. Мужские цветки с четырёхраздельным околоцветником и с четырьмя тычинками, расположенными против долей околоцветника. До цветения тычинки согнуты внутрь цветка, а в момент цветения они с силой распрямляются и выбрасывают пыльцу. Женские цветки имеют один пестик, с одногнездной завязью, с кистевидным рыльцем, с четырьмя листиками околоцветника неодинаковой длины. Плод — орешек. Молодая крапива используется как ценный пищевой продукт, а стебли развившейся крапивы имеют доброкачественное волокно.



Рис. 174. Крапива (слева) и рами (справа):

I — крапива двудомная (*Urtica dioica*): *а* — мужской цветок, в котором четыре тычинки согнуты в околоцветнике; *б* — тот же цветок в распрямленном состоянии в момент созревания тычинок; *в* — женский цветок; мужские и женские цветки у двудомной крапивы сидят на разных экземплярах; *II* — рами (*Boehmeria nivea*) — прекрасное пришлое растение.

Один вид крапивы называется жгучей крапивой. (*Urtica urens*) — мелкое однодомное и однолетнее растение, и другой вид называется крапивой двудомной (*Urtica dioica*) — более крупное многолетнее растение (рис. 174 *I*).

Китайская крапива, или рами (*Boehmeria*), не имеет жгучих волосков. Она достигает 2 м высоты и даёт волокно лучшего качества (рис. 174, *II*).

Близко к семейству крапивовых и тутовых стоит семейство Ильмовых (*Ulmaceae*), к которому относятся ценные и весьма распространённые крупные деревья и кустарники, берёста (*Ulmus*), обладающие обоеполыми цветками и цветущие до появления листьев. Цветки имеют чашечковидный околоцветник с несколькими надрезами, с 4—5 тычинками и с одним пестиком. Листья неравнобокие, яйцевидно-заострённые, пильчатые. Плоды — семянки с крылаткой. Все три семейства объединяются в порядок крапивоцветных (*Urticales*).

8. Сем. Гречишные (Polygonaceae)

Чаще травянистые растения, с очередными листьями, прилистники которых срастаются и образуют тонкую плёнку — раструб, охватывающий узловатый стебель. Цветки чаще двуполые, правильные, состоят из простого венчиковидного или чашечковидного околоцветника с 5—6 долями. Тычинок от трёх до девяти. Пестик — один, завязь одногнёздная, верхняя, с 2—3 столбиками, имеющими головчатые или кистевидные рыльца. Плод — двух — трёхгранный орех или семечки; семена с мучнистым эндоспермом. В состав семейства входит до 750 видов, распространённых по всему земному шару.

Гречиха — па-
стоящая (*Fagopyrum*
esculentum Mch.) —
однолетнее растение с
сочным, красноватым,
ветвистым стеблем, вы-
сотой в 15—60 см
(рис. 175).

Листья широкие, за-
острённые, со стрело-
видным или сердцевид-
ным основанием. Верх-
ние листья сидячие,
нижние — черешковые,
все листья блестящие,
зелёные или слегка кра-
сноватые. При основании каждого листа имеется тонкая плёнка (раструб), охватывающая стебель над узлом.

Цветки гречихи сидят в кистях, выходящих из пазух листьев; верхняя кисть — в виде щитовидной метёлки. Цветки гречихи довольно крупные, пахучие, медоносные, белые или розовые. Околоцветник простой, венчиковидный, пятерного типа. Тычинок восемь, пестик — один, с тремя столбиками. При основании тычиночных нитей находятся медовые желёзки (нектарники), соединённые железистым кольцом. Цветки гречихи обладают



Рис. 175. Гречиха:

а — нижняя часть стебля с корнями и листьями; б — цветущая ветвь; в — цветок с длинными тычи-
ками и с короткими столбиками, у основания ко-
торых видны нектарники; г — цветок с короткими
тычинками и длинными столбиками; д — пестик
с тремя столбиками; е — плод.

диморфной гетеростилией. У одних цветков мы находим короткие тычинки и длинные столбики, а у других, наоборот, длинные тычинки и короткие столбики.

Опыляются цветки перекрёстно, с помощью пчёл. Самоопыление у гречихи также возможно, но оно даёт худшие результаты. Наиболее благоприятной погодой для цветения гречихи является солнечная, тихая, достаточно влажная. В такое время цветки гречихи наполняются мёдом и издают сильнейший аромат: пчёлы массами направляются за взятком и в несколько дней наливают соты мёдом. В жаркую сухую погоду пчёл можно наблюдать на гречихе только в утренние часы.

Вслед за опылением и оплодотворением начинается развитие плодов — семян, которые у гречихи имеют трёхгранную форму, с острыми цельными гранями. Семя гречихи с эндоспермом, зародыш окружён со всех сторон питательной тканью. При прорастании крахмал превращается в сахар, а последний переходит путём осмоса в зародыш, который даёт один главный корень, а затем выносит на поверхность земли две семядоли, свёрнутые в виде трубки. На поверхности красноватые семядоли расправляются, зеленеют, и начинается самостоятельное развитие растения. Вегетационный период гречихи продолжается около $2\frac{1}{2}$ —3 месяцев. Урожай гречихи в различные годы сильно колеблется.

Выделывается гречиха ради зерна, которое употребляется на крупу, имеющую широкое применение в СССР. Солому используют для добывания поташа.

Обыкновенная гречиха имеет несколько форм, различающихся по виду зёрен. Так, существуют бескрылые формы и крылатые (восточные). У последних грани семянки имеют крыловидные придатки. Гречи́ха та́тарская (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) обладает зеленовато-жёлтыми цветками. В Сибири её называют «карлык» или «дикуша». Она даёт мелкие и толстокожие семянки с морщинистыми гранями.

Из других гречишных однолетних растений вдоль дорог, по дворам, выгонам, берегам рек и т. п. постоянно встречается спорыш, или птичья гречи́ха (*Polygonum aviculare* L.), — мелкое растение, хорошо выносящее вытаптывание. Эту — так называемую «травку-муравку» охотно поедают гуси.

В посевах сорными травами являются горец войлочный (*Polygonum tomentosum*), горец льняной (*P. linicola*) и гречишка вьюнковая (*P. convolvulus*). Последняя имеет вьющиеся стебли от 10 до 100 см высотой. Стебель тонкий, угловато-бороздчатый, с редкими сердцевидно-стреловидными листьями, при основании которых имеется раструб. Цветки сходны с цветками гречихи; они собраны в кисти, выходящие из пазух листьев. Околоцветник простой, снаружи зелёный, внутри беловатый. Тычинок восемь. Плоды трёхгранные, чёрные, трудно отличимые от мелких плодов гречихи. Длина их 3 мм. Плоды при

обмолоте попадают в хлебное зерно, которое необходимо от них очищать.

На сырых местах растёт водяной перец (*Polygonum hydropiper*) — однолетнее растение, ядовитое, со вкусом перца; используется как лекарственное, кровоостанавливающее. Декоративное значение имеет гречиха сахалинская (*P. sachalinense*) — высокое, быстро отрастающее от корневищ растение.

На лугах растут горец — раковые шейки (*Polygonum bistorta* L.) — многолетнее растение с могучим разнообразно изогнутым корневищем и различные щавели (*Rumex*), например конский щавель, щавель малый, щавель кислый (рис. 176). Щавели растут на лугах и указывают на избыточную кислотность почвы, требующей известкования. Щавель малый (*Rumex acetosella*) сильно засоряет посевы и паровые поля. Помимо семян, щавель размножается корневыми отпрысками.

В пустынях Средней Азии огромное значение имеет джугун (*Calligonum*), служащий для укрепления сыпучих песков. Этот кустарник легко укореняется и распространяется благодаря многочисленным семенам, когда оторванное ветром растение перекачивается с места на место. Известен 71 вид джугуна.

Из овощных растений к гречишным относится ревень (*Rheum*) — крупный многолетник с толстыми дудчатыми стеблями и большими листьями, черешки которых употребляются в пищу.



Рис. 176. Щавель кислый (*Rumex acetosa*).

9. Сем. Маревые, или Лебедовые (*Chenopodiaceae*)

В огромном большинстве — травянистые растения с очередными, реже — с супротивными листьями, без прилистников. Их насчитывается до 500 видов. Мелкие цветки собраны в клубочки, а клубочки — в метельчатые или колосовидные соцветия. Цветки однополые или двуполые пятилепестного типа. Тычинки по числу долей околоцветника и супротивны им; пестики — с 1—4 рыльцами, с одногнездной завязью. Завязь верхняя, за исключением свёклы, у которой завязь средняя. Опыление происходит ветром, редко — насекомыми или путём самоопыления. Плоды и стебли у многих видов марь и лебеды к осени становятся яркокрасными от образования антоциана. Плоды — семянки, сроставшиеся с околоцветниками. Семена имеют кольцообразно согнутый зародыш. Семена разносятся человеком и животными вместе с землёй и грязью на ногах.

Дикорастущие маревые хорошо развиваются на солончаковых почвах. Неприятный запах делает их непригодными в кормовом отношении. Из культурных маревых имеют значение свёкла и шпинат.

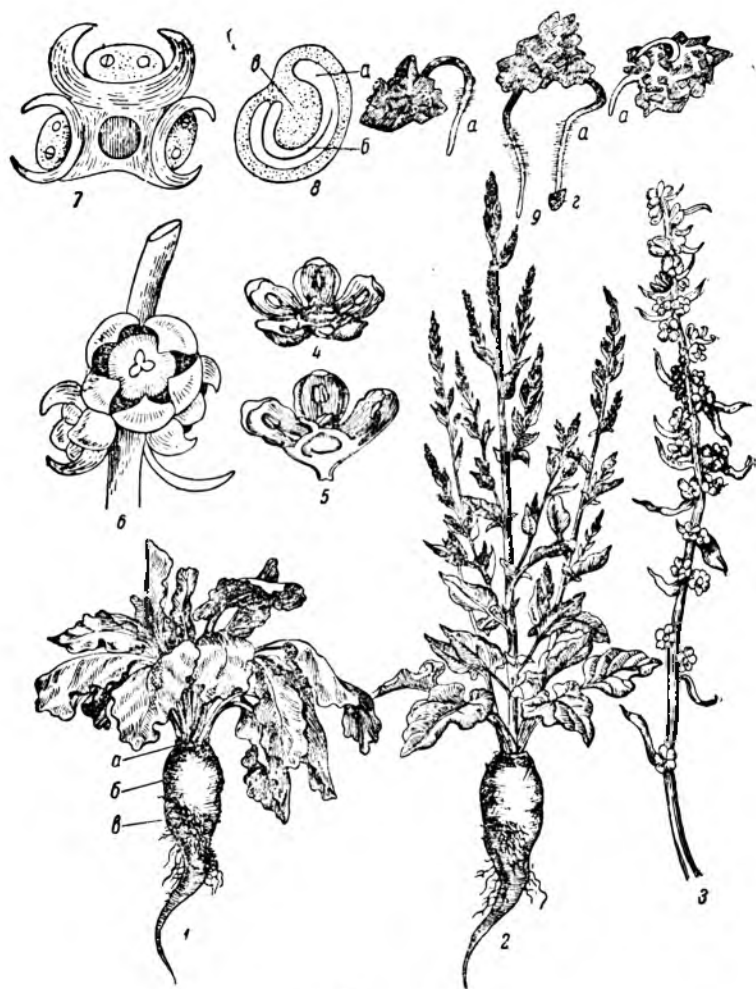


Рис. 177. Свёкла (Beta vulgaris):

1 — корнеплод первого года: а — головка, б — корневая шейка, в — корень; 2 — всхожий эвземляр семян второго года; 3 — недоразвитое соцветие; 4 — цветок; 5 — цветок в разрезе; 6 — образованные соплодия; 7 — соплодие в разрезе; 8 — семя в разрезе: а — корень, б — две семядоли, в — запасная питательная ткань; 9 — прорастание соплодий — клубочков: а — корень, б — частица кожуры, оставшаяся на кончике корня.

Свёкла обыкновенная (*Beta vulgaris* L.) — двухлетнее растение (рис. 177). Нормально в первый год вырастает лишь мясистый корнеплод, верхняя часть которого (головка) является укороченным стеблем, несущим на себе розетку листьев.

Цветоносные стебли вырастают из корней, так называемых семенных высадков, которые тщательно хранят в ямах или подвалах до весны следующего года, а весной высаживают на особых, хорошо удобренных и глубоко обработанных участках.

Развитие свёклы начинается с момента прорастания семян, которые заключены в один общий клубочек — соплодие, неправильно называемое в практике «семенем». В каждом клубочке находится от двух до шести семян, и при прорастании из одного клубочка вырастает до шести растений, но чаще — 3—4. Соответственно количеству сросшихся плодов клубочки имеют внутри полости, с одним семенем в каждой. Полости эти прикрыты с наружной стороны семенной крышечкой, которую с помощью ножа можно вскрыть и добраться таким путём до семени. Семена длиной от 2 до 3 мм, имеют почковидную форму; они состоят из чёрной или темнокоричневой оболочки, заключающей в себе белый крахмалистый эндосперм и погружённый в него семенной зародыш.

Каждое растение вначале состоит из корня, подсемядольного колена и из двух семядолей, которые последними выходят из материнского клубочка. На поверхности они зеленеют, и с этого момента начинается самостоятельное развитие растения.

Корень быстро углубляется в почву и при полном развитии достигает 2—3 м. Он питает растение солями и снабжает его водой. Прикорневая розетка листьев служит растению для фотосинтеза; поэтому хорошее развитие листовой поверхности есть одно из условий получения хорошего урожая. Листья имеют длинные черешки и пластинки яйцевидной формы, тупые, у основания слегка сердцевидные, по краю волнистые в большей или меньшей степени. Для получения семян из массы корней производят отбор наиболее типичных корней для данного сорта. Сохранённые свекловичные высадки высаживают весной так, чтобы головка корнеплода находилась на одном уровне с поверхностью земли и была присыпана тонким слоем её. Из головки, покрытой множеством глазков, начинают развиваться молодые побеги.

Цветущие экземпляры свёклы имеют прямостоячие, сильно ветвистые стебли, покрытые спирально расположенными продолговатыми или ланцетными черешковыми листьями. Все растения голов, достигает высоты от 60 до 120 см. Цветковые клубочки собраны в очень длинные облиственные колосья. Клубочки сидят в пазухах линейноланцетных прицветников, превышающих их по длине. Клубочки состоят из 2—5 цветков, сросшихся вместе. Каждый пестик в клубочке имеет зелёный пятилопастный околоцветник, который позднее остаётся при соплодии и деревенеет. Тычинок в цветке пять, они супротивны долям околоцветника; пестик — один, состоит из полунижней завязи, сросшейся с околоцветником, и из двух — трёх продолговатых рылец. Во время цветения соцветия свёклы издают сильный запах мёда. Опыляется свёкла перекрёстно.

Свёкла относится к числу важнейших культурных растений: сахарные сорта её возделываются для добывания сахара, кормовые идут в корм скоту, а овощные — в пищу человеку.

К овощным растениям относится ш п и н а т о г о р о д н ы й (*Spinacia oleracea* L.) — однолетнее двудомное травянистое растение. В пищу используются молодые листья.

Из сорных растений к маревым относится марь, лебеда и др.

М а р ь б е л а я, или лебеда (*Chenopodium album* L.), встречается во многих формах, сходных между собой (рис. 178). Растёт она всюду возле жилья по сорным местам, распространяясь отсюда



Рис. 178. Лебеда, или марь белая (*Chenopodium album*):

А — растение в листовом положении; Б — растение в почном положении; 1 — семя лебеды; 2 — цветок лебеды (увел.).

с помощью многочисленных семян по огородам и полям и превращаясь в злостный однолетний сорняк. Её отличительные признаки: прямые и ветвистые стебли с очередными листьями. При основании черешков листьев находятся пурпуровые пятна. Листья продолговатые и яйцевидно-ромбические, крупнозубчатые, к основанию клиновидные, покрытые мучнистым налётом, т. е. мелкими волосками, наполненными соком, отчего растение имеет беловатый оттенок. Соцветие метельчатое, цветки собраны в зелёные невзрачные клубочки, также с мучнистым налётом. В каждом клубочке имеется по несколько обоеполых цветков, состоящих из пестика, пяти тычинок и пяти зелёных листиков околоцветника. Последний остаётся при плоде. Семена блестящие, чёрные, с островатым краем, в большом количестве выходят из-под сортировки при очистке зерна. Семена в перемолотом виде могут скармливаться скоту. Видов мари много, и с ней сходна лебеда, которая также имеет много видов.

Лебеда раскидистая (*Atriplex patula* L.) — обыкновенная, однолетняя, сорная, всюду (по пустырям, огородам,

улицам и т. п.) встречающаяся трава. Верхние листья ланцетные, нижние — с зубцами при основании. Цветки однополые, однодомные. Женские цветки без околоцветника, но с двумя прицветниками, а тычиночные цветки имеют пятилистый околоцветник. Листья темнозелёные, одноцветные с обеих сторон.

К у р а й обыкновенный (поташник) (*Salsola kali* L.) (рис. 264) распространён на чернозёмных и солончаковых почвах. Злостный сорняк, обсеменяющий-ся после уборки хлебов. Растение с расходящимися ветвистыми стеблями. Листья полуцилиндрические, заострённые и колючие. Цветки сидят пучками по 2—3. Околоцветник пятираздельный. Осенью ветром растение отламывается у корневой шейки и катится по степи, осыпая семена (перекати-поле).

К степным солончаковым растениям относятся также однолетнее растение — солерос (*Salicornia herbacea* L.) (рис. 265) и анабазис безлистный, или итсегек (*Anabasis aphylla* L.). Последний представляет собой полукустарник 40—60 см высотой, с мясистыми стеблями и с мелкими, чешуйчатыми супротивными листьями, сросшимися во влагалищах. Длина корня до 6 м. Темнозелёные побеги ежегодно отрастают от корня и отмирают осенью. Алкалоид анабазин, содержащийся в молодых побегах, используется для борьбы с грызунами вредителями.

Среди маревых изредка встречаются и древесные породы. В Средней Азии распространён саксаул (*Haloxylon*) — невысокое деревце, с искривлённым, корявым стволом, растущее в пустынях.

К растениям, сходным с маревыми, иногда выделяемым в самостоятельное семейство — амарантовых (*Amaranthaceae*), относятся крайне вредный сорняк ама-рант колосистый (иначе щирица, или подсекольник) (*Amaranthus retroflexus* L.) (рис. 179). Это — однолетник, имеющий высоту стебля от 15 до 100 см, встречается в посевах яровых хлебов, а чаще засоряет пропашные культуры (свёклу, картофель, морковь) и овощные участки. Амарант имеет бороздчатые ветвистые стебли и черешковые, яйцевидные, к основанию клиновидные цельнокрайние листья. Цветки мелкие, желтовато-зелёные, скученные в клубочки и образующие метельчатые пазушные и верхушечные соцветия. Околоцветник с пятью плёчатыми листочками, тычинок пять,



Рис. 179. Амарант колосистый (*Amaranthus retroflexus*):

1 — общий вид растения; 2 — мужской цветок; 3 — женский цветок; 4 — плод.

пестик один с тремя рыльцами. Мужские и женские цветки сидят отдельно и однодомно. При каждом цветке по три прицветника, из которых один крупнее двух остальных. Плод — коробочка, раскрывающаяся поперёк крышечкой.

Плодовитость растения огромная: одно растение даёт до 500 тыс. семян. Другой вид амаранта, так называемая щ и р и ц а бел а я (*Amaranthus albus* L.), завезён в Советский Союз из Америки. Он распространён по всему югу в посевах и является крайне вредным.

10. Сем. Гвоздичные (Caryophyllaceae)

В состав этого обширного семейства (выше 1 400 видов) входят как однолетние, так и многолетние травянистые растения. Стебли — узловатые, с супротивным листорасположением. Листья простые, цельнокрайние, редко — с прилистниками. Соцветие — развилка (полузонттик). Околоцветник или простой или двойной. Чашечка с 4—5 свободными или спайнолистными чашелистиками, венчик свободнопестный, у лепестков развиты ноготки и отгибы, на границе которых часто имеются придатки в виде зубцов (привенчик). Тычинок 10 и редко 5 или меньше. Завязь верхняя, одногнёздная, с 2—5 столбиками. Цветки двуполые и изредка однополые. Преобладает перекрёстное опыление, которое совершается с помощью насекомых; пыльники вскрываются раньше, чем созреют пестики (протандрия). Плод — многосемянная коробочка с центральным семяносом. Редко плод — ягода (у волдырники) или орешек (у дивалы).

Среди гвоздичных много сорных, луговых и лекарственных растений.

Гвоздичные делятся на три группы.

К первой группе относятся растения, похожие на лебедовые, так как цветки их собраны в клубочки и обладают простым зелёным околоцветником. Их выделяют иногда в особое семейство — диваловых (*Scleranthaceae*), например дивала (рис. 180, I). Первая группа гвоздичных растений — однопокровные растения. Ко второй группе относятся растения со свободнolistной чашечкой и с лепестками, лишёнными ноготков (мокричник, звездчатка), а растения третьей группы (смолёвки и гвоздики) имеют сростнолистную чашечку и лепестки с ясно заметными ноготками.

К у к о л ь о б ы к н о в е н н ы й (*Agrostemma githago* L.) (рис. 180, II) — однолетник, растение высотой 40—60 см. В средней полосе СССР куколь — распространёнейший сорняк в яровых посевах, чаще всего в овсе. На юге он попадаетея и в озимых. На вред, приносимый этим сорняком, указывает факт существования специальных триеров-куколеотборников, с помощью которых овёс и другие хлебные злаки очищаются от семян коколя.

Ботанические признаки растения следующие. Куколь — типичное красивое гвоздичное растение. Стебли и листья сероватомохнатые, мягкие. Листья супротивные, линейно-ланцетные,

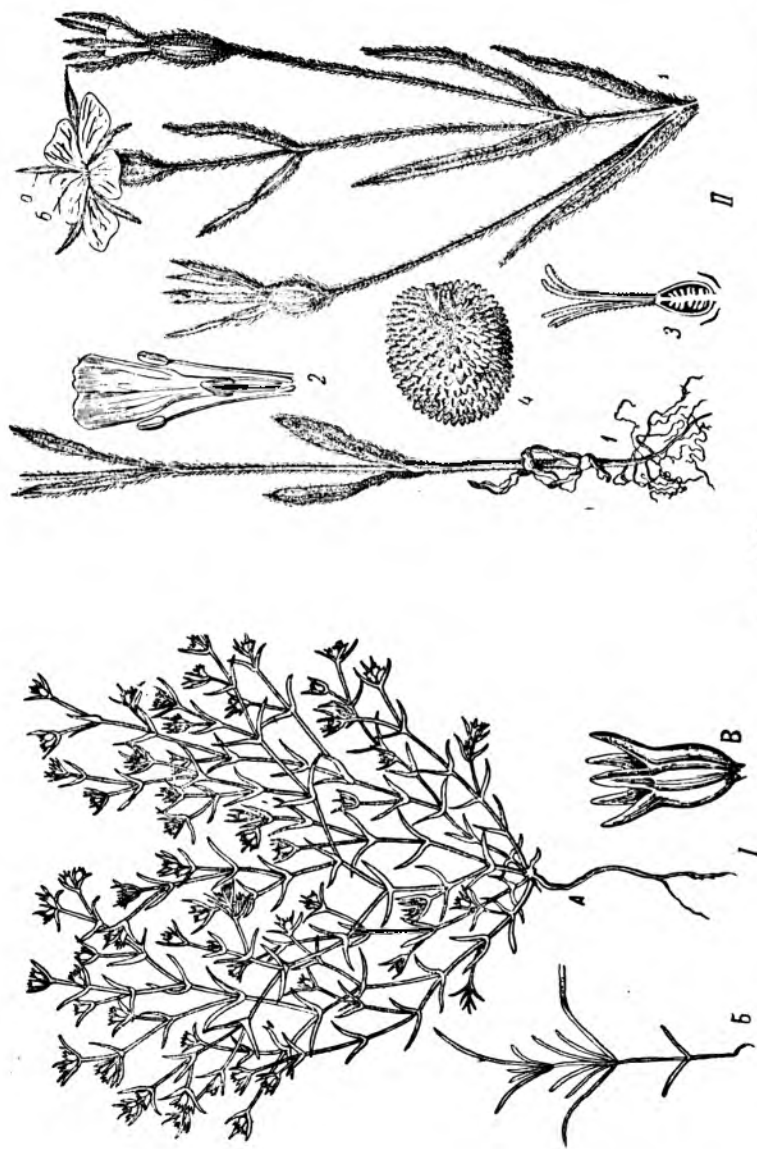


Рис. 180.

1 — двудольное однолетнее растение (*Scleranthus annuus*); А — общий вид растения; Б — семя; В — плод; II — куколь обыкновенный (*Agrostemma githago*); I — общий вид растения; а — чашелистик, б — лепесток; 2 — лепесток и три тычинки; 3 — пестик; 4 — семя муколы (увел.).

острые, охватывающие стебель. Цветки крупные, чашечка спайнолистная, с пятью зубчиками, превосходящими лепестки, венчик пятилепестный, красивый, темнорозовый. Лепестки имеют крылатый ноготок и широкий отгиб, они свободные. Тычинок 10, пестик 1, столбиков 5. Рыльца кругом волосистые. Плод — коробочка, раскрывающаяся при созревании в сухую



Рис. 181. Ясколка обыкновенная (*Cerastium triviale*):

1 — взрослое растение; 2 — цветок; 3 — лист; 4 — плод — коробочка; 5 — зубчик коробочки; 6 — семя; 7 — всход.

погоду пятью зубчиками. Семена — около 3,5 мм длиной, почкообразные, покрытые бугорками, матовые, чёрные или темнокоричневые. Семена куколя содержат в себе ядовитое начало — сапонин, действующее раздражающим образом на пищеварительные органы и парализующее нервную систему и сердце. От сапонина растворяются красные кровяные тельца. Яд семян действует на кур, лошадей, а также на человека. Овцы и грызуны к яду нечувствительны. В Сибири и на Урале семена куколя употребляют для выгонки спирта. При нагревании семян куколя под большим давлением яд, находящийся в них, разрушается, и семена могут тогда идти для скормливания, так как питательность их высока.

Борьба с куколем в посевах сводится к очистке посевного материала, так как при уборке семена не осыпаются, а целиком попадают на молотилку.

Ясколка обыкновенная (*Cerastium triviale* L.) (рис. 181) — однолетний сорняк, растение высотой 8—45 см, попадает в озимых и яровых посевах. Стебли приподнимающиеся, с укореняющимися ветвями. Листья супротивные, эллиптические, верхние — сидячие, нижние — короткочерешковые. Соцветие — развилина. Цветки с белыми надрезанными лепестками, равными по длине чашечке, пятерного типа. Коробочка с десятью зубцами, слегка согнутая.

Из других сорняков семейства гвоздичных распространены следующие: гвоздика-травянка (*Dianthus deltoides*), смолёвка-хлопушка (*Silene inflata* Sm.), шпегель, или торица (*Spergula arvensis*), тысячеголовник (*Vaccaria vulgaris*), мыльнянка (*Saponaria officinalis*).

Звездчатка-мокрица (*Stellaria media*), звездчатка злачная (*Stellaria graminea* L.) и др. Звездчатка злачная предно отзывается на лошадях, поэтому её называют пьяной травой, или конским пехом. Вообще звездчатки вызывают у лошадей потерю аппетита, отёк ног, шаткую походку и сильную слабость. Даже в сене они ядовиты.

Семейства маревых, амарантовых, гвоздичных и других входят в состав порядка центральносеменных, или согнутозародышевых, растений (*Centrospermae*). Растения этого порядка обладают центральными семязносцами и согнутыми семянками, из которых развиваются семена, имеющие почковидную форму, с согнутым зародышем, лежащим вокруг мучнистого перисперма.

11. Сем. Маковые (Papaveraceae)

Мак снотворный (рис. 182, I) (*Papaver somniferum* L.) — однолетнее растение, возделывается ради питательных и вкусных семян, содержащих много масла. Всё растение содержит в себе белый млечный сок, из которого добывается ценный медицинский препарат — морфий.



Рис. 182.

I — мак снотворный (*Papaver somniferum*): лепестки красные или фиолетовые с темными пятнами; плод — коробочка с сидящим звездчатым рыльцем; бутоны сидят на согнутых цветоножках; растение содержит млечный сок; II — чистотел большой (*Cheilidonium majus*): 1 — цветущее растение; 2 и 3 — плод; 4 — цветок; 5 и 6 — тычинки; 7 — пестик; 8 — семя.

Ботанические особенности мака следующие. Корень стержневой, ветвистый; прикорневые листья собраны в розетку; стеблевые листья — сидячие, стеблеобъемлющие, продолговатые, двоякозубчатые. Стебли и листья голые, сизовато-зелёные. Цветочные бутоны сидят на согнутой вниз длинной, волосатой цветоножке.



Рис. 183. Дымянка (*Fumaria officinalis*).

Они защищены двумя чашелистиками, опадающими в момент раскрытия бутона. Цветки сидят на выпрямившихся цветоножках. Они имеют четыре крупных и нежных лепестка, окрашенных в белый, фиолетовый или красный цвета. При основании лепестков имеется тёмное пятно. Тычинок много; нити их кверху расширены. Плод — одногнёздная шаровидная или яйцевидная коробочка, раскрывающаяся дырочками или вполне замкнутая (мак-слепыш). Семена многочисленные, белые, а позднее — серовато-тёмные. Рыльце сидячее с 10—15 городчатыми лучами.

В чернозёмной полосе в посевах встречается сорняк — мако-сейка (*Paraver rhoeas* L.), с которым приходится вести борьбу. Цветки его яркокрасные, резко бросаются в глаза.

Чистотел большой (*Chelidonium majus* L.) (рис. 182, II) растёт вдоль заборов, возле стен, а иногда и в чаще леса. Всё растение содержит жёлтый млечный сок и покрыто редкими волосками. Ядовит. Листья глубоко-перистораздельные, с округлёнными лопастями, лировидные. Цветки жёлтые, на длинных цветоножках. На нераскрывшихся бутонах заметна чашечка из двух чашелистиков, позднее опадающих. Венчик из четырёх свободных лепестков. Тычинок много. Плод — длинная одногнёздная коробочка. Чёрные семена снабжены гребневидными, мясистыми белыми придатками, служащими для распространения

семян муравьями. Вот почему чистотел иногда растёт на разрушающихся каменных стенах, всюду, куда муравьи затаскивают семена. Сок чистотела используют в народной медицине для выведения бородавок и против болезни печени. Скот, наевшийся чистотела, страдает тошнотой, рвотой, коликами, кровавым поносом и иногда гибнет от изнурения.

Близко к маковым стоят дымянковые растения (*Fumariaceae*), из которых дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis* L.) распространена в посевах как сорное однолетнее растение (рис. 183). При незначительном росте (до 30 см) она имеет сильно ветвистый стебель и многократно-перисторассечённые, очередные листья. Растение серо-зелёного цвета, с мелкими пурпурово-синими неправильными цветками, сидящими в кистях. Чашечка, так же как и у маковых, опадающая, с двух чашелистиках. Из четырёх лепестков один с медовым шпорцем. Тычинок две и каждая разделена сверху на три части. В каждом пучке средний пыльник — двугнёздный, а боковые — одногнёздные. Завязь верхняя, одногнёздная, плоды — односеменные орешки, серовато-коричневого цвета. К дымянковым относятся также распространённые в лесах рано цветущие хохлатки (*Corydalis*) с фиолетовыми и жёлтыми цветками.

12. Сем. Крестоцветные (*Cruciferae*)

К семейству крестоцветных относятся травянистые растения с очередными листьями, без прилистников. Цветки в кистях правильные, свободнolistные и свободнoleпестные. Четыре чашелистика чередуются с четырьмя лепестками, расположенными накрест. Тычинок шесть, из которых четыре — длиннее, а две наружные — короче. Пестик — один, с двугнёздной завязью, разделённой ложной перегородкой. При основании пестика имеются нектарники. Плод — стручок или стручочек, многосемянный, растрескивающийся на две створки или распадающийся на отдельные членики. Редко плод — односемянный орешек. Семена у крестоцветных без эндосперма, с согнутым зародышем, богаты маслом. При определении растений, помимо других органов, важно иметь плод. Крестоцветные насчитывают много сорных растений и культурных — масличных. Известно свыше 2 000 видов крестоцветных.

Стручковые крестоцветные

Капуста огородная (*Brassica oleracea* L.) (рис. 184) — двухлетнее растение, развивающее в первый год мясистый стебель и сочные листья. На второй год для получения семян кочаны капусты высаживают на глубоко обработанных удобренных участках. Стебли её достигают 60—120 см. Верхние листья капусты

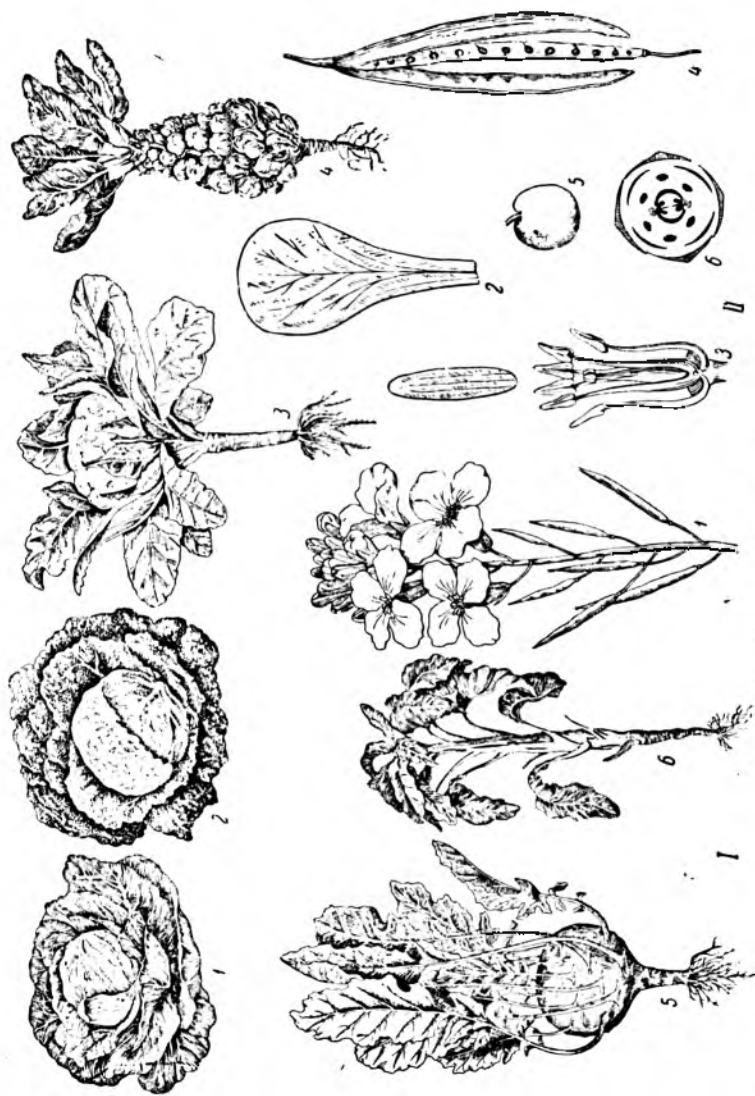


Рис. 184. Капуста (*Brassica oleracea*):

I — разновидности капусты: *1* — белокочанная; *2* — савойская; *3* — цветная; *4* — брюссельская; *5* — коларди; *6* — листовая (кормовая); *II* — цветок и плод: *1* — соцветие — кисть; *2* — чашелистик и лепесток — их по четыре у капусты; *3* — пестик (посредине), окруженный четырьмя длинными тычинками и двумя короткими; при их основании видны нектарники; *4* — плод — стручок раскрытый; *5* — семя; *6* — диаграмма цветка.

сидячие, продолговатые, зубчатые; нижние — черешковые, лировидной формы. Листья защищены восковым налётом; они голые, блестящие. Светложёлтые цветки сидят в удлинённых редких кистях. Чашелистики, так же как и тычинки, прямостоячие. Стручки удлинённые, прямостоячие, узловатые, семена шаровидные, буроватые, гладкие. На створках плода имеется по одной срединной жилке. Капуста является важным огородным овощем. При уборке капусты остаётся много листьев, которые следует тщательно охранять от загрязнения и использовать в качестве силосованного корма. В некоторых случаях капусту оказывается выгодным возделывать специально как силосное растение в полевой культуре. Пригодными в этом случае оказываются кормовые сорта капусты, отличающиеся отсутствием кочана, высоким стеблем и обилием листьев.

Огородная капуста под влиянием культуры имеет много разнообразных сортов, резко различающихся между собой. Кроме многих сортов белой и красной кочанной капусты, различают разновидности: с а в о й с к у ю к а п у с т у с курчавыми листьями, сложенными в рыхлый кочан; б р ю с с е л ь с к у ю к а п у с т у с большим числом мелких кочанчиков, сидящих вокруг стебля; к о л ь р а б и с сильно утолщённым мясистым клубнеобразным стеблем; ц в е т н у ю к а п у с т у с массой белых недоразвитых мясистых цветков, сидящих на мясистых сочных цветоножках, окружённых зелёными листьями.

Из других крестоцветных растений возделываются следующие.

Р е п а (*Brassica rapa* var. *rapifera* Metz.) возделывается как овощное растение и как кормовое (турнепс, или кормовая репа). Растение двухлетнее. В первый год развиваются розетка листьев и крупный шаровидный или продолговатый корнеплод, покрытый гладкой кожурой. На второй год развития (высадки) турнепс даёт стебли до 1 м высотой, прямостоячие, кверху востилые. Нижние листья черешковые, лировидные, жёстковолосистые, зелёные или сизо-зелёные, а верхние листья сидячие и стеблеобъемлющие, с сердцевидным основанием, яйцевидной формы, слегка зубчатые. Кисть во время цветения плоская, щитовидная. Раскрывшиеся цветки превышают нераскрывшиеся цветочные почки. Цветки типичные крестоцветные, медоносные, с золотисто-жёлтыми или лимонно-жёлтыми венчиками. Подмечена некоторая связь между окраской венчика и цветом корня репы: лимонно-жёлтые цветки свойственны сортам с белой мякотью, а золотисто-жёлтые — сортам с жёлтой мякотью. Чашелистики под конец цветения отгибаются горизонтально. Плоды — стручки с одной срединной жилкой и с округлым носиком, почти прямостоячие, неотклонённые, узловатые, с 15—25 бурыми семенами.

Это же описание морфологических особенностей стебля и цветков относится и к дикорастущему однолетнику — сорному растению, ближайшему родственнику турнепса и культурной репы,

к р е п е полевой (*Brassica campestris* L.). Этот сорняк с жёлтыми цветками встречается в посевах и на огородах и является в большинстве случаев однолетним растением с тонким корнем.

Б р ю к в а (*Brassica napus* var. *esculenta* D. C.) — кормовое и овощное двухлетнее растение. Корнеплод имеет морщинистую поверхность.

Брюква отличается следующими особенностями. Нижние листья черешковые, лановидные, слегка волосистые, серо-зелёные, а верхние — цельнокрайние, продолговатые, к основанию сперва суженные, а затем вновь расширенные, сердцевидные и стеблеобъемлющие. Соцветия — кисти, удлиненные и негустые уже во время цветения. Раскрывшиеся цветки расположены ниже нераскрывшихся цветочных почек. Чашелистики лишь слегка отклонённые, вертикально-стоячие. Лепестки золотисто-жёлтого или лимонно-жёлтого цвета, но на 1—2 мм крупнее, чем у турнепса, до 1,8 см длиной. Плоды — стручки сильно отклонённые, угловатые, с темнобурыми семенами.

Таким же морфологическим строением надземных органов, как и брюква, обладает р а п с (*Brassica napus oleifera* D. C.). Но рапс — однолетнее, более мелкое растение, с тонким корнем, возделываемое для получения масличных семян, содержащих от 35 до 55% жирного масла. В практике различают рапс яровой и озимый. Это растение встречается и в диком виде, как сорняк, и является ближайшим родственником брюквы.

Из овощных растений возделывается р е д ь к а о г о р о д н а я (*Raphanus sativus*), встречающаяся в двух разновидностях: р е д ь к а (*R. s. v. niger*) и р е д ь с к а (*R. s. v. radicularis*).

Ради семян, богатых маслом, культивируется горчица белая (*Sinapis alba*), горчица чёрная (*S. nigra*) и горчица сарептская (*S. juncea*). Кроме масла, получается жмых, из которого готовят столовую горчицу. Горчица белая употребляется также в зелёном виде в корм и на удобрение.

Среди крестоцветных много сорных растений.

Г о р ч и ц а д и к а я (*Sinapis arvensis* L.) (рис. 185) — сорняк, распространённый в яровых посевах в чернозёмной полосе, хотя встречается и в более северных районах. Посевы от горчицы иногда кажутся сплошь жёлтыми. Растение это — однолетник, высотой до 30—60 см, со стеблями и листьями, покрытыми жёсткими волосками. Нижние листья большей частью лановидные, при основании с ушками, верхние и средние — яйцевидные, пальчатые. Жёлтые крестовидные цветки — в верхушечных и пазушных кистях, чашелистики отогнуты под прямым углом. Стручки с опадающим коническим, по краям острым, носиком, более коротким, чем плод. Створки плода с тремя прямыми жилками, раскрывающиеся; семена чёрные, гладкие, частью попадают в зерно, частью осыпаются. Семена сохраняют всхожесть до 7 лет,



Рис. 185. Горчица дикая (*Sinapis arvensis*):
 1 — цветущее растение; 2 — цветок; 3 — лепесток; 4 — пестик; 5 — вскрытый стручок.

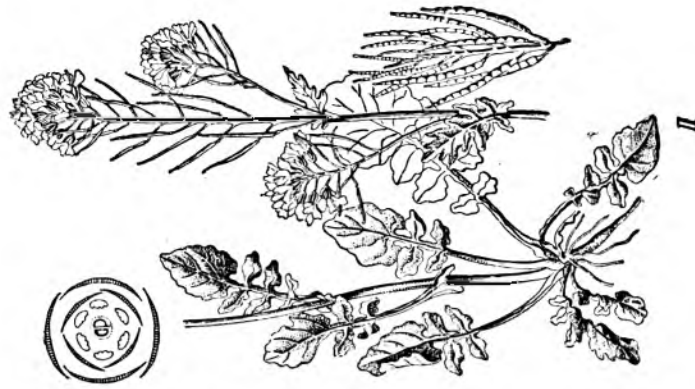


Рис. 186.
 1 — репка дикая (*Barbarea garbanistrum*); 2 — плод — пробный стручок; 3 — лист; 4 — цветок; 5 — тычинки, пестик, нектарники; 6 — репка обыкновенная (*Barbarea vulgaris*).

а в почве, не теряя всхожести, могут пролежать до 10 лет. Семена легко отделяются от зерна на машинах. Озимая рожь способствует исчезновению горчичи. Меры борьбы — правильный севооборот.

Р е д ь к а д и к а я (*Raphanus raphanistrum* L.) (рис. 186, I) — однолетний сорняк. 30—40 см высотой, очень сильно распространён в яровых посевах. Ботанические признаки следующие. Стебель прямостоячий, ветвистый, покрыт редкими и жёсткими волосками. Листья лировидные, неравнозубчатые. Цветки типичные крестовидные, лепестки светложёлтые, с тёмножёлтыми или фиолетовыми жилками, чашечка прижатая к лепесткам. Плоды чёткообразно вздутые, при созревании распадающиеся на отдельные членики, на верхушке — с носиком. Растение медоносное. Членики плодов засоряют зерно овса во время молотбы, а частично они попадают в почву.

К стручковым сорным крестоцветным относятся также различные виды сурепки (*Barbarea*) (рис. 186, II), гулявника (*Sisymbrium*), сердечника (*Cardamine*), резухи (*Arabis*), желтушника (*Eruca*), и др. Из них особенно распространён в посевах двухлетний и многолетний сорняк — сурепица обыкновенная (*Barbarea vulgaris* R. Br.); растение с приятным запахом, медоносное. К декоративным крестоцветным, обладающим ароматом, относятся левкэй (*Matthiola*), лакфиоль (*Cheiranthus*), вечерница (*Hesperis*), встречающиеся также в диком виде.

Стручочковые крестоцветные

Р ы ж и к п о с е в н о й (*Camelina sativa* Cr.) (рис. 187, I) — однолетник или двухлетник, 30—100 см высотой, встречается как сорное в яровых и озимых посевах. Озимые формы дают розетки листьев с осени, а весной начинают давать стебли. Яровые формы начинают своё развитие с весны. Стебли прямые, листья на стебле стреловидные, сидячие. Соцветие — кисть. Цветки золотисто-жёлтые. Стручочки грушевидной формы, с широкой перегородкой, створки выпуклые, наверху заканчиваются отростками. Семена мелкие, рыжие. В яровых посевах попадаетесь разновидность *Camelina sativa* v. *glabrata*. Рыжик распространён на юге и местами культивируется как масличное растение. Встречается как сорняк в посевах льна (*Camelina sativa* v. *linicola*).

П а с т у ш ь я с у м к а (*Capsella bursa pastoris* Moench.) (рис. 187, II) — однолетнее или двухлетнее мелкое растение, растёт всюду по сорным местам, на дорогах и полях. Когда она развивается как двухлетник, то имеет розетку перистораздельных черешковых листьев с треугольными зубчатыми долями, а на стебле — мелкие сидячие выемчато-зубчатые листья. Соцветие — кисть, цветки мелкие, белые, растение голое или с волосками. Плоды — стручочки обратно-сердцевидные, треугольной формы,

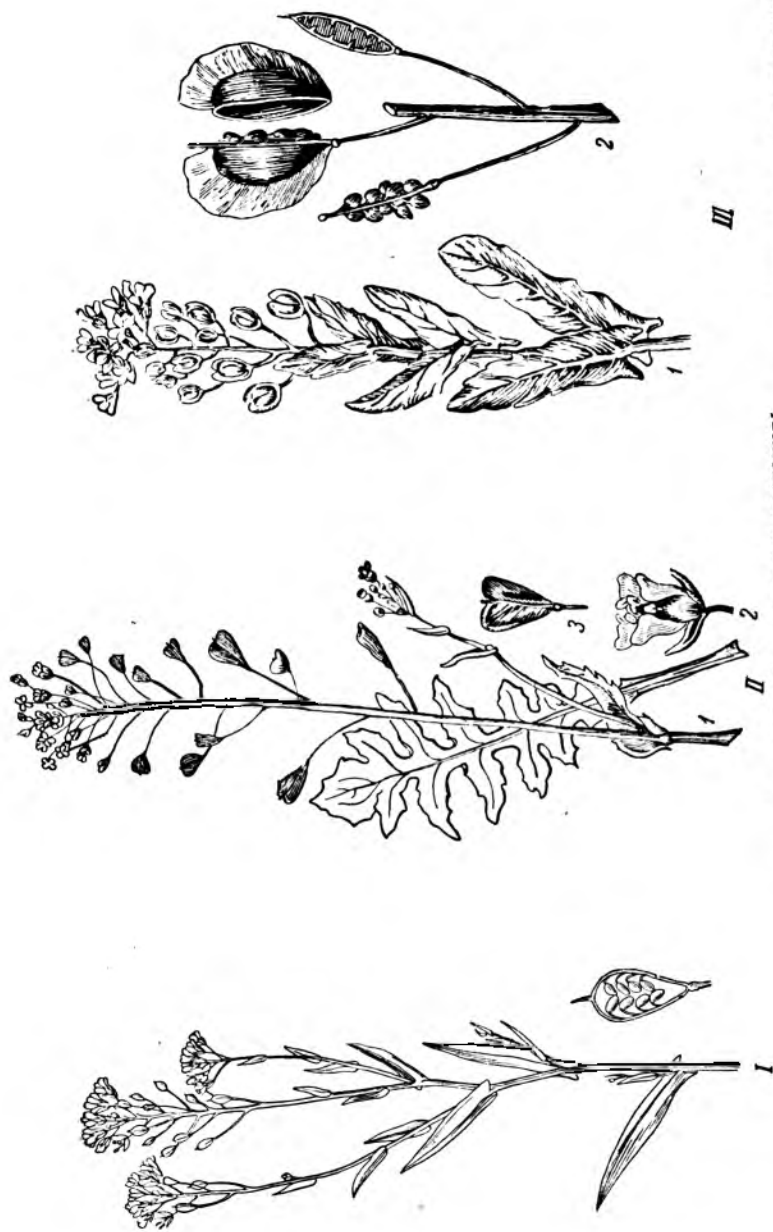


Рис. 187. Крестоцветные растения: I — общий вид растения; II — настурья сумка (*Capsella bursa pastoris*); I — общий вид растения; 2 — плод — стручочек. I — рыжик посевной (*Camelina sativa*); II — настурья сумка (*Capsella bursa pastoris*); I — общий вид растения; 2 — плод — стручочек. I — ярутка полевая (*Thlaspi arvense*); I — общий вид растения; 2 — цветок; 3 — плод — стручочек.

сплюснутые со стороны шва, перпендикулярно к перегородке, а потому перегородка уже стручочка.

Я р у т к а п о л е в а я (*Thlaspi arvense* L.) (рис. 187, III) растёт там же, где и пастушья сумка. Стеблевые листья продолговатые, сидячие, зубчатые, при основании стреловидные; розеточные листья черешковые, обратнойцевидные. Стебель борозчатый; растение голое, желтовато-зелёное. Кисть на верхушке несёт мелкие, белые крестовидные цветки, ниже переходящие в стручочки овально-круглые, с крыловидными придатками. Перегородка в стручочке уже плода, так как плод сплюснут перпендикулярно к перегородке. В гнёздах по 6—7 семян. Молоко коров, наевшихся полевой ярутки, приобретает противный чесночный запах.

И к о т н и к с е р о - з е л ё н ы й (*Berteroa incana* L.) растёт всюду вдоль дорог по сорным местам, откуда распространяется в посевы. Растение средней величины, покрыто звездчатыми волосками, серо-зелёное. Листья ланцетные, острые. Цветки белые, лепестки разделены на две лопасти. Нити коротких тычинок с зубцами. К стручочковым крестоцветным относятся также хрен (*Cochlearia arvensis* L.), перчичники (*Lepidium*) и крупки (*Draba*). Плоды эллиптические, с выпуклыми створками. Перегородка у плода равна ширине стручочка, так как плод сплюснут параллельно перегородке (как у рыжика).

Орешкоплодные крестоцветные

С вер б и г а в о с т о ч н а я (*Bunias orientalis* L.) встречается всюду по сорным местам, вдоль дорог, на паровых полях. Может идти в силос. Крупное двухлетнее крестоцветное растение с ветвистым стеблем, струговидно-раздельными листьями, треугольной верхней долей и копьевидным основанием. Верхние листья сужены, ланцетные. Растение шероховатое, с жёлтыми медоносными цветками и шаровидными неравнобокими плодами двугнёздными и двусеменными.

В а й д а к р а с и л ь н а я (*Isatis tinctoria* L.) встречается в диком виде в южной части СССР, а также возделывается для добывания синей краски.

Семейства мановых и крестоцветных вместе с подсемейством дымянковых (*Fumariaceae*) и канерновых (*Capparidaceae*) объединяются в порядок **м а к о ц в е т ы х** (*Rhoeadales*).

13. Сем. Фиалковые (*Violaceae*)

Семейство фиалковых имеет много видов фиалок, дающих помеси и потому трудно распознаваемых. Растения травянистые, с простыми очередными или собранными в розетку эллиптически-ланцетными листьями с прилистниками. Цветки сидят на цветоножках поодиночке, с прицветниками. Околоцветник двойной. Чашечка имеет пять чашелистиков; венчик неправильный, из пяти лепестков, со шпорцем. Тычинки, в числе пяти, прижаты к пестику. У дву

тычинок имеется по придатку, выделяющему нектар, стекающий в шпорец. Пестик — один, с искривлённым столбиком. Плод — трёхстворчатая коробочка. Опыление производят пчёлы и шмели. У фиалковых имеют ещё распространение так называемые клейстогамные невзрачные цветки, опыляющиеся автотомно (самоопылением) ¹.

Фиалка трёхцветная (*Viola tricolor* L.) (рис. 188) встречается в лесу, на лугах, а также на полях как сорняк. Однолетнее растение с облиственным стеблем. Верхние листья продолговато-эллиптические, пильчатые, нижние — сердцевидные. Особенно развиты прилистники, имеющие ланцетно-яйцевидную форму. Цветки неправильные, с чашечкой и венчиком. У одной разновидности (*Viola tricolor* v. *vulgaris* Koch.) венчик превышает чашечку, имеет жёлтый, белый и фиолетовый цвета, а у другой (*Viola tricolor* v. *arvensis* Koch.) венчик не превышает чашечки или немного больше её и фиолетовый цвет почти отсутствует. Плоды — трёхгнездные многосеменные коробочки, растрескивающиеся. Из фиалки трёхцветной выведены садовые сорта анютиных глазок.

Фиалка опушённая (*Viola hirta* L.) имеет сине-фиолетовые непашучие цветки.

Фиалка пахучая (*Viola odorata* L.) растёт в садах и лесах в диком виде. Её лиловые цветки обладают исключительным ароматом. Растение многолетнее, имеет корневище и даёт укореняющиеся побеги. Имеет значение в садоводстве.

Фиалковые вместе с семействами рвядовых (*Rosaceae*), розянокных (*Droseraceae*) (рис. 299, II), знеробойных (*Hypericaceae*), чайных (*Theaceae*) (рис. 276) и др. образуют порядок *Parietales* (со ственным семяносецем).



Рис. 188. Фиалка трёхцветная (*Viola tricolor*):

— цветущее растение; 2 — пестик.
3 — трёхстворчатая коробочка.

14. Сем. Лёновые (*Linaceae*)

Лён посевной (*Linum usitatissimum* L.) (рис. 189) возделывается для получения волокна и масла. Лён — однолетнее растение; стебли у него длинные, тонкие, с очередным листорасположением. Листья мелкие, сидячие, ланцетной или узколанцетной формы. Цветки в метёлках; они пятерного типа, со свободнолистной реснитчатой чашечкой и свободноплепестным голубым венчиком. Тычинок пять; они чередуются с недоразвитыми тычинками, имеющими вид зубцов. При своём основании тычинки срослись и имеют медовые ямки. Плод — шаровидная пятигнездная коробочка. В каждом гнезде имеется ещё перегородка, не доходящая до центра коробочки. Семена богаты маслом.

¹ О клейстогамных цветках сказано на стр. 169.

Различают лён-кудряш с ветвистым наверху стеблем и большим количеством коробочек и лён-долгунец с тонкими длинными стеблями. Первый возделывается на масло в чернозёмной полосе, второй — на волокно и на масло в нечернозёмной полосе.

Из дикорастущих льнов известны лён многолетний (*Linum catharticum* L.), лён слабительный (*Linum catharticum*) и лён жёлтый (*L. flavum*).

15. Сем. Гераниевые (Geraniaceae)

Гераниевые — травы с цветками, расположенными по два на цветоносах или по несколько в простых зонтиках. Листья с прилистниками, супротивные или очередные, пальчато- или перистораздельные. Цветки пятилепестные. Чашечка остаётся при плоде, венчик свободнопестичный. Тычинок десять; нити их при основании расширены и слегка спаяны. Пять тычинок часто бывают без пыльников. Пестик один, состоит из пяти плодоложников. После опыления столбики вытягиваются в виде клюва. Плод сухой, растрескивающийся при созревании на пять частей (семян). При растрескивании важную роль играет столбик, распадающийся на 5 гигроскопических пружинок.

Герань лесная (*Geranium silvaticum* L.) — многолетнее растение, зацветает в лесу позднее многих весенних растений. Стебли прямые, сверху ветвистые, с удалёнными друг от друга листьями. Листья

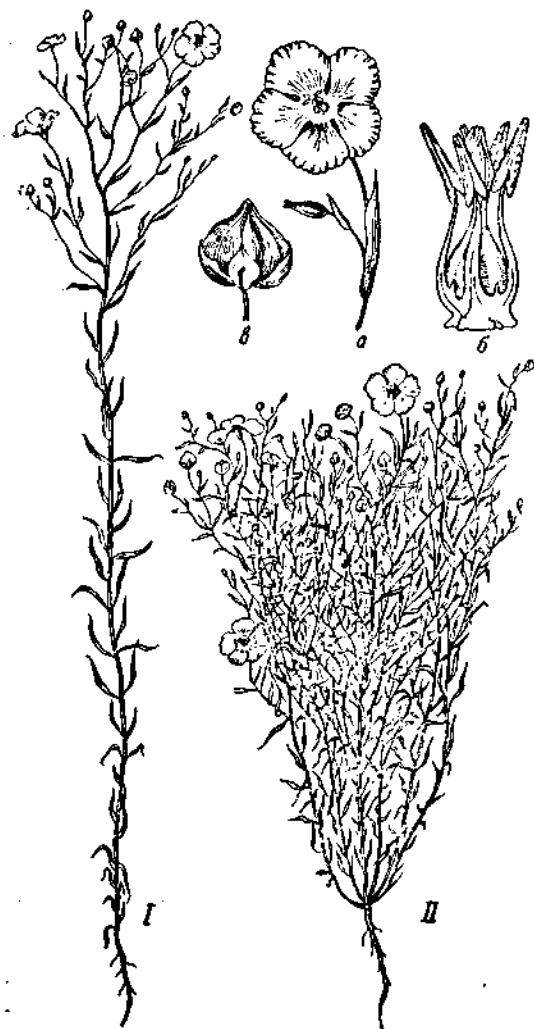


Рис. 189.

I — лён-долгунец; II — лён-кудряш. Листья сидячие. У долгуна стебель слабо ветвистый, у кудряша стебель сильно ветвистый; а — цветок льна; б — тычинка и пестик; в — плод коробочка.

пальчато-надрезные, с семью зубчатыми долями. Растение покрыто волосками, обращёнными вниз. Цветки крупные, пятилепестные, с розоватыми лепестками, пронизанными лиловыми жилками. Герани называют иногда журавельниками за сходство их соплодий с головой журавля. У гераней семена выбрасываются из плодов в пять сторон.

Гераниевые в большинстве своём — мало полезные растения. Они используются лишь в цветоводстве и для добывания эфирных масел, например пеларгония розовая (*Pelargonium roseum*). В кормовом отношении они мало пригодны, так как в большей своей части обладают неприятным запахом, благодаря чему скот их не трогает. Корневища гераней богаты дубильными веществами.

Из других видов на лугах позднее зацветает герань луговая (*Geranium pratense* L.) (рис. 100) с синие-фиолетовыми цветками и оттопыренными железистыми волосками.

Аистник цикутный, или грабелки, буськи (*Erodium cicutarium*) (рис. 190) — небольшой однолетник (высотой 8—45 см), постоянно встречающийся в яровых посевах, огородах и на сорных местах. Стебли прямостоячие или распростёртые по земле, покрытые жёсткими железистыми полосками. Листья перисторассечённые с перистораздельными зубчатыми долями, образуют красивую прикорневую розетку; стеблевые листья раздвинутые. Цветки пятерного типа, в простых зонтиках. Чашелистики с остью. Лепестки розовые, с тремя тёмными жилками. Тычинок 10, из которых 5 — без пыльников и 5 — с фиолетовыми пыльниками, с расширенной внизу тычиночной нитью и медоносной желёзкой у основания. Столбики (их 5) вырастают в виде клюва вокруг срединного столба, от которого они при созревании отделяются вместе с пятью плодами. Каждый плод — семянка, до 6 мм длиной; он веретенообразной формы, покрыт волосками и имеет заострённый загнутый нижний конец и ость (бывший столбик) на верхнем конце. Ость весьма гигроскопична и при подсыхании закручивается в виде штопора. Когда семянка падает на землю, ость под влиянием изменяющейся влажности то раскручивается, то (при подсыхании) вновь закручивается; при этом конец ости упирается в неровности почвы, а плодик совершает вращательные движения и углубляется в почву.



Рис. 190. Аистник цикутный (*Erodium cicutarium*):

1 — цветущая ветвь с плодами; 2 — розетка листьев; 3 — цветок; 4 — плод; 5 — зарывание плода в землю.

16. Сем. Рутовые (Rutaceae)

К этому семейству относятся ценные вечнозелёные деревья, образующие род цитрусовых (*Citrus*), культура которых широко распространена в СССР, главным образом в Закавказье. Листья

у них очередные, то сложные, то простые. Черешки часто крылатые с сочленением, пластинки овальные, заострённые. Листья обычно голые, с многочисленными, просвечивающими желёзками, наполненными эфирными маслами. Цветки располагаются в пазухах листьев, чаще одиночно (рис. 279). Они душисты, имеют 3—5 сросшихся чашелистиков и белые или розоватые лепестки (4—8). Тычинок много, пестик один с многогнездной завязью и с заметным столбиком. Плод — померанец, т. е. особого строения ягода с окрашенным в оранжевый или жёлтый цвет внеплодником, имеющим многочисленные эфирноносные вместилища; под внеплодником располагается рыхлый, белый межплодник, а за ним внутриплодник, разделённый плёнчатыми перегородками на несколько гнезд, заполненных сочной тканью, состоящей из разросшихся волосков (мешочков), отходящих от внутренней стороны стенки плода. Сочная мякоть окружает семена, число которых различно (3—4). Часто встречаются партенокарпические плоды, лишённые семян. Плоды цитрусовых питательны, богаты сахаром, витаминами и лимонной кислотой.

К цитрусовым относятся: апельсин (*Citrus sinensis*), мандарин (*C. nobilis*), лимон (*C. limonia*), грейпфрут (*C. paradisi*), померанец (*C. aurantium*) и др. (см. стр. 458).

Из других растений семейства рутовых укажем на я с е н е д (*Dictamnus caucasicus* Fisch et Mey), встречающийся в лесах Кавказа, в Средней Азии и кое-где в степях европейской части СССР. Это — травянистое растение с красивыми перистыми листьями, с розовыми или белыми неправильными цветками, обильно покрытое железистыми волосками; в тихую жаркую погоду оно выделяет эфирные масла, которые вспыхивают при поднесении зажжённой спички. К рутовым относится также рута (*Ruta graveolens*) — травянистое, ядовитое и лекарственное растение. Гераниевые вместе с рутовыми, леновыми, кислицевыми (*Oxalidaceae*) (рис. 317), бальзаминовыми и др. относятся к порядку гераниецветных (*Geraniales*).

17. Сем. Мальвовые (*Malvaceae*)

К ним относятся деревья и кустарники, распространённые в тропических странах, и травянистые растения средних широт. Цветки мальвовых расположены в пазухах листьев по одному или по несколько, они правильные, обоеполые. Тычинок много, они срастаются своими нитями в общую трубку, которая окружает пестик, состоящий из трёх или многих плодолистиков. Завязь верхняя. Чашечка, состоящая из пяти сросшихся чашелистиков, имеет ещё подчашие из прицветников. Венчик из пяти лепестков, часто сросшихся при основании. Лепестки до распускания скрученные. Плод состоит из почковидных семян, собранных в приплюснутый кружок, или плод — коробочка. Листья простые, лопастные или раздельные, на длинных черешках, с прилистниками.

К мальвовым относится хлопчатник (*Gossypium*), возделываемый на юге ради мягких длинных волосков, которыми

снабжены семена, созревающие в 3—5-створчатых коробочках (рис. 191). На каждом семени вырастает до 7000 длинных волосков (волоконцев), под которыми часто имеются ещё мелкие волоски (подпушек). Длина волоконцев от 1 до 6,5 см у лучших сортов. Волоски белые, иногда окрашенные. Семена богаты маслом (16—20%). Хлопчатник возделывается как однолетнее растение, но в теплицах и в диком виде он произрастает как многолетний кустарник. Главный корень уходит глубоко в почву, а стебли обильно



Рис. 191. Хлопчатник (*Gossypium herbaceum*):

1 — цветущее растение; 2 — цветок в разрезе; 3 — плод — коробочка; 4 — раскрывшаяся коробочка; 5 — семя с волосками, образующими летучку; 6 — волоски под микроскопом.

ветвятся моноподиальным и симподиальным способами. Выходящие из пазух листьев симподиальные побеги, имеющие коленчатую форму, зацветают и дают плоды. Трёх-семилопастные листья хлопчатника имеют прилистники и пальчатое жилкование. Цветки крупные, при их основании имеется подчашье из трёх прицветников с крупными зубцами. Чашечка пятизубчатая, сростнолистная. Венчик из пяти лепестков, лишь при основании сросшихся с тычиночной трубкой. Распускающиеся утром венчики обычно имеют жёлтую или кремовую окраску, которая к вечеру изменяется в фиолетовую. После опыления венчик закрывается и затем падает вместе с многочисленными тычинками и столбиком. Хлопчатник обладает не только самоопылением, но также и перекрёстным опылением. Наиболее распространённые виды хлопчатника следующие: хлопчатник обыкновенный «гуза» (*Gossypium*

herbaceum), хлопчатник опушённый, или упланд (*G. hirsutum*), и хлопчатник египетский (*G. barbadense*).

Хорошее лубяное волокно дают прядильные растения кеняф (*Hibiscus cannabinus* L.) и канатник (*Abutilon avicennae*).

В северных районах и средней полосе мальвовые культивируют как декоративные растения — шток-роза (*Althaea*



Рис. 192. Хатьма тюрингская, или собачья роза (*Lavatera thuringiaca*).

rosea). Сорными являются мальва круглолистная (*Malva rotundifolia*) и хатьма тюрингская (*Lavatera thuringiaca*) (рис. 192).

18. Сем. Липовые (Tiliaceae)

Липа сердцелистная (*Tilia cordata* Mill.) (рис. 193) — дерево до 25 м высотой с раскидистой кроной, живёт до 300—400 лет и больше. Побеги симподиально-ветвящиеся. Листья расположены в два ряда. Они черешковые, с прилистниками, сердцевидные, заострённые, неравнобокие, пильчатые. На нижней стороне в углах жилок видны рыжеватые волоски. Липа зацветает после 20 лет жизни и цветёт обычно во второй половине лета. Соцветие — дихазий (полузонтик), с 5—7 бледножёлтыми цветками и таким же прицветным крыловидным придатком, служащим для разноса плодов. Цветки пятерного типа, со свободнолистной

чашечкой и свободноплепестным венчиком. Тычинок много, они срослись внизу в пять пучков, сидящих против лепестков. Пестик с верхней пятигнёздной завязью и одним столбиком. Вследствие недоразвития четырёх гнёзд из каждого цветка развивается односеменной плод — орешек. Цветки липы обладают приятным запахом и нектаром, выделяемым чашелистиками. Опыление — пчёлами, перекрёстное, так как пыльники созревают раньше рылец (протандрия).

Липа распространена в лесах. Это древесное растение играет крупную роль: мягкая древесина её идёт на фанеру, токарные и другие изделия, луб — на рогожи и лапти; липа — одно из главных медоносных растений, она также — лекарственное растение. Липа крупнолистная (*Tilia grandifolia*) цветёт раньше и разводится в парках и на улицах городов. Встречаются и другие виды липы. К семейству липовых относится также текстильное растение джут (*Corchorus*).

Семейства липовых и мальвовых относятся к порядку мальвоцветных (*Malvales*).



Рис. 193. Липа сердцелистная (*Tilia cordata*):

1 — лист и соцветие — полузонтик; 2 — цветок в разрезе; 3 — тычинки; 4 — плод; 5 — плод в разрезе.

19. Сем. Молочайные (*Euphorbiaceae*)

Молочай лозный (*Euphorbia virgata* W. K.) (рис. 194, Г) растёт по канавам, на сорных местах, лугах и полях как сорняк. Растение с толстыми ветвистыми корнями и несколькими стеблями, заканчивающимися многолучевыми зонтиками цветков с обвёрткой. Листья линейные или продолговатые, зелёные, цельнокрайние, очередные. Всё растение с обильным белым млечным соком. Цветки своеобразные по строению: они однополые и однодомные, без околоцветника. Несколько цветков можно ошибочно принять за один с околоцветником. На самом деле женский цветок состоит лишь из одного пестика с трёхгнёздной завязью и трёхраздельным рыльцем. Пестик сидит на длинной ножке. Возле каждого пестика имеется приблизительно десяток мужских цветков, из которых каждый состоит всего лишь из одной тычинки. Женские и мужские цветки окружены обвёрткой из 4—5 лопастей, называемых желёзками. Они полулунной формы, с длинными рожками. Ветви зонтика окружены обвёрткой из прицветных листьев, а каждая ветвь разделяется на две веточки, заканчивающиеся собранием цветков и окружённые частными обвёрточками из двух прицветников. Обвёртки и обвёрточки, а также желёзки — жёлтые, отчего всё соцветие имеет зеленовато-жёлтый цвет.

Растения, имеющие подобное строение, относятся к семейству молочайных, не имеющих кормового значения. Видов молочая очень много, и некоторые из них трудно отличимы один от другого. Сюда же относится южное растение *к л е щ е в и н а*, или касторовое дерево (*Ricinus communis*) (рис. 194, II), разводимое у нас на юге в виде травянистого растения ради масличных семян. Масло клещевины (касторовое масло) используется в медицине, а также для смазки авиационных моторов и в лакокрасочной промышленности.



Рис. 194.

I — Молочай лозный (*Euphorbia virgata*): 1 — побег; 2 — цветки; 3 — плод; 4 — желёзки; II — Клещевина (*Ricinus communis*): А — стебель с листьями и цветками (уменьш.); Б — соцветие; а — мужские и женские цветки сидят отдельно; В — мужские цветки; Г — цветок женский; Д — плод.

Семейство молочайных включает в себя до 4500 видов растений, встречающихся как в умеренных, так и в субтропических и тропических областях.

В промышленности, кроме клещевины, огромную роль играют каучуковое дерево — гевея (*Hevea brasiliensis*), тунговое дерево (*Aleurites Fordii*), японское масличное дерево (*Al. cordata*) и др.

20. Сем. Виноградные (Vitaceae)

В и н о г р а д (*Vitis vinifera* L.) (рис. 277) возделывается на Кавказе, в Крыму, Молдавии, Средней Азии, на Украине. С каждым годом культура винограда расширяется и проникает в более северные районы. Его можно встретить под Москвой и севернее.

Виноград — лиана, обладающая мощной корневой системой и деревянистыми скручивающимися стеблями, молодые побеги которых с помощью ветвистых усиков цепляются за опоры и за соседние растения. Побег винограда, обладающий симподиальным ветвлением, состоит из чередующихся 3—5-лопастных листьев. Усики расположены против двух соседних листьев: они образуются из верхушечных почек. В промежутках между двумя узлами, имеющими усик и лист, располагается узел с одним листом. Из пазушных почек развиваются боковые побеги, а главные побеги развиваются из придаточных почек, берущих на себя функции верхушечных и образующихся в узлах возле пазушных почек. В некоторых узлах возле усика или на самом усике развивается соцветие метёлка, вначале мелкое, а позднее превращающееся в виноградную гроздь. Многочисленные цветки винограда малоза-

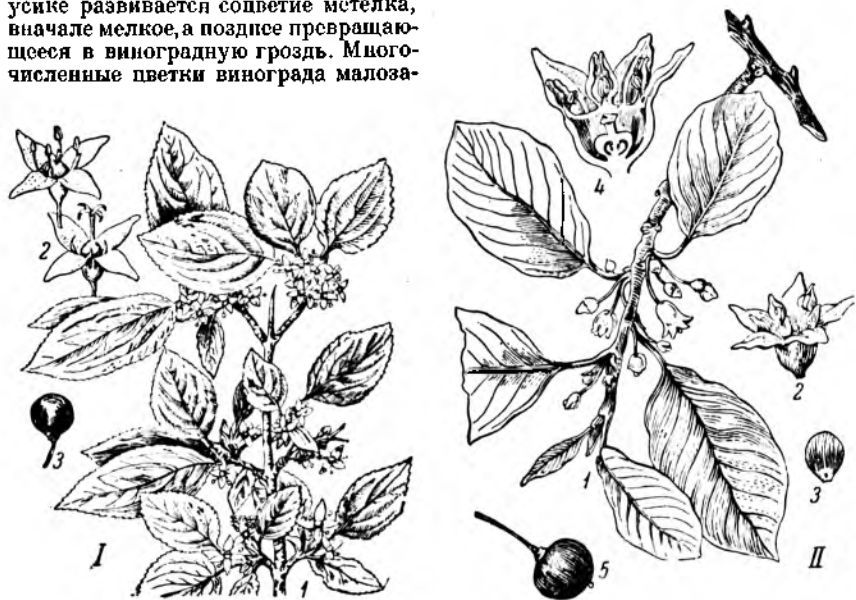


Рис. 195.

I — крушина слабительная (*Rhamnus cathartica*): 1 — ветка; 2 — цветок; 3 — плод; II — крушина ломкая (*Rhamnus frangula*): 1 — ветка с цветками и листьями; 2 — цветок; 3 — лепесток; 4 — цветок разрезе; 5 — ягода.

метные, зеленоватые, обладают приятным запахом и чаще опыляются перекрёстно. Цветки имеют разное строение и выполняют различные функции. Одни цветки обоеполые, вполне развитые. Они имеют мелкую пятизубчатую чашечку, пять лепестков, сросшихся на верхушке и образующих колпачок, пять тычинок, один пестик с верхней завязью и нектарником. Во время цветения колпачок сбрасывается и тычинки расправляются. Часто у обоеполых цветков пылевые зёрна в цветке не приобретают способности оплодотворять пестик или совсем не развиваются. У винограда часто встречаются также одни мужские или одни женские цветки, обеспечивающие перекрёстное опыление. Плоды винограда — сочные ягоды, богатые сахаром, кислотами и витаминами. Плоды двухгнездные, с двумя семяпочками в каждом гнезде. Семя имеет роговидный эндосперм и согнутый зародыш. Семена богаты маслом. Сортов винограда множество. Плоды многих сортов отличаются особо приятным вкусом и используются в пищу в свежем виде или в виде изюма; другие употребляются в виноделии. Дикий виноград (*Vitis silvestris*) встречается на Кавказе, в Крыму. Из него развится культурный виноград (*V. vinifera*). На Дальнем Востоке растёт виноград амурский с чёрными кисло-сладкими плодами (*V. amurensis*). Для украшения стен и беседок используется

растение из сем. виноградных, относящееся к другому роду (*Parthenocissus quinquefolia*).

Семейство виноградных вместе с семейством крупяных входит в состав порядка к р у ш и н о ц в е т н ы х (*Rhamnales*). К сем. крупяных относятся кустарники или небольшие деревья: к р у ш и н а с л а б и т е л ь н а я (*Rhamnus cathartica*) и к р у ш и н а л о м к а я (*R. frangula*) (рис. 195). У первой листья и ветви супротивные, часто переходящие в колючки. Листья яйцевидные, при основании слегка сердцевидные, с каждой стороны средней жилки отходит по три дуговидные жилки. Цветки желтовато-зелёные, однополые, растения однодомные или двудомные. Чашелистиков, лепестков и тычинок по четыре. Плоды чёрные, с 4—5 косточками. Плоды обладают слабительными свойствами, а также дают жёлтую краску.

У крушины ломкой листья очередные, эллиптические, с 6—8 боковыми жилками. Ветви без колючек, цветки обоеполые, пятерного типа. Плоды сначала красные, а затем чёрные. Оба вида крушины — распространители корончатой ржавчины (см. стр. 268).

21. Сем. Розоцветные (*Rosaceae*)

Семейство розоцветных состоит из трав, кустарников и деревьев, имеющих очередные простые или сложные листья с прилистниками. Цветки правильные, чашечка сростнолистная, часто бывает двойная, т. е. состоит из собственно чашечки и подчашия. Венчик состоит из пяти или четырёх свободных лепестков. Многочисленные тычинки и венчик прикрепляются к краям или выпуклого или вогнутого цветоложа. Плоды или односеменные орешки, костянки, или многосеменные коробочки и ягодообразные, или собраны в виде сложной костянки или сложной семянки. Плод иногда бывает ложный. Общее число розоцветных достигает 2 000 видов.

Вследствие большого разнообразия родов сем. розоцветных подразделяется на подсемейства: спирейные, розовые, или собственно розоцветные, сливовые, яблоневые. *Подсем. спирейные* (*Spiraeoideae*). К ним относятся многие виды с п и р е и (*Spiraea*) — иволжистая, средняя, калинолистная и др., разводимые в садах, и дикорастущие в лесах кустарники с простыми листьями и с красивыми пушистыми соцветиями — щитками, зонтиками или метёлками, с белыми, розовыми мелкими цветками. Цветки подпестичные, цветоложе плоское, завязь из пяти плодolistиков, плоды сборные, многосеменные листовки. У часто разводимого в садах р я б и н и к а (*Sorbaria sorbifolia* A. Br.) — крупного кустарника листья непарноперистые, ветви, листья и плодики опушённые, цветки белые в густых пирамидальных метёлках.

Подсем. Розовые (*Rosoideae*) включает в себя кустарники и травы, у которых цветки имеют один или много плодolistиков, располагающихся на выпуклом, плоском или вогнутом цветоложе. Плоды односеменные, нераскрывающиеся.

Ш я п о в н и к (*Rosa canina* L.) (рис. 196) — кустарник, покрытый шипами, достигающий 2—3 м, произрастающий в диком виде по всей Европе и в части Азии. Он служит подвоем для прививки хороших сортов роз. Листья непарноперистые (сложные), состоят из 5—7 листочков овальной формы и остропильчатых. Цветки розовые, состоят из пяти свободных лепестков, из пяти перистонадрезных чашелистиков, многочисленных тычинок и пестиков. Плод ложный (рис. 110): в разросшемся мясистом цве-

толоже заключены многочисленные орешки. Созревшие красные плоды богаты витамином С.

Видов и разновидностей роз более 100, а сортов несколько тысяч. Из лепестков некоторых роз (*Rosa centifolia*, *R. gallica*, *R. alba*) добывается ценное розовое масло.

Гравилат речной (*Geum rivale* L.) (рис. 197) имеет прикорневые ланцетноперистые листья, вырастающие из многолетнего корневища. Стеблевые листья у него трёхраздельные, значительно мельче прикорневых. При основании черешков листьев находятся прилистники. Цветки пятерного типа, со сростной чашечкой, окрашенной в красно-коричневый цвет, и с



Рис. 196.

1 — цветущая ветвь шиповника (*Rosa canina*); 2 — разрез цветка шиповника: ч — лепесток, ц — чашечка.

подчашием из пяти добавочных чашелистиков. Венчик состоит из пяти лепестков бледнорозовой окраски, не выдающихся из чашечки. Когда цветки отцветают, из них высовываются наружу пушистые зелёные столбики, окружённые внизу многочисленными тычинками. Стебель прямой, железистый, красно-бурый. Растение встречается всюду по канавам и лугам.

Гравилат городской (*Geum urbanum* L.) зацветает позднее. Он отличается жёлтой окраской венчика. Корневища имеют лекарственные свойства.

Земляника лесная (*Fragaria vesca* L.) имеет крупные тройчатые листья с прилистниками на черешке, с шелковистыми волосками. Цветки с чашечкой, подчашием и пятью белыми лепестками. Цветоложе разрастается в сочную, мясистую красную мякоть, покрытую множеством семян. Растение размножается с помощью ползучих, укореняющихся в узлах, стеблей, называемых плетями, или усами, выходящими из укороченного корневища. Часто встречаются также клубника степная (*F. colina*) и клубника высокая (*F. elatior*). Так как последние — двудомные растения, то при разведении необходимо заботиться о том, чтобы на 10 женских экземпляров приходился 1 мужской. Разводится обычно земляника крупноцветная (*F. grandiflora*).

К этому семейству, кроме гравилатов и земляники, относятся таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), таволга — земляные орешки (*Filipendula hexapetala*), манжетки (*Alchimilla vulgaris* L.), лапчатка-узик (*Potentilla tormentilla*), гусиная лапка (*P. anserina* L.) (рис. 37). Окраска цветков большинства лапчаток жёлтая и потому их по неопытности смешивают с лютиками, от которых они отличаются срост-

нолистной чашечкой и наличием подчашья. Тычинки у лапчаток прикрепляются к чашелистикам; при основании черешков листьев имеются прилистники.

В медицине используются корневища лапчатки-узика (содержащие дубильные вещества) при болезнях кишечника и для заживления ран.

Большое значение в народном хозяйстве, так же как земляника, имеет малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), распространённая в лесах и разводимая в садах. Это колючий от шипов кустарник с тройчатыми перистыми листьями. Цветки мелкие, лепестки белые, короче чашелистиков. Плоды — сложные костянки малиново-красные, иногда жёлтые. В культуре встречается много сортов. Имеет значение также ежевика (*Rubus caesius*), поленика (*R. arcticus*), морошка (*R. chamaemorus*), куманика (*R. fruticosus*) и костянка (*R. saxatilis*).

Подсем. Сливовые (*Prunoidae*). Деревья и кустарники, относящиеся сюда, имеют очередное листорасположение, листья простые с опадающими прилистниками. Цветки имеют свободноплепестный венчик и чашечку пятерного типа, с одним столбиком и свободной завязью, расположенной на дне бокальчатого цветоложа, выделяющего нектар. Многочисленные тычинки, лепестки и чашелистики отходят от края цветоложа. Пестик — один, с длинным столбиком и головчатым рыльцем. Плод — костянка.

В семенах, особенно в горьких миндалях, содержится гликозид амигдалин, дающий ядовитую синильную кислоту.



Рис. 179. Гравилат речной (*Geum rivale*):

1 — общий вид растения; 2 — тычинки; 3 — плод.

Вишня садовая (*Cerasus vulgaris* Mill) (рис. 198, Г) — дерево или кустарник, цветёт несколько раньше яблони, до появления листьев. Листья эллиптические, заострённые, пильчатые, в почкосложении вдоль сложенные. Цветки медоносные, мельче, чем у яблони, до 2,5 см шириной, на длинных цветоножках, по 2—5 в простых зонтиках. Пестик один, со свободной завязью, которая сидит на дне бокаловидного цветоложа. Тычинок много, и они прикреплены к краю цветоложа. Лепестки белые. Плоды — сочные костянки, темнокрасные при созревании, с шаровидной косточкой. Корень даёт отпрыски.

Слива (*Prunus domestica* L.) имеет белые цветки, сидящие парами на коротких цветоножках, распускающиеся раньше ли-

ствев. Листья в почкосложении свёрнутые в трубочку, городчатопильчатые. Плоды с восковидным налётом, сплюснутой косточкой, сине-чёрные, красные или жёлтые.

На юге разводятся миндаль обыкновенный (*Amygdalus communis* L.), персик (*Persica vulgaris*), черешня (*Cerasus avium*), абрикос (*Armeniaca vulgaris*) и др.

В диком виде всюду растёт черёмуха (*Padus racemosa*); в степях растёт кустарник бобовник (*Amygdalus nana*) и терновник (*Prunus spinosa* L.) (рис. 198, II).



Рис. 198.

I — вишня адовая (*Cerasus vulgaris*): 1 — цветущий побег; 2 — цветок в разрезе; 3 — разрез плода — костянки; 4 — плоды вишни; II — терновник (*Prunus spinosa*): 1 — цветущий побег; 2 — плоды; 3 — цветок, тычинки удалены.

Подсем. Яблоневые (*Pomoideae*) имеет следующие признаки: деревья или кустарники, чаще с простыми, реже с перистосложными листьями, расположенными очерёдно и имеющими прилистники. Цветки правильные, пятерного типа, с пятираздельной чашечкой и свободноплепестным венчиком. Тычинок больше 20. Все эти части цветка прикреплены к разросшемуся вокруг завязи цветоложу, выделяющему нектар. Завязь — нижняя, одно-пятигнездная. Столбиков столько же, сколько гнезд завязи. Рыльца созревают ранее, нежели пыльники (протогиния). Перекрёстное опыление производится насекомыми. Завязь после опыления разрастается вместе с другими частями цветка, и получается сочный, мясистый ложный плод в виде яблока или ягоды и костянки. На верхушке плода остаётся засохшая чашечка.

Груша (*Pirus communis* L.) (рис. 199, I) — дерево, достигающее высоты 5—20 м, с пирамидальной кроной. Почки голые. Листья черешковые, округлые или яйцевидные, с мелкопильчатым

краем, блестящие и при полном развитии голые. Цветки собраны в щитках, крупные, с белыми лепестками, имеют длинные цветоножки. Завязь состоит из пяти гнезд, столбиков пять, они свободные; пыльники фиолетово-красные. Плоды грушевидные, без углубления при основании. Разводится груша при помощи прививок. Встречается в диком виде в Европе, на Кавказе и в Туркестане. Значение груши общеизвестно.

Яблоня (*Malus*) (рис. 199, II) — дерево, достигающее 5—10 м, с развесистой кроной. Почки пушистые. Листья с короткими черешками, яйцевидной формы, по краям городчатые, более опушённые снизу. Цветки крупные, лепестки внутри, белые, а снаружи розоватые.



Рис. 199.

I — груша (*Pirus communis*): а — цветущий побег; б — цветок в разрезе; в — плод; в — плод в разрезе; II — яблоня (*Malus pumila*): 1 — цветущий побег; 2 — цветок, у которого удалён венчик; 3 — такой же цветок в разрезе: а — цветоножка, б — нижняя завязь, в — чашелистик, г — тычинки, д — столбики, е — рыльце.

Пыльники жёлтые. Столбики срастаются у основания. Род яблоня (*Malus*) включает в себя несколько видов: яблоня низкая (*M. pumila*), так же как яблоня лесная (*M. silvestris*), встречается на

горах Кавказа, в Средней Азии. Яблоня сибирская (*M. sibirica*), яблоня маньчжурская (*M. manshurica*) распространены на Дальнем Востоке. Родоначальниками большинства культурных сортов считаются *M. pumila* и *M. baccata*.

К яблоневым относятся ещё рябина (*Sorbus aucuparia* L.) и боярышник (*Crataegus oxyacantha*), а также разводимые на юге айва (*Cydonia vulgaris*), мушмула (*Mespilus germanica* L.), ирга (*Amelanchier*), кизильник (*Cotoneaster*) и др.

Исключительного внимания у садоводов должны заслуживать гибриды яблонь, полученные И. В. Мичуриным. Он получил свыше 60 сортов для средней и северной частей СССР. Из числа выдающихся сортов яблонь им получены: Кальвиль анисовый, Китайка крупноплодная, Бельфлёр жёлтый, Бельфлёр-китайка и др. Из груш особенно ценным сортом считается Бере зимняя. Кроме того, он успешно производил скрещивание между рябиной и боярышником, вишней и черёмухой, ежевикой и малиной, крыжовником и смородиной и получал межродовые гибриды (см. стр. 175).

Семейство розоцветных вместе с описанными ниже семействами камнеломковых и бобовых соединяют в общий порядок розанных (*Rosales*).

22. Сем. Камнеломковые (*Saxifragaceae*)

Семейство камнеломковых включает в себя разнообразные растения и потому подразделяется на подсемейства: смородиновые, камнеломковые и др. Встречаются как травы, так и кустарники, с простыми, очередными листьями без прилистников, с правильными цветками. Околоцветник то двойной, то простой, четырёх- или пятираздельный. Число тычинок соответствует долям околоцветника. Плодолистики (2—4) сросшиеся. Завязи верхние, средние и нижние, со многими семяпочками. Плоды — ягоды или коробочки.

Смородина чёрная (*Ribes nigrum* L.). Кустарник, приносящий крупные чёрные или бурые ягоды, богатые витаминами. Почка, ветвь, листья, цветки, ягоды обладают специфическим запахом. Листья пальчатолопастные, зубчатые. Цветки в кистях. Завязь нижняя, окружённая цветоножкой; плод — ложная ягода. Чёрная смородина произрастает в диком виде в Европе и Азии, а также разводится как ягодный кустарник.

Менее вкусными и слегка кисловатыми ягодами обладает смородина красная (*Ribes rubrum*) и смородина обыкновенная (*Ribes vulgare*), также широко культивируемые.

Крыжовник (*Grossularia reclinata* Mill.) встречается в диком виде и возделывается как ценное ягодное растение. Листья у крыжовника более мелкие, чем у смородины, пальчатораздельные, зубчатые. Узлы и междоузлия этого кустарника покрыты острыми

шипами. Ягоды различной окраски: жёлтые, зелёные, розовые, обычно опушённые, сладкие.

К подсемейству камнеломковых относится ценное растение бадан (*Bergenia crassifolia*), из листьев и корневищ которого добывается таннин, гидрохинон и ценная краска «хаки».

* К этому же семейству относятся камнеломка (*Saxifraga*), селезёночник (*Chrysosplenium*), белозор (*Parnassia*). Из декоративных растений многочисленны сорта гортензии (*Hydrangea hortensis*) и чубушник — жасмин (*Philadelphus coronarius*) — кустарник с душистыми цветками.

23. Сем. Бобовые (Leguminosae)

К бобовым растениям относится свыше 12 000 видов растений, сходных между собой по строению пестика, имеющего один плод-листик (редко несколько), по шву которого располагаются семязачатки. Бобовые имеют плод — боб. В типичных случаях боб — одногнёздный, многосеменной плод, растрескивающийся вдоль на две створки сверху вниз, как у гороха. Размеры и формы бобов весьма разнообразны. Встречаются бобы, сильно отклоняющиеся от типичного строения, например, бобы, распадающиеся на отдельные членики, или нераскрывающиеся, иногда штопоробразно закрученные и т. д. Семя без эндосперма, с запасными веществами, отложенными в семядолях. К бобовым относятся разнообразные травы, кустарники, деревья. Листья чаще сложные и с прилистниками. Цветки в соцветиях или одиночные, неправильные и правильные. Число чашелистиков и лепестков колеблется, но чаще их бывает по пять; число тычинок пять, десять или много, но у некоторых родов меньше пяти. Общее свойство бобовых — наличие клубеньков на корнях и способность усваивать азот из воздуха при посредстве клубеньковых бактерий. Бобовые подразделяются на три подсемейства: мимозовые, цезальпиниевые и мотыльковые. Первые два распространены в тропических и субтропических странах, а последние повсеместно.

Подсем. Мимозовые (Mimosoideae). К ним относится чувствительная мимоза (*Mimosa pudica*) (рис. 316) — австралийское растение, листочки которого складываются при малейшем прикосновении. У нас разводится в теплицах. Наиболее обширный род акация (*Acacia*), насчитывающий около 300 видов, распространён в Австралии. Многие виды с успехом культивируются на Кавказе и в Крыму. У многих видов акаций пластинки сложных листьев исчезают, а роль листьев выполняют филлодии — разросшиеся черешки листьев, принимающие профильное положение по отношению к жарким лучам полуденного солнца. Акация деальбата (*Acacia dealbata*) и другие виды настоящих акаций, а также альбиция (*Albizia*) выращиваются в советских субтропиках как декоративные деревья, с двоякоперистосложными листьями. Прилистники часто превращаются в колючки. Все мимозовые имеют плод — боб, иногда изогнутый и четкообразный. Цветки правильные, мелкие, собраны в шаровидные соцветия. Тычинок в цветке 4, 5, 10 или много, окрашенных в жёлтый, розовый или малиновый цвет. Имеются нектарники. Опыление насекомыми.

Подсем. Цезальпиниевые (Caesalpinioideae). Тропические и субтропические крупные деревья и кустарники, а также лианы. Последние имеют плоские и

неровные выходящие стебли длиной до 150 м. Известно до 900 видов цезальпиниевых. Цветки неправильные, со свободной чашечкой, без венчика или с 1—3 лепестками. Тычинок 10 или иное количество свободных или частично сросшихся. Плоды — бобы, иногда очень крупные, длиной до 1 м. В Крыму и на Кавказе культивируются рожковое дерево (*Ceratonia siliqua*), иудино дерево (*Cercis siliquastrum*), а также гледичия (*Gleditsia*) с красивыми дважды перистыми листьями и с крупными колочками и плодами. Многие цезальпиниевые имеют окрашенную древесину и из них добывается краска, например гематоксилин из кампешевого дерева (*Haematoxylon campechianum*). Наиболее обширный тропический род *кассия* (*Cassia*).

Подсем. Мотыльковые (Papilionaceae). Растения, относящиеся к этому подсемейству, широко распространены по всему земному шару и имеют исключительно важное значение в сельском хозяйстве. Мотыльковых известно около 7 000 видов. Многие из них возделываются как растения пищевые, кормовые, лекарственные, технические, медоносные. Они обогащают почву азотом, они богаты белковыми веществами. Среди них встречаются крупные деревья, кустарники, многочисленные травы и лианы.

Характеристику этого подсемейства смотрите на стр. 41. Наиболее характерный для них признак — строение цветка с мотыльковым венчиком. Преобладает перекрёстное опыление; оно производится пчёлами и шмелями. Насекомое, привлекаемое ароматом цветка или хорошо заметным парусом, садится на вёсла и своей тяжестью оттягивает вниз лодочку, сочленённую с вёслами при посредстве зубчиков. Хоботок и голову оно просовывает под парус и достаёт нектар из желёзки, находящейся при основании завязи. Из оттянутой вниз лодочки показывается рыльце, а затем пыльники, обсыпаящие брюшко насекомого пыльцевыми зёрнами, которые переносятся им на рыльце следующего цветка.

На стр. 37—40 было дано описание важнейших кормовых мотыльковых растений: клевера (*Trifolium*), люцерны (*Medicago*) и эспарцета (*Onobrychis*). Из кормовых растений имеют также значение вики (*Vicia*), чины (*Lathyrus*), лядвены (*Lotus*), донники (*Melilotus*) и др.

Все эти растения произрастают и в диком состоянии на лугах, а многие из них возделываются на полях как кормовые растения.

На зерно возделываются горох (*Pisum*), чечевица (*Ervum*), нут (*Cicer*), соя (*Glycine hispida*) (рис. 200, I), арахис (*Arachis hypogaea*) (рис. 200, II), фасоль (*Phaseolus*) и конский боб (*Vicia faba*). На зелёное удобрение возделываются люпины (*Lupinus*) и сераделла (*Ornithopus*).

Приводим описание некоторых из бобовых растений.

Вика посевная (*Vicia sativa* L.) — однолетнее растение, 30—90 см высотой. Иногда культивируется на зерно, а чаще всего для получения зелёной массы, используемой на зелёный корм, силос или на сено (рис. 201, I).

Вика имеет цепляющиеся стебли, покрытые парно-перистосложными листьями, заканчивающимися ветвистым усиком. Листочки

6—8 пар, они продолговатойцевидные, наверху выемчатые. При основании очередных листьев имеются прилистники полустреловидной формы. Цветки сидят по два или по одному в пазухах листьев на коротких цветоносах. Цветки достигают в длину 1 см и больше. Сроснотлистная чашечка имеет 5 зубчиков, равных по длине трубке чашечки. Венчик свободнолепестный, имеет фиолетовый флаг, розоватые вёсла и лодочку такого же цвета или беловатую. Тычинок 10, из которых 1 свободна, а 9 образуют

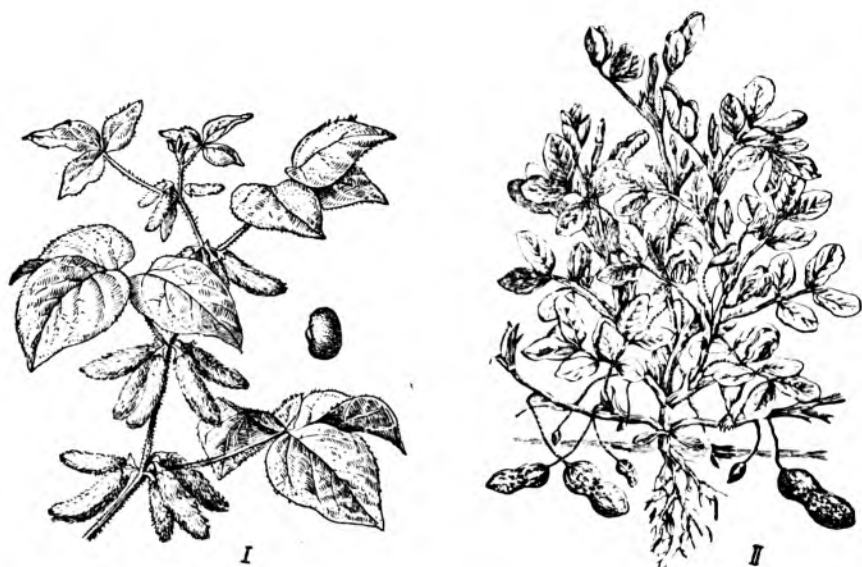


Рис. 200.

I — побег сои (*Glycine hispida*) с плодами; II — арахис, или земляной орех (*Arachis hypogaea*). После отцветания пожни завязей (гинофоры) удлиняются и заглубляются в почву. Плоды созревают в земле.

наверху косо срезанную трубку, благодаря чему свободные части тычиночных нитей имеют различную длину. Столбик нитевидный, на нижней стороне бородатый от волосков. Вика обладает самоопылением, хотя перекрёстное опыление у неё возможно. Иногда попадаются цветки, которые совсем не раскрываются (клеистогамия). Пчеловоды считают цветки вики медоносными, но пчёлы большей частью собирают сладковатую жидкость, выделяющуюся на нижней поверхности прилистников. Плоды у вики удлиненные, покрытые волосками, раскрывающиеся двумя створками. В зрелом состоянии бобы имеют жёлто-бурую окраску, а семена имеют сероватый или белый цвет.

Семена и плоды вики созревают при культуре её на зерно, при культуре же на корм уборку производят в период полного её цветения и в начале завязывания плодов. На развитие зелёной массы требуется всего 42—49 дней.

Из других видов вики особо важное значение для получения раннего зелёного корма весной имеет мохнатая вика (*Vicia villosa*) (рис. 201, II). Она высевается осенью вместе с озимой рожью. Растение густо покрыто волосками. Цветки — в кистях, на длинных цветоносах, фиолетовые, с отгибом флага, вдвое более коротким, чем ноготок. Бобы широкие, почти ромбические, с 3—4 семенами.

Горошек, или "вика мышьяная" (*Vicia cracca* L.) (рис. 201, III), — самое обыкновенное многолетнее бобовое растение с цепляющимися стеблями. Листья перистосложные, с 9—10



Рис. 201.

I — вика посевная (*Vicia sativa*); питательная бобовая трава; хороша для посева в смеси с овсом в занятом пару; II — вика мохнатая (*Vicia villosa*); высевается с осени, даёт ранний корм; III — вика мышьяная (*Vicia cracca*).

парами листочков с усиками. Прилистники полустреловидные. Кисти с синие-фиолетовыми цветками многоцветные, густые, равные по длине листьям. Бобы линейно-продолговатые. Растение — полезное на лугах, так как хорошо поедается скотом.

Вика узколистная (*Vicia angustifolia* L.) с цепляющимися стеблями и с парно-перистосложными листьями, имеющими пять пар листочков обратнойцевидной, выемчатой формы или линейной формы у верхних листьев. Цветки синевато-розовые, по одному или по два в пазухах листьев, типичные мотыльковые. Бобы чёрные. Растение однолетнее, 10—45 см высотой. Этот вид горошка попадает в посевы озимых и яровых вместе с мышьяным горошком. Своими стеблями вики цепляются за хлебные злаки, ослабляют их рост и способствуют полеганию. Необходимо очищать посевной материал от семян вики.

Чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.) (рис. 202, I) встречается на лугах, особенно сыроватых, иногда в большом количестве, и рекомендуется для посева на искусственных лугах. По качеству корма она стоит несколько ниже клевера, так как отличается некоторой горечью. Но всё же она — полезная кормовая трава на лугах. Признаки её следующие: травянистое много-

летнее растение с угловатыми цепляющимися стеблями, листья перистые, с одной парой листочков и усиками. Прилистники — со стреловидным основанием, крупные. Мотыльковые цветки жёлтые, цветоносы многоцветковые, длиннее листьев. Бобы линейно-продолговатые, чёрные. Растения с мягкими волосками.

Из других чин на лугах реже, но в лесах постоянно попадаетеся чина лесная (*Lathyrus silvestris* L.) — крупное растение с розовыми цветками и сильно крылатыми стеблями. В кормовом отношении это растение стоит невысоко, так как отличается горьким вкусом и небезвредно.



Рис. 202.

I — чина луговая (*Lathyrus pratensis*); *II* — лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus*): 1 — цветущая ветвь; 2 — цветок; 3 — тычинки и пестик; 4 — семянка; 5 — плод; 6 — лепестки; а — парус, б — крылья, з — подочка; 7 — диаграмма цветка.

Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) (рис. 202, *II*) — всюду встречающийся на лугах травянистый многолетник, в сильной степени улучшающий качество сена. Полезно вводить его в состав смеси при закладке искусственных многолетних лугов. Растёт также по дорогам, склонам, между кустарниками. Корни его сильно развиты, продолжительность жизни значительно превышает 10 лет. Старые экземпляры имеют множество стеблей — получается рост кустом; молодые экземпляры имеют один или несколько стеблей. Стебли прямостоячие или приподнимающиеся. Листья сложные, с пятью листочками, из кото-

рых два нижних находятся у основания черешка и потому похожи на прилистники. Прилистники — в виде мелких щетинок. Цветки средней величины, жёлтые, сидят большей частью по пять в зонтиках на цветоносах, превышающих своей длиной листья в 4—5 раз. Цветки мотылькового типа, флаг красновато-жёлтый, лодочка загнута и заострена в виде клюва. Крылья сближены. Чашечка с пятью зубцами. Плод — линейный боб, растрескивающийся. Сила роста зависит от условий; стебли имеют высоту от 10 до 40 см. Опыление лядвенца происходит так: пыльники высыпают пыльцу в передний отдел лодочки ещё тогда, когда цветок находится в стадии бутона; позднее в раскрывшемся цветке при оттягивании лодочки тяжестью насекомого нити тычинок выдавливают из кончика лодочки пыльцу на брюшко насекомому.

Донник белый (*Melilotus albus* Desr.) — крупное, высотой 1,5 м, двухлетнее растение, растёт по пустырям, оврагам, у заборов; имеет прямостоячие стебли, тройчатые листья с прилистниками и удлинёнными листочками, белые, мотылькового типа цветки, собранные в длинные многоцветковые кисти. Цветоножки короче чашечки. В жаркий полдень листья донника принимают профильное положение.

Донник лекарственный (буркун) (*Melilotus officinalis* Desr.) (рис. 203, I) в основных чертах сходен с предыдущим, но с жёлтыми цветками. Содержит в себе больше пахучего горького вещества — **кумарина**, в сильной степени препятствующего введению донника в культуру.

Оба растения медоносы. Дают большую зелёную массу и могут быть использованы как силосные растения, особенно белый донник, который имеет две расы: однолетнюю и многолетнюю.

Сераделла посевная (*Ornithopus sativus* Brot.) (рис. 203, II) — однолетнее кормовое растение 30—60 см высотой, имеет исключительное значение для бедных песчаных почв, на которых оно даёт хорошие урожаи травы как пожнивная культура или, реже, как самостоятельная культура.

Ботанические признаки сераделлы следующие: стебли тонкие, восходящие или лежачие. Листья непарно-перистосложные, с 15—25 парами ланцетных листочков. Цветки в многоцветковых (от трёх до пяти цветков) зонтичках, снабжённых длинными ножками. При основании каждого зонтичка находится перистосложный листочек. Цветки розоватые, мелкие, мотылькового типа. Лодочка тупая. Тычинки двубратственные. Зубцы чашечки шиловидные. Растение медоносное. Плоды в виде членистых бобиков, сидящих в зонтиках и напоминающих пальцы птичьей ноги, отчего сераделлу называют ещё **птиценожкой**. Корни сераделлы обильно покрыты лопастными клубеньками.

Сераделла является хорошим растением для зелёного удобрения, но первое место в этом отношении занимают люпины.

Люпин синий (*Lupinus angustifolius* L.) (рис. 204, I). Это — однолетнее растение, возделывается в западной части СССР

на бедных, песчаных землях в паровом клину (о роли люпина и значении бобовых растений см. часть III, глава XIV).

Синий люпин имеет следующие отличительные признаки: стебель прямостоячий, высотой 50—120 см. Листья пальчато-сложные, очередные, с узкими листочками, которых бывает 5—11. Цветки мотылькового типа, синие, в длинных верхушечных кистях, тычинки все срослись в трубочку. Пестик изогнутый, спрятан в лодочке. У люпинов преобладает самоопыление, хотя возможно и перекрёстное опыление насекомыми. Плод — боб, слегка чле-



Рис. 203.

I — люпин лекарственный (*Melilotus officinalis*); II — сераделла посевная (*Ornithopus sativus*), подсеивается в посевы овсяных и яровых.

нистый, крупный, бурый, на верхушке с колючкой, покрытый узором. Бобы легко растрескиваются при созревании. Семена бобовидные, серые, со светлыми пятнышками. Корень стержневой, с большим количеством боковых корней, глубоко распространяющихся в почву и обладающих сильной усвояющей способностью. Клубеньки у люпина крупные; они покрывают как главный корень, так и боковые. Азотусвояющая способность синего люпина выдающаяся.

Синий люпин наиболее часто возделывается в пару на зелёное удобрение. Сходны с ним л ю п и н ж ё л т ы й (*Lupinus luteus* L.)

и люпин белый (*Lupinus albus* L.). Семена синего и жёлтого люпинов хорошо успевают дозревать в Московской и более северных областях при условии их яровизации.

Люпин многолетний (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) (рис. 204, II) встречается как декоративный в садах. Корень толстый, мясистый, многолетний. Высота растения до 120 см. Листья крупные, низовые, на длинных черешках, с продолговато-овальными листочками. Цветки синие, в густых кистях. Во время цветения они обильно посещаются шмелями и пчёлами.



Рис. 204.

I — люпин синий (*Lupinus angustifolius*); II — люпин многолетний (*Lupinus polyphyllus*).

Бобы, так же как и тёмные семена, мельче, чем у предыдущих видов. Растение, сильно разрастающееся по склонам, пустырям и ежегодно дающее обильную зелёную массу. Семена созревают наиболее быстро, и потому район распространения этого люпина простирается севернее всех предыдущих. Алкалоидов многолетних люпин содержит меньше остальных видов, и потому возможность использования зелёной массы для корма большая, чем однолетних люпинов. Для удобрения его можно использовать путём скашивания зелёной массы и перевозки её на удобряемые участки, где зелёная масса запахивается в землю. Особо важное значение приобретают безалкалоидные формы люпинов.

Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) — однолетнее растение 30—60 см высотой, возделывается как салат-

ное растение (спаржевая фасоль) и на семена, отличающиеся богатством белковых веществ. Стебли большей частью вьющиеся, с крупными тройчатыми листьями, складывающимися на ночь. Цветки расположены парами в пазушных кистях. Цветоносы короче листьев, немногочетковные. Цветки типичные мотыльковые. Чашечка двугубая, причём верхняя губа с двумя, а нижняя — с тремя зубчиками. Венчик чаще белый. Парус снабжён двумя придатками. Тычинки двубратственные. Пестик снабжён бороатым столбиком, закрученным спирально вместе с тычинками и лодочкой. Боб многосеменной, длинный, с белыми (или иной окраски) семенами. Семена при прорастании выносят семядоли на поверхность.

Горох посевной (*Pisum sativum* L.) (рис. 85) — однолетник с тонкими ползучими стеблями, имеющими высоту в 30—150 см. Листья сложные, парноперистые, с 2—4 парами овальных листочков, на конце с ветвистым усиком. При основании листьев сидят крупные прилистники полусердцевидно-яйцевидной формы. Всё растение голое. Цветки чаще белые, крупные, сидят по одному или по два на пазушных коротких цветоносах. Чашечки с пятью зубчиками. Тычинки двубратственные. Тычиночная трубка на верхнем крае косо срезанная, отчего нити тычинок имеют неодинаковую длину. Столбик изогнут, рыльце бороатое на верхней стороне. Опыляется горох путём самоопыления. Бобы сплюснутые, многосеменные, семена шаровидные, светложёлтые. При прорастании семян семядоли остаются в земле. На полях с лёгкой песчаной почвой разводится полевой горох, или пелюшка (*Pisum arvense* L.), с цветками, имеющими фиолетовую и красную окраску. Семена угловатые и окрашенные в более тёмные цвета, например в серый, бурый и чёрный. Семена пелюшки более грубые, и поэтому этот горох относится к кормовым сортам, употребляемым для сдобривания кормов и получения зелёной силосной массы. Строение цветка гороха видно на рисунке 85.

Боб конский (*Vicia faba* L.) — однолетнее растение с прямостоячими стеблями, 50—100 см высотой. Листья парноперистосложные, состоящие из 2—3 пар крупных эллиптических листочков, заканчивающихся вместо усика нитевидным остриём. Цветки сидят по 2—6 в пазушных кистях. Цветки крупные, с белыми венчиками, имеющими на вёслах чёрные пятна. Бобы крупные, почти цилиндрические, торчат вверх, покрыты волосками. Стенки плодов мясистые, несколько вздутые, при созревании семян кожистые. Семена у огородных бобов (*Vicia faba* v. *major*) крупные, широкие, плоские, имеют чёрную, коричневую и белую окраску. Семена у полевых сортов, так называемых конских бобов (*Vicia faba* v. *minor*), имеют более округлую форму и чаще коричневую окраску, хотя встречаются чёрного и серого цветов. Огородные бобы используются как салатное растение, а семена конских бобов используются как кормовое средство для сдобривания более грубых кормов. Белковыми веществами и растворимыми углеводами богаты также семена чечевицы (*Lens esculenta*).

Кроме кормового и пищевого значения, какое имеют мотыльковые, они ещё находят применение в медицине (донник, астрагалы, солодка и др.), как технические растения (дрок красильный, индиго и др.) и как декоративные [фасоль турецкая, глициния, белая (ложная) акация (*Robinia*) и жёлтая акация (*Caragana*)].

(Среди бобовых растений есть и сорные, с которыми приходится вести борьбу: люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina*), клевер пахенный (*Trifolium arvense*), клевер полевой (*T. agrarium*), софора (*Sophora*), верблюжья колючка (*Alhagi camelorum* Fisch.) и др. Софора и верблюжья колючка — южные многолетники, отличаются сильным развитием корневой системы.

24. Сем. Зонтичные (*Umbelliferae*)

Семейство зонтичных характеризуется следующими признаками. Травы с рассечёнными влагалищными листьями и большей частью с полыми междоузлиями. Соцветие — сложный зонтик, с обвёрткой и обвёрточками или без них. Цветки в зонтиках, все правильные или краевые — неправильные, белого, жёлтого или розового цвета. Завязь нижняя, чашечка в виде пяти зубчиков, иногда она отсутствует. Лепестков пять, в большинстве случаев с загнутой верхушкой. Лепестки свободные, между ними располагаются пять тычинок. Завязь двугнёздная, с двумя столбиками, выходящими из медового диска, находящегося на верхушке завязи. Опыление производится короткохоботными насекомыми, преимущественно мухами. Пыльники обычно созревают раньше рылец (протандрия), что способствует перекрёстному опылению. Плод — двусемянка, при созревании распадающаяся. Каждая семянка имеет на спинке пять главных рёбер, чередующихся с бороздками. На разрезах плода в околоплоднике видны каналцы, наполненные пахучими эфирными маслами.

От приведённого описания отклоняется род «синеголовника» (*Eryngium*), у которого цветки собраны в головки, окружённые колючими обвёртками, листья цельные, колючие. Растение хорошо защищено от высыхания и поедания скотом и встречается как пустырьник.

Среди зонтичных много видов, встречающихся на лугах, в садах, на огородах и пустырях. Всего известно свыше 2 600 видов зонтичных, рассеянных по всему земному шару. К зонтичным относятся многие овощные растения и корнеплоды, возделываемые ради мясистых корней: морковь (*Daucus carota*), пастернак (*Pastinaca sativa*), петрушка (*Petroselinum sativum*), сельдерей (*Apium graveolens*) и др. Многие из зонтичных растений возделываются с целью добывания эфирных масел: анис (*Pimpinella anisum*), тмин (*Carum carvi*), кориандр (*Coriandrum sativum*) и др. Многие зонтичные являются сильно ядовитыми растениями; в корм скоту не должны попадать болиголов (*Conium maculatum*), вех ядовитый (*Cicuta virosa*) и собачья петрушка (*Aethusa cynapium*).

Зонтичные вместе с семействами деренных и аралиевых образуют порядок зонтикоцветных (Umbelliflorae). К деренным относится кизил (*Cornus mas*), а к аралиевым — цепляющееся растение плющ (*Hedera helix*) (рис. 268) — южные растения.

Морковь (*Daucus carota* L.) (рис. 205) — двухлетнее растение, имеющее много сортов кормовых (более крупные корни) и овощных (более тонкие и красные от хромопластов корни).



Рис. 205. Морковь (*Daucus carota*):

1 — цветущая ветвь; 2 — корень в разрезе; 3 — соцветие, появляющееся ночью; 4 — срединный плеток зонтичка; 5 — цветок в разрезе; 6 — срединный цветок зонтичка; 7 — плод двусемянный; 8 — корнеплод моркови.

Культурная морковь произошла от дикой моркови, растущей на юге и в средней нечернозёмной полосе на полянках, по склонам, лугам, преимущественно на супесчаных почвах.

При описании мы будем иметь в виду кормовую морковь, которую при изучении полезно сравнить с дикорастущей и огородной. Плоды моркови — семечки, употребляемые для посева, представляют собой половину двусемянки, созревающих на верхушках сложных зонтиков. Поступающие в продажу «семена»

моркови подвергаются перетиранию, т. е. удалению тех шипов, которые расположены рядами на поверхности околоплодника в виде длинных крючковатых и коротких шиповатых отростков. У дикой моркови эти придатки служат для распространения семян, которыми последние цепляются за шерсть животных; у культурной моркови они затрудняют процесс посева и поэтому их приходится уничтожать путём перетирания. На поперечном разрезе семянки, в лупу или микроскоп, можно заметить в околоплоднике каналцы, заполненные эфирными маслами, придающими свежим «семенам» моркови характерный запах. Околоплодник защищает белое семя моркови, находящееся внутри каждого плодика. Длина корнеплода моркови достигает 20—30 см; вес колеблется от 1 до 3 кг. Розетка моркови состоит из дважды или трижды перисторассечённых, надрезаннозубчатых или разделённых на коротко-остроконечные доли листьев, снабжённых длинными волосатыми черешками.

Для получения семян морковные высадки, так же как и корни свёклы, высаживают в следующем году на глубоко обработанной и удобренной почве. Развивающиеся за счёт запасов корня стебли моркови достигают высоты 1 м и более. Стебель моркови бороздчатый, жёстковолосистый, кверху ветвистый. Листья очередные, влагалищные, перисторассечённые.

На удлинённых цветоносах сидят крупные сложные зонтики, снабжённые рассечёнными обвёртками и обвёрточками, защищающими соцветие, пока оно свёрнуто. Цветки, сидящие на концах лучей зонтиков, имеют двугнёздную нижнюю завязь, заканчивающуюся двумя короткими столбиками, мало развитую чашечку и пять белых лепестков, несколько загнутых внутрь и вырезанных на вершине. Завязь несёт наверху мясистый диск, выделяющий блестящие капли нектара. Пять тычинок расположены между лепестками венчика. Опыление совершается короткохоботными насекомыми — мухами и пчёлами. Насекомые, переползая с цветка на цветок по всему плоскому соцветию и перелетая с одного растения на другое, легко производят перекрёстное опыление. Краевые цветки каждого зонтика неправильные, так как наружные лепестки их развиты сильнее внутренних. В центре соцветия у дикой моркови постоянно, а у культурной изредка находится срединный цветок зонтика, сильно изменённый и имеющий, в отличие от остальных цветков, пурпуровую окраску. Роль его не выяснена. До цветения зонтики и зонтики моркови имеют скученный вид, и бутоны цветков в них защищены обвёртками и обвёрточками. Во время цветения зонтики широко раскрываются, и только на ночь они поникают. После отцветания зонтики вновь скручиваются и остаются в таком виде до момента созревания семян, когда лучи зонтика вновь расправляются, но только в сухую погоду.

При созревании плодов оба плодolistика, из которых состоит плод, так же, как и плодоножка, на которой сидят двусемянка,

отделяются друг от друга. Очень важно уловить нужный момент сбора семян, так как если пропустить момент созревания, то двусемянки при уборке легко осыплются, отчего можно потерять большую часть урожая.

Как кормовой продукт морковь ценится выше свёклы, так как сухих веществ в ней содержится до 14%, из которых на долю тростникового и виноградного сахара и крахмала приходится до

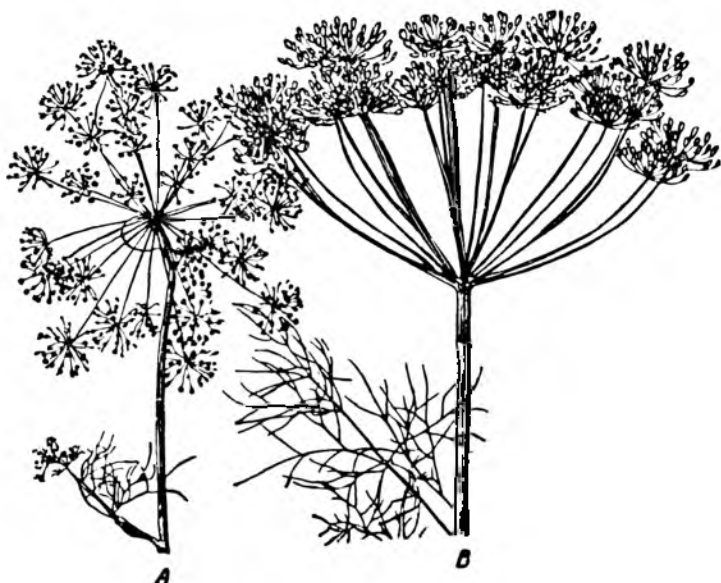


Рис. 206. Соцветие «сложный зонтик» укропа (*Anethum graveolens*) из семейства зонтичных:

А — вид сверху; В — вид сбоку; цветки превратились в плоды «двусемянки».

9,6%, на долю азотистых веществ около 1,3%, а остальные — на долю жира, клетчатки и других веществ. Морковь (особенно овощные сорта) богата витамином А. Морковный корм увеличивает количество и улучшает качество молока.

Укроп огородный (*Anethum graveolens* L.) (рис. 206) — однолетнее зонтичное растение, высевается на огородах или легко обсеменяется само собой. Иногда попадает возле огородов, на сорных местах. Листья укропа обладают приятным запахом и употребляются как приправа в суп и маринады. Стебли от 45 до 120 см высотой, голые, ветвистые, круглые, с полосками. Листья влагалищные, многократно рассечённые на питевидные доли. Зонтики и зонтики хорошо развитые, без обвёрток и обвёрточек. Цветки желтоватые, с лепестками, завитыми в середину. Тычинок пять; они чередуются с долями венчика. Нектарник на завязи плоский. Плод сплюснутый со стороны спинки, с тонкими ребрышками и крылатыми краями.

Бедренец-каменломка (*Pimpinella saxifraga* L.) — многолетник, высотой 30—60 см, обычно растущий по лугам, между кустарниками, по склонам и т. п. Стебли прямостоячие, круглые, тонкобороздчатые. Прикорневые листья перисторассечённые, с круглояцевидными зубчатыми листочками. Сложные зонтики хорошо развиты; имеются как общие, так и частные обвёртки. Чашечка незаметна. Венчик из пяти белых лепестков. Плоды —



Рис. 207.

I — вех ядовитый (*Cicuta virosa*); II — болиголов крапчатый (*Conium maculatum*).

продолговатойцевидные двусемянки. Бедренец — съедобная для скота трава.

Сорным растением в садах является сныть (*Aegopodium*), а на лугах — борщевик (*Heracleum*), дудник (*Angelica*), дягиль (*Archangelica*), купырь (*Anthriscus*) и др.

Вех ядовитый (*Cicuta virosa* L.) (рис. 207, I) встречается по сырым лугам, топким берегам рек и в воде. Одно из наиболее ядовитых растений. Дети отравляются при съедании корневища, скот — при поедании стеблей и листьев не только в свежем виде, но и в виде сена. Отравляющее вещество действует на центры продолговатого мозга животных, и от паралича дыхания наступает смерть. Это многолетнее зонтичное характеризуется следующими признаками. Растение голое, 60—120 см высотой.

Листья с полыми черешками, тройко-перисторассечённые, с узколанцетными остропильчатыми долями. Верхние листья меньше и имеют более короткие узковлагалищные черешки. Междоузлия стеблей полые, в нижней части сближены, под землёй переходят в укороченное мясистое корневище с полостями, наполненными воздухом. При разрезании корневища из него выступает жёлтый сок. Растение голое, зонтики не имеют обвёртки или она из 1—2 листочков; зонтики имеют обвёрточки. Зонтики состоят из белых цветков. Чашечка с пятью зубцами, венчик из пяти лепестков, тычинок пять. Плоды шаровидные, слегка сжатые с боков.

Болиголов крапчатый (*Conium maculatum* L.) (рис. 207, II) достигает 2 м, но обычно бывает гораздо мельче; двухлестник. Он растёт по сорным местам, между кустарниками и по берегам рек. Попадаетея возле огородов. Стебель голый, ветвистый, с мелкими красноватыми пятнами. Листья тройко-перисторассечённые, с полыми черешками. Растение обладает неприятным мышиным запахом. Зонтики имеют общие и частные обвёртки. Чашечка незаметна, а лепестки венчика с загнутыми краями. Плоды — двусемянки, яйцевидные, сжатые с боков, с извилистыми гранями. Всё растение сильно ядовитое. Следует остерегаться и не давать его скоту. Растение, особенно в листьях и незрелых плодах, содержит алкалоид конииин. Употребляется в медицине как средство против судорог.

Подкласс сростнолепестные (Sympetalae)

Этот подкласс двудольных растений по происхождению является более поздним и потому выше развитым, чем подкласс свободнолепестных растений.

Порядки сростнолепестных (или спайнолепестных) растений ведут своё происхождение от различных порядков раздельнолепестных. Характерной особенностью подкласса является сростнолепестный околоцветник обычно ярко окрашенных цветков. Венчик бывает то правильный (трубчатый, колокольчатый), то неправильный (язычковый, двугубый). Околоцветник состоит из чашечки и венчика и редко лишь бывает простой. Спайнолепестные венчики являются более совершенными, так как лучше защищают внутренние части цветка от неблагоприятных внешних условий и в то же время они лучше приспособлены к перекрёстному опылению насекомыми. Чашечка также сростнолистная, по отцветании остаётся при плоде. Тычинки срастаются с трубкой венчика и поэтому обычно сидят на лепестках. Растения, сюда относящиеся, редко бывают анемофильными (ветроопыляемыми), но обычно энтомофильными (насекомоопыляемыми). Пестик чаще бывает один, причём по числу рылец можно судить о числе плодolistиков. Из 40 семейств этого подкласса мы ознакомимся со следующими.

25. Сем. Вересковые (Ericaceae)

К вересковым относятся многие кустарники и полукустарники, имеющие кожистые простые листья, иногда не опадающие на зиму. Цветки со спиральнолепестным правильным венчиком и с неоппадающей чашечкой. Тычинок часто бывает вдвое больше, чем лепестков венчика. Пыльники вскрываются дырочками. Завязь часто бывает нижней, состоит из нескольких гнезд. Семязпочки развиваются на осевом семяносе. Плоды у вересковых — ягоды, костянки или коробочки.



Рис. 208.

I — черника (*Vaccinium myrtillus*): *1* — общий вид; *2* — цветок в разрезе; *3* — диаграмма; *II* — вереск (*Calluna vulgaris*): *1* — общий вид растения; *2* — цветок.

Нижнюю завязь и сочную ягоду имеют роды вакциниум и оксикоккус: брусника (*Vaccinium vitis idaea*), черника (*V. myrtillus*) (рис. 208, *I*), голубика (*V. uliginosum*), клюква (*Oxycoccus palustris*) (рис. 262).

Все эти растения чрезвычайно полезны, так как их плоды питательны и содержат витамины. Большинство из них распространены на болотах и в лесах севера. Плоды-коробочки имеют вереск (*Calluna vulgaris*) (рис. 208, *II*) и багульник (*Ledum palustre*) (рис. 261). В гористых местностях Кавказа распространены азалии и рододендроны (*Rhododendron*).

26. Сем. Первоцветные (Primulaceae)

Семейство первоцветных образует самостоятельный порядок того же наименования (Primulales).

Травы с простыми листьями без прилистников. Венчик сростнолепестный, правильный; тычинки расположены против долей венчика и прикреплены к нему. Пестик с одним простым столбиком и цельным головчатым рыльцем.

Завязь верхняя, одногнездная, со свободным центральным семязносом. Плоды — коробочки, окруженные чашечкой. Многие первоцветные — рано расцветающие растения.

К этому семейству относятся следующие роды: первоцвет (*Primula*) с типичными гетеростильными цветками (рис. 101), вербейник (*Lysimachia*), седмичник (*Trientalis*), турча (*Hottonia*), цикламен (*Cyclamen*), очный цвет (*Anagallis*) — сорняк.

27. Сем. Вьюнковые (Convolvulaceae)

Травянистые, обычно вьющиеся растения, с очередными простыми листьями (известно до 1100 видов). Цветки пятерного типа, правильные, с воронковидным или колокольчатым стайнолепестным венчиком. Тычинок пять. Пестик один, с верхней 2—4-гнездной завязью. Плод — коробочка.



Рис. 209. Вьюнок (*Convolvulus arvensis*):

1 — общий вид растения; 2 — цветок в разрезе; 3 — тычинка и пестик.

тые крахмалом, клубни. Он разводится на Кавказе и в Туркмении.

Вьюнок-берёзка (*Convolvulus arvensis* L.) — многолетнее растение. Облиственный стебель вьюнка обвивает другие растения, а при отсутствии подходящих подпорок стебель стелется по ровной поверхности. Листья копьевидные или стреловидные, с острыми лопастями. Цветки сидят поодиночке в пазухе листьев на длинных цветоножках. Вьюнок цветёт от одного до пяти дней. Венчик белый или бледнорозовый, с пятью розовыми полосками, воронковидный. Корень проникает глубоко в

даёт от себя корневую поросль. Размножается выюнок быстро и является назойливой сорной травой. Обвивая стебли культурных растений (злаков), он препятствует их развитию, затрудняет поднятие их после полегания, мешает уборке.

Семейство выюпковых, вместе с семейством синюховых (Polemoniaceae), часто выделяют в самостоятельный порядок (Convolvulales).

28. Сем. Бурачниковые (Borraginaceae)

Травы жёстколистные и жёсткостебельные от волосков. Их известно свыше 1 500 видов. Листья очередные, цельные, без прилистников. Цветки правильные (за исключением синяка), пятилепестные.



Рис. 210.

I — медунца лекарственная (*Pulmonaria officinalis*); II — огуречная трава (*Borrago officinalis*).

ного типа, в метельчатых соцветиях, завитых в виде улитки. Чашечка сростнолистная. Венчик спайнолепестный, состоит из трубочки и отгиба. В зеве венчика часто бывают чешуйки, прикрывающие тычинки. Тычинки чередуются с долями венчика и прикрепляются к лепесткам. Пестик один, с четырёхлопастной завязью. Под завязью находится медовый диск. Опыление — насекомыми. Плод дробный, состоит из четырёх орешков.

Среди бурачниковых есть медоносные растения, как например, с и н я к (*Echium*), б у р а ч н и к (*Borrago*) и др. Многие бурачниковые растут по сорным и сырым местам — о к о п н и к (*Symphytum*), р у м я н к а (*Anchusa*), н е з а б у д к а (*Myosotis*) и др., а многие из бурачниковых являются сорными растениями — л и п у ч к а (*Echinosperrum*), в о р о б е й н и к (*Lithosperrum*).

Рано весной в лиственных лесах зацветает м е д у н и ц а л е к а р с т в е н н а я (*Pulmonaria officinalis*) (рис. 210, I), цветки которой сперва бывают окрашены в розовый цвет, а позднее — в фиолетовый и синий (полихроизм). У медуницы, так же как и у первоцвета, имеет место явление диморфной гетеростилии.

О г у р е ч н а я т р а в а (*Borrago officinalis* L.) (рис. 210, II) — однолетнее, жёстковолосистое, травянистое, сочное растение, часто растущее по огородам и обладающее огуречным запахом. Молодые листья его используются на салат, цветки обладают медоносными свойствами. Стебель до 40—50 см высотой, растопыренно-ветвистый. Верхние листья сидячие, продолговатойцевидные, а нижние черешковые, эллиптические. Цветки с яркоголубым, колесовидным, спайнолепестным венчиком, поникшие, первоначально розовые.

В зеве венчика пять чешуек. Тычиночные нити под пыльниками имеют по шиловидному придатку.

К порядку бурачниковых (*Borraginales*) относится ещё семейство водолетниковых (*Hydrophyllaceae*), к которому принадлежит фацелия (*Phacelia*) — медоносное растение.

29. Сем. Паслёновые (*Solanaceae*)

Характеристика семейства паслёновых следующая.

Травы однолетние или многолетние, за исключением паслёна сладко-горького (*Solanum dulcamara*) (рис. 214, I) — многолетнего полукустарника, растущего по берегам. Среди паслёновых много ядовитых растений, содержащих яды соланин, атропин, никотин и др. Листья очередные, без прилистников. Цветки правильные (кроме белены), воронковидной, колесовидной или звездчатой формы. Чашечка обычно сростнолистная, пятинадразная, а венчик пятилопастный. Тычинки — в числе долей венчика. Пестик с верхней двугнздой завязью, с одним столбиком и цельным рыльцем. Нектарник при основании пестика выделяет мёд. Плод — ягода или коробочка, чаще двугнздная.

Паслёновые распространены по всему земному шару. Их насчитывается до 1700 видов. Многие из них ядовиты.

К паслёновым относятся некоторые полевые, овошные, технические растения: к а р т о ф е л ь (*Solanum tuberosum*), т о м а т ы (*Lycopersicum esculentum*), к р а с н ы й п е р е ц (*Capsicum annuum*), ф и з а л и с (*Physalis Alkekengi*), т а б а к (*Nicotiana*) (рис. 1). Ядовитыми являются б е л л а д о н н а (*Atropa bella-*

donna), дурман (*Datura stramonium*), белена (*Hyoscyamus niger*), паслён чёрный (*Solanum nigrum*) и др.

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) (рис. 211) относится к клубнеплодам, так как развивает подземные стеблевые клубни, ради которых и возделывается. Своё развитие картофель заканчивает в один год. Но так как обычный способ размножения его происходит вегетативным путём, с помощью клубней, то картофель относится к многолетним растениям.

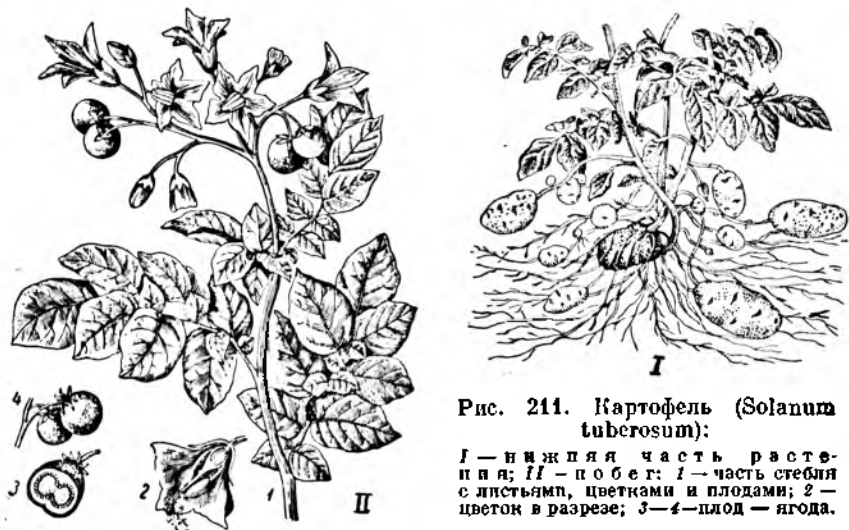


Рис. 211. Картофель (*Solanum tuberosum*):

I — нижняя часть растения; II — побег; I — часть стебля с листьями, цветками и плодами; 2 — цветок в разрезе; 3—4—плод — ягода.

Клубень картофеля представляет собой утолщение подземного побега, называемого столоном; на клубне можно заметить верхнюю часть, самую молодую, несущую на себе большое количество глазков, и нижнюю часть, или основание, на которой имеется углубление (пуповина), т. е. место прикрепления столона, через который клубень получал питание от материнского растения. Глазки на нижней части клубня сидят редко, но расположение их здесь так же, как и на верхушке, спиральное. Каждый глазок состоит из чешуйчатого листочка, неразвитого у некоторых сортов, и из нескольких (обычно трёх) почек, сидящих в углублении, в пазухе чешуйки.

Длина вегетационного периода картофеля колеблется, в зависимости от сорта, следующим образом: ранние сорта развиваются в 70—90 дней, средние — в 120—130 дней, а поздние для полного развития требуют до 180 дней. Прорастание клубня картофеля в земле происходит под влиянием тепла, влаги и доступа воздуха.

Сперва трогаются в рост глазки, расположенные на верхушке клубня. Нижние глазки могут совсем не развиваться. Из трёх почек, расположенных в верхних глазках, средние трогаются первыми, а боковые являются запасными и превращаются в побеги лишь при повреждении первых. В клубне во время прорастания под влиянием накопившихся элизов происходит превращение веществ и переход их в молодые ростки. Из основания каждого побега, растущего вверх, появляется пучок придаточных мочковатых корней, усиливающих питание побегов солями и водой, которые корни впитывают из почвы. Вышедшие на поверхность почвы молодые побеги зеленеют и образуют

листовую поверхность. В это время картофель обычно боронуют, после чего побеги начинают быстро расти. Материнский клубень долго ещё питает молодое растение, так как запасы питательных веществ расходуются постепенно.

К тому моменту, когда картофель начинает цвести (а до этого его необходимо прополоть в рядах, не менее двух раз пропалывать и окучить), на подземной части стеблей, кроме обильной корневой системы, успевают развиться подземные боковые побеги — столоны, которые, в свою очередь, дают от себя ветви, укореняются и образуют на своих концах и боковых побегах молодые клубни.

Клубни развиваются за счёт процесса фотосинтеза, совершающегося в листьях. Первичный крахмал, накапливающийся в хлоропластах, всё время превращается в сахар, который притекает в клубни и превращается в лейкопластах во вторичный крахмал.

Число столонов колеблется в среднем от шести до восьми, а число клубней достигает нескольких десятков. От длины столонов зависят скученность или разбросанность картофельного гнезда.

Стебли картофеля достигают высоты 45—80 см. Стебли прямостоячие, по несколько штук на одном растении, в большей или меньшей степени ветвистые. На поперечном сечении стебли трёхгранные или четырёхгранные, слегка крылатые, внутри при основании полые, снаружи пушистые. Окраска стеблей то зелёная, то темнофиолетовая, в зависимости от сорта. Листья картофеля черешковые непарно-перисторассечённые, прерывчатые от маленьких листочков, расположенных в промежутках между крупными долями. Волоски, покрывающие листья и стебли, двух родов: одни — железистые, другие — простые. Поверхность листьев то гладкая, то морщинистая, с нижней стороны выступает сеть жилок.

Ранние сорта картофеля зацветают в июне, средние — в июле, а поздние — в августе. Цветки, с белыми или фиолетовыми венчиками и с жёлтыми пыльниками, сидят в раздвоенных завитках, выходящих из пазух верхушечных листьев. Цветки пятирного типа. Цветоножки с сочленением, после цветения отогнуты вниз. Чашечка из пяти (или из шести) зелёных, сросшихся при основании, чашелистиков. Венчик колесовидный, из такого же числа сросшихся лепестков, более крупных, чем чашелистики. Тычинки (их пять) состоят из коротких тычиночных нитей и крупных пыльников, сложенных конусообразно вокруг столбика. Пыльниковые мешки вскрываются дырочками на своих верхушках, и из них высыпается пыльцевые зёрна, часть которых попадает на головчатое рыльце своего же цветка. Завязь двугнёздная, со многими семяпочками. Столбик немного длиннее пыльников. Картофель — самоопыляющееся растение, но возможность перекрёстного опыления не исключена. После опыления венчики отсыхают, и из завязи развиваются зелёные, сочные плоды — ягоды, внутри которых созревают семена. У многих сортов картофеля плодов совсем не образуется. Признаком созревания картофеля для мно-

гих сортов является отмирание ботвы, из которой питательные вещества переходят в клубни.

Картофель также содержит яд соланин во всех своих органах. Особенно много его скопляется в зелёных ягодах, молодых побегах и зазеленевших клубнях. Но и в обычных клубнях и в картофельной ботве яд соланин также встречается. В клубнях он больше находится под кожурой. Варка картофеля уничтожает его ядовитые свойства. Вот почему при кормлении скота важно подвергать картофель запариванию.

Сортов картофеля известно в настоящее время больше 1000. Они подразделяются на столовые, заводские и кормовые.

Дурман вонючий (*Datura stramonium* L.) (рис. 212) встречается по сорным местам, по пустырям, вдоль заборов, по канавам, особенно в чернозёмной полосе. Довольно крупное, однолетнее, сильно ветвистое растение, с волосками. Листья черешковые, заострённые, выемчатые. Цветки крупные, белые, пахучие, сидят в развилках стебля и на конце ветвей. Венчик спайнолепестный, воронковидный, продольно-складчатый, пятерного типа. Чашечка трубчатая, пятигранная. Плод — крупная коробочка, покрытая шипами, при созревании открывается четырьмя зубчиками и содержит в себе чёрные семена. Всё растение сильно ядовито.



Рис. 212. Дурман вонючий (*Datura stramonium*).

Белена чёрная (*Hyoscyamus niger* L.) (рис. 213, Г) растёт там же, где и дурман, но заходит севернее. Стебель прямой, ветвистый, покрыт клейкими волосками. Растение двухлетнее. В первый год вырастает крупная розетка из продолговатойцевидных, выемчатых листьев. На ночь листья розетки складываются, а утром бывают распростёрты. На второй год на стеблях появляются листья стеблеобъемлющие, низбегающие, продолговатые, крупнозубчатые. Цветки в густых завитках, с неправильными венчиками грязнобелого цвета и сетью темнофиолетовых жилок или с жёлтыми венчиками, воронковидные, с пятью тупыми лопастями. Чашечка круглая, почти колокольчатая. Плод — двугнёздная коробочка, посредине перетянутая,

окружённая чашечкой и открывающаяся крышечкой. Семена белые, сходны с семенами мака. Волосистое растение с неприятным запахом и сильно ядовитое. Из листьев добываются алкалоиды гиосциамин и атропин.

Белладонна (*Atropa belladonna* L.) (рис. 213, II) — ядовитое растение, но вместе с тем и лекарственное. Растёт в Крыму



Рис. 213.

I — белена чёрная (*Hyoscyamus niger*); II — белладонна (*Atropa belladonna*); 1 — ветка с цветками и плодами; 2 — цветок; 3 — плод в разрезе.

и на Кавказе. Крупное многолетнее растение. Возделывается для добывания атропина.

Паслён чёрный (*Solanum nigrum*) растёт всюду по сорным местам и как сорняк — по огородам. Однолетнее растение различной высоты — от 8 до 90 см. Стебли и листья темнозелёные. Листья с короткими черешками, яйцевидные. Цветки несколько напоминают цветки картофеля, но мельче их, с белыми лепестками. Тычинки — в числе лепестков венчика, с жёлтыми пыльниками. Плод — чёрная ягода, считается ядовитым, хотя в

некоторых местностях плоды паслёна чёрного используются в пищу в варёном виде.

По берегам рек часто встречается полукустарник паслён сладко-горький (*Solanum dulcamara*) (рис. 214, I), с венчиками фиоле-



Рис. 214.

I — паслён сладко-горький (*Solanum dulcamara*); II — Физалис (*Physalis Alkekengi*): 1 — общий вид растения; 2 — цветок в разрезе; 3 — ягода в разрезе, окружённая разросшейся чашечкой.

тового цвета и с яркокрасными ягодами. На юге распространён физалис (*Physalis*) — растение с яркокрасными ягодами, одетыми красной разросшейся чашечкой (рис. 214).

30. Сем. Норичниковые (*Scrophulariaceae*)

Признаки норичниковых следующие: однолетние или многолетние растения. Листья супротивные или очередные. Чашечка сростнолистная, с 4—5 зубчиков; венчик двугубый, редко правильный. Тычинок 4, но иногда бывает 5 или 2. Завязь верхняя, двугнездная, без лопастей или двулопастная. Плод — коробочка. Опыляются растения насекомыми. Число видов норичниковых достигает 2 600.

Льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris* Mill.) (рис. 215) растёт по канавам и вдоль дорог, а иногда и в посевах как сорное растение. Стебли прямые, облиственные до самого соцветия. Листья сидячие, ланцетнолинейные, очередные. Цветки в густых кистях. Венчик бледножёлтый, двугубый, со шпорцей. Плод — коробочка, открывается 4—10 зубцами. Семена плоские, крылатые. Видов льнянок много. Неприятный запах и противный вкус норичниковых делают их несъедобными.

На лугах встречаются коровяки (*Verbasum*) (рис. 216), марьяники (*Melampyrum*), вероники (*Veronica*) и др.

Среди норичниковых попадаются и сильно ядовитые и лекарственные растения, например *а перстники* (*Digitalis*), *авран* (*Gratiola*) и др.

Распространены также полупаразитные растения: погребок (рис. 298), марьянник, очанка и др. К настоящим паразитным относятся петров крест (рис. 297) и заразиха (рис. 296). Они принадлежат к родственному семейству *заразиховых* (*Orobanchaceae*). Об этих растениях ещё будет сказано в курсе физиологии (стр. 507, 508.).

Семейство норичниковых относится к тому же порядку (*Personatae*), что и паслёновые. Близкими к ним семействами являются пузырчатковые (*Utriculariaceae*) (рис. 299, I) и подорожниковые (*Plantaginaceae*). С другой стороны, это семейство имеет сходство со следующим семейством (губоцветных).

31. Сем. Губоцветные (*Labiatae*)

Травы или полукустарники с четырёхгранными стеблями, супротивными цельными листьями, губовидными цветками, собранными кольцами (мутовками) на вершине стебля. Чашечка о пяти зубцах, часто двугубая. Венчик с верхней губой, образовавшейся из двух лепестков, и нижней губой, образовавшейся из трёх лепестков. В трубочке венчика часто бывают заметны волоски. Цветок снабжён четырьмя или двумя (у шалфея) тычинками. Пестик состоит из верхней четырёхлопастной завязи, из середины которой выходит длинный столбик, заканчивающийся двухраздельным рыльцем. Растения часто бывают снабжены железами, выделяющими эфирные масла. Опыление губоцветных происходит преимущественно перекрёстно, с помощью шмелей, пчёл, а иногда и мух. Пыльники обычно созревают раньше рылец (протандрия). Плод дробный, состоит из четырёх орешков, из которых часто не все достигают полного развития.

Среди губоцветных известно много лекарственных и ароматических растений.

Много губоцветных встречается на лугу, а также в поле в качестве сорных растений.

Всего известно до 3 000 видов губоцветных, распространённых в умеренных и субтропических областях.

Из лекарственных и эфиромасличных губоцветных встречаются в диком виде и возделываются: *мята* (*Mentha*), *тимьян* (*Thymus serpyllum*) (рис. 217, I), *шалфей* (*Salvia officinalis*), *розмарин* (*Rosmarinus officinalis*), *лавандула* (*Lavandula*) и др.

Хорошее масло добывается также из периллы, или судзы (*Perilla*), и лаллеманции (*Lallemantia*).

Из сорняков по пустырям встречаются *яснотки* (*Lamium*), *пустырники* (*Leonurus*); на лугах и в лесах растут *черноголовки* (*Brunella*), *шлемники* (*Scutellaria*), *буквицы* (*Betonica*), *будры* (*Glechoma*) и *живучки* (*Ajuga*).

Глухая крапива, или *яснотка белая* (*Lamium album* L.) (рис. 217, II), — многолетнее травянистое растение, являющееся типичным представителем семейства губоцветных. Оно имеет



Рис. 245. Льянка обыкновенная (*Linaria vulgaris*).

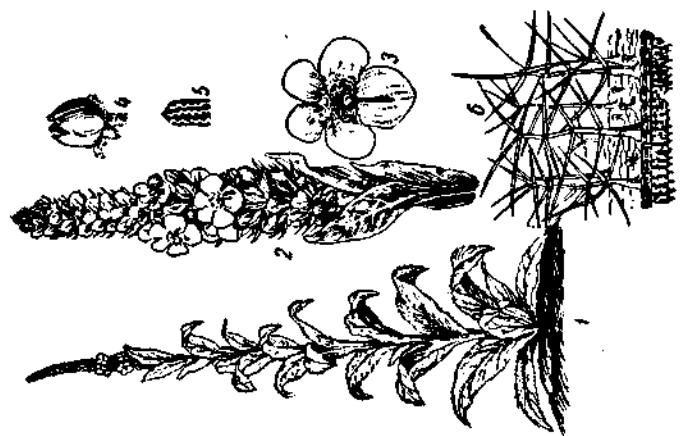


Рис. 246. Коровяк (*Verbascum thapsus*):
1 — общий вид растения (уменьш. в 12—15 раз); 2 — верхушка стебля; 3 — цветок; 4 — плод; 5 — семя; 6 — волоски (увел.).

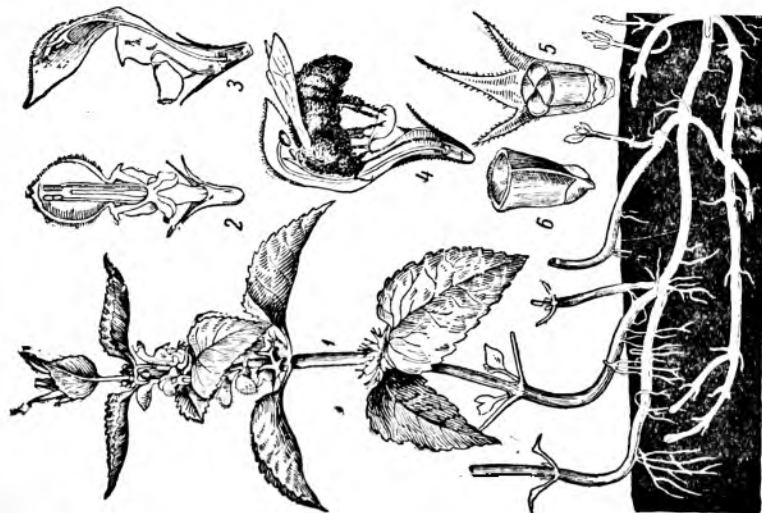


Рис. 217.

II
I — тимьян душистый (*Thymus serpyllum*); 1 — общий вид растения; 2—3 — цветок; 4 — тычинка; 5 — пестик; 6—7 — плод; 8 — лист; II — глухая крапива (*Lamium album*); 1 — общий вид растения; 2—3 — цветок; 4 — опьяление; 5 — плод — чешуе орешка; 6 — орешек.



некоторое сходство по очертанию листьев с крапивой обыкновенной (*Urtica dioica*), которая относится к семейству крапивных.

Глухая крапива растёт по сорным местам и имеет ползучие корневища. Стебли четырёхгранные, листья супротивные, черешковые, пильчатые. Цветки крупные, белые, сидят мутовками в пазухах верхних листьев, неправильные, двугубые, приспособлены к опылению пчёлами. Чашечка сростнолистная, с пяти зубчиках. Вонючек белый, спайнолепестный, ясно двугубый; под шлемовидной верхней губой находятся четыре тычинки, из которых



Рис. 218.

I — пиккульник зябра (*Galeopsis speciosa*); II — пиккульник жабрей (*Galeopsis ladanum*).

две длиннее, а две короче. Тычиночные нити прирастают к трубочке венчика. Пестик один. Завязь верхняя, четырехлопастная; из середины её вырастает длинный, тонкий столбик, заканчивающийся двухлопастным рыльцем. Плод состоит из четырёх распадающихся орешков. Часто из четырёх лопастей завязи созревают два или три орешка.

Сорными в посевах являются пиккульники и чистецы.

Пиккульник зябра (*Galeopsis speciosa* Mill.) (рис. 218) — довольно крупное однолетнее растение, высотой 50—120 см, всюду встречается в посевах на хорошей почве. Зябра часто попадает на огородах. Ботанические признаки следующие: типичное губоцветное растение с четырёхгранными стеблями, супро-

тивным листорасположением, двугубыми цветками и с завязью из четырёх лопастей, превращающейся в четыре орешка. Всё растение покрыто жёсткими волосками. Листья продолговатые. Цветки собраны мутовками в пазухах листьев. Чашелистики колючие, сросшиеся внизу в трубочку. Венчик светложёлтый. Нижняя губа венчика трёхлопастная, средняя доля её округлая, фиолетовая. При основании нижней губы венчика находятся полые рожки. Орешки длиной около 3 мм, трёхгранные, темнокоричневого цвета, с серыми пятнами.

Пикульник жабрей (*Galeopsis ladanum* L.) встречается повсеместно в посевах и особенно разрастается по стерне после уборки озими. Однолетник, 8—50 см высотой, с прямостоячими, мягковолосистыми, квадратными стеблями, с продолговатыми супротивными пальчатыми листьями. Цветки сидят мутовками в пазухах верхних листьев. Венчик двугубый, лилово-пурпуровый, с трубочкой длиннее чашечки. При основании нижней губы имеются два придатка в виде полых рожек. Нижняя губа венчика трёхлопастная, при основании жёлтая, с пурпуровыми пятнами; верхняя — шлемовидная. Чашечка с пятью тонкими, колючими зубцами и десятью жилками, четыре тычинки после отцветания остаются прямыми. Плоды — четыре орешка, обратно-йцевидные, с закруглёнными верхушками. С пикульником жабреем сходен пикульник медовник (*Galeopsis tetrahit* L.).

Чистец болотный (*Stachys palustris* L.) растёт не только по сырым, но и по сорным местам, и является особенно неприятным сорняком для огородов. Его характерная особенность — подземные корневища, имеющие на конце крупные чётковидные утолщения. Сидят эти корневища глубоко, но при тракторной глубокой вспашке выворачиваются наружу. Стебли четырёхгранные, прямостоячие, с вниз обращёнными волосками, супротивными продолговатыми, ланцетными, мелкогородчатыми листьями. Нижние листья короткочерешковые, верхние — сидячие. Цветки губовидные, темнорозовые, в мутовках, сближенных в густой колос. Чистецов имеется несколько видов.

Губоцветные вместе с **вербеновыми** (*Verbenaceae*) входят в состав порядка **вербеновых** (*Verbenales*). Вербена — сорное растение с мелкими светлолиловыми цветками, распространена на юге.

32. Сем. Мареновые (*Rubiaceae*)

Отличается от всех предыдущих сростнолепестных семейств нижней завязью и в этом отношении сходно с семейством зонтичных, которое, как мы знаем, относится к свободнoleпестным.

Встречающиеся у нас мареновые — травянистые растения, но в тропических странах встречаются в виде крупных деревьев — хинное дерево (*Cinchona*), кофейное дерево (*Coffea*).

Мареновые имеют простые листья, расположенные на стебле мутовками. Каждая мутовка состоит из 4—8 листьев, из которых только те считаются настоящими листьями, которые имеют в пазухах почки или побеги, а остальные приходится рассматривать как прилистники. Цветки мелкие, звездчатые,

с нижней завязью, собранные в верхушечные и пазушные полузонтики. Венчик 4—5-раздельный, тычинки — по числу лепестков венчика. Завязь двугнёздная. Плоды мелкие. Общее число видов мареновых достигает 4 500.

На лугах, по межам, вдоль дороги в лесу растут подмаренники, которые не имеют кормового значения.

Подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.) (рис. 219) — многолетнее растение со слабыми стелющимися стеблями и с мутовками линейных, сидячих листьев; всё покрыто мелкими крючковидными щетишками,

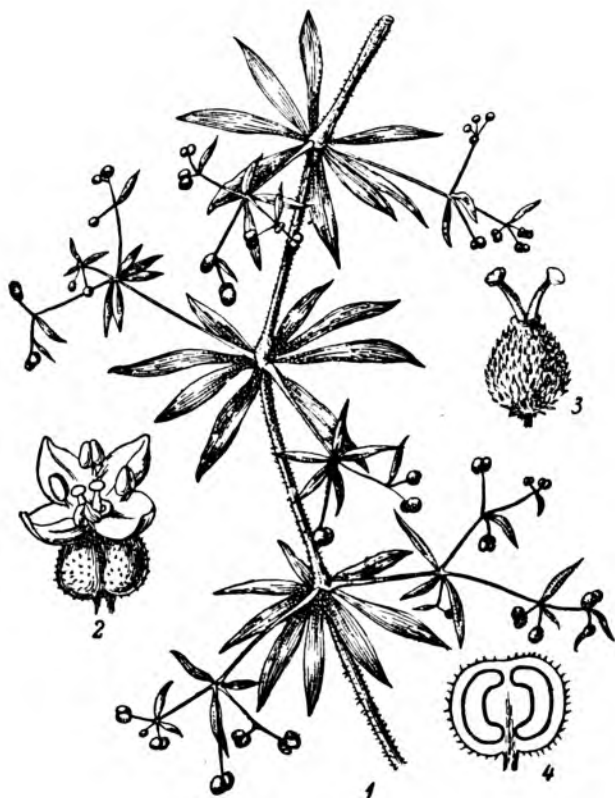


Рис. 219. Подмаренник цепкий (*Galium aparine*):
1 — общий вид растения; 2 — цветок; 3 — плод; 4 — плод в разрезе.

благодаря которым листья и стебли цепляются за одежду. Цветки зеленовато-жёлтые или белые. Встречается не только на лугах, но и как сорняк в посевах.

Подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.) сходен с предыдущим, но с мягкими, лишёнными щетинок, стеблями и листьями и с белыми пахучими цветками.

Подмаренник настоящий (*Galium verum* L.) с жёлтыми пахучими цветками.

В лесах встречается ясменник (*Asperula*), а в средиземноморских странах — марена (*Rubia tinctorum*), корневища которой содержат красную краску. Растёт дико и разводится в Закавказье.

Семейство мареновых вместе с жимолостными (*Caprifoliaceae*), ворсянковыми (*Dipsacaceae*) и мауновыми относится к одному порядку — Rubiales.

33. Сем. Мауровые (Valerianaceae)

Валерьяна лекарственная (*Valeriana officinalis* L.) (рис. 220) — высокое (до 1,5 м) многолетнее растение с прямыми, бороздчатыми, внизу пушистыми стеблями. Листья перисторассечённые, с крупными зубчатыми долями, число которых колеблется от 4 до 11 пар. Листорасположение супротивное, стебли заканчиваются крупной, шитковидной, розовато-белой метёлкой. Цветки мелкие, обоеполые, с нижней завязью; чашечка вначале незаметна, а позднее разрастается и превращается в перистую, мохнатую летучку; венчик воронковидный, слегка неправильный, у основания

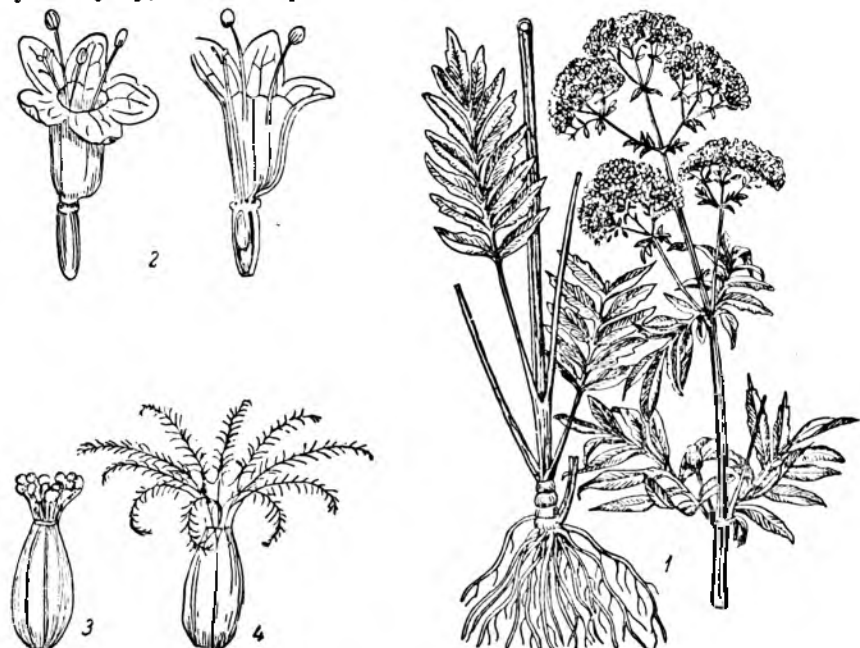


Рис. 220. Валерьяна лекарственная (*Valeriana officinalis*):
1 — общий вид растения; 2 — цветок; 3 — пестик; 4 — плод-семянка.

с полным бугром. Тычинок три, столбик нитевидный. Плод — семянка с летучкой. Валерьяна растёт по влажным и сухим лугам. Из корней валерьяны изготавливаются валерьяновые капли, действующие на нервную систему, регулирующие работу сердца. В луговодстве валерьяна считается вредным растением.

Как салат разводится *Valerianella olitoria*.

34. Сем. Колокольчиковые (Campanulaceae)

Колокольчик раскидистый (*Campanula patula* L.) — двухлетнее растение с тонким ребристым стеблем, с сидячими на нём ланцетными листьями и черешковыми прикорневыми листьями лопатовидной формы. Все листья на краю с мелкими редкими городками. Цветки фиолетовые, воронковидно-колокольчатые. Венчик до половины пятираздельный; чашечка из пяти ланцетно-шиловидных чашелистиков. Пять тычинок прикреплены к верхней части завязи расширенными основаниями нитей. Завязь — нижняя, из трёх гнезд, столбик один, с трёхраздельным рыльцем. Плод — коробочка.

со множеством мелких семян. Расширенные части тычиночных нитей играют роль клапанов, защищающих находящийся под ними нектар от бесполезных мелких насекомых; крупное же насекомое своим хоботком может свободно раздвинуть их и достать нектар. Процесс перекрёстного опыления совершается с помощью пчёл, а самоопыление происходит в том случае, когда первый способ не удаётся. Автогамия (самоопыление) достигается путём спирального закручивания долей рыльца, вследствие чего их внутренние поверхности прикасаются к столбику пестика, на котором задерживаются пылевые зёрна из пыльников, вскрывшихся значительно раньше.

Из других видов колокольчиковых на лугах постоянно растут и придают им яркоголубую окраску: колокольчик круглолистный (*Campanula rotundifolia*) (рис. 221), колокольчик персиколистный (*C. persicifolia*), примочная трава (*C. glomerata* L.), букашник горный (*Jasione montana* L.), бубенчик (*Adenophora lilifolia*) и как декоративное разводится лобелия (*Lobelia*) и др. Всего в умеренных и жарких областях известно до 1150 видов колокольчиковых.

Колокольчиковые могут быть отнесены к тому же порядку (Synaptracae), что и следующие два семейства — тыквенные и сложноцветные.

35. Сем. Тыквенные (Cucurbitaceae)

Однодомные, реже двудомные растения с ползучими и лазящими стеблями, обычно снабжённые усиками, выходящими из основания очередных и пальчато-нервных листьев. Цветки расположены в пазухах листьев. Они пятилепестного типа, с лопастной или раздельной чашечкой и венчиком, опадающим вместе с чашечкой. Тычинок в мужских цветках пять, из которых четыре срастаются между собой попарно, а пятая остаётся более или менее свободной. Завязь в женских цветках нижняя, со многими семяпочками, обычно трёхгнездная; столбик короткий, рыльце лопастное. Опыление производят насекомые, прилетающие за нектаром, находящимся у мужских цветков на медовом диске, расположенном во внутреннем пространстве между тычиночными нитями, а у женских цветков — вокруг основания столбика. Плод мясистый, сочный, многосеменной, ложный, ягодообразный. Известно



Рис. 221. Колокольчик круглолистный (*Campanula rotundifolia*):

- 1—2 — соцветие и прикорневые листья;
3 — цветок в разрезе до распускания;
4 — раскрывшийся цветок.

цветках пять, из которых четыре срастаются между собой попарно, а пятая остаётся более или менее свободной. Завязь в женских цветках нижняя, со многими семяпочками, обычно трёхгнездная; столбик короткий, рыльце лопастное. Опыление производят насекомые, прилетающие за нектаром, находящимся у мужских цветков на медовом диске, расположенном во внутреннем пространстве между тычиночными нитями, а у женских цветков — вокруг основания столбика. Плод мясистый, сочный, многосеменной, ложный, ягодообразный. Известно

свыше 760 видов тыквенных дикорастущих в субтропических и тропических странах.

К тыквенным относятся бахчевые и овощные растения: тыква (*Cucurbita Pepo*), арбуз (*Citrullus vulgaris*), дыня (*Cucumis Melo*) и огурец (*Cucumis sativus*) (рис. 222).

Тыква крупная (*Cucurbita maxima*) — самое крупное растение из всех тыквенных. Оно имеет значение не только как овощное, но и как кормовое растение. Стебли стелющиеся и цепляющиеся, способные взбираться на бугры, плетни и кустарники.

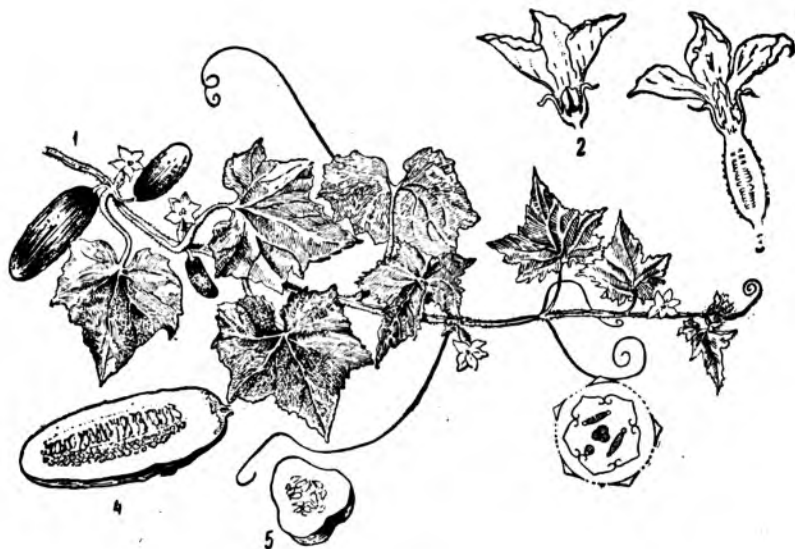


Рис. 222. Огурец (*Cucumis sativus*):

1 — общий вид растений; 2 — мужской цветок в разрезе; 3 — женский цветок; 4 — плод — ложный ягодообразный — на продольном разрезе; 5 — плод на поперечном разрезе.

Стебель бороздчатый, угловатый, полый. Длина стеблей достигает 4—5 м. Листья очень крупные, черешковые, сердцевидные, с 5—7 острыми, мелкозубчатыми лопастями, иногда образующими лопасти второго порядка. Угол между лопастями обыкновенно острый. Листорасположение очередное. Черешки листьев длинные, полые. Листья и стебли покрыты жёсткими, шиповидными волосками. Усики-прицепки трёх-пятираздельные. Они служат для прикрепления лежащего стебля к земле и окружающим растениям. Способность их закручиваться штопорообразно делает прикрепление стебля к точкам опоры эластичным. Крупные ярко-жёлтые цветки тыквы сидят по одному в пазухах листьев. Чашечка состоит из пяти незначительных зелёных чашелистиков. Венчик спайнолепестный, воронковидный, пятираздельный, с острыми лопастями. Внутренняя поверхность венчика густоволосистая. У мужских цветков тычинки образуют колонку из пыль-

ников, а четыре тычиночные нити срастаются попарно. Пятая тычиночная нить свободна, отчего между нитями тычинок образуются промежутки, через которые крупные насекомые, усаживающиеся на пыльниковую колонку, просовывают хоботок к широкому медовому диску, находящемуся под тычинками. У женских цветков местом для посадки насекомых является трёхлопастное сочное рыльце, находящееся на коротком столбике, при основании которого находится нектарник. Завязь нижняя. На поперечном разрезе видно, что она трёхгнездная, с большим числом семян, сидящих на вдающихся внутрь плода семяносах. Цветки тыквы издают сильный аромат. После перекрёстного опыления женский цветок тыквы закрывается, и начинается развитие плода, который у некоторых кормовых сортов достигает колоссальных размеров — до 50 и даже до 100 кг. У зрелых плодов стенки вплоть до плотного наружного коркового слоя имеют мясистое строение, а семяносы превращаются в волокнистую клейкую массу, покрывающую клейким слоем семена тыквы. Зрелые плоды полые. Семена тыквы белые, с утолщённым краем, богаты маслом. Другой вид возделываемой тыквы — кабачки (*Cucurbita Pepo*) — имеет плоды мельче и нежнее, чем предыдущий вид. Используется как овощное растение (рис. 97).

Из дикорастущих тыквенных у нас встречается переступень белый (*Brugonia alba* L.) (рис. 315) — дико растущее растение, развивающееся по пустырям и вьющееся по заборам. Стебли с усиками, цепляющиеся. Ягоды чёрные. Все части растения ядовитые. Яд брioniн вызывает у животных тошноту, понос и нервное возбуждение.

Как технические растения на юге разводятся люфа (*Luffa*), из плодов которой добывается мочало, и горлянка (*Lagenaria*), плоды которой идут на изготовление посуды.

36. Сем. Сложноцветные (Compositae)

Семейство сложноцветных — самое обширное из всех семейств цветковых растений. Оно объединяет в себе более 800 родов и более 15 тыс. видов растений. Филогенетически это семейство считается одним из наиболее молодых семейств, находящихся в периоде усиленного видообразования, на что указывает разнообразие сходных видов, множество разновидностей, разнообразие биологических приспособлений к окружающим условиям и широкое распространение по всем материкам земного шара. Общие признаки семейства следующие: преимущественно травянистые растения, чаще с очередными листьями без прилистников. Цветки собраны в корзинки, окружённых обвёрткой, которая состоит из прицветников, расположенных однорядно, двухрядно или черепитчато. Цветоложе или голое, или плёчатое, или волосистое. Так как на нём сидит множество мелких цветков, то корзинка производит впечатление одного цветка, особенно в тех случаях, когда

корзинка сама небольшого размера. Чашечка отсутствует или вместо неё плёнки, щетинки или хохолок из перистых или простых волосков, остающихся при плоде. Венчик образовался из пяти сросшихся лепестков. В зависимости от способа срастания цветки приобретают то правильную трубчатую форму, то неправильную — истинноязычковую. У трубчатых цветков обычно заметны пять зубчиков, соответственно пятерному типу цветка. Язычковый венчик — это как бы разрезанный вдоль и развёрнутый — трубчатый; он обладает на вертушке также пятью зубчиками. Как в трубчатых, так и в язычковых цветках имеется пять тычинок и один пестик, следовательно, это цветки обоеполые. Тычинки прирастают нитями к нижней части лепестков, а пыльники их срастаются в трубочку. Пестик имеет завязь, длинный столбик, проходящий сквозь трубочку из пыльников, и двухлопастное рыльце. Завязь нижняя одногнёздная, с одной семяпочкой, образовалась из двух плодolistиков. Плоды семянки часто снабжены хохолком из волосков, служащим для разноса плодов ветром.

Кроме трубчатых цветков и истинноязычковых, у сложноцветных часто бывают ещё ложноязычковые и воронковидные цветки, расположенные по краю соцветия и делающие его более крупным, ярким и заметным. Роль этих цветков — «рекламная», они привлекают опылителей — насекомых. Ложноязычковый цветок не имеет тычинок, а только зачаточный пестик. Он состоит как бы из двух губ, из которых верхняя не развита, а нижняя вытянута в язычок и имеет на конце три зубчика, так как образовалась от срастания трёх лепестков. Воронковидный цветок не имеет ни тычинок, ни пестика; трубчатый венчик его на вертушке расширен в виде неправильной воронки и имеет неравные по длине зубцы.

Многие сложноцветные имеют млечный сок. Запасным веществом у них является инулин.

Семейство сложноцветных разбивается на следующие группы:

1. Языкоцветные (Liguliflorae), у которых все цветки в корзинке истинноязычковые (с пятью зубчиками). Сюда относятся осоты (Sonchus), одуванчики (Taraxacum), ястребинки (Hieracium), козлобородник (Tragopogon), цикорий (рис. 223) и др.

2. Дисконосные (Corymbiferae), у которых краевые цветки корзинки — ложноязычковые, а срединные — трубчатые. Сюда относятся подсолнечники (Helianthus), тысячелистник (Achillea millefolium) (рис. 223, I), пупавки (Anthemis), нивяники (Leucanthemum) (рис. 223, III).

3. Трубочкоцветные (Tubiflorae), у которых все цветки в корзинке трубчатые или краевые цветки ворончатые. Сюда относятся бодяки (Cirsium), васильки (Centaurea), лопухи (Lappa), чертополохи (Carduus), полыни (Artemisia) и др.

Из культурных растений к сложноцветным относятся подсолнечник (Helianthus annuus), земляная груша

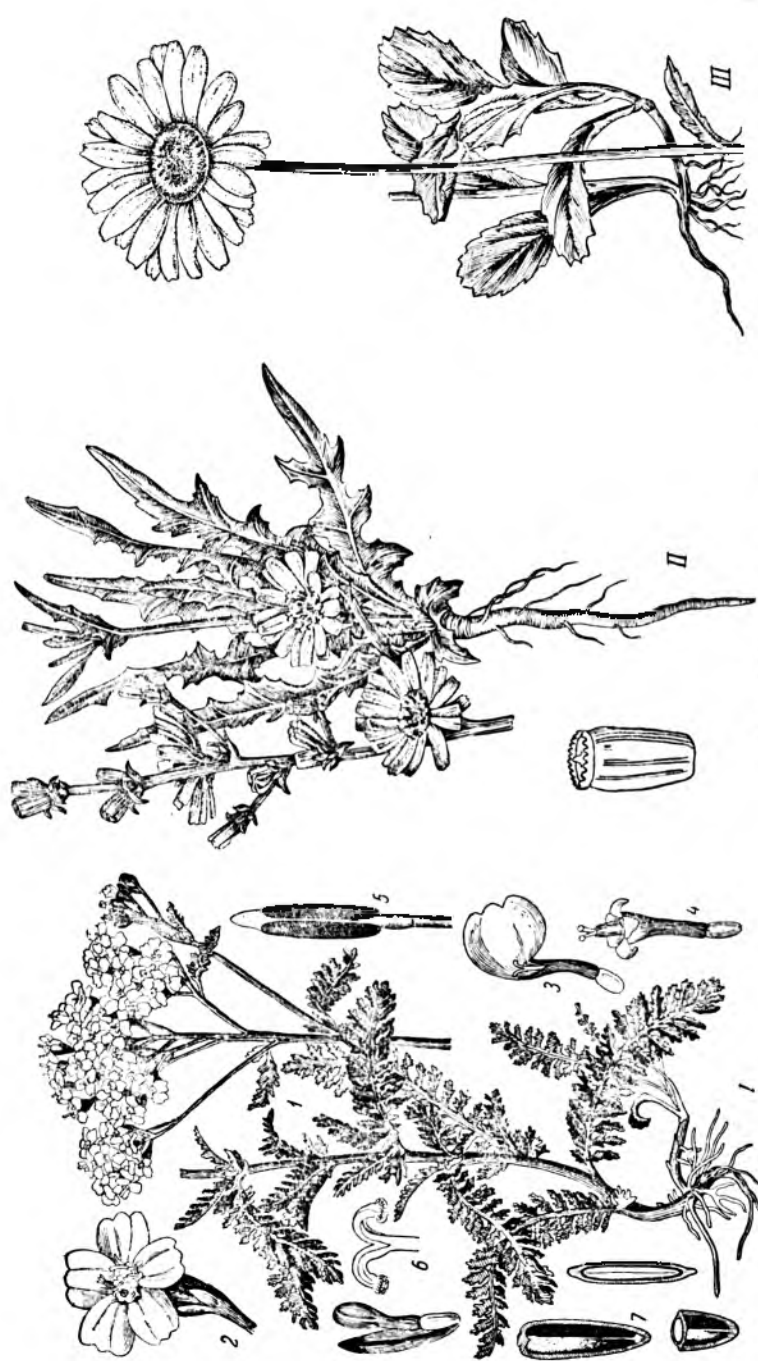


Рис. 223.

I — тысячелистник (*Achillea millefolium*); 1 — цветущее растение; 2, 3 и 4 — цветок; 5 — тычинка; 6 — рыльце; 7 — плод; II — цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*) и его плод; III — нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare*).

(*Helianthus tuberosus*), цикорий (*Cichorium intybus*), сафлор (*Carthamus tinctorius* L.), салат (*Lactuca sativa* L.), артишок (*Cynara scolymus*), сладкий корень (*Scorzonera hispanica*) и др.

Некоторые из сложноцветных имеют значение в медицине: ромашка (*Matricaria chamomilla*) (рис. 224, I), девясил (*Inula*), арника (*Arnica montana*), одуванчик (*Taraxacum*



Рис. 224.

I — ромашка дикая (*Matricaria chamomilla*); II — полынь горькая (*Artemisia absinthium*); III — пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*).

officinale), череда (*Bidens tripartita*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*) (рис. 224, II), пижма (рис. 224, III) и др.

Среди сложноцветных много декоративных садовых растений: георгина (*Dahlia*), астры (*Aster*), маргаритка (*Belvis perennis*) и хризантемы (*Chrysanthemum*).

Ценным растением в борьбе с паразитами-насекомыми жилищ и с вредными насекомыми в сельском хозяйстве является «далматская ромашка» (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) и пиретрум розовый (*Pyrethrum roseum*).

Ряд сложноцветных имеет в корнях и стеблях млечный сок такого состава, что из них добывают каучук. К таким растениям относятся кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz* Rodin), тау-сагыз (*Scorzonera tau-saghyz* L. et B.), гваюла (*Parthenium argentatum*), золотарник (*Solidago Leavenworthii*), хондрилла (*Chondrilla*) и др.

Среди сложноцветных встречается особенно много сорняков, с которыми приходится вести ожесточённую борьбу: бодяки (*Cirsium*), осоты (*Sonchus*), чертополохи (*Carduus*), полыни (*Artemisia*), одуванчики (*Taraxacum*), мелколепестники (*Erigeron*), горчаки (*Picris*), ястребинки (*Hieracium*), василёк (*Centaurea*), лопух (*Lappa*), мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*) (рис. 225) и многие другие.

Многочисленные виды полыни распространены в степной и полустепной зонах, где они являются ландшафтными растениями, имеющими кормовое значение.

Из множества сложноцветных мы опишем лишь нижеследующие.

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) — высокое однолетнее растение, культивируемое как масличное, а также с целью использования на силос (рис. 226).

Ко времени цветения хорошо развившийся подсолнечник имеет толстые стебли до 1,2—2,5 м высотой, иногда вверху ветвистые. Стебли покрыты жёсткими волосками, защищающими их от мягкотелых животных. Листорасположение очередное. Листья крупные, черешковые, сердцевидные, зубчатые, сетчатонервные. Соцветия — крупные корзинки, из которых средняя, сидящая на главном стебле, достигает наибольшей величины (иногда 30 см в диаметре). Каждая корзинка имеет плоское или слабо выпуклое цветоложе, на котором сидит множество цветков. Корзинка окружена зелёными заострёнными, реснитчатыми, яйцевидно заострённой формы листьями черепитчатой обвёртки, из которых наружные особенно широки и загнуты вниз, а внутренние более узкие и плёчатые. Цветки в корзинке двух родов: наружные — крупные, лепестковидные, ложноязычковые, ярко-жёлтые, бесплодные, делающие соцветие особенно заметным, и внутренние — мелкие, трубчатые, с тычинками и пестиками. Трубчатые цветки сидят на цветоложе в пазухе прицветника. Внутренние цветки самые молодые и распускаются наиболее поздно, а наружные — самые старые и зацветают раньше. Каждый трубчатый цветок имеет белую нижнюю завязь, к верхушке которой прикреплены два чашелистика, имеющих вид плёночек. Трубочка венчика желтоватого цвета, при основании несколько вздутая,



Рис. 225. Мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*).

а на верхушке заканчивающаяся пятью зубчиками. Столбик постепенно удлиняющийся и заканчивающийся щёточкой из волосков и двухлопастным рыльцем. При основании столбика имеется нектарник, обильно выделяющий сладкий сок. Тычинок пять. Они прикреплены тонкими нитями к расширенной части венчика,

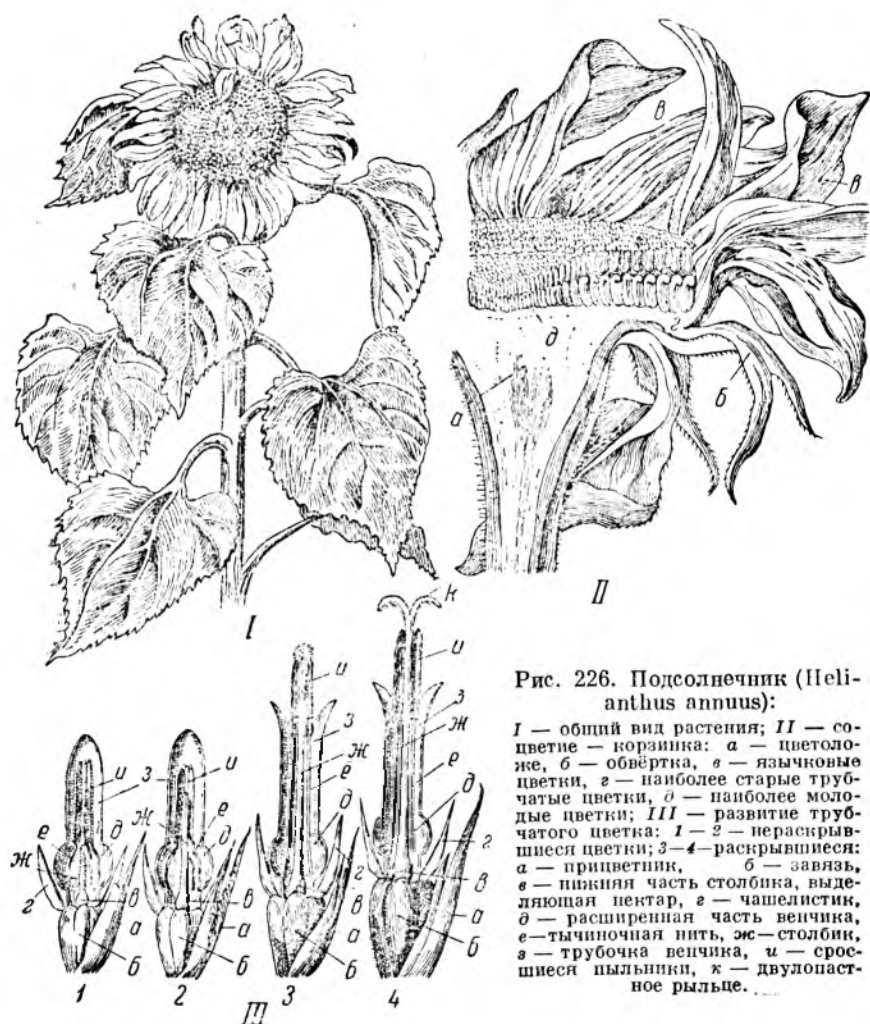


Рис. 226. Подсолнечник (*Helianthus annuus*):

I — общий вид растения; II — соцветие — корзинка: а — цветоложе, б — обвёртка, а — язычковые цветки, г — наиболее старые трубчатые цветки, д — наиболее молодые цветки; III — развитие трубчатого цветка: 1 — 2 — нераскрывшиеся цветки; 3 — 4 — раскрывшиеся: а — прицветник, б — завязь, в — нижняя часть столбика, выделяющая нектар, г — чашелистик, д — расширенная часть венчика, е — тычиночная нить, ж — столбик, з — трубочка венчика, и — сросшиеся пыльники, к — двулопастное рыльце.

а тёмные их пыльники срастаются в трубочку. Вскрываются пыльники внутрь, и в момент цветения жёлтые пыльцевые зёрна заполняют тычиночную трубочку. Удлиняющийся столбик выталкивает пыльцевые зёрна на верхушку тычиночной трубочки, откуда они уносятся брюшком насекомых, собирающих нектар. Только теперь две лопасти рыльца расходятся и закручиваются

в виде двух спиралей. К опылению приспособлены внутренние поверхности рылец, и на них пыльцевые зёрна приносятся насекомыми или с других корзинок или с других цветков той же самой корзинки. Перекрёстным опылением можно считать лишь первый способ, часто встречающийся у подсолнечника. Вслед за опылением происходит отплодотворение, и затем в корзинке развиваются плоды — семечки. У молодых корзинок подсолнечника развита способность к движениям: утром все они бывают обращены к востоку и в течение дня следуют за ходом солнца. Вечером корзинки направлены к заходящему солнцу, а за ночь вновь успевают повернуться к восходящему солнцу. Можно думать, что это свойство, выраженное у других растений в более слабой степени, у подсолнечника развилось как приспособление к перекрёстному опылению, так как освещённые корзинки сильнее бросаются в глаза опылителям. Отцветшие корзинки несколько склоняются и прекращают свою нутацию, оставаясь до конца созревания все, как одна, обращёнными к юго-востоку. В диком виде подсолнечник встречается в Мексике и в Перу.

Земляная груша, или топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.), также относится к семейству сложноцветных (рис. 45). Это растение имеет сходство в строении стеблей и листьев с подсолнечником. На подземных столонах, так же как и у картофеля, у топинамбура образуются клубни, содержащие в себе до 20% сухих веществ, из которых на долю инулина — весьма питательного и сходного по составу с крахмалом углевода — приходится до 17%. Азотистых веществ клубни содержат до 2%, а 1% приходится на долю золы и древесины. Стебель топинамбура достигает величины подсолнечника (1,2—2,5 м). Он прямостоячий, более ветвистый, чем у последнего, и полудеревянистый. Листья крупные, яйцевиднозаострённые, с сердцевидным основанием, с зубчатым краем, нижние — супротивные, верхние — очередные. Всё растение жёстковолосистое. Соцветия — корзинки, с 12—15 жёлтыми язычковыми цветками, окружёнными обвёрткой из ланцетных жёсткошетиных листьев. Цветёт топинамбур редко и только на юге.

Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.) (рис. 227, I). Растение со стержневым корнем, заканчивающимся коротким корневищем с розеткой неправильно-перистораздельных листьев. Жёлтые корзинки сидят на безлистных цветочных стрелках. Во время цветения они находятся над землёй, а по отцветании прилегают к земле и в таком положении остаются вплоть до созревания. Все язычковые цветки в корзинках окружены обвёрткой, у которой один ряд листочков отогнут вниз, а другой ряд прижат к соцветию. Растение снабжено млечным соком. Одуванчик разрастается как сорняк.

Одуванчик, растущий на открытом месте, широко раскидывает свою розетку, а растущий в траве имеет листья, поднятые вверх. Изрезанность листовых пластинок в первом случае также

большая, чем во втором случае. Цветки одуванчика сидят на разросшемся цветочном ложе. Каждый цветок имеет нижнюю завязь, на которой вместо чашечки находятся простые волоски. Венчик — в нижней части сросшийся в трубочку, а в верхней — в язычок, на конце которого видны пять зубчиков, указывающих на происхождение из пяти лепестков. Тычинки прикреплены к трубочке венчика. Пыльниками они срослись в трубочку, сквозь

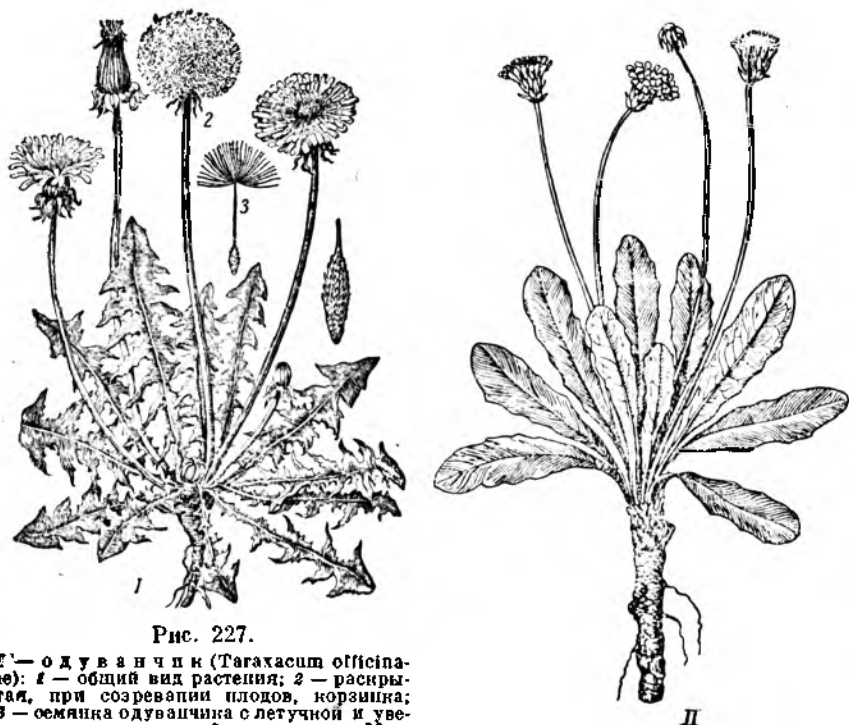


Рис. 227.

I — одуванчик (*Taraxacum officinale*): 1 — общий вид растения; 2 — раскрытая, при созревании плодов, корзинка; 3 — семянка одуванчика с летучкой и увеличенная семянка без летучки; II — «кокс-сагыз» (*Taraxacum kok-saghyz*).

которую удлиняется столбик пестика, заканчивающийся раздвоенным рыльцем, лопасти которого загибаются спирально при выходе наружу. Плоды — семянки, при созревании превращаются в шаровидные пушистые головки и разносятся с помощью ветра, благодаря летучкам, образующимся из волосков чашечки. Плоды и семена одуванчика могут развиваться партеногенетически, т. е. без оплодотворения.

Линнеевский вид одуванчика в настоящее время разделяется на много элементарных видов. Одуванчик встречается в густой траве, в садах, в лесу, а также обильно растёт на уплотнённых почвах, по дорогам, выгонам и т. п. Первое цветение одуванчика бывает в разгар весны, а второе цветение наблюдается в конце лета. Небольшая примесь одуванчика к траве улучшает кормовое качество последней. В Крыму произрастает одуванчик (*Taraxacum gymnanthum* D. C.), млечный сок которого содержит также каучук.

Большое значение как каучуконос у нас приобрёл одуванчик *кок-сагыз* (*T. kok-saghyz*) (рис. 227, *II*), отличительные особенности которого следующие: розетка листьев выходит из мощного корня, содержащего обильный млечный сок, богатый каучуком. Листья удлинённые, широколанцетные, цельнокрайные или выемчатозубчатые, иногда струговидно надрезные. Соцветие — корзинка более мелкая, чем у обыкновенного одуванчика. Ли-



Рис. 228.

I — осот полевой (*Sonchus arvensis*) из семейства сложноцветных; *II* — осот огородный (*Sonchus oleraceus*).

сточка наружной обвёртки несколько отогнутые, яйцевидно-ланцетной формы, с крючковидно загнутым концом; листочки, внутренней обвёртки линейные, прижатые к соцветию, с плёчатый краем. Корзинки яркожёлтые. Носик плода равен по длине хохолку, состоящему из белых волосков. Семянки серо-жёлтые, цилиндрические, четырёхгранные с шипиками.

Осот полевой, или жёлтый (*Sonchus arvensis* L.) (рис. 228, *I*), особо вредное растение, встречающееся на пустырях, по сорным местам, около канав и распространённое в посевах овса и других полевых растений, а также на огородах. Многолетник, до 1,5 м высотой; размножается с помощью длинных корней, дающих корневую поросль. Главный корень заходит на глубину до 50 см, а боковые тянутся на глубину 6—12 см. Стебли полые, твёрдые, внизу простые и без волосков. Верхние листья с сердцевидным основанием, сидячие, стеблеобъемлющие, цельные или выемчато-перистолопастные, с треугольными,

назад обращёнными надрезами. Нижние листья черешковые, при основании с круглыми ушками. Растение жестковатое от волосков. Корзинки в диаметре около 2,5 см, с яркожёлтыми язычковыми цветками, сидят в редкой щитковидной метёлке. Обвёртки и цветовосы с железистыми волосками. Листочки обвёртки черепитчатые. Форма корзиночек кувшинчатая. Плоды — семечки сплюснутые, ребристые, с летучкой из простых снежно-белых волосков. Осот содержит белый млечный сок. От многолетнего осота полевосого отличается однолетний осот огородиный (*Sonchus oleraceus* L.) (рис. 228, II) со стеблем ветвистым от основания, со светложёлтыми мелкими корзинками, с острыми ушками при основании листьев. С последним сходен осот жёсткий (*Sonchus asper* Vill.).

Горчак ястребинковосый (*Picris hieracioides* L.) — двухлетнее сорное растение, обычно встречающееся на лугах, 30—100 см высотой, с ветвистыми стеблями, листья на которых сидячие и несколько стеблеобъемлющие. Прикорневые листья продолговатые, выемчатозубчатые. Растение жёстко-шершавое от крючковатых волосков. Корзинки золотисто-жёлтые в щитковидной метёлке на неутраченных побегах. Обвёртки черепитчатые, наружные листочки обвёрток отогнутые. Все цветки в корзинке язычковые. Волоски хохолка перистые. Плоды — семечки с 5—10 продольными бороздками. На юге особо вредным сорняком является горчак розовосый (*Acroptilon picris* C. A. M.).

Бодяк полевой, или осот розовосый (*Cirsium arvense* Scop.) (рис. 28 и 37). Это до чрезвычайности вредное растение, распространённое не только на мусорных местах, но и в посевах на полях и огородах. Борьба с ним затрудняется тем, что его корневая система способна давать обильные побеги из придаточных почек и глубоко уходить в почву. Растение многолетнее, до 1,2 м высотой. Стебель прямой, ветвистый, несколько паутинистый. Листья сидят по всему стеблю; они продолговатоланцетные, цельные или выемчатонадрезанные, к основанию суженные, избегающие на стебель, по краю покрыты реснитчатыми шипами. Корзинки до 1 см в диаметре, яйцевидные, в редком соцветии; цветки лиловые, трубчатые. Волоски хохолка перистые.

Размножение бодяка происходит как подземными органами, так и с помощью семян. Последние разносятся ветром на целые километры, и таким образом заросль этого растения, площадью в несколько квадратных метров, может обсеменить десятки гектаров земли. Семена обладают высокой всхожестью и прорастают на поверхности влажной почвы при 25—30°. Разрастается бодяк с большой силой, и из одного растения с помощью корневых отпрысков в течение года образуется до 60 новых розеток. Корни бодяка заходят на глубину 4—6 м. Боковые корни размножения тянутся на глубине 15—30 см. Они дают от себя обильную поросль, причём каждый отрезок, длиной до 10 см, в течение месяца успе-

дает дать новое растение, продолжающее размножаться вегетативным способом.

Только постоянным уничтожением зарослей бодяка и путём правильного севооборота, с паром, пропашными культурами, культурой многолетних трав, пожнивным лушением стерни, вспашкой на зябь и при условии глубокой пахоты под яровые возможно искоренить бодяк — этот злейший сорняк.



Рис. 229. Василёк синий (*Centaurea cyanus*):

1 — общий вид побега; 2 — соцветие — корзинка в разрезе; 3 — краевой цветок; 4 — срединный цветок; 5 — «прорастание» рыльца сквозь трубочку из тычинок; 6 — выбрасывание пыльца из тычиновой трубочки; 7 — двухлопастное рыльце, выдвинувшееся из тычиновой трубочки; 8 — плод — семянка с хохолком (увел.); 9 — всход василька.

Василёк синий, иначе называемый василёк полевой, или голубой (*Centaurea cyanus* L.) (рис. 229). Этот красивый сорняк иногда во множестве появляется в посевах как озимых, так и яровых хлебов на плохо обработанной почве. Растение однолетнее, встречающееся в яровой и озимой формах. Высота его 30—60 см. Цветёт в июне и июле. Стебли прямые, ветвистые, стеблевые листья линейные или линейноланцетные и лишь прикорневые перистораздельные. Кроме слабого развития листьев, растение защищено от потери воды довольно густым волосатым покровом. В корзинке срединные цветки трубчатые,

а краевые воронковидные и бесплодные с ярко окрашенными голубыми, а иногда и синими венчиками, играющими роль сигнализаторов для насекомых. Трубочка венчика краевых цветков белая и сильно изогнута; завязь у них слабо развита. Срединные цветки корзинки более мелкие, имеют пять розоватых лепестков и длинную трубочку венчика, выходящую из нижней завязи. Сквозь трубочку венчика проходит белый нитевидный столбик, заканчивающийся двулопастным рыльцем, сложенным до тех пор, пока оно не покажется на верхушке цветка. Под рыльцем на столбике находится «щёточка» из коротких волосков, пять тычинок срослись своими тёмными пыльниками в трубочку. Белые нити тычинок прикреплены к верхней части трубочки венчика. Они обладают способностью сокращаться от прикосновения и тянуть за собой пыльниковую трубочку. Находящаяся внутри пыльниковой трубочки белая пыльцевая масса выталкивается при этом «щёточкой» рыльца наружу, прямо на брюшко насекомому, которое прилетает на василёк за нектаром, находящимся в глубине трубочки венчика. Опылителями являются длиннохоботные бабочки. Наблюдать процесс выталкивания пыльцевых масс у василёка можно путём введения в молодой, неопылённый цветок тончайшей заострённой палочки.

Обёртка корзинки состоит из узких внутренних и яйцевидных, бахромчатых наружных листочков. Плоды василёка — семянки, снабжённые коротким хохолком, до некоторой степени помогающим разносу их ветром. Длина 3—4 мм. Цвет семянки серый; под золотисто-оранжевыми верхушечными волосками находится светлый ободок.

ОДНОДОЛЬНЫЕ РАСТЕНИЯ (MONOCOTYLEDONAE) ¹

В состав этого класса входит около 25 семейств, объединённых в десять порядков. В нашей флоре однодольные растения представлены травянистыми растениями. Некоторые семейства этого класса имеют представителей с ярко окрашенными околоцветниками (лилейные, касатиковые, ятрышниковые), — они имеют известное значение в цветоводстве, — но большая часть однодольных имеет невзрачные зеленоватые цветки, у которых околоцветник заменён плёнками (плёчатодветные). Многие однодольные являются полезными растениями, издавна введены в культуру или используемыми как дикорастущие.

На первом месте по использованию стоит семейство злаков — обширное семейство, распространённое по всему земному шару.

Помимо тех злаков, которые описываются нами в дальнейшем как луговые и полевые злаки, на юге встречаются следующие роды: б а м б у к (Bambusa) — древовидный злак с деревянистыми, богатыми кремнезёмом стеблями — соломинами и с многочислен-

¹ Характеристику класса однодольных см. на стр. 42, 194.

ными ветвями в пазухе листьев; бамбуки — многолетние злаки с многочисленными подземными корневищами; листья бамбуков, в отличие от других злаков, черешковые, в цветке шесть тычинок, а у большинства злаков — три; благодаря многочисленным междоузлиям, бамбуки растут с поразительной быстротой (рис. 282); сахарный тростник (*Saccharum officinarum*), из стеблей ко-

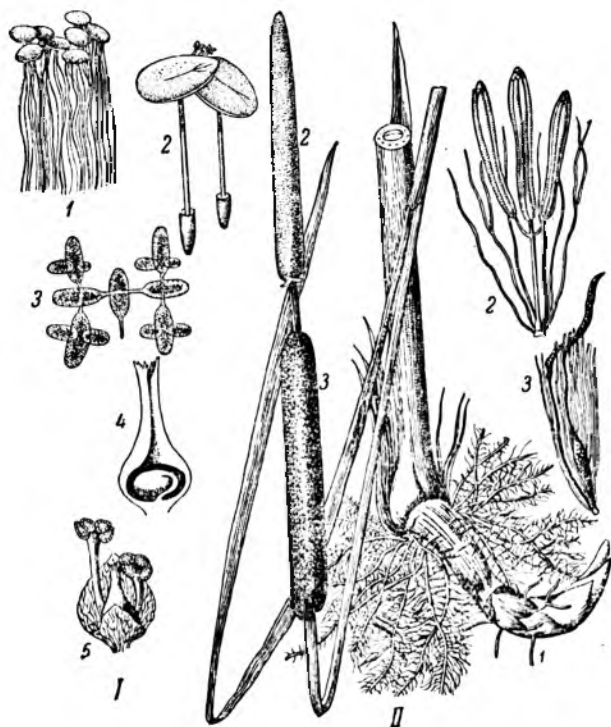


Рис. 230.

I — ряска (*Lemna minor*): 1 — общий вид растения; 2 — увеличенные цветущие растения; 3 — ряска трёхлопастная; 4 — пестик; 5 — цветок; II — рогоз (*Typha latifolia*): 1 — общий вид растения; 2 — мужские цветки; 3 — женские цветки; справа — мужской цветок (2) и женский цветок (3) в увеличенном виде.

торого добывается сахар; сорго (*Sorghum*) — кормовое растение; ковыль степной (*Stipa pennata*); рис посевной (*Oriza sativa*) — один из главнейших пищевых злаков.

Злаки вместе с семействами осоковых (*Cyperaceae*) и ситниковых (*Juncaceae*) образуют порядок плёчаточетных (*Glumiflorae*).

Многие однодольные растения приспособились к жизни в воде и болоте. Сюда относятся семейства частуховых (*Alismataceae*), сусанковых (*Butomaceae*), водокрасовых (*Hydrocharitaceae*) — телорез, элодея, валлиснерия, рдестовых (*Potamogetonaceae*) и др. Все они образуют один порядок болотниковых (растений, живущих в воде) (*Helobiales*). Семейства рогозовых (*Typhaceae*), аронниковых (*Araceae*),

рясковых (Lemnaceae) и др. образуют порядок початкоцветных (Spadiciflorae) (рис. 230), а семейство пальм (Palmae), растущих в тропических и субтропических странах и играющих там важнейшую роль, относится к порядку пальмоцветных (Principes) (рис. 272).

Наконец, семейства лилейных (Liliaceae), спаржевых (Asparagaceae), касатиковых (Iridaceae), подснежниковых (Amaryllidaceae) образуют порядок лилейцветных (Liliiflorae).

37. Сем. Лилейные (Liliaceae)

Лилейные имеют цветки большей частью правильные, с простым ярко окрашенным венчиковидным околоцветником из шести листочков. Тычинок шесть. Завязь трёхгнездная, верхняя, с одним столбиком и цельным или трёхраздельным рыльцем. Плод — трёхстворчатая коробочка или ягода. Лилейные — многолетние растения, размножающиеся луковицами или корневищами. Среди них попадаются деревья (юкки, драцены), но большая часть их — травянистые растения, распространённые по всему земному шару. Общее число их достигает 2 600 видов. Из культурных растений к семейству лилейных относятся виды лука и чеснока (Allium). Возделывается также спаржа (Asparagus), относящаяся к подсемейству спаржевых (Asparagaceae). Вследствие ярко окрашенных, часто крупных цветков многие лилейные используются как излюбленные декоративные (цветущие) растения: лилии (Lilium), гиацинты (Hyacinthus), тюльпаны (Tulipa) и др.

Злыми сорняками в чернозёмной полосе являются виды дикого лука (Allium rotundum и др.).

Лилейные подразделяются на три подсемейства.

К собственно лилейным относятся растения, обладающие трёхстворчатой коробочкой. К ним принадлежат роды: тюльпан (Tulipa) (рис. 231), лилия (Lilium) (рис. 86), чеснок и лук (Allium), гиацинт (Hyacinthus) и др.

К спаржевым (Asparagaceae) относятся: спаржа (Asparagus) — овощное растение, и ядовитые лекарственные растения: ландыш (Convallaria) (рис. 232, I), вороний глаз (Paris) (рис. 232, II), купена (Polygonatum) (рис. 233) и др.

К зимовниковым (Colchicaceae) относятся ядовитые растения: чемерица (Veratrum) (рис. 234) и безвременник (Colchicum).

Из всех этих растений мы опишем следующие.

Лукобыкновенный (Allium cepa L.) (рис. 235) — многолетнее луковичное растение, возделываемое на огородах ради питательных, острого вкуса и запаха, луковиц, а также для использования зелёных листьев. Листья длинные цилиндрические, на поперечном разрезе круглые, внутри полые. Все листья прикорневые, но верхние из них одевают стебли своими влагалищами. Стебли полые, ниже середины веретенообразно вздутые, до 60—100 см высотой. Цветки сидят в простых головчатых,

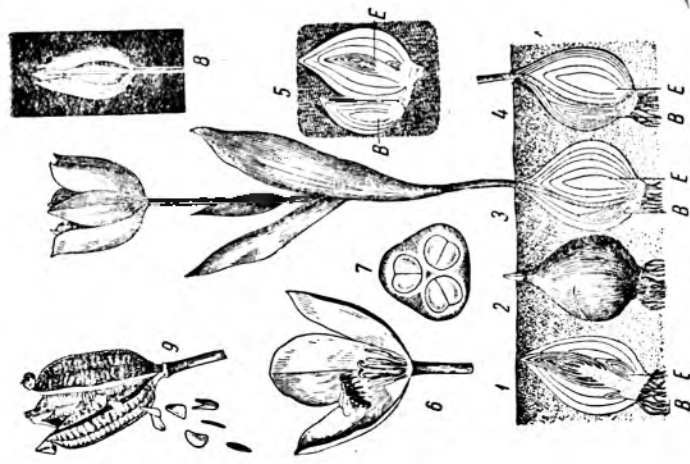
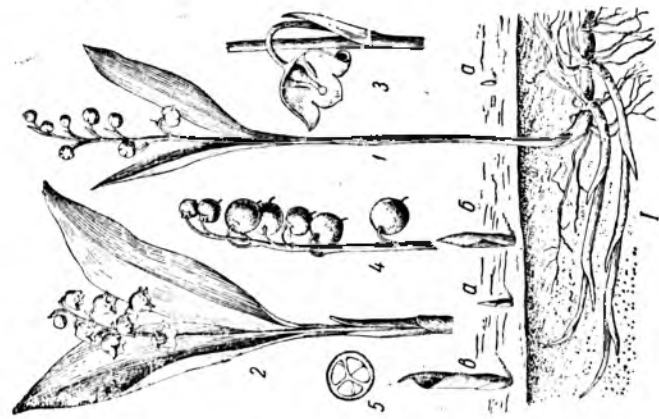


Рис. 231. Тюльпан (Tulipa):
1-6 — строение и развитие луковицы; Е —
материнская луковица, В — детка; 6-стро-
ение цветка; 7 — строение завязи; 8 — цве-
ток ночью; 9 — плод — трёхгнездная коро-
бочка.



крупных зонтиках, защищённых до цветения листовидным чехлом. Цветоножки раз в 8 длиннее цветков. Околоцветник простой, с шестью зеленовато-белыми тупыми листочками. Тычинок шесть. Нити трёх внутренних тычинок при основании расширены и имеют на верхушке по три зубца, из которых средний широкий и несёт на себе пыльник. Стебель и листья лука покрыты восковым налётом; они голые и темнозелёные.

Спаржа лекарственная (*Asparagus officinalis* L.) (рис. 47) — многолетнее растение, имеющее высоту 60—150 см. Возделывается спаржа ради крупных и многочисленных корневищ,



Рис. 233. Купена многоцветковая (*Polygonatum multiflorum*).



Рис. 234. Чемерица белая (*Veratrum album*).

дающих мясистые белые отпрыски, употребляемые в варёном виде как питательный и очень вкусный овощ. Корневища и отпрыски несут на себе спирально расположенные мелкие чешуйчатые листья. По выходе побегов на поверхность они зеленеют и превращаются в многочисленные ветвистые, прямостоячие, травянистые стебли. Листья на стеблях остаются в виде чешуй, имеющих при основании шпору. Роль листьев выполняют кладодии, т. е. тончайшие нитевидные разветвления стебля, богатые хлорофиллом и выходящие из пазух чешуй. Кладодии на поперечном сечении круглые, сидят пучками по 3—6 штук. Спаржа — двудомное растение. Цветки мелкие, зеленовато-жёлтые или беловатые, сидят при основании веточек одиночно или парами. На цветоножках имеются сочленения; цветки после цветения пони-

кают и у мужских экземпляров засыхают. Околоцветник простой, колокольчатый, шестираздельный, при основании вытянутый в тонкую трубку. Тычинок шесть. Они прикреплены к долям околоцветника и имеют нити тычинок, равные по длине пыльникам. Пестик один, с трёхгнёздной завязью, с коротким столбиком и с тремя отклонёнными рыльцами. Плод у спаржи — красная ягода с тремя гнёздами и с шаровидными чёрными семенами. Стебли и кладодии спаржи лишены волосков.

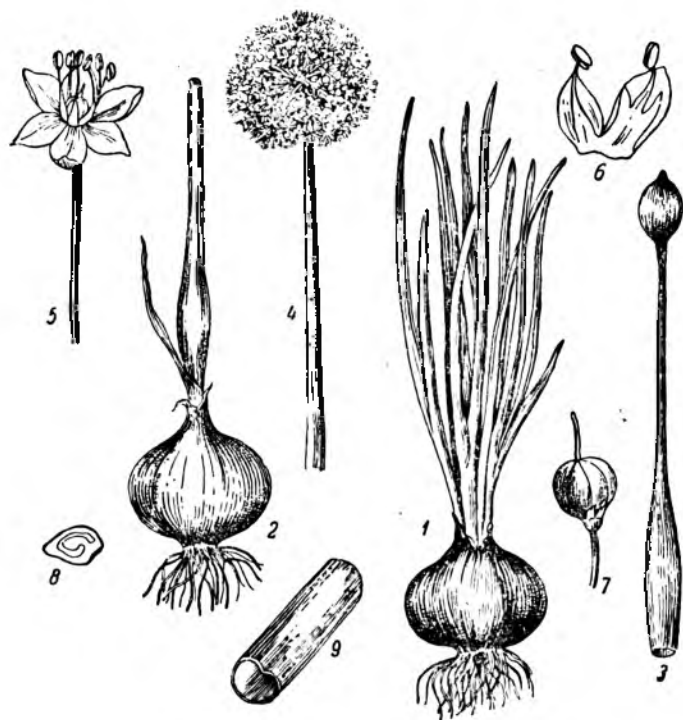


Рис. 235. Лук (*Allium* sera):

1 — проросшая луковица; 2, 3 — развившаяся на луковицы цветочная стрелка; 4 — соцветие — простой зонтик; 5 — цветок; 6 — два лепестка и две тычинки; 7 — пестик; 8 — семя в разрезе; 9 — разрез листа.

Л а н д ы ш м а й с к и й (*Convallaria majalis* L.) (рис. 232, 1) — растение с подземными корневищами, с двумя крупными широкоэллиптическими, цельнокрайными листьями, имеющими дуговидную нервацию. Черешок нижнего листа обхватывает влагалищем черешок другого листа, а между листьями выходит длинный цветоносный безлистный стебель, несущий одностороннюю кисть белых ароматичных цветков. Околоцветник простой, колокольчатый, с шестью зубчиками. Шесть тычинок прикреплены к основанию околоцветника. Завязь трёхгнёздная, рыльце трёхгранное. Плоды — сочные красные ягоды с твёрдыми семенами, распространяемыми птицами. Растение лекарственное; используются цветки для изготовления ландышевых капель, регулирующих деятельность сердца. Для голодного скота ландыш представляет большую опасность как ядовитое растение, содержащее яд конваллярин.

Чемерица белая (*Veratrum album* L.) (рис. 234)— крупное многолетнее растение (выше 1 м), с коротким мясистым корневищем, обладающим чесночным запахом, и с подземными побегами и белыми корешками. Распространяется на сыроватых лугах. Высокий стебель при основании одет влагалищами прошлогодних листьев. Листья многочисленные, крупные, стеблеобъемлющие, темпозелёные, дуговершные, вдоль складчатые; нижние широкие, овальные, заострённые; верхние яйцевидно-ланцетные. Всё растение с коротким пушком. Соцветия — метельчато расположенные крупные кисти, сидящие на вершшке стебля. Цветки желто-зелёные, со звездчатым околоцветником, с шестью лепестковидными листочками, превышающими цветоножки, тычинок шесть, пыльники обращены кнаружи, нити тычинок выходят из основания околоцветника; они в $1\frac{1}{2}$ раза короче его. Пестик с трёхгнёздной завязью и с тремя расходящимися столбиками. Нижние прицветники продолговатые, длиннее цветоножки. Плод сухой, многосемянной, распадающийся на три плодика, вскрывающихся внутренними швами.

Чемерица чёрная (*Veratrum nigrum*) отличается от первой чёрно-пурпуровыми цветками, пушисто войлочными цветоносами, прицветниками и листочками околоцветника, почти равными по длине цветоножке. Нижние листья голые.

Оба вида чемерицы сильно ядовиты, но вместе с тем и полезны как лекарственные растения. Корневища и корни применяются в ветеринарии против паразитов животных, а также в медицине для укрепления нервной системы, как хитательное средство и при кожных заболеваниях. На пастбищах крупный рогатый скот не трогает чемерицы, но овцы и телята часто отравляются ею. После высушивания растений ядовитые начала (протовератрин и др.) не теряют своих свойств и при поедании сена с чемерицей отравляют животных. Попадающие в сено семена также вызывают отравления. Необходимо уничтожать этот сорняк до сенокоса.

38. Сем. Злаковые (Gramineae)

В ботаническом отношении — это обширное семейство, насчитывающее до 240 представителей в пределах европейской части СССР и до 5 000 видов на всём земном шаре, относится к классу однодольных растений и характеризуется следующими признаками. Растения однолетние (преимущественно полевые злаки) и многолетние (преимущественно луговые) злаки. Подземные органы у однолетних злаков состоят из мочковатой корневой системы, у многолетних злаков имеются, кроме того, подземные побеги — корневища, достигающие различной степени развития и служащие для перезимовывания и для вегетативного размножения. Корневища многолетних злаков покрыты беловатыми или буроватыми влагалищами листьев, разрушающимися остатками прошлогодних стеблей и многочисленными углубляющимися в почву иногда до уровня грунтовых вод придаточными корнями, выходящими из мало заметных узлов.

У кустовых злаков корневища мало развиваются в длину, вследствие чего получается скученное расположение побегов, направляющихся в своём росте вверх, в результате чего образуется более или менее плотный куст или дерновина (рис. 42) (овсяница луговая и овечья, ежа сборная, душистый колосок, гребенник, райграс высокий и др.) У некустовых, или

так называемых пирейных, злаков корневища дают длинные боковые расползающиеся побеги, выходящие на поверхность почвы на некотором расстоянии от материнского растения и превращающиеся в новые, связанные между собой растения (костёр безостый, полевица белая, мятлик луговой, пырей обыкновенный). Только наличие кустовых и пырейных злаков в травостое даёт связную и ровную дернину.

Стебли у злаков — соломинны, обыкновенно цилиндрические или слегка сплюснутые, с плотными вздутыми узлами и с полыми (у большинства) междоузлиями. У многолетних злаков при основании цветущего стебля развиваются боковые нецветущие побеги, обильно покрытые листьями. Из них в следующем году развиваются цветущие стебли, от основания которых вновь вырастают новые бесплодные отпрыски. Цветущие стебли злаков бывают прямостоячие и только в нижней части — коленчатозогнутые. Обыкновенно голая у хлебных злаков соломина у луговых злаков часто бывает опушённой в верхней части мягкими или жёсткими волосками. Рост стеблей происходит в нижних частях молодых междоузлий.

Листья злаков состоят из влагалищ, обхватывающих и защищающих междоузлия стебля, и из линейных или узколанцетных, параллельнонервных, цельнокрайних пластинок, расположенных спирально в два ряда. Во время ветра пластинки листьев развеваются, как узкие длинные флаги. Влагалища листьев у большей части злаков расщеплены вдоль на стороне, противоположной листовой пластинке, и имеют беловатые края, заходящие друг за друга. Замкнутыми до середины и более влагалищами обладают лишь некоторые виды злаков (овсяницы, костёр, ежа, мятлики, райграсы). Пластинки листьев бывают плоские у большей части кормовых злаков и свёрнутые, щетиновидные — у злаков сухих мест (овсяница овечья, белоус, ковыль и др.).

Листья, как и стебли, содержат в себе в большем или меньшем количестве кремнезём. Особенно им бывают пропитаны крючковатые выросты кожицы, покрывающие края листьев и придающие им шероховатость, причём в одних случаях листья обнаруживают шероховатость при протягивании листа между пальцами в направлении вверх от основания, а в других случаях — в противоположном направлении. У некоторых злаков поверхность листа опушена, так же как и стебли. Опушение злаков не является благоприятным признаком в кормовом отношении. В почколожении и листья злаков бывают или складчатосложенные или свёрнутосложенные (рис. 236). В первом случае побеги имеют сплюснутый вид (ежа, райграс многолетний, гребенник, овсяница красная и др.), во втором случае побеги имеют круглую форму на поперечном разрезе (райграс многоцветковый, овсяница луговая и тростниковая, костёр безостый и др.).

Важным отличительным признаком при распознавании злаков являются язычок (*ligula*) и ушки, находящиеся в месте

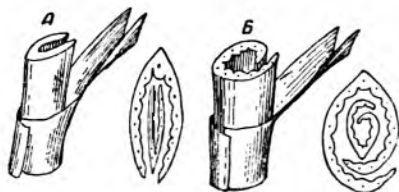


Рис. 236. Листосложение у злаков:
А — складчатосложенный лист; Б — свер-
нутосложенный лист.

ками называются острые боковые беловатые выросты основа-
ния пластинки листа, обхватывающие стебель; форма их бы-
вает или широкая, полулунная или узкая. У иных злаков они
отсутствуют или бывают заменены волосками.

Медленно растущие злаки (мятлики, овсяница красная и др.)
в первый год развивают только отпрыски с низовыми листьями,
образующими так называемый подсеd, и лишь в следующие
годы они развивают цветущие и плодоносящие стебли. Такие
злаки дают полный урожай лишь на третий или четвёртый год.
Продолжительность их жизни значительна (свыше 10 лет).
Быстро растущие злаки (тимофеевка, райграс и др.) уже в пер-

перехода влагалища в пластинку
(рис. 237). Язычком называется
плёчатый вырост — полупро-
зрачная тонкая складка, обхва-
тывающая стебель и затруд-
няющая проникновение воды
во влагалище листа. Он бывает
по форме короткий или длин-
ный, острый или тупой, прямо
срезанный или косо срезанный.
Ушками, крючочками или рож-

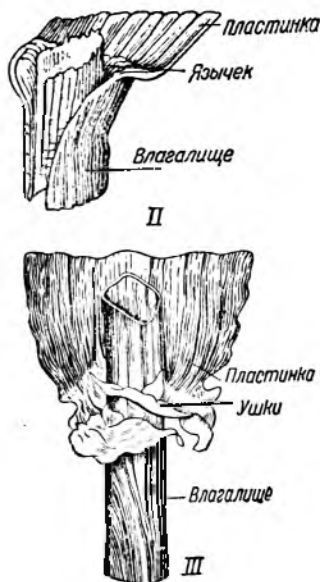
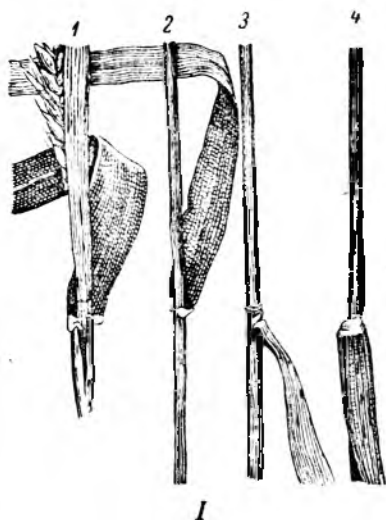


Рис. 237.

1—2 — листья ячменя: видны влагалища листьев, линейные пластинки и
ушки, обхватывающие стебель; 3—4 — листья овса: видны влагалище листа, линей-
ная пластинка и язычок (ligula); II — язычок листа овса (костра безос-
того) (увел.); III — ушки ячменя (увел.).

вый год дают не только листовые побеги, но и цветочные стебли с соцветиями. Долговечность этих злаков меньше долговечности предыдущих. Есть злаки, занимающие среднее место и по способности быстро давать урожай и по продолжительности жизни (овсяница луговая, ежа и др.).

Мелкие цветки злаков собраны в колоски, которые, в свою очередь, сидят в колосьях (пырей, райграсы многолетних и многоцветковых), метёлках (полевица, мятлик и др.) и султанах, или колосовидных метёлках (тимофеевка, лисохвост). Каждый колосок в соцветии состоит из одного, двух или многих цветков;

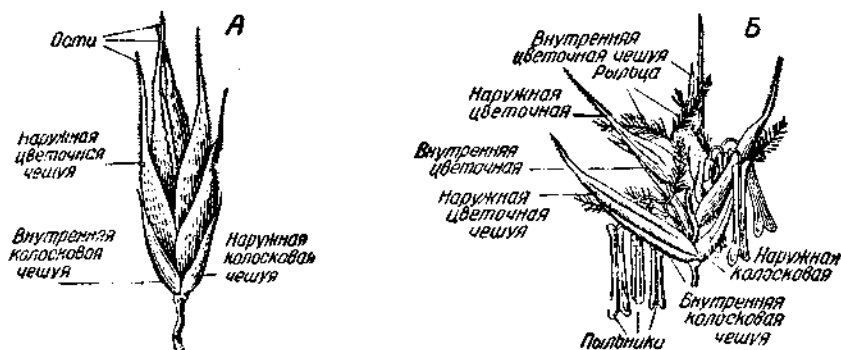


Рис. 238. Строение колоска злака (овсяницы):

А — до цветения и Б — во время цветения.

поэтому колоски называются **одноцветковыми**, **двухцветковыми** и **многоцветковыми** (до десяти и больше цветков). Длина колосков у различных злаков колеблется от 2 мм до 3—4 см.

Цветки сидят на стерженьке, с помощью которого колосок прикрепляется к соцветию. При основании колоска имеются две **колосковые чешуи** (или створки), из которых одна называется **наружной**, или **нижней**, а другая — **внутренней**, или **верхней** (рис. 238). Изредка колосковые чешуи бывают недоразвиты. Каждый цветок в колоске снабжён **наружной** (нижней) и **внутренней** (верхней) **цветочными чешуями**. Наружная цветочная чешуя имеет боковые жилки, среднюю жилку и часто острое ребро — киль, от которого отходит ость. Внутренняя цветочная чешуя имеет более нежное строение и обычно две боковые жилки и загнутые края, обхватываемые наружной цветочной чешуёй. Внутренние части цветка, скрытые между чешуями, состоят из завязи, снабжённой двумя перистыми или кистевидными рыльцами, из трёх (редко двух) тычинок и двух волосистых плёночек (lodiculae) (рис. 239).

Сравнение цветков злаков с цветками лилейных показывает, что первые представляют собой цветки редуцированные, утратившие некоторые части, но они генетически легко выводятся из цветков лилейных. Среди злаков попадаются виды с шестью тычинками (сахарный тростник, бамбуки, рис). Пестики

Бамбуков имеют по три рыльца, что указывает на наличие трёх плодolistиков. У многих тропических злаков и у ковыля имеется по три плёночки — лодикулы (внутренний круг листиков околоцветника). Наружный круг листиков околоцветника состоит из одной внутренней цветковой чешуи, образовавшейся из двух листиков наружного околоцветника, в то время как третий листик совершенно утратился. Наружная цветковая чешуя злаков представляет собой кроющий лист цветка (прицветник).

Процесс цветения заключается в том, что плёночки, находящиеся между завязью и наружной цветочной чешуёй, набухают и отодвигают последнюю. Вслед за этим тонкие тычиночные нити удлиняются, и пыльники, свешиваясь вниз, продольно расщепляются и высыпают пыльцевые зёрна в образовавшиеся ложечкообразные трещины. Малейшее дуновение ветра способствует встряхиванию пыльников и выдуванию наружу лёгкой пыльцы (рис. 240).

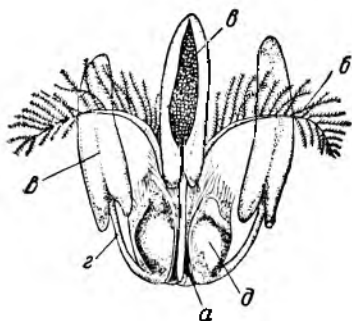


Рис. 239. Строение цветка злака (пшеницы):

а — завязь; б — рыльце; в — пыльник; г — тычиночная нить; д — околоцветная плёночка (из курса ботаники П. М. Жуковского).

Большая часть злаков обладает дихогамией. Перистые рыльца высовываются между чешуями в то время, когда собственная пыльца уже унесена ветром, в результате чего пыльцевые зёрна могут быть принесены на них ветром только с других

цветков. Так происходит процесс перекрёстного опыления (райграсы, коостры, овсяницы, рожь и др.). Некоторые злаки, например яшеница, овёс и ячмень, обладают самоопылением (автогамией).

При определении злаков приходится обращать внимание на форму колосковых и цветочных чешуй, на число жилок, место иххождения ости, число цветков в колоске, на способы прикрепления столбиков и рылец и на многие другие признаки, заметить которые можно лишь с помощью лупы.

Развивающиеся после оплодотворения плоды злаков называются зерновками, так как семя, развившееся из семязпочки, срastается со стенкой завязи (околоплодником) или плотно к ней прилегает.

У голых злаков зерновки при созревании выпадают из плёнок (рожь, пшеница, кукуруза, манник, тимофеевка); у плёнчатых злаков зерновка остаётся окружённой цветочными чешуями, а иногда и срastается с последними (лисохвост, ежа, райграс, овсяница, рис, ячмень и др.). Из-за наличия плёнок, часто покрытых пушистыми волосками, плоды луговых злаков, называемые в практике семенами, создают большие трудности при высеве. Трудность эта увеличивается ещё вследствие мелкости и лёгкости зерновок.

Значение злаков общеизвестно. Зерновые злаки (рис. пшеница, рожь, ячмень, кукуруза, просо) — основа питания человека.

В корм скоту идёт овёс, кукуруза, а также сено, состоящее, главным образом, из луговых злаков (тимopheвка, райграс, люцерна и многие другие). Иногда злаки (кукуруза) возделываются как силосные растения.

Семейство злаков в систематике подразделяется на следующие подсемейства: мансовые (Maydeae), бородачевые (Andropogoneae), просиные (Paniceae), рисовые (Oryzoideae), канареечные (Phalarideae), полевицевые

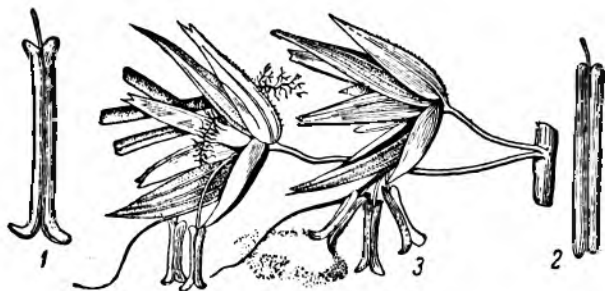


Рис. 240. Ветроопыление злака (высокого райграса):
1 — тычинка с растрепущимся пыльником; 2 — пыльник;
3 — цветущие колоски.

(Agrostideae), овсовые (Aveneae), овсянпцевые (Festuceae), ячменные (Hordeae), бамбуковые (Bambuseae).

Для удобства изучения злаки подразделяются на три группы: колосовые, метельчатые, султаные.

Колосовые злаки

Колосовые злаки, т. е. такие, у которых цветки собраны в сложный колос.

Рожь (*Secale cereale* L.) (рис. 241). Её развитие начинается с момента прорастания зерновки и выхода четырёх перичных корней и ростка. Всходы ржи отличаются красноватым оттенком, вследствие наличия антоциана в клетках влагалищного листа. Первичные корни дают обильные корневые волоски, снабжающие молодое растение водой и минеральными солями. С момента образования зелёного листа начинается ассимиляционная деятельность растения, которая приводит к процессу кущения. Из узла кущения развиваются мощные вторичные придаточные корни, а также новые зелёные побеги, усиливающие процесс ассимиляции.

Рожь кустится преимущественно с осени. Энергия кущения, т. е. число образующихся зелёных побегов, зависит от ряда условий: от продолжительности развития и погоды осенью, от почвы, сорта, густоты посева и т. п. За процессом кущения начинается выход в трубку, причём попеременно, одно вслед за

другим, начиная от нижнего междоузлия, трогаются в рост выше лежащие междоузлия стеблей. Удлинение верхнего междоузлия приводит к появлению колоса. Этот процесс называется **к о л о ш е н и е м**, продолжающимся у ржи около двух недель. За это время рожь поднимается наиболее сильно, и, наконец, начинается процесс цветения.



Рис. 241. Рожь (*Secale cereale*):

1 — сложный колос после цветения; 2 — сложный колос во время цветения; 3 — колосок: а — колосковые чешуи (створки), б — первый цветок, в — второй цветок, г — зачаток третьего цветка; 4 — раскрывшийся колосок: д — колосковая чешуя (створка), е — паружная цветочная чешуя (плёнка), жс — внутренняя цветочная чешуя (плёнка), з — тычинки, и — перистые рыльца пестика; 5 — пестик и тычинки: л — пестик с двумя перистыми рыльцами, к — три тычинки, а — две плёночки (lodiculae) — остатки околоцветника.

Сложный колос ржи сидит на самом верхнем (шестом), наиболее длинном и тонком междоузлии. Стержень сложного колоса ржи состоит из чередующихся между собой выступов, расположенных с двух сторон и служащих для прикрепления двухцветковых, а иногда и трёхцветковых колосков. В каждом выступе стержня сидит по одному колоску, обращённому к

стержню широкой стороной. Колосок имеет две шиловидной формы килеватые колосковые чешуи. Наружная цветочная чешуя неравнобокая, с тремя жилками, с щетинистореснитчатым килем, переходящим в длинную, зазубренную ость. Внутренняя цветочная чешуя плёчатая, реснитчатая. Если колосок двухцветковый, то между цветками всё же виден стерженёк, являющийся зачатком третьего цветка. У некоторых колосьев, особенно растущих по краю поля, вместо стерженёка сидит более или менее развитой третий цветок. Попытка получить сорт трёхцветной, а следовательно, и трёхзёрной ржи пока не имела практического значения, так как третье зерно оказывалось недоразвитым.

Каждый цветок ржи, кроме двух чешуй, имеет завязь с двумя сидячими перистыми рыльцами и двумя мохнатыми плёнками околоцветника (lodiculæ), набухающими во время цветения и играющими роль рычагов, отодвигающих наружную цветочную чешую. Три тычинки выдвигаются при этом наружу, и из раскрывшихся пыльников высыпается пыльцевые зёрна, задерживающиеся на свешивающихся вниз ложечкообразных трещинках пыльника. Благодаря удлинению тычиночных нитей пыльники начинают качаться от малейшего дуновения ветра, и пыльцевые зёрна выдуваются и разносятся по всему полю. В ясное тёплое утро иногда удаётся наблюдать целые облака желтоватой пыли, несущейся над ржаным полем.

Для изучения подробностей цветения ржи несколько стеблей с колосьями следует поставить в воду и проследить весь процесс раскрытия колоска и высыпания пыльцевых зёрен. Вслед за процессами перекрёстного опыления и оплодотворения начинается процесс созревания зёрен, который претерпевает несколько фаз и продолжается в течение следующего за цветением месяца. Листья, стебли и колосья, до созревания имеющие сизозелёный цвет от покрывающего их воскового налёта и от хлорофилла, при созревании приобретают жёлтый цвет, указывающий на окончание процесса вегетации и на разрушение хлорофилла.

В культуре известны озимые формы ржи, реже — яровые (Восточная Сибирь). Многочисленные попытки скрещивания ржи с пшеницей увенчались успехом, и ржано-пшеничный гибрид был получен на Саратовской опытной станции. В горах Афганистана рожь встречается как сорная трава в посевах пшеницы.

Пшеница обыкновенная, или мягкая (*Triticum vulgare* Vill.) (рис. 242). В развитии пшеницы мы наблюдаем следующие особенности по сравнению с рожью. При прорастании зерна выходят большей частью три первичных корешка. Всходы пшеницы более яркозелёного цвета. Узел кущения у пшеницы залегает несколько глубже, чем у ржи. При основании пластинки листа у пшеницы имеются тонкие ушки, покрытые волосками; язычок, так же как и у ржи, не развит. Кущение озимой

пшеницы весной продолжается дольше; вегетационный период у пшеницы в среднем больше, чем у ржи (свыше 270 дней)

В строении колоса пшеницы имеются следующие особенности: на выступе стержня с двух сторон по одному помещаются многоцветковые колоски. Каждый колосок имеет две колосковые чешуи, вздутые, довольно сходные с наружными цветочными чешуями, с килем, не достигающим до основания чешуи, яйцевидные, при основании округлые, на верхушке острые или с короткой остью. Наружные цветочные чешуи с длинными остями у сортов,



Рис. 242.

I — сложный колос пшеницы обыкновенной (мягкой) (*Triticum vulgare* var. *ferugineum*): 1 — колос мягкой пшеницы; 2 — отдельный колосок, образовался из четырех цветков (пятый цветок виден сверху колоска — он остался недоразвитым); 3 — два цветка, в которых развиваются зерновки; 4 и 11 — колосковые чешуи, внизу на спинке округленные, с мало заметным килем; 5 и 10 — наружные цветковые чешуи с остями; 6 и 9 — внутренние цветковые чешуи без остей; 7 и 8 — два зерна; 11 — длинная твердая (Triticum durum): 1 — сложный колос с жесткими остями; 2 — колосковая чешуя; 3 — цветущий колосок.

называемых у с а т к а м и, и без остей у сортов, называемых г и р к а м и. Число цветков в колоске пшеницы достигает пяти, но зёрна развиваются только из 2—3 нижних цветков. Стержень колоса у обыкновенной пшеницы неломкий, с верхушечным колоском. Зерновки (легко выпадающие из плёнок) голые. Колос рыхлый, длинный, равномерно четырёхгранный.

Цветение пшеницы отличается от цветения ржи тем, что оно может происходить как при открытых чешуйках, так и при закрытых. Последний способ наблюдается при неблагоприятной погоде, и тогда возможно исключительно самоопыление (автогамия), которое у пшеницы вообще преобладает. При условии благоприятной погоды процесс цветения пшеницы оплодотвор-

дается раскрытием цветочных плёнок, которое обычно происходит в ранние утренние часы. Выдвинувшиеся три тычинки лопаются, и пыльцевые зёрна частично высыпаются на два перистых рыльца, а большая часть их высыпается наружу и уносится ветром.

Таким образом, возможность перекрёстного опыления у пшеницы не исключена, но, в противоположность ржи, оно не бывает так удачно, как самоопыление. В отдельных случаях наблюдалось естественное скрещивание разновидностей пшеницы, но гораздо вернее подобное скрещивание, иначе называемое гибридацией, достигается с помощью искусственного опыления, производящегося во множестве при селекционных работах.

Дальнейший процесс развития пшеницы протекает в том же порядке, как и у ржи, т. е. после опыления и оплодотворения в колосе развиваются зёрна, проходящие фазы молочной спелости, восковой спелости и полной спелости. Замечено, что зерновки пшеницы на изломе обладают то в большей, то в меньшей степени мучнистостью или стекловидностью. Стекловидность указывает на большее присутствие в зерне белковых веществ, а мучнистость — на большее содержание крахмала. Восточные сорта пшеницы обладают большей стекловидностью зерна, а западные сорта — большей мучнистостью.

Пшеница обыкновенная имеет озимые и яровые формы. Разновидностей мягкой пшеницы известно много, и каждая из них имеет своё научное название и свои устойчивые морфологические и физиологические признаки.

Столь же важное значение имеет пшеница твёрдая (*Triticum durum* Desf.) (рис. 242, II).

У неё колос плотный с жёсткими остями, колосковые чешуи с ясно заметным килем по всей длине, сверху переходящим в острый широкий зубец. Колосковые чешуи приблизительно равны по длине цветковым чешуям, колоски 4—5-цветковые; в колоске созревают от двух до пяти зёрен. Соломина в верхней части (под колосом) большей частью выполнена сердцевинной. Зерно — стекловидное на изломе, богатое белковыми веществами, тонкокожее, с хорошей натурой и абсолютным весом. Возделывается в южном Поволжье, на Северном Кавказе и в других южных местах. Разновидности и сорта твёрдых пшениц, наряду с сортами мягкой пшеницы, дают лучший по качеству хлеб.

Помимо указанных выше видов, встречается ещё 17 видов, из которых укажем лишь на следующие: полба (*T. spelta*), пшеница ветвистая (*T. turgidum*), пшеница польская (*T. polanicum*), пшеница тимopheевская (*T. Timopheevi*), пшеница персидская (*T. persicum*), пшеница круглозёрная (*T. sphaerococcum*), пшеница однозернянка (*T. monoccum*), пшеница эгилопсовая (*T. aegiloides*). Последние два вида встречаются в диком виде в Крыму и в Закавказье. Некоторые виды пшениц изображены на рисунке 243.

Ячмень обыкновенный, или четырёхгранный (*Hordeum vulgare* L.) (рис. 244). Характерные особенности ячменя следующие. Зерновки у большей части сортов ячменя срастаются с цветочными чешуями, из которых наружная (пятинервная) переходит в обломок ости. Только у так называемых

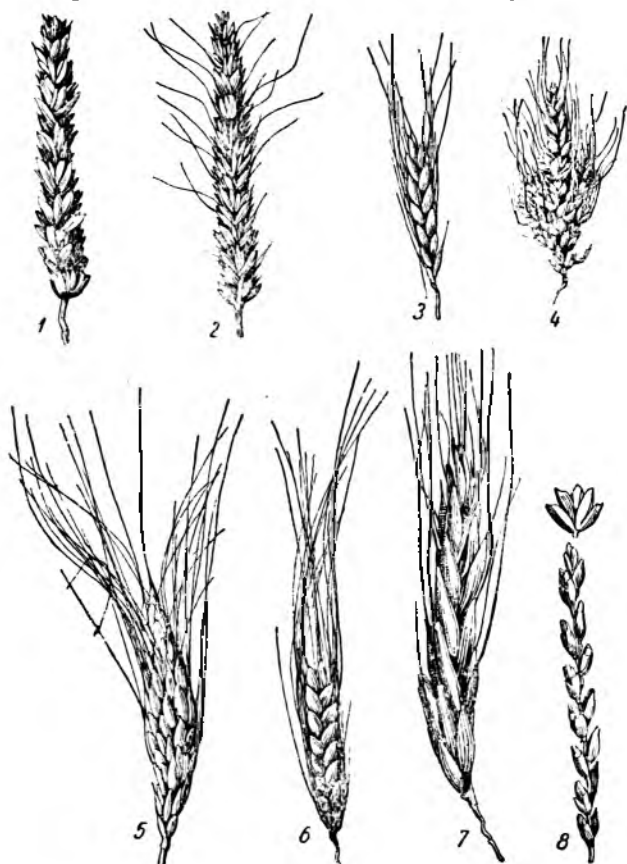


Рис. 243. Колосья пшеницы различных видов.

Верхний ряд: 1 — *Triticum vulgare* var. *albidum* (мягкая безостая); 2 — *Triticum vulgare* var. *ferrugineum* (мягкая остистая); 3 — *Triticum dicoccum* (эммер, двузернянка); 4 — *Triticum turgidum* (вервистая). Нижний ряд: 5 — *Triticum durum* (твердая); 6 — *Triticum duro-com pactum* var. *melanopus*; 7 — *Triticum polonicum* (польская); 8 — *Triticum spelta* (полба).

голых ячменей зёрна при молотье выпадают из плёнок. В отличие от зерновок овса, пшеницы, ржи, зерновки ячменя лишены волосков даже на своей верхушке. Зерновка ячменя более плоская, чем у пшеницы и других злаков; бороздка в зерновке также имеется. На вогнутой поверхности зерновки ячменя, у основания, можно заметить плотно прилегающую щетинку — остаток второго цветка.

При прорастании ячменя из зародыша выходит 5—6 первичных корешков и один росток, который сперва растёт под плёнкой, как у овса, и выходит наружу на другом конце зерновки. Способность куститься у ячменя большая, чем у овса. Листья у ячменя несколько шире, чем у овса, шероховатые, влагалища гладкие, язычок отсутствует, а ушки сильно развиты и имеют широкую, полулунную форму — признак, по которому легко отличаются побеги ячменя. Сложный колос четырёхрядного ячменя имеет следующее строение: колоски одноцветковые, сидят по три рядом на уступах колосового стержня, на двух противоположных сторонах его. Наружная

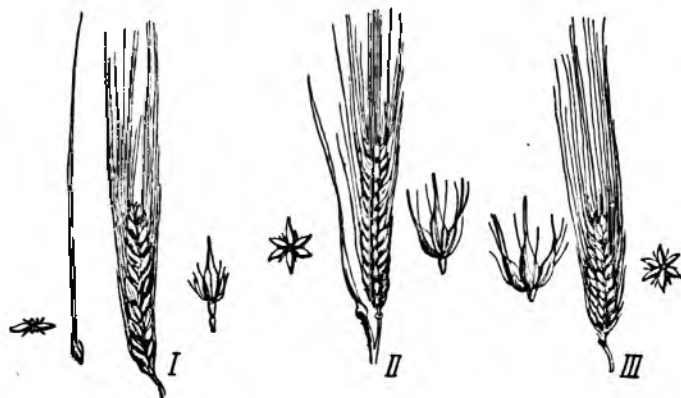


Рис. 244. Виды ячменя.

Слева — ячмень двурядный, справа — ячмень шестирядный, посредине — ячмень четырёхрядный (обыкновенный). Возле каждого колоса показано расположение зерновок.

колосковая чешуя состоит из двух узеньких шиловидных створок, а внутренняя колосковая чешуя отсутствует. Наружная цветковая чешуя широкоэллиптическая, с пятью жилками, на спинке выпуклая, на конце с зазубренной остью или с трёхлопастными придатками. Колос ячменя без верхушечного цветка, с упругим стержнем. У четырёхрядного ячменя средние колоски несколько крупнее боковых и прижаты к стержню, а боковые отклоняются от стержня и образуют по два ряда с каждой стороны, почему колос в поперечном разрезе кажется четырёхугольным или четырёхрядным.

Процесс цветения ячменя чаще происходит утром, чем днём, хотя в отдельных случаях можно наблюдать и вечером. Пыльники боковых колосков выходят из чешуй, которые приоткрываются под напором набухающих лодик. Средний колосок или совсем не открывается или приоткрывается весьма слабо, и пыльники или остаются внутри или показываются наружу. У всех колосков пыльники ещё до выхода из чешуй вскрываются и самоопыляют перистые рыльца.

Последние у ячменя наружу обычно совсем не показываются и, следовательно, только в исключительных случаях могут опадаться перекрёстно.

Ячмень цветёт дружно. На всём протяжении колоса бывают видны открывшиеся плёнки. После опыления, часов через 5—10, происходит оплодотворение, после чего начинается развитие плода. Фазы спелости протекают в том же порядке, как и у других злаков.

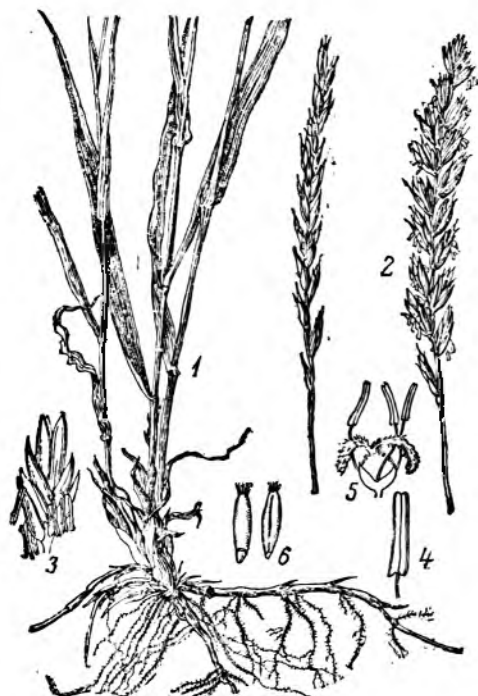


Рис. 245. Пырей ползучий (*Agropyrum repens*):

1 — нижняя часть растения с ползучими корневищами; 2 — колос; 3 — отдельный колосок; 4 — тычишка; 5 — цветок; 6 — зерновка.

Ячмень шести-
гран-
ный (*Hordeum hexastichum* L.) (рис. 244) отличается сближенными колосками, равномерно отстоящими и находящимися в шести одинаково расположенных рядах, отчего на поперечном сечении, если смотреть на них сверху или снизу, колос представляется правильно шестигранным. Шестигранные ячмени у нас мало распространены.

Ячмень двуряд-
ный (*Hordeum distichum* L.) обладает только одним развитым средним колоском в каждой трёхколосковой группе, в то время как два боковых колоска атрофированы и имеют или одни плёнки или ещё зачатки тычинок. Крупные колоски двурядного ячменя сидят в два ряда. Они снабжены остями или трёхчленистыми придатками.

Двурядный ячмень отличается более крупным зерном. Вегетационный период его наиболее длинный.

Среди колосовых злаков, кроме хлебных, встречаются как сорные растения, так и хорошие луговые травы.

Пырей ползучий (*Agropyrum repens* P. B.) (рис. 245)—многолетний (до 10—15 лет) верховой злак, размножающийся ползучими корневищами. Стебли достигают 1 м высоты, но обычно они значительно ниже. Колоски в колосо сидят поодиночке и содержат большей частью по пять цветков. Они обращены к стержню широкой стороной. Листья сверху шероховатые, ярко-зелёные, с тонким плёнчатым, зубчатым язычком. Влагалища

нижних листьев длинноволосистые. Цветочные плёнки без остей или с остями, которые не длиннее цветочных плёнок. Жилки нижней цветочной плёнки сходятся у вершины. Цветёт от июня до сентября. Встречается всюду на полях и огородах как вредное сорное растение, с которым приходится вести решительную борьбу. Корневища пырея питательны и, очищенные от земли и измельчённые, могут быть использованы в корм скоту. Когда пырей растёт в садах, по склонам и поёмным лугам, то он даёт сено лучшего качества.

Корневища пырея распространяются на глубине до 12 см и достигают длины 1 м и более, а корни углубляются в почву на 1,5—2 м.

К тому же роду, что и пырей ползучий, относятся: **о с т р е ц** (*Agropyrum ramosum* Richt.) — отличается от предыдущего узкими, сизыми и острыми, часто свёрнутыми листьями и глубоким (до 25 см) залеганием длинных (до 2 м) корневищ; злостный сорняк на юге Сибири, в Казахстане и Заволжье; **п ы р е й с о б а ч ь и й** (*Agropyrum caninum* P. B.) — отличается от пырея ползучего кустовым способом роста; листья шероховатые с обеих сторон, ости длиннее цветочных плёнок; сорное растение. В последнее время в чернозёмной полосе всё большее значение приобретают как кормовые травы следующие виды пырея: **п ы р е й бескорневищевый** (*Agropyrum tenerum*) — сходен с ползучим пыреем, но является многолетним кустовым злаком, дающим прекрасное сено; **ж и т н я к ш и р о к о к о л о с ы й** (*Agropyrum cristatum* P. B.) — со сплюснутым, продолговатым колосом, и **ж и т н я к у з к о к о л о с ы й** (*Agropyrum desertorum*). Все перечисленные виды являются засухоустойчивыми, пригодными для юга травмами.

Работы акад. Цицина показали, что некоторые виды пырея (*A. elongatum*, *A. glaucum*, *A. trichophorum*, *A. junceum*) при скрещивании с пшеницами дают гибриды. Получено новое многолетнее растение — **п ш е н и ч н о - п ы р е й н ы й г и б р и д**.

Из колосовых злаков в луговодстве имеют значительное распространение **р а й г р а с м н о г о л е т н и й** (*Lolium perenne* L.) и **р а й г р а с м н о г о ц в е т к о в ы й** (*Lolium multiflorum* Lam.) (рис. 246). Сходен с ними сорняк **п л е в е л о п ь я н я ю щ и й** (*Lolium temulentum* L.), встречающийся в посевах (семена его ядовиты, вследствие присутствия в них паразитного грибка), и **л ь н я н о й п л е в е л** (*Lolium linicola* A. Br.) — злаковый сорняк, распространённый в посевах льна. Род *Lolium* легко отличим от рода *Agropyrum* по расположению колосков, которые у первого обращены к стержню ребром, а у последнего широкой стороной.

Метельчатые и султанские злаки

Метельчатые злаки, т. е. такие, у которых колоски сидят на многочисленных тонких разветвлениях, образующих соцветие — метёлку. Из культурных растений к ним относятся овёс посевной (*Avena sativa*), просо (*Panicum miliaceum*) и сорго (*Sorghum*).

О вёс посевной (*Avena sativa* L.) (рис. 247) относится к плёчатым злакам, так как зерно его, покрытое волосками по всей поверхности, окружено цветочными чешуями. При прорастании зародыш даёт три первичных корешка и росток, который сперва продвигается вдоль зерна под плёнками, а затем уже выходит наружу на противоположном конце зерна и загибается вверх. Зелёный лист у овса появляется из бесцветного влагалищного листа. У овса, как у ярового растения, процесс кушения протекает непродолжительное время, и энергия кушения оказывается меньшей, чем у ячменя. Вслед за кушением начинается выход в трубку 3—4 стеблей, а затем колошение их, цветение и созревание.

Линейные листья овса шероховатые, в почкосложении свёрнутые. при переходе от влагалища в пластинку имеют язычок короткой и притуплённой формы, охватывающий стебель; ушки у листьев овса отсутствуют. Соцветие обыкновенного овса — раскидистая метёлка с ветвями, обращёнными во все стороны. Колоски повислые, крупные, с 2—3 цветках, сидят на тонких шероховатых веточках, имеющих утолщение непосредственно под колоском. Колосковые чешуи большие, перепончатовидные, тонкие, заострённые, с 7—11 жилками. Именно эти чешуи при обмолоте зерна дают овсяную мякину. Цветочные чешуи плотные, прилегают к плоду и слегка срастаются с ним при основании. Наружные цветочные чешуи желтоватые, белые или чёрные, на верхушке с выступающими жилками и с двумя туповатыми зубцами. У остистых форм овса нижний цветок колоска имеет ость, выходящую из спинки наружной цветочной чешуи; она имеет коленчатую форму и в нижней части скручена; между наружной и внутренней цветочными чешуями спрятаны три тычинки, пестик с двумя сидячими перистыми рыльцами и с двумя плёночками (*lodicaulae*) при основании.

Цветение у овса обычно происходит после полудня, когда цветочные чешуи расходятся, причём у крупных цветков они расходятся слабее, а у мелких — сильнее. Пыльники вскрываются ещё в то время, когда они находятся возле рылец, и таким путём происходит самоопыление. Перекрёстное опыление в естественных условиях у овса встречается как исключение; при выведении же новых сортов производится искусственное скрещивание.

При процессе созревания зерна овёс претерпевает те же фазы спелости, что и пшеница.

Кроме овсов с развесистой метёлкой, есть ещё так называемые одноклассовые овсы, или венгерские, принадлежащие к виду овса восточного (*Avena orientalis*). У одноклассовых овсов ветви метёлки направлены вверх и обращены в одну сторону. Ость при основании не скрученная, а лишь слегка согнутая. Сорта одноклассовых овсов чувствительны к холоду и, так же как и голые и озимые формы овса, у нас не распространены.



Рис. 246. Райграс многоцветковый
(*Lolium multiflorum*):
а — колосок; б, с — чешуй с остями.

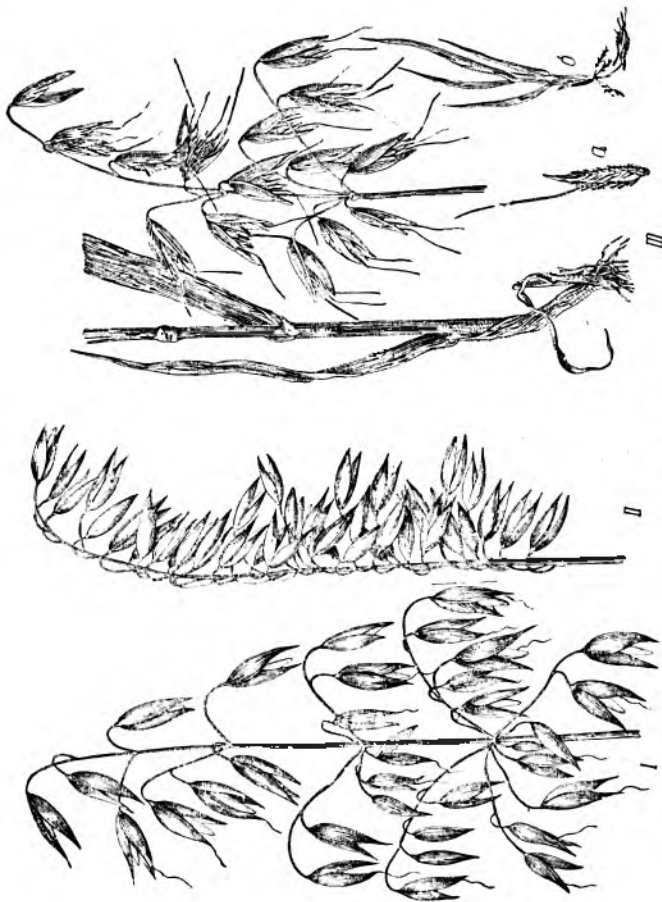


Рис. 247.

I — овёс посевной (*Avena sativa*); II — овёс длинный (*Avena fatua*); последний засоряет посевы овса. Ости при смачивании обладают вращательными движениями: а — плёнка овсяного зерна, б — всход.

К дикорастущим овсам относится овсюг, или полетай (*Avena fatua* L.), один из злостных сорняков, встречающихся в посевах овса у нас на юге, в Сибири и на Урале. Отличительные особенности его следующие. Метёлка развесистая, с горизонтальными ветвями. Под каждым цветком волосистый стержень колоска имеет сочленение и легко разламывается, почему на зерновке при основании имеется яйцевидная ямочка, называемая подковкой. Наружные цветковые чешуи наверху раздвоенные,

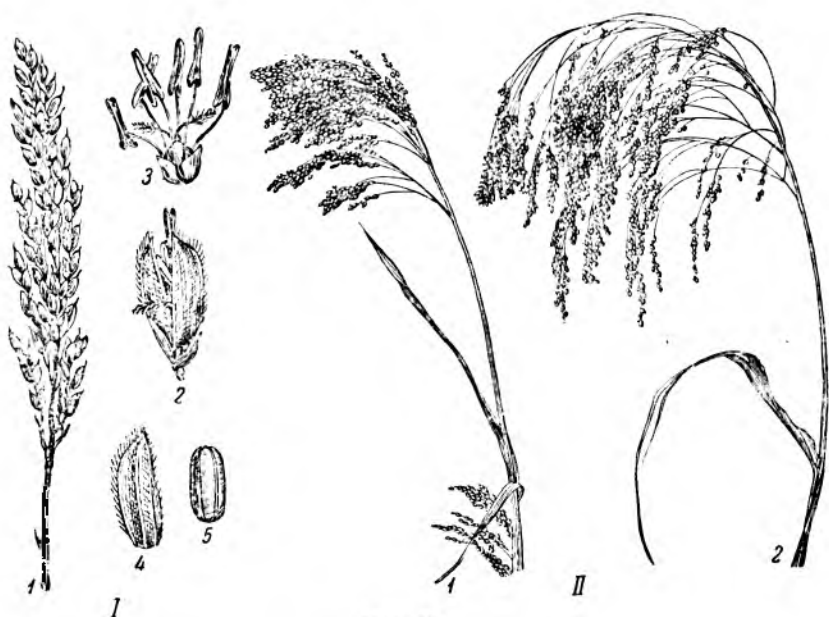


Рис. 248.

I — рис посевной (*Oryza sativa*): 1 — метёлка; 2 — колосок; 3 — цветок; 4 — чешуя; 5 — зерно; II — просо (*Panicum miliaceum*): 1 — со скупенной метёлкой (комовое); 2 — с развесистой метёлкой (развесистое).

буроватые и блестящие, часто покрыты рыжеватыми, жёсткими полосками. Колоски трёхцветковые; каждый цветок с жёсткой, согнутой остью, отличающейся своей скрученностью и способностью раскручиваться в сырую погоду.

Зерновка овсюга щуплая, плёчатая, волосистая. Посевы овса, засорённые овсюгом, дают ничтожный урожай. Отделить зерновку овсюга от овса трудно, если овёс щуплый.

Овёс щетинистый (*Avena strigosa* Schreb.), с однобокими метёлками, с двухцветковыми колосками, с раздвоенными плёнками. В диком виде на юге растёт также бородастый овёс (*Avena barbata* Brot.) и южный овёс (*Avena Ludoviciana* Dur.). Овсюг обладает способностью давать гибриды с обыкновенным овсом. Всё это говорит о том, что посевной овёс мог произойти от одного из дикорастущих овсов.

Просо (*Panicum miliaceum*) и рис (*Oriza sativa*) (рис. 248) также являются метельчатыми злаками.

Рис — однолетний, метельчатый злак (рис. 248, I). В отличие от других злаков имеет в цветках по шесть тычинок. Возделывается преимущественно в Южной и Восточной Азии, в северной Африке, в жарких частях Америки и в последнее время всё шире и шире в южных частях СССР. Культура риса связана с орошением и чаще возделывается на затопляемых участках. Кроме питания, зерно риса употребляется для приготовления крахмала, пудры, спирта, а солома идёт на изготовление лучших сортов бумаги. Половина населения земного шара питается рисом.



Рис. 249.

I — полевница белая (*Agrostis alba*); II — мятлих луговой (*Poa pratensis*): а — колосок мятлиха, б — цветок (увел.).

Хорошими луговыми травами из метельчатых злаков будут следующие.

Полевница белая (*Agrostis alba* L.) (рис. 249, I) — многолетний низовой злак, с ползучими побегами и корневищами, растущий по травянистым местам и дающий корм хорошего качества при условии развития на влажных плодородных почвах. Ценится как низовая трава, быстро размножающаяся и образующая связную дернину. Признаки растения следующие:

колоски одноцветковые, на ножках, одиночные, красноватые или зеленоватые. Ветви метёлки сильно разветвлённые, цветочные плёнки без остей и у основания без волосков. Метёлка во время цветения раскидистая, до и после цветения сжатая; ветви её шероховатые, расходящиеся под острым углом. Стебель и влагалища листьев гладкие. Листья плоские, с длинным, заострённым язычком. Колосковые чешуи продолговатые, острые, шероховатые. Нижняя цветочная чешуя двухзубчатая, с остью или без неё.



Рис. 250.

I — овсяница луговая (*Festuca pratensis*); *II* — костёр безостый (*Bromus inermis*): *1* — общий вид метёлки; *2* — цветущий колосок; *3—4* — вскрытый цветок; перистые рыльца у костра широко расставлены.

Сходна с предыдущей полевица обыкновенная (*Agrostis vulgaris*), с коротким притуплённым язычком, с гладкими веточками метёлки, с раскидистой метёлкой после цветения.

Мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) (рис. 249, *II*) — многолетний низовой корневищевый злак, дающий многочисленные отпрыски и связную дернину. Растёт всюду на травянистых местах и обычен на лугах. Зацветает рано. Наибольший урожай даёт на второй, третий год. Обильной отавы не даёт. Для лугов

является незаменимым низовым злаком как по нежности, питательности корма, так и по урожайности. С уборкой не следует запаздывать. Отличительные признаки мятлика лугового: метёлка пирамидальная, с яйцевидными, мелкими, зелёными или фиолетовыми колосками с 3—5 цветках, по которым мятлики легко отличаются от одноцветковых полевиц, у которых колоски ещё мельче. Колосковые чешуи короче колоска; колоски сидят поодиночке на многочисленных веточках. Ости у цветочных плёнок отсутствуют; последние снабжены длинными шелковистыми волосками. Стебли прямые, гладкие, как и влагалища листьев. Язычок короткий, притуплённый. Пластинки листьев довольно узкие, шероховатые.



Рис. 251.

I — ежа сборная (*Dactylis glomerata*); II — райграс высокий (*Arrhenatherum elatius*); III — луговик-щучка (*Deschampsia caespitosa*).

Сходны с луговым мятликом мятлик обыкновенный (*Poa trivialis*) и мятлик поздний (*Poa serotina*).

Важную роль на лугах играют овсяницы (*Festuca*) (рис. 250), костры (*Bromus*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*) (рис. 251, I), райграс высокий (*Arrhenatherum elatius*) (рис. 251). На лугах распространена щучка — метельчатый злак, засоряющий луга.

Луговик-щучка (*Deschampsia caespitosa* P. B.) (рис. 251, III) — самый обыкновенный многолетний высокий злак на сырых лугах, иногда сплошь покрывающий луг и придающий ему блестящий красновато-фиолетовый оттенок своими развевавшимися метёлками. Растение имеет некоторое сходство с полевицей, но отличается от неё мелкими колосками, имеющими по два цветка, снабжёнными тонкой остью, выходящей из основания

плёнки. Цветоножки прямые. Листья узкие, плоские, в почкосложении свёрнутосложенные, с острошероховатыми жилками, язычок продолговатый. Метёлки до цветения повислые, сжатые, однобочные, а во время цветения — раскидистые. Щучка принадлежит к плохим злакам, засоряющим наши луга; скот ест её только в молодом возрасте. Кроме того, что она вытесняет другие, лучшие злаки, она образует кочковатые кусты, мешающие уборке травы.



Рис. 252. Метлица (*Apera spica-venti*).

Из сорных метельчатых злаков в посевах особенно вредными являются костёр ржаной (*Bromus secalinus*), костёр полевой (*Bromus arvensis*) и метлица, или метла полевая (*Apera spica-venti* P. B.) (рис. 252). Последний из них — однолетний злак, озимый, 30—100 см высотой; очень распространён в посевах ржи, особенно на песчаных почвах в лесной области. Встречается также по сорным местам. Цветёт со второй половины лета. Метлица легко распознаётся по своим разветвлённым, крупным, пушистым метёлкам. Из волокнистого корня выходит несколько коленчато изогнутых при основании, прямых стеблей. Листья плоские, шероховатые, узкие, с продолговатым, разорванным язычком, в почкосложении свёрнутые. Колоски зелёные; нижняя цветковая чешуя снабжена на верхушке тонкой, длинной остью. Подобные ости и придают соцветию пушистый вид. Колоски одноцветковые, с зачатком второго цветка. Мелкие зерновки попадают в зерно ржи, но легко отделяются от последнего. Метлица типичный спутник отсталого хозяйства.

Сукатанные злаки, т. е. такие, у которых все колоски метельчатого соцветия сидят скученно возле главного стержня (метельчато-колосовые злаки).

Наиболее ценными кормовыми травами являются лисохвост и тимopheвка.

Лисохвост луговой, или батлачик (*Alopesurus pratensis* L.) (рис. 253, I). Это обычное многолетнее растение на поёмных лугах и всюду встречающееся по травянистым местам.

Он является верховым корневищевым злаком, быстро растущим и обычно зацветающим вскоре же за душитым колоском, т. е. одним из первых злаков. Лисохвост даёт хорошую отаву после скашивания и успевает зацвести вторично. Наибольший урожай травы получается на второй-третий год; продолжительность его жизни больше десяти лет. Луговой лисохвост по количеству и качеству сена является первосортной травой. Признаки его следующие. Стебли высокие, прямостоячие, у основания коленчато изогнутые, облиственные, гладкие. Листья голые, листовая пластинка снизу блестящая; язычок короткий, притуплённый. Султан толстый, цилиндрический, слегка утончающийся к верхнему концу, мягкий; состоит из одноцветковых колосков. Колосок состоит из двух колосковых мохнатых чешуй, сросшихся между собой почти до середины. Ость единственной цветковой чешуи выходит ниже середины её спинки и вдвое превышает длину колоска. Во время цветения колоски зелёные, а по отцветании — беловатые. Рыльца длинные, столбики сросшиеся при основании, пыльники жёлтые.

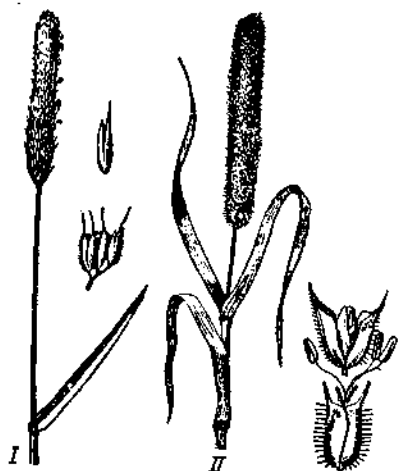


Рис. 253.

I — лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*); II — тимощеевка (*Phleum pratense*).

Тимощеевка (*Phleum pratense* L.) (рис. 253, II). Это многолетний верховой злак, самый обычный у нас на лугах и по травянистым местам. По кормовым достоинствам тимощеевка несколько уступает лисохвосту, так как стебли у неё быстро грубеют, но всё же тимощеевка относится к хорошим злакам. Характерные признаки, по которым она легко отличается от сходного лисохвоста, следующие. Султан равномерно цилиндрический, щёткообразный, тупой, во время цветения покрыт фиолетовыми пыльниками, обычно зелёный; колосковые чешуи не сросшиеся друг с другом, на верхушке горизонтально срезаемые и резко продолженные в короткую ость. Чешуи покрыты ресничками по килю. Колоски одноцветковые. Цветочные чешуи в 2 раза короче колосковых чешуй. Стебли прямые, высотой от 30 до 100 см, у основания коленчатые. Корневища короткие; корни густые, глубоко идущие в почву. Листья острошероховатые, светлозелёные; язычок длинный, острозубчатый. Цветение тимощеевки наступает на 3—4 недели позднее лисохвоста. Зимостойкость её большая. Наибольшие урожаи тимощеевка даёт на второй и третий год жизни, а долговечность её равна 6—7 годам. Тимощеевка не только луговой злак, но и полевой.

В полевом хозяйстве СССР тимopheевка, наряду с клевером, играет важную роль. Семена тимopheевки успевают созревать даже на широте полярного круга.

Сорными травами в посевах будут щетинники.

Щетинник сизый, или мышей (*Setaria glauca* P. B.) (рис. 254), — однолетний султанский злак, растёт в посевах яровых, пропашных культур, а также на огородах. Особенно просо страдает от мышей, всходы которого похожи на всходы проса. Корневая система распространяется в почву на глубину 1,5 м и даёт обильное количество мочек. Почва мышею сильно иссушается. Ботанические признаки его следующие. Стебли колечато изогнутые; листья широколинейные, мягкие, шероховатые при протягивании между пальцами по направлению от кощца к основанию; язычок у листьев короткий, волосистый, влагалща голые. Колоски в султане мелкие, у основания их находятся щетинки, выдающиеся из-за колосков. Султан — метельчатый колос, густой, цилиндрический. Колосковых чешуй в колоске три. Тычинок в цветке три; рыльца перистые. Всё растение сизо-зелёное; при созревании колосков щетинки принимают рыжую окраску.

Щетинник зелёный (*Setaria viridis* P. B.) отличается от предыдущего более зелёным цветом листьев и стеблей, зелёными щетинками колосков, более мелкими султанами и отсутствием поперечных морщинок на цветковых чешуях.

Оба щетинника особенно разрастаются во влажные годы. Иногда их скашивают на сено, когда они разрастаются по стерне, но правильное уничтожать щетинники немедленно же после уборки хлебов путём лущения стерни. Очистка посевного материала — также одна из мер борьбы.

В тех же местах, где и щетинники, часто разрастается сорняк п р о с о к у р и н о е (*Echinochloa crus galli*) — метельчатый злак (рис. 254, II).

Ни к одной из вышеуказанных групп не подходит свинорой с соцветием, распространённым в виде пальцев, а однодомное растение кукуруза.

Свинорой, или пальчатая трава (*Cynodon dactylon* L.), — злой сорняк на юге, на Кавказе, в Крыму, в Средней Азии, особенно в поливных условиях (рис. 255). Корневище его сильно ветвится и отличается особенной живучестью; размножается также при посредстве многочисленных зерновок. Характерный признак растения — пальчатое соцветие, состоящее из веточек, усаженных колосками и собранных пучком на верхушке стебля.

Кукуруза (*Zea mays* L.) (рис. 256) — однолетнее растение. При прорастании зерновка кукурузы сперва даёт один корень, который вытягивается и ветвится. Позже появляются добавочные корни. Когда росток выйдет на поверхность, то сперва из подземных, а потом и из надземных узлов появляются венцы придаточных корней.

Стебли кукурузы удлинняются своими междоузлиями и достигают высоты от 50 см у мелких сортов и до 4,5 м у наиболее крупных. Подобное гигантское развитие стеблей можно наблюдать только в жарких странах. Стебель снизу эллиптический, а выше переходит в округлый. Он сплошь заполнен основной паренхимой и замкнутыми сосудистоволокнистыми пучками. Снаружи он окружён механической тканью, хлорофиллоносной тканью, эпидермисом и кутикулой. Кукуруза иногда имеет наклонность куститься и ветвиться, что для силосных растений можно считать благоприятным, так как это увеличивает зелёную массу. Листья кукурузы линейные и ланцетные, параллельные и дугонервные, крупные, иногда до 1 м длиной и 5—15 см шириной, с резко

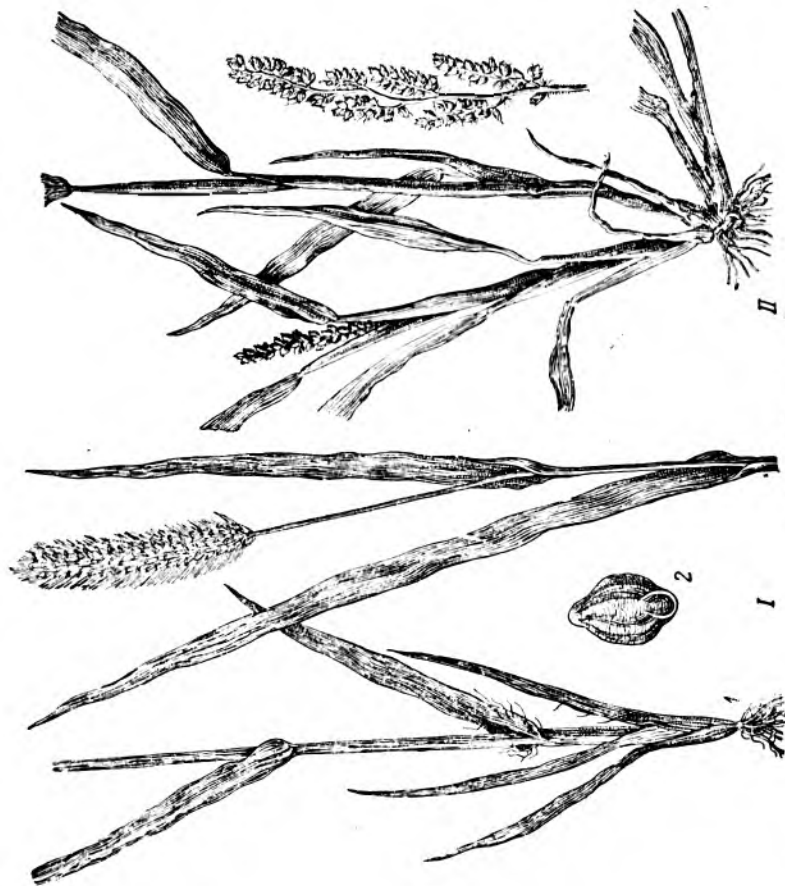


Рис. 254.

I — щетинник сизый, или мышь (*Setaria glauca*); *II* — общий вид растения, *I* — щетинник сизый, или мышь (*Setaria glauca*); *II* — просо куриное (*Echinochloa crus galli*).

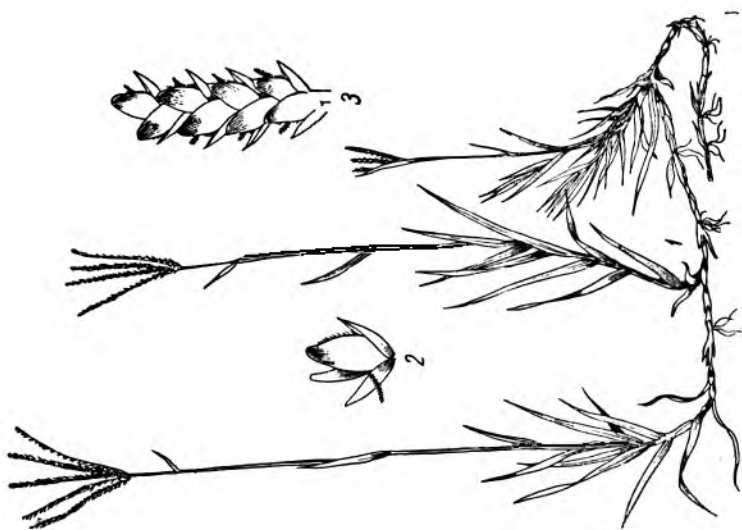


Рис. 255. Свиной, или пальчатая трава (*Cyperus dactyloides*).

I — общий вид растения; *2* — отдельный колосок; *3* — колос.

выделяющимся средним нервом и волнистыми краями. Пластинка листа с нижней стороны голая, с верхней — слегка пушистая, по краям с ресничками. Влагалище листа открытое, с заходящими друг на друга краями. Язычок короткий, притуплённый. Число листьев соответствует числу междоузлий — от 12 до 18; сидят они на стебле попеременно.

Через 40—50 дней после посева кукуруза зацветает. К этому моменту у неё в пазухах листьев развиваются женские цветки, собранные в початки, а на верхушке стебля развивается развистая метёлка мужских цветков. Кукуруза — однодомное растение, ветроопыляемое и перекрёстноопыляемое. Мужские цветки кукурузы сидят в колосках. Колоски располагаются на центральной оси и на боковых ветвях метёлки в два ряда, налегая друг на друга. Обычно колоски располагаются по два, причём один из них сидячий, а другой имеет ножку. Каждый колосок состоит из двух продолговатых, травянистых колосковых чешуй, между которыми располагаются два цветка, из которых каждый окружён двумя цветочными чешуями, заключающими в себе по три тычинки с жёлтыми пыльниками. Две околоцветные чешуйки (лодикули) служат для раскрытия цветка во время цветения. Число тычинок во всём соцветии достигает 7 тыс., а число пылевых зёрен сухих и лёгких исчисляется десятками миллионов.

В момент цветения жёлтые пыльники быстро выдвигаются из раскрывшихся чешуй и свешиваются на длинных нитях вниз. В этот же момент они лопаются, и пылевые зёрна подхватываются ветром и уносятся в сторону. Если среди соседних экземпляров к этому моменту окажется готовый к цветению женский початок, то пылевые зёрна во множестве оседают на волосистые рыльца, и происходит перекрёстное опыление. Обычно, когда мужское соцветие отцветает, из женских початков показываются нитевидные рыльца. Опыление их происходит пылевыми зёрнами соседних экземпляров.

Початок является укороченным стеблевым побегом, развившимся в пазухе листа. Их развивается от одного до трёх на одном стебле, и длина их колеблется от 5 до 42 см. Женские цветки сидят на мясистом стержне со всех сторон парными рядами. Нижняя часть стержня, которым початок прикрепляется к стеблю, имеет сильно укороченные междоузлия и узлы, от которых отходят многочисленные обвёрточные листья, окутывающие нежный початок. Обвёрточные листья состоят только из влагалищ, а пластинки их остаются недоразвитыми. Завязи женских цветков погружены нижней частью в мякоть початка, а от верхушки каждой завязи тянется длинный, белый столбик, заканчивающийся волосистым рыльцем. Части столбика и рыльца, показывающиеся при цветении из початка, покрыты мелкими волосками и от антоциана иногда бывают окрашены в розовый цвет. При основании завязей женских цветков можно



Рис. 256. Кукуруза (*Zea mays*):

А — мужская метёлка кукурузы; Б — початок сидит во влагалище листа, из него торчат нити — рыльца женских цветков; В — оба соцветия находятся на одном экземпляре — однодомное растение; Г — колосок с тычиночными цветками; Д — женский цветок; Е — созревший початок.

заметить второй атрофированный цветок в виде беловатой оболочки. Кроме того, видны ещё цветочные и колосковые чешуи, не играющие особой роли в початке, так как защитную роль всецело играют обвёрточные листья.

После опыления рылец пылевые зёрна начинают прорастать, и оплодотворение происходит через 26—28 часов. Процесс созревания початков продолжается около двух месяцев. После цветения зелёная масса уже заметно не прирастает, а происходит лишь перераспределение сухих веществ в самом растении. Из листьев и стебля органические вещества переходят в початки.

Кукуруза возделывается как зерновое и как силосное растение. Использование кукурузы разнообразное: из неё добывается до 150 видов различных продуктов.

39. Сем. Осоковые (Ситовниковые) (Cyperaceae)

Осоковые — травянистые растения, принадлежащие к тому же порядку плёнчатоцветных, что и злаки. Их легко можно сме-

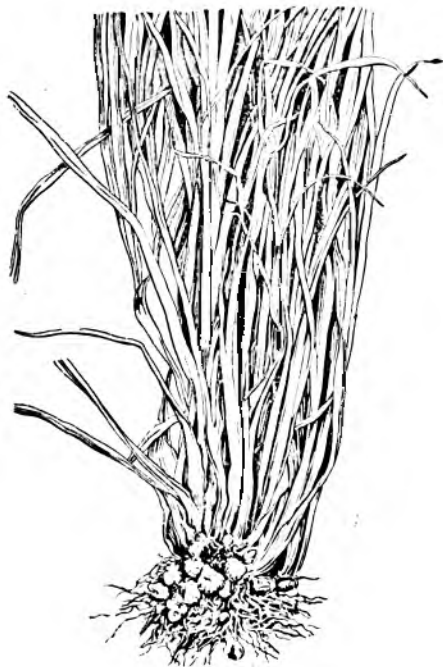


Рис. 257. Чуфа (*Cyperus esculentus*): на корнях видны клубни, богатые маслом.

шать со злаками, поэтому нужно знать их отличительные признаки. Осоковые имеют большую частью трёхгранные стебли без утолщений в узлах, с линейными, ланцетными или шиловидными листьями, у которых влагалища замкнутые и лишены язычка. Листорасположение очередное по трём сторонам стебля. Края листьев острошершавые. Цветки у них или однополые или двуполые, собраны в колоски, которые, в свою очередь, сидят в метельчатых, головчатых, колосовидных или зонтиковидных соцветиях. Цветки мелкие, невзрачные, ветроопыляемые. Околоцветник у цветков отсутствует, а вместо него имеются одна или две чешуи, заключающие в себе андроцей и гинецей. Внутренняя чешуя, заключающая в себе завязь, называется мешочком. Настоя-

щий околоцветник иногда превращается в щетинки и волоски. Тычинок три. Пестик один с тремя или двумя нитевидными рыльцами, сросшимися при основании. Опыление совершается ветром пере-

крёстно, так как пыльники обычно вскрываются лишь после того, как отсохнут рыльца. Плод — орешек или семянка — заключён в мешочек, образующийся из сросшегося краями прицветника.

Жёсткость стеблей и листьев зависит от избыточного количества кремнезёма, пропитывающего эти растения и делающего их или совершенно несъедобными для скота или съедобными лишь частично и при недостатке других, лучших кормов. Жёсткость и колючесть осок вызывают раздражение и даже воспаление слизистой оболочки пищеварительного тракта у животных. Кро-

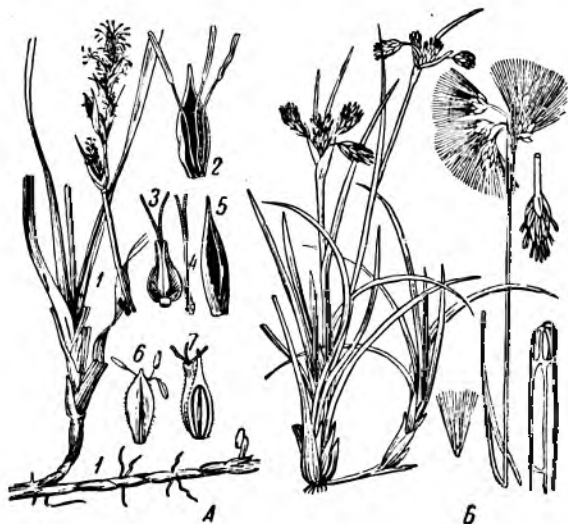


Рис. 258.

А^а — осока песчаная (*Carex arenaria*): 1 — корневище, стебель и соцветие; 2 — мужской цветок; 3 — женский цветок; 4 — пестик; 5 — прицветник; 6 и 7 — мужской и женский цветки осоки опушенной; Б — пушица (*Eriophorum*).

ме того, осоки, как и другие кислые травы, придают острый вкус молоку у коров и плохие качества маслу. Из многих видов осок лучше других поедаются скотом *Carex gracilis* и *Carex aquatica*.

В СССР огромные площади, занятые лугами и пастбищами с кислыми травами (осоками, ситниками, белоусами и хвощами), в плановом порядке превращают в культурные площади путём проведения различных мелиораций: осушения, известкования, посевов культурных трав и т. п.

К осоковым принадлежат роды: о с о к а (*Carex*), п у ш и ц а (*Eriophorum*), к а м ы ш (*Scirpus*) и др. К роду *Cyperus* принадлежит ч у ф а (*Cyperus esculentus*) — масличное растение, имеющее на корнях клубеньки, богатые маслом. Возделывается как доходная культура, дающая ценный питательный продукт (рис. 257).

Общее число видов осоковых достигает 2 600.

Род осок распадается на три группы: одноколосные осокки, например осока двудомная (*Carex dioica*), равноколосные, например осока лисья (*C. vulpina*), осока заячья (*C. leporina*), и разноколосные, например осока обыкновенная (*C. vulgaris*), осока лесная (*C. silvestris*) и осока опушенная (*C. hirta*).

Осоки, растущие на песках, полезны, так как служат для закрепления песков, например *Carex physoides*, растущая в пустынях Средней Азии, и всюду распространенная по прибрежным сыпучим пескам осока песчаная (*Carex arenaria* L.), многолетнее растение (рис. 258, А). Она имеет сильно разрастающиеся корневища, покрытые чешуйчатыми листьями, дающие от себя короткие корни, опутывающие песок, и длинные корни, уходящие вглубь по направлению к грунтовой воде. Стебель с жесткими, желобчатыми листьями, расположенными с трёх сторон трёхгранного стебля. Верхние колоски включают в себя мужские цветки, нижние — женские, а средние — и тычиночные и пестичные. Число колосков, сгруппированных на верхушке стебля, колеблется от 6 до 16. Колоски окружены заострёнными прицветниками, а цветки — бурими плёнками.

Пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.) (рис. 258, Б) и другие виды имеют околоцветник из многочисленных прямых волосков, которые после цветения сильно разрастаются и образуют над колоском пушистую кисть. Попадая в сено, нити пушицы засоряют его и, скопясь в кишечнике у животных, причиняют им страдания.

40. Сем. Ятрышниковые (Орхидные) (Orchidaceae)

Это семейство включает в себя до 17 000 видов, из которых большая часть распространена в тропических странах. Многие виды произрастают там как эпифиты — воздушные растения, поселяющиеся на коре деревьев. Они обладают крупными, красивыми, причудливой формы цветками и опыляются не только насекомыми, но и мелкими птицами (колибри). Европейские виды орхидей относятся к наземным растениям. Они встречаются на лугах и в лесах. С оригинальными органами орхидей мы познакомимся по ятрышнику.

1. Ятрышник широколистный (*Orchis latifolia* L.) (рис. 259). Это растение может служить представителем группы ятрышников, интереснейших в биологическом отношении растений. Они растут по сырым лугам. Весной из клубня пробивается на поверхность зелёный побег. Клубень богат запасами питательных веществ (крахмалом и питательной слизью). Форма его сплюснутая, лапчатопятираздельная. Из клубней ятрышника добывается медицинский продукт сапон. Взамен старого клубня вырастает молодой, который за лето вполне формируется и наполняется запасами. Цветущий стебель несёт на себе пять продолговато-ланцетных листьев, постепенно уменьшающихся и выше переходящих в прицветники. Верхняя поверхность листьев имеет красно-бурые пятна. Растение не защищено от потери воды че-

рез испарение и не имеет волосков. Немногочисленные корни ятрышников окружены микоризами, способствующими питанию растения. Опыление ятрышника совершается с помощью насекомых (шмелей). Цветки в колосьях лилово-пурпурные. Нижняя завязь закручена вокруг своей оси и играет одновременно роль цветоножки. Околоцветник состоит из шести ярко окрашенных листочков, из которых три сидят снаружи и три внутри. Три листика околоцветника собраны в шлем, прикрывающий от дождя внутренние части цветка. Два других листика околоцветника торчат вверх, а шестой листик вытянут в нижнюю губу с тремя пурпуровопянистыми долями, играющими роль «присеста» для насекомых. Шлем и нижняя губа срастаются между собой в широкую трубку, заканчивающуюся шпорцем; в стенках трубки находится нектар. Над выходом в шпорец, над коротким отростком завязи, называемым колонок, сидит блестящее рыльце, и по бокам, в особых кармашках, помещаются «поллинии», т. е. пыльцевые массы, снабжённые отросточком, заканчивающимся липким диском (прилипцальцем). Оба поллиниария произошли из единственной тычинки, сильно видоизменившейся.

До опыления и после него цветок благодаря закрученной завязи расположен так, что нижняя губа его торчит вверх и для опыления он недоступен. Во время цветения цветок поворачивается путём раскручивания завязи на 180° и тогда нижняя губа оказывается обращённой вниз. В это время шмель, усевшийся на нижнюю губу, заправляет свой хоботок в шпорец, а головой касается прилипцальца, которые приклеиваются к голове. В тот момент, когда шмель вынимает хоботок из шпорцы, вытягиваются из кармашков поллиниарии и остаются на голове шмеля в виде двух рожков, сперва направленных назад, а затем, во время полёта, от подсыхания выпрямляющихся и торчащих вперёд. При посещении цветка другого растения шмель касается поллиниариями рыльца пестика и опыляет перекрёстно другой цветок. Искусственно извлечь поллиниарии из цветка для рассматривания можно с помощью тонкой заострённой палочки. Завязь у ятрышника трёхгнёздная, со множеством семяночек, превращающихся в мелкие, как пыль, семена, разносящиеся ветром.

На сырых лугах между кустарниками мы можем встретить другие виды ятрышника, например:

2. К у к у ш и н ы с л ё а к и (*Orchis maculata* L.) — вид, сходный с предыдущим, но имеющий больше шести листьев, покрытых буроватыми пятнами.



Рис. 259. Ятрышник широколистный (*Orchis latifolia*):

1 — общий вид растения; 2 — зимующий клубень; 3 — цветок; 4 — шмель на цветке; 5 — шмель с двумя прилипшими поллиниариями; 6 — поллиниарий; 7 — плод; 8 — семя (по Шмелю).

3. Ятрышник шлемовидный (*Orchis militaris* L.), с цельными клубнями и лишённый тёмных пятен.

4. Ночная фиалка, или любка двулистная (*Platanthera bifolia* L.), растёт в затённых местах и имеет белые цветки, издающие сильный аромат ночью. Опыляется ночными бабочками.

5. Венерин башмачок (*Cypripedium calceolus* L.), самая красивая у нас орхидея, растёт в тенистых лесах.

Из клубней ятрышников добывается порошок сапел, употребляющийся в медицине для приготовления слизистых отваров, как обволакивающих средств, при поражениях кишечника, катарах, полосах и при острых отравлениях. Кроме того, орхидеи, особенно тропические эпифиты, полезны в декоративном садоводстве. В кормовом отношении орхидеи ценности не представляют, а некоторые являются даже ядовитыми.

Изученные нами растения являются ничтожной частью среди бесконечного разнообразия видов, встречающихся на земном шаре. Мы подробнее остановились на растениях, повседневно окружающих нас, и из них старались выделить те, которые имеют наиболее важное значение в сельском хозяйстве. Мы уделили также внимание сорным, ядовитым и паразитным растениям.

Кроме описанных нами семейств, известно ещё много других, к которым принадлежат разнообразнейшие деревья, кустарники и травы, часто имеющие большое значение.

Изучение растений показывает, что современный растительный мир чрезвычайно богат и разнообразен. Современные растения (так же, как и животные) есть одна из ступеней длительного процесса развития жизни на земле, процесса совершенствования растительных (и животных) организмов, происходящего под влиянием естественных факторов — изменчивости, наследственности и естественного отбора, а также воздействий со стороны человека.

Глава XI

ГЕОГРАФИЯ РАСТЕНИЙ

1. ЭЛЕМЕНТЫ БОТАНИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ

Отдел ботаники, изучающий состав и распределение растительности в различных зонах и поясах земного шара, называется географией растений. Совокупность всех семейств и видов растений земного шара составляет его флору. Термин «флора» применяется в более узком смысле, когда говорится о совокупности растительных видов какой-либо определённой территории или страны. Например, сейчас издаётся «Флора СССР» (многотомный определитель), в котором описываются виды растений (свыше 20 000), встречающиеся на обширной территории нашей Родины. В географии растений изучаются закономерности распределения растительного покрова по территориям земного шара, а также ареалы, т. е. районы распространения отдельных видов. Кроме того, в географии растений изучаются исторические при-

чины современного распределения растительного покрова в связи с изменениями климата и земной коры.

В настоящем курсе мы рассмотрим только вопросы экологии растений, дадим понятие о растительных сообществах и остановимся на растительных зонах СССР.

1. Экология растений

Большое значение имеет сейчас экология¹, т. е. наука, изучающая взаимоотношения между растением и окружающей средой, так как перед нами стоит задача преобразования природы и широкого использования растительных ресурсов. Под окружающей средой понимаются все факторы или условия, окружающие растения и влияющие на их жизнь: факторы, прямо воздействующие — вода, свет, температура, почва, воздух, а также и факторы, действующие косвенно, например рельеф местности, окружающая растительность, животный мир, деятельность человека.

Растения растут и развиваются не под влиянием какого-либо одного фактора жизни, а под совокупным воздействием их всех. В течение жизни изменяются условия, окружающие растение, и от этих изменений зависит его существование.

Основные условия жизни растений (по В. Р. Вильямсу) следующие: вода, свет, тепло, пища. Растение может хорошо расти и развиваться только при наиболее благоприятном сочетании этих условий в различные периоды его жизни. Под пищей в данном случае подразумевается углекислый газ воздуха, а также азот, сера, фосфор, калий, кальций и железо — вещества, поступающие из почвы. Растению нужны ещё в ничтожных количествах другие элементы, например бор, марганец, цинк, медь, без которых оно не может хорошо расти и развиваться. О роли всех условий жизни подробнее мы будем говорить в отделе физиологии (часть III). Здесь мы только указываем, что *все условия жизни растения разнзначимы и незаменимы*. Если растение не получает хотя бы одного из условий жизни, то оно не может нормально развиваться, хотя бы было обеспечено вполне достаточно всеми остальными. Кратко остановимся на роли некоторых условий жизни растения.

Вода входит в состав живых частей растения. Сухие семена, сухие плоды содержат от 8 до 14% воды, а сочные части растений — от 80 до 90%. Без воды нет жизни. Вода входит в состав наиболее важных частей растения — протоплазмы, ядра, пластид. При наличии воды в клеточном соке создаётся тургор клеток; минеральные соли поступают в растение в виде водных растворов; при посредстве воды происходит передвижение веществ по растению. Испарение воды (транспирация) играет важную роль в жизни растения. Вода поступает в растение из почвы через корневую систему, но частично и листья могут конденса-

¹ Экология, или ойкология, от слова «ойкос» — дом, хозяйство.

ровать воду из воздуха. Для образования одной части сухого вещества злаки испаряют 300—400 частей воды. В районах, где много выпадает осадков (например, от 1 500 до 2 500 мм в год на Черноморском побережье Кавказа), при достаточном количестве тепла и света, развивается роскошная растительность. Но и при ничтожном количестве осадков (100—120 мм) в сухих степях возможна жизнь, но растительность там развивается скудная, защищающаяся от потери воды различными приспособлениями.

Растения сухих мест часто скопляют воду в весенний период в своих стеблях или листьях, а затем постепенно расходуют её в течение знойного лета. С поверхности они защищены толстой кутикулой. Такие растения (очиток, молодило, кактусы, агавы) называются **суккулентами**. Воду и запас питательных веществ скопляют в своих луковицах луковичные растения (тюльпаны, гусиный лук и др.), в изобилии зацветающие ранней весной, а затем исчезающие и сохраняющиеся в земле в виде луковиц до будущего лета.

По способности произрастать при различных условиях влажности почвы растения подразделяются на ксерофиты, мезофиты, гигрофиты и гидрофиты.

Ксерофиты — растения сухих мест. У них наиболее развиты приспособления, задерживающие испарение воды и перегревание растения. К таким приспособлениям относятся волоски разнообразнейших форм на эпидермисе, погружённые устьица, железистые волоски, выделяющие эфирные масла и смолистые вещества, толстая кутикула, восковой налёт. Кроме того, у них наиболее сильно развита столбчатая паренхима листа, имеется большее число устьиц на единицу поверхности и наиболее густо развита сеть водоносных сосудов. Клетки листьев растений — ксерофитов отличаются малой величиной и обилием хлоропластов. Затем растения сухих мест часто имеют слабо развитую поверхность листьев. Иногда листья совершенно отсутствуют или превращаются в колючки и тогда роль листьев играет зелёный стебель. Защитным средством против чрезмерного испарения у многих ксерофитов является способность их листьев свёртываться в трубку. Помимо этих приспособлений, ксерофитные растения обладают клетками с высоким осмотическим давлением, достигающим иногда до 100 и больше атмосфер, способными энергично поглощать и удерживать в себе воду.

Гигрофиты обладают свойствами противоположными и поэтому неспособны вести борьбу с засухой. Осмотическое давление в их клетках не превышает 8—10 атм. На эпидермисе у них волоски отсутствуют или слабо развиты; также слабо развита кутикула. Листья крупные, устьица располагаются на обеих сторонах листьев и часто имеются **гидатоды** — водные устьица. Корни обычно также слабо развиты. К **гигрофитам** относятся ароидные растения, осоковые, ситниковые, бегония, многие лютиковые — вообще растения увлажнённых мест.

Мезофиты занимают промежуточное положение между ксерофитами и гигрофитами. Это — растения, произрастающие при достаточном увлажнении. Осмотическое давление клеток у них равно 11—15 атм. К ним относится большая часть сельскохозяйственных культур — полевых, овощных и плодовых, а также большинство луговых и лесных растений. Мезофиты склонны к временному завяданию, но всё же обладают способностью бороться с временным недостатком воды.

Гидрофиты или целиком погружены в воду или имеют надводную и подводную части, отличающиеся между собой по форме и строению (стрелолист, лютик водяной). У них сильно развита воздухоносная ткань (аэренхима), листья голые, эпидермис тонкий, устьица развиты слабо, осмотическое давление клеток ничтожное. После извлечения из воды они быстро высыхают.

На примере вышеперечисленных групп растений мы видим, что растения в результате естественного отбора соответствуют в строении своего тела тем условиям окружающей среды, в которых им приходится существовать.

Свет в жизни зелёных растений так же, как и вода, играет исключительно важную роль. Процесс фотосинтеза, т. е. образования сахара и первичного крахмала, происходит на свету. Свет формирует растительный организм. Всякий представляет себе развесистую форму кроны сосны, выросшей на свободе, и оголённый ствол с небольшой кроной на верхушке у сосны, выросшей в густом лесу при недостатке света. Большой недостаток света вызывает этиолированность у растений: вытягиваются стебли, недоразвиваются листья, не образуется хлорофилл — растения остаются бледными. Недостаток света часто влечёт за собой недоразвитие механических тканей и полегание растений, например хлебных злаков. При недостатке света растения часто не зацветают и не приносят плодов и семян. Свет необходим для прохождения растением световой стадии развития (о чём подробнее сказано в главе XVIII). По отношению к свету деревья подразделяются на светолюбивые (лиственница, сосна, берёза, ясень, дуб) и на теневыносливые (пихта, ель, бук, клён, граб). Из травянистых растений к первым относятся растения, предпочитающие открытые места (амарант, люцерна, коровяк, подорожник, латук), а ко вторым — хорошо растущие под пологом леса (мхи, папоротники, кислица, вероника, майник, ландыш, вороний глаз).

Тепло столь же важное условие жизни растений, как и другие условия. Смена тепла в направлении с севера на юг — главная причина изменения растительности и распределения её по зонам. Точно так же в зависимости от температуры изменяется растительность и по вертикальным зонам в горных местностях. Для каждого растительного вида, кроме наиболее благоприятной или оптимальной температуры, различают ещё температуры минимума и максимума, т. е. самую низкую и самую высокую

температуру, при которой ещё может существовать растение; это — пределы его жизни. Растения северных широт и высокогорные растения лучше приспособлены к низким температурам. Например, возле Верхоянска низкие температуры достигают -70° и -76° , а там насчитывается до 200 видов растений, из которых большинство перезимовывает.

Многие растения начинают расти при температурах, едва превышающих 0° . Например, ранние весенние растения — подснежник (*Scilla*), пролески (*Mercuriales*), сольданеллы — появляются из-под тающего снега, другие — крокусы, анемоны, хохлатки, чистяк, первоцветы пробуждаются в первые тёплые весенние дни.

Озимые растения переносят температуры значительно ниже 0° , например -15 — -20° даже в бесснежные зимы, а клюква, брусника, ложечная трава (*Cochlearia*), маргаритка, мокрица, копытень — даже температуры ниже -40° . Многие тропические растения погибают при снижении температуры до 0° и даже до $+5^{\circ}$.

Максимальные температуры выше 45 — 50° и даже до 70° хорошо переносятся некоторыми водорослями и бактериями, в то время как большая часть высших растений погибает при этих температурах. Оптимальные, т. е. благоприятные, температуры выше у тропических и субтропических растений и значительно ниже — у северных и высокогорных. Вообще температура накладывает свой отпечаток на флору данной местности.

Почва, на которой произрастают растения, влияет на их внешний облик, на все физиологические функции. Некоторые низшие растения — бактерии, грибы, водоросли часто поселяются не только на её поверхности, но и проникают в верхние слои. Лишайники тесно соприкасаются с почвой при посредстве ризоидов; многие мхи также живут на её поверхности, имея ризоиды, а другие высшие растения приходят с почвой в тесное соприкосновение при посредстве сложной корневой системы. Из почвы они получают воду и минеральные соли, необходимые для жизни. Почвенные бактерии и гифы грибов, окружающие корни растений, оказывают громадное влияние на рост высших растений (например, азотусвояющие клубеньковые бактерии и гифы грибов, образующие сплошные чехлы вокруг корней — микоризы, о чём подробнее сказано в главе XIV, стр. 497 и 511).

От структуры почвы, от её химического состава, от её влагоёмкости и водопроницаемости, а также от многих других свойств зависит рост и развитие растений. Человек может влиять на эти свойства и создавать условия, благоприятствующие жизни растений. Но даже на бесплодных бесструктурных песках и на скалах поселяются растения, приспособившиеся к жизни на них, — это растительные пионеры. Они укрепляют сыпучие пески своими корнями или, наоборот, способствуют разрушению скал, подготавливая условия для жизни других растений и для жизни животных. Состав растительности сильно отличается на подзолистых почвах, чернозёмах, болотных почвах, на песках. Растения,

приспособившиеся расти на солончаковых почвах, называются галофитами. Они отличаются высоким осмотическим давлением своих клеток, превышающим часто 100 атм. На меловых обнажениях также наблюдается своеобразная растительность, как и на известковых почвах. Например, на последних хорошо растёт степная астра, солнцезвезд, порезник, в то время как другие растения — мох сфагнум, ракитник, черника, вереск не выносят почвы, богатые известью. Большое влияние на растение оказывает кислотность почвы; например, такие растения, как мхи, хвощи, осоки, ситники, белоус и др., способны расти на кислых почвах, на которых большинство растений не растёт.

Почвы и растения взаимно влияют друг на друга.

Из других факторов жизни растений укажем на влияние воздуха, ветра и животного мира.

Из воздуха растения поглощают углекислый газ, содержание которого более или менее постоянно (0,03%). Некоторое увеличение содержания его достигается при разложении в почве навоза, например, при парниковой культуре растений, что благоприятно отзывается на растениях. Многие растения не переносят загрязнения воздуха угольной пылью и сернистым газом. Лишайники, например, не поселяются вблизи больших городов. Плохо произрастают в больших городах хвойные растения.

Сухие, иссушающие ветры — суховеи часто приносят гибель растениям. Борьба с суховеями и засухой в степной и лесостепной полосах в нашей стране осуществляется с помощью лесонасаждений, с помощью введения травопольной системы земледелия и с помощью орошения. Влажные тёплые приморские ветры приносят осадки и улучшают рост растений. Ветер способствует также опылению растений и разносит плоды и семена.

Жизнь растений тесно связана с жизнью животных. Животные питаются растениями, животные дышат кислородом, выделяемым в процессе фотосинтеза. Многие насекомые и паразиты приносят вред растениям, но многие из насекомых приносят и пользу, опыляя цветки. Животные распространяют плоды и семена. Взаимосвязи растительного и животного мира чрезвычайно разнообразны.

Влияние одних растений на другие также весьма сложно. Кратко остановимся на учении о растительных сообществах.

2. Растительные сообщества

Растительные виды в природе редко произрастают отдельно, а обычно образуют сложный растительный покров, в состав которого входит много видов, отличающихся не только по внешним признакам, но и по своим потребностям к окружающей среде. Между видами растений устанавливаются сложные взаимоотношения: наряду с межвидовой борьбой и с конкуренцией за воду, свет и пищу, между видами устанавливаются такие взаимоотношения, при которых возможна борьба против общих врагов

и против невзгод нежизни природы. Следовательно, растительным сообществом (или фитоценозом)¹ называется совокупность растительных видов, произрастающих при однородных условиях (почвенных и климатических) и ведущих борьбу за своё существование. Растительными сообществами считаются такие растительные покровы, как луг, болото, лес, степь, сильно отличающиеся друг от друга по характеру своей растительности. Однако каждое из этих крупных объединений растений, в свою очередь, распадается на более мелкие сообщества. Так, например, луга бывают поёмные, суходольные, горные и т. д.; также и болота—торфяные, травянистые и т. д. Леса подразделяются на хвойные, лиственные, а последние—на берёзовые, осиновые, дубовые, смешанные. Растительные сообщества не случайное объединение видов, а закономерное, слагающееся и изменяющееся в процессе длительного исторического развития, в процессе борьбы за существование между видами и взаимопомощи между ними, в процессе естественного отбора. К характерным признакам растительного сообщества относятся: 1) ярусность в распределении надземных и подземных органов растений, т. е. различная высота разных видов и различная длина корней; 2) фенологическая разнотипность, т. е. различная быстрота развития растительных видов; 3) известная подвижность и устойчивость видов, входящих в состав покрова, т. е. более или менее быстрая смена одних видов другими.

Поясним это примерами. В лесу мы видим несколько ярусов, состоящих из растений, отличающихся своими жизненными формами. Верхний ярус образуется деревьями светолюбивыми, крона которых возвышается над другими растениями. Под ними располагается средний ярус, состоящий из более мелких деревьев и кустарников, довольствующихся меньшим количеством света. В нижнем ярусе располагаются папоротники и различные цветущие травянистые растения, а также полукустарники, отличающиеся большой теневыносливостью. Под ними ютятся ещё мхи и грибы. Корневая система деревьев, кустарников, травянистых растений, пронизанная микоризами и окружённая бактериальной флорой, также располагается по различным ярусам, благодаря чему лучше используются вещества почвы.

Сходную ярусность мы видим на лугу, где произрастают верховые травы (костёр, овсяница, клевер луговой) и низовые (поленица, душистый колосок, клевер белый). Корни злаков распространяются в более поверхностных горизонтах почвы, а корни бобовых в более глубоких. На лугу же мы видим, что быстрота развития растений в травостое в течение вегетационного периода весьма неодинакова. Цветение луговых растений начинается с ранней весны, достигает наибольшей силы к моменту сенокоса; в течение лета луг представляет собой беспрестанно меняющуюся

¹ Фитоценоз от греческих слов «фитон»—растение и «койнось»—общий.

картину ярких красок всех цветов и оттенков, выступающих то зелёными, то жёлтыми (от лютиков), то синими (от колокольчиков), то белыми (от поповников), то розовыми (от горичветов) пятнами, то равномерно, то пёстро разбросанными по всей поверхности, а иногда заполняющими всё необозримое луговое пространство. Смена красок указывает на беспрестанные изменения, совершающиеся в пёстром луговом ковре. Большая часть растительных видов обладает способностью произрастать не в одиночку, а группами, что частично объясняется вегетативным размножением.

Термин «растительное сообщество» имеет условное значение. Под это понятие подходит и более крупное объединение растений, например лес в целом, и более мелкие объединения, например дубовый лес, сосновый лес и др., причём каждое из этих сообществ отличается по характеру сопутствующих растений. Поэтому в учение о растительных сообществах введён ещё термин «ассоциация», под которым подразумевается «наиболее мелкая, хорошо улавливаемая физиономически единица растительного покрова» (В. В. Алёхин). Например, в сосновом лесу можно различить ассоциации—участок с нижним ярусом из брусники, участок с ярусом из черники, с ярусом из лишайников, с ярусом, в котором преобладает кислица. Также и на заливном поёмном лугу легко можно выделить такие однородные участки: яркозелёный с господством осок, однотонный с преобладанием лисохвоста, с пёстрой яркой окраской цветущих двудольных (разнотравье). Участки ассоциаций иногда резко разграничены и легко выделяются на глаз, а в других случаях границы между ними мало заметны и потому условны¹.

В каждой ассоциации встречаются виды более важные, характеризующие собой всё растительное сообщество, и менее важные виды, зависящие от первых. Растения, характеризующие данное сообщество, называются строителями (эдификаторами), например сосна в сосновом лесу или ковыль в ковыльной степи. В многоярусных растительных сообществах в каждом ярусе имеются растения, преобладающие или доминирующие среди других. Детальное изучение растительных сообществ и ассоциаций имеет большое народнохозяйственное значение, особенно в лесоводстве и луговодстве.

II. РАСТИТЕЛЬНЫЕ ЗОНЫ СССР

Флора СССР отличается богатством и разнообразием растений, что обуславливается обширностью территории, разнообразием климатических и почвенных условий. Закономерности в рас-

¹ В учении о растительных сообществах приводятся подразделения ассоциаций на более мелкие единицы (социации), а также объединение ассоциаций в более крупные группы (формации). Термину «ассоциация» часто даётся иное толкование, нежели приведённое нами— более распространённое, но в настоящем курсе мы не останавливаемся на этих деталях.

пределении растительности изучались и изучаются многими русскими учёными. Основоположителем учения о зонах природы был выдающийся русский почвовед В. В. Докучаев. Им же были введены понятия о горизонтальных, т. е. широтных зонах природы в равнинных странах. В горных странах горизонтальные зоны растительности сменяются вертикальными зонами.

1. Зона тундр

Естественный растительный мир тундр отличается бедностью, что обусловливается климатом. Температура воздуха летом редко поднимается до 18—20°, зимой бывают сильные морозы, а средняя температура года всегда бывает ниже 0°. Лето короткое, летние дни длинные. Количество осадков в тундре не превышает 200—300 мм. Снежный покров редко превышает 1 м, и только сильные северные ветры наметают глубокие сугробы. Характерна

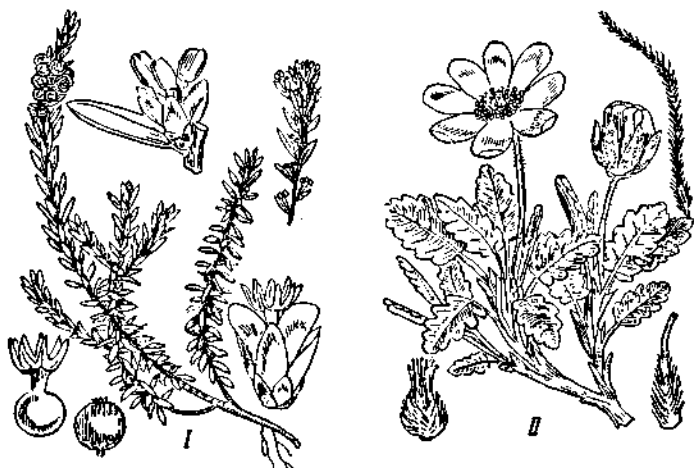


Рис. 260.

I — вороника (*Empetrum nigrum*); *II* — куропаточья трава (*Dryas octopetala*).

для тундр так называемая вечная мерзлота почвы; только летнее короткое оттаивание поверхностных слоёв даёт возможность для развития корней растений.

Тундры занимают обширные пространства на материках, прилегающих к Северному Ледовитому океану, и простираются на наиболее южные острова этого океана. Отличительная особенность растительности тундр — отсутствие лесов, что связано с суровым климатом и с вечной мерзлотой почвы. Растительность носит приземистый характер.

В тундрах преобладают низкорослые ели (*Picea obovata*, *P. excelsa*), можжевельники (*Juniperus communis*), лиственницы (*Larix sibirica*), берёзы (*Betula pumila*), рябины (*Sorbus aucuparia*), ивы (*Salix reticulata*) и др. Все ветви этих растений, вырастающие выше зимних сугробов, отмерзают, а потому в течение веков растения приобрели низкорослую столбовую или стланиковую форму. Ещё ближе к земле прижимаются мхи, лишайники, хвощи, клюква, брусника, черника, голубика, андромеда, вереск (рис. 208, *II*), куропаточья трава (*Dryas octopetala*) (рис. 260, *II*) и травяни-

стые растения, в большинстве случаев являющиеся многолетниками. Из травянистых растений можно указать на крупки (*Draba*), камнеломки (*Saxifraga*), ястребинки, лютики, лапчатки, фиалки, горечавки, незабудки, валерьяны, осоки, ситники, пушицу, овсяницы, мятлики, сусеницы (*Gnaphalium*), волоснецы (*Elymus*), калужницу, вороник (*Echpetrum*) (рис. 260, I), морошку, щавель, армерию, ясколку, звездчатки и многие другие. В общей сложности известно около 200—300 видов растений.

Характер тундр меняется в зависимости от рельефа, почвы, близости моря и от многих других причин.

Вегетационный период развития растительности тундр равняется 2—2½ месяцам. За этот короткий срок растительность проходит цикл своего развития. В течение веков обширные тундровые пространства заселялись кочевниками, занимавшимися оленеводством. Земледелие в северных «потребляющих районах» в условиях мелкого хозяйства считалось невозможным. Природа ставила «предел земледелию». Однако мы, в условиях крупного социалистического сельскохозяйственного производства, успешно разрешаем проблему северного земледелия и превращаем тундру в цветущий край. Вечная мерзлота почвы не может служить препятствием для земледелия, так как оттаивание почвы летом на некоторую глубину мы используем для выращивания многих растений, имеющих короткий вегетационный период. Кроме того, мы используем новые приемы агротехники, мичуринские приемы скрещивания растений и прививок и т. д. Культура самых ранних сортов хлебных злаков доходит до широт полярного круга. Культура картофеля, репы, редиса и других овощей доходит до Северного Ледовитого океана. Такое же распространение может иметь и травосеяние. Пригодными травами являются костёр безостый, овсяница луговая, лисохвост, тимopheвка. На зелёный корм хорошо идут овёс и ячмень.

2. Лесная зона

Растительность лесов

К югу от тундр располагается широкая полоса лесная зона, переходящая южнее в степную зону. Дерновоподзолистые почвы (супесчаные, суглинистые, а местами болотистые) являются типичными для этой зоны. Количество осадков колеблется в пределах от 500 до 700 мм в год. Средняя годовая температура равна 2—5°; в пределах СССР с запада на восток она постепенно снижается. На юге лесная зона почти совпадает с северной границей чернозёма, а на севере она граничит с тундрой.

Вдоль больших рек лесная зона в виде длинных языков вдаётся в тундры, местами доходя до Ледовитого океана. Деревья на северной границе имеют заухудалый вид, постепенно переходя в кустарники.

Ель (*Picea excelsa*) является наиболее типичной древесной породой западной части лесной зоны. Огромные леса из ели (*Picea obovata*) образуют дремучую тайгу Сибири и северной европейской части СССР. На север ель заходит немного севернее полярного круга (до 68,5° с. ш.). На юге ель доходит до северной границы чернозёма (до 52—54° с. ш.). Ель является породой теневыносливой и холодостойкой, а поэтому она вытесняет лиственные деревья. Другая древесная порода сосна (*Pinus silvestris*) занимает более лёгкие песчаные почвы, на которых образует сплошные леса, называемые борами. Сосна является интерзональным растением, так как встречается и в других зонах. Сосна — светолюбивое растение, плохо растущее на избыточно увлажнённых почвах.

Вместе с елью широкие пространства в Сибири занимает пихта (*Abies sibirica*), откуда она заходит глубоко в европейскую часть СССР. Из Сибири же заходят на равнину европейской части СССР лиственница (*Larix sibirica*) и сибирский кедр (*Pinus sibirica*). Такого рода огромные

пространства хвойных лесов, в которых лиственные деревья (берёза, осина, ольха, ива, черёмуха и рябина) лишь местами вкраплены в основной хвойный массив и играют второстепенную роль, называются тайгой.

Хвойные леса в более южных районах лесной полосы (южнее широты Ленинграда) сменяются лиственными. Чаще встречаются смешанные — лиственные и хвойные леса, и редко однородные, например берёзовые, дубовые, грабовые, вязовые, буковые. Кроме того, в состав лиственного леса часто входят липа, клён, осина, ольха, яблоня и груша.

Характер одного и того же леса с течением времени меняется. Смена древесных пород происходит в результате вырубки или после лесных пожаров. На обнажённую от хвойных деревьев площадь ветер наносит лёгкие семена осины или плоды берёзы. Кроме того, лиственные породы всегда находятся, хотя и в угнетённом состоянии, под пологом хвойных пород. На обнажившейся площади эти «угнетённые деревья» — берёза и осина — начинают быстро оправляться, разрастаться и превращаться в лиственный лес. Под защитой лиственного леса хорошо могут расти хвойные породы, особенно ель, которые в конце концов обгоняют в своём росте осину и берёзу и снова приводят лиственные породы в угнетённое состояние.

Большая часть лиственных пород в послеледниковый период проникла в европейскую часть СССР с юго-запада. Так, например, дуб вместе со своим спутником — орешником, распространившись от побережья Средиземного моря, до сих пор ещё не проник за Урал. История проникновения лиственных пород на европейскую часть СССР установлена на основании изучения границ распространения каждой древесной породы.

Подобного рода изучение каждой древесной породы, а также изучение климатических особенностей различных областей лесной зоны дают возможность подразделить эту зону на ряд ботанико-географических провинций, из которых каждая отличается своими ботаническими особенностями.

В каждом лесу, а тем более в смешанном, под верхним пологом его, где смыкаются кроны деревьев, мы можем различить несколько нижних ярусов растительности. Так, в лиственных лесах под высокоствольными деревьями находится подлесок, состоящий из разнообразных кустарников: рябины, орешника, бересклета, крушины, жимолости, шиповника, малины, ежевики, бузины, калины и др. Самый нижний ярус представляет травянистая растительность, состав которой в лесной зоне является чрезвычайно разнообразным и состоящим из сотен видов растений, различные группировки которых находятся в зависимости от характера лесных пород, от почвы, рельефа местности и т. п. Вот некоторые из наиболее типичных травянистых растений лесной зоны, постоянно встречающиеся в наших лесах. Весной в лесу мы находим: ветреницы различных видов, лютики, купальницу, чистяк — это растения из семейства лютиковых; хохлатки из семейства дымянковых; крупки из семейства крестоцветных; фиалки из семейства фиалковых; герани из семейства гераниевых; вики, сочевичник из семейства бобовых; гравилаты, землянику, таволгу, манжетку, лапчатки из семейства розоцветных; первоцветы, вербейники из семейства первоцветных; медунцы, незабудки из семейства бурачниковых; вероники, норичники, марьяники из семейства норичниковых; будры, яснотки, мяты из семейства губоцветных; копытень из семейства кирказоновых; ландыш, купены, вороний глаз, майник из семейства спаржевых; гусиный лук, пролески из семейства лилейных; папоротники и многие другие.

В хвойных лесах флора растений бывает более разнообразна. В еловых лесах мы встречаем кустарники можжевельник и козью иву, а на самой поверхности почвы — плаун, мох мниум и «мох» кукушкин лён, а также сапрофитное растение подёльник и вечнозелёное — грушанку из семейства грушанковых; бруснику, чернику из семейства вересковых; борщукку из семейства злаков; линнею (*Linnaea borealis*) из семейства жимолостных; калипсо

(*Calypso borealis*) из семейства орхидей; к и с л и ц у из семейства кисличных; м а й н и к и л а н д ы ш из подсемейства спаржевых.

В сосновых боровых лесах, особенно на севере, часто поверхность почвы сплошь покрыта белыми лишайниками, из которых олений мох (*Cladonia rangiferina*) играет главную роль. Кроме того, встречаются с о н - т р а в а из семейства лютиковых; б р у с н и к а, в е р е с к (*Calluna vulgaris*) из семейства вересковых; я с т р е б и н к а, с у ш е н и ц а (*Gnaphalium*) из семейства сложноцветных; щ у ч к а (*Deschampsia caespitosa*) и в е й н и к (*Calamagrostis epigeios*) из семейства злаков.

Растительность болот

В лесной зоне важную роль играют т о р ф я н ы е (сфагnumовые) болота. Торф, добываемый на осушенных болотах, представляет собой ценное вещество, используемое на топливо, на подстилку скоту, на удобрение. Толщи торфа достигают нескольких метров. Торфяные болота имеют желтовато-красный цвет и выпуклую посредние форму.

Образование торфяных болот, разбросанных по всей лесной зоне, между хвойными лесами, происходило в течение многих тысяч лет. Особенно много болот в северной и западной частях лесной зоны. «Причина образования болот — недостаток в почве зольных элементов пищи растений, содержание же воды в болоте есть простое следствие большой влагеёмкости органического вещества» (В. Р. Вильямс). Первым признаком заболачивания служит появление мха — к у к у - ш к и н а л ь н а (*Polytrichum commune*), скользящего в себе воду. Вслед за ним появляется мох с ф а г н у м (*Sphagnum*), отличающийся особым устройством листьев и стеблей, поглощающий и удерживающий большое количество воды (до 2 000% и больше от веса сухого вещества). Моховые болота происходят также путём зарастания озёр, на поверхности которых образуется зыбкий ковёр из мха, укрепляющийся корпевищами осок, ситников, шейхцерии (*Scheuchzeria palustris*), покрывающийся п у ш ь ц а м и, б а г у л ь - н и к о м (*Ledum palustre*) (рис. 261), а н д р о м е - д о й (*Andromeda polifolia*), в ш и в и д е й (*Podicularis palustris*), насекомоядным растением р о с ь я н к о й, клюквой (*Oxycoccus palustris*) (рис. 262, I) и другими растениями, переносящими кислые почвы. Моховой ковёр, постепенно надвигаясь с краёв водоёма, затягивает собой свободную поверхность воды, а отмирающие нижние части стеблей мха, корни и корневища других растений опускаются на дно и заполняют водоём. Торф образуется вследствие того, что сфагnum* — плохой проводник тепла, и потому при низкой температуре оттаивающего весной болота и при избытке гумусовых кислот бывает подавлена деятельность бактерий гниения, а разложение растительных остатков происходит при недостатке воздуха. Торфообразовательный процесс происходит медленно; слой торфа в один метр образуется лишь в 500—600 лет.



Рис. 261. Багульник (*Ledum palustre*).

На поверхности мохового покрова поселяются и роскошно разрастаются растения из семейства вересковых — в е р е с к, б р у с н и к а, ч е р н и к а, г о л у б и к а, а на севере ещё розоцветное — м о р о ш к а (*Rubus chamaemorus* L.) (рис. 262, II), имеющая также очень вкусные плоды, и в о р о н и к а (*Empetrum*) из семейства ворониковых. Корявые сосны, низкорослые берёзы и ивы, медленно растущие на торфяниках, дополняют картину торфяного болота.

Мох сфагnum не переносит известковой воды. При наличии в воде известки зарастание водоёмов может происходить и без участия сфагнума. В таком

случае разнообразнейшие синезелёные водоросли, хвощи и различные цветковые растения — рдесты, кувшинки, частухи, стрелолисты, роголистники, тростники, горец земноводный, вахта, лютики, пузырчатки, телорез, лягушатник, ряска и многие другие растения способствуют зарастанию водоёма. Ветвистые мхи из рода гипnum (Нурпун) сильно разрастаются на таких заболоченных почвах. Вода зарастающих водоёмов содержит в себе мир разнообразнейших микроскопических мелких живых существ (растений и животных), находящихся во взвешенном состоянии и образующих так называемый



Рис. 262.

I — клюква (*Oxycoccus palustris*); II — морозника (*Rubus chamaemorus*).

«планктон». Ежегодно отмирающие многочисленные растения (и животные) опускаются на дно и дают начало образованию торфа, в котором мох сфагнум совершенно отсутствует. Заросший водоём превращается в травяное болото, которое называют ещё осоковым болотом, так как осоки в травостое играют главную роль.

Растительность лугов

Естественные заливные пойменные луга, расположенные вдоль больших рек (Оки, Волги, Днепра, Северной Двины и др.), и огромное количество пойм, разбросанных вдоль притоков рек по всей лесной зоне, изобилуют разнообразной растительностью, неиспользуемой в корм скоту. Хорошее луговое сено является ценным кормовым продуктом для животноводства. Разливы рек ежегодно оставляют в одних местах большое количество бесплодного песка, в других — плодородного ила. Ил удобряет почву пойменных лугов, на которых появляется роскошная растительность. Песчаные острова и прибрежные песчаные отмели также заселяются растениями. Пионерами являются мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*), подбел (*Petasites tomentosus*), черёда, таволга и одиночно растущие бобовые растения — чина, клевер, вика, астрагал; злаки — лисохвост, келерия, тимopheевка, овсяница (*Festuca ovina*), а также другие представители различных семейств — тмин, шавель, лютики, незабудки, ситники, мышанка (*Sagina*). Хвощи укрепляют прибрежные пески своими корневищами. Но особенно укрепляются пески ивой шелюгой (*Salix acutifolia*) и другими ивами, которые являются незаменимыми растениями

при борьбе с сыпучими песками. Растительность прибрежных песков не образует сомкнутой дернины.

Заливной пойменный луг состоит из трёх основных зон: приречной, средней и приматериковой. Каждая зона имеет свои почвенные особенности и соответственно этому меняется и характер растительности. Лучшая растительность обычно разрастается в средней зоне. Приречная зона имеет песчаные рыхлые почвы и наиболее сильно заливается. Приматериковая зона обычно бывает заболочена, так как вода в ней застаивается и здесь больше всего оседает илстых частиц, а в средней зоне получается хорошее удобрение илом и нет застоя воды.

В низинах заливных лугов при близости грунтовых вод растительность состоит, главным образом, из осок различных видов (*Carex caespitosa*, *C. vulpina*, *C. gracilis*) и других кислых трав, к которым примешиваются в более высоких местах злаки, как мятлики, канареечники (*Phalaris arundinacea*), полвица белая и лисохвост.

Средняя зона хороших пойменных лугов имеет наиболее пышную растительность. Мы назовём лишь некоторые из наиболее распространённых растений.

Из злаков, помимо выше перечисленных видов, обычно встречаются овсяница луговая, тимopheевка, пырей, костёр, душистый колосок, гребенник, ежа, трясунка. К злакам бывают примешаны бобовые, улучшающие качество сена: клевера, чины, вики, лядвеицы, язвенник. Кроме этих наиболее ценных для луга растений, встречаются разнообразные представители других семейств, образующих так называемое «разнотравье луга». Среди них мы можем встретить представителей трёх-четырёх десятков семейств и сотни различных видов: лютиковые — лютики, василистники, калужницы; крестоцветные — сердечники, сурепица; истодовые — истоды; гвоздичные — гвоздики, мыльнянки, смолевки, горичники, звездчатки; зверобойные — зверобой; гераниевые — герани; розоцветные — манжетки, таволги, гравилаты, кровохлебки, лапчатки; дербенниковые — плакун-трава; зонтичные — бедренец, дягиль, тмин; маревные — подмаренник, валерьяновые — валерьяны; ворсянковые — короставник, скабиозы; сложноцветные — тысячелистник, нивяник, василёк луговой, кульбабы, козлобородники; колокольчиковые — колокольчики, букашники; первоцветные — первоцветы, вербейники; горечавковые — золототысячник, горечавки; бурачниковые — незабудки; норичниковые — льнянки, вероники, погребок, очанки, марьяники, авран; губоцветные — мята, душица, тимьян, шлемник, черноголовка, живучка и др.

Среди луговых трав попадаются ядовитые растения, которых нужно остерегаться при кормлении скота (лютики, вех, ятрышники, чемерица, аконит, авран, собачья петрушка и др.).

Характер растительности на естественных лугах складывается под влиянием многочисленных внешних факторов (тепла, влаги, почвы) и воздействия со стороны человека. Луга часто портятся от несвоевременной пастбы скота и несвоевременного скашивания. Путём боронования, удобрения, подсева трав, путём осушки, перепашки старой дернины и создания новой плохие луга улучшаются и превращаются в ценные кормовые угодья. При густом стоянии растений между разными видами происходит непрерывная борьба за существование и в результате естественного отбора сильнее разрастаются наиболее приспособленные, устойчивые растения. При благоприятном сочетании внешних факторов (положение луга, оптимальная влажность почвы и др.) преобладают хорошие в качественном отношении травы, а при плохих условиях (заболоченность, бедность почвы и др.) хорошие травы отступают на второй план или же совсем исчезают, а преобладающее развитие получают так называемые кислые травы (ситники, оски, явочки, мхи, жесткостебельные злаки — белоус и др.).

Типы естественных лугов характеризуются растительной ассоциацией, в которой преобладающее развитие получают какие-либо определённые растения. Так, встречаются ассоциации луговика дернистого (щучки) (*Deschampsia caespitosa*), белоуса (*Nardus stricta*), осоки (*Carex*), мятлика (*Poa*), лисохвоста лугового (*Alopecurus pratensis*) и т. п.

Обширные пространства лесной зоны, как в европейской части СССР, так и в Сибири, помимо разработки лесных богатств, используются для развития различных отраслей сельского хозяйства.

Высокие урожаи культурных растений на севере возможны при хорошем удобрении почвы минеральными и органическими удобрениями, при удалении избытка воды из почвы (путём дренажа), при правильном травопольном севообороте, при рациональной обработке земли, при тщательной борьбе с сорными травами, при введении селекционных сортов и при применении ряда других мероприятий, способствующих повышению урожая (яровизация, протравливание и пр.).

Урожай овощных, кормовых и хлебных растений при благоприятных условиях могут быть даже выше, чем в степной полосе. Из технических растений лён и конопля дают лучшее волокно. Помимо лесных богатств, лесная зона изобилует естественными кормовыми площадями и запасами торфа. Север богат ещё грибами и ягодами, встречающимися как в диком виде, так и в культуре.

3. Степная зона

Лесостепь

Лесная зона Западной Европы переходит в средиземноморскую, а на обширной равнине европейской части СССР лесная зона переходит в степную зону.

Северная граница степной зоны проходит через северную часть Украины, через Курскую, Орловскую, Тульскую, Тамбовскую, Горьковскую области и дальше через Татарскую АССР и через южную часть Молотовской области заходит за Урал и простирается по Западной и Восточной Сибири вплоть до китайско-японской зоны. На юге европейской части СССР степная зона доходит до берегов Чёрного и Азовского морей, охватывает Северный Кавказ, южную часть Поволжья и заходит за Урал. Переход от лесной зоны к степной происходит через лесостепь, которую следует рассматривать как начало степи и которая тянется примерно вдоль северной границы чернозёма.

В лесостепи европейской части СССР встречаются большие площади леса, так называемые дубравы, в которых дуб преобладает, но попадаются ясень, липа, осина, берёза и ива. К Уралу и дальше в Сибири дуб сменяется берёзой. Подлесок состоит из кустарников и мелких деревьев — орешника, бересклета, рябины, ольхи, крушины, волчьего лыка, жимолости, ежевики, шиповника, бузины, калины, дикой яблони и груши. Последние две породы заходят не дальше Волги. Хвойные — ель, пихта, сосна — также попадают в этой полосе, но только сосновые леса кое-где образуют заметные массивы, обычно расположенные вдоль рек на песчаных почвах. Травянистая растительность широколиственных пород та же, что и в лесной зоне, но разнообразие родов и видов значительно больше. В чащах дубрав разнообразнее папоротники, больше зонтичных, губоцветных, орхидей. Из последних встречаются любка двулистная (*Platanthera bifolia*) и венерин башмачок (*Cypripedium calceolus*). Кустарники часто бывают опутаны хмелем (*Humulus lupulus*).

Лесостепь характеризуется волнистым рельефом местности, изрезанным оврагами и небольшими слегка покатыми равнинами. Чернозёмные почвы лесостепи более «вышелочены», чем степные чернозёмы; они являются переходными к серым лесным и дерново-подзолистым. На чернозёмных равнинах лесостепи появляется кое-где поодиночке, незаметно введясь между преоблада-

дающей лесной, степная растительность в виде кустарников дикого миндаля (*Amygdalus nana*) (рис. 263), ракитника (*Cytisus ruthenicus*), вишни степной (*Prunus fruticosa*), спиреи (*Spiraea crenifolia*), дрока красивого (*Genista tinctoria*). Из травянистой растительности кое-где появляются шалфей луговой (*Salvia pratensis*), таволга — земляные орешки (*Filipendula hexapetala*), эспарцет (*Onobrychis sativa*), девясил опушенный (*Inula hirta*), котловник голый (*Nepeta nuda*), серпуха корончатая (*Serratula coronata*), подмаренник настоящий (*Galium verum*), овёс пустынный (*Avena desertorum*), ковыль степной (*Stipa pennata*). В степи эти растения встречаются чаще и в большом количестве.

Степь

Южнее лесостепи начинаются бесконечные степные пространства. Степи юга европейской части СССР и степи Заvolжья сильно отличаются как по составу почвы, так и по характеру растительности. Заvolжские степи отличаются более континентальным климатом и большей солонцеватостью почвы.

Отличительными признаками степи являются отсутствие лесов, равнинный характер местности, чернозёмная почва, богатая гумусовыми веществами. Климат степной зоны отличается жарким летом и холодной зимой. Средняя температура от 3 до 7,5°. Осадков — от 360 до 480 мм, выпадение их крайне неравномерное. Многолетние растения в степи преобладают. Весной появляется множество цветущих и быстро отцветающих луковичных и корневищевых растений. Многие из них успевают обсемениться до начала знойных летних дней. Те же растения, которые развиваются в течение всего лета, обладают признаками ксерофитов. Богатство чернозёмных почв даёт возможность возделывать и получать высокие урожаи полевых, овощных и плодово-ягодных растений. Однако в степной зоне, особенно в её юго-восточной части, растения часто страдают от засухи, называемых иначе мглой, или помохой. Атмосфера над степью разогревается и становится малопрозрачной. Солнце просвечивает сквозь мглу красноватыми лучами, температура повышается до 40° и выше. Сухой ветер губительно действует на растения, листья свертываются в трубку, причем те из них, у которых устьиц находится больше на нижней стороне, заворачиваются краями вниз (бобовые и др.), а те, у которых устьиц имеется больше на верхней стороне (злаки), заворачиваются краями вверх. Гибель растений в засушливые годы вызывает неурожай, иногда захватывающие широкие районы и приносящие бедствия населению.

Степная зона, особенно в её южной и юго-восточной частях, имеет ничтожное количество естественных лесов. Лиственные леса встречаются лишь по балкам, оврагам, в низинах и только в более северных частях зоны — по водоразделам рек. Причины бедности степей разнообразны: недостаток осадков, усиленное испарение, повышенная концентрация почвенного раствора, засухи, а также неправильная сельскохозяйственная деятельность человека в прошлом. Многие учёные полагают, что в далёком прошлом лесов в теперешних степных районах было больше.



Рис. 263. Дикий миндаль (*Amygdalus nana*).

Практикой передовых совхозов и колхозов доказано, что имеются все возможности лесоразведения и применения системы агрономических мероприятий, с помощью которых засуху можно преодолеть и получать постоянные и устойчивые урожаи.

В течение трёх пятилеток степные и лесостепные районы европейской части СССР, по постановлению правительства СССР и ЦК ВКП(б), должны быть ограждены от засух и суховеев, которые уничтожают продукт труда колхозников. Восемь широких государственных лесных полос, из которых каждая состоит из нескольких более узких полос, общей протяжённостью свыше 5½ тыс. км, протянутся с северо-востока на юго-запад по водоразделам и вдоль больших рек. Леса — хранители вод. Эти лесные массивы будут не только ослаблять силу знойных юго-восточных ветров, но также будут способствовать накоплению снега и более равномерному таянию его. В течение ближайшей пятилетки лесонасаждение будет проведено также на необозримых степных пространствах по границам полей севооборотов для непосредственной защиты колхозных и совхозных полей от знойных ветров, по склонам балок, оврагов, по сыпучим пескам для закрепления их, а также вокруг озёр, прудов и водоёмов. Будет защищена от засухи площадь земли в 120 млн. га, на которых расположено около 80 тыс. колхозов.

Несмотря на плодородие степных чернозёмных почв, за последние 65 лет сельское хозяйство страдало от засухи в разных районах от 10 до 20 раз. Чёрные бури, при которых выдувается плодородный слой чернозёмной почвы, обычное явление в степях. Кроме того, степные почвы страдают от смыва и размыва плодородного слоя, в результате ливней и разлива весенних вод. Деревья своими корнями защищают почву от размывов, укрепляют овраги и сыпучие пески. Только осуществлённое грандиозное мероприятие по лесонасаждению, которое было не под силу прежнему строю, в состоянии защитить сельское хозяйство от губительных засух, от губительных летних ливней и весенних талых вод. В настоящее время все колхозы и совхозы включаются в борьбу за постоянные высокие урожаи на основе учения акад. В. Р. Вильямса, обобщившего и расширившего в своём учении о травопольной системе земледелия опыт крупнейших русских учёных В. В. Докучаева и П. А. Костычева. Для поднятия сельского хозяйства на небывалую высоту нужны не только государственные лесные полосы и местные полезащитные лесонасаждения, но необходимы также правильная организация территории с введением травопольных полевых и кормовых севооборотов, система обработки почвы и ухода за посевами, с широким применением чёрных паров, зяби и лущения стерни, правильная система применения органических и минеральных удобрений, посев отборными семенами местных высокоурожайных сортов, развитие орошения на базе использования вод местного стока путём строительства прудов и водоёмов. Каждое из этих мероприятий уже само по себе имеет крупное значение для сельского хозяйства. Комплексное применение всех этих мероприятий на основе мичуринской агробиологической науки создаст для культурных растений исключительно благоприятные условия и значительно поднимет урожай, что повлечёт за собой расцвет социалистического земледелия.

Столь же важное значение для развития всех отраслей сельского хозяйства, для создания кормовой базы, для развития хлопководства в новых районах, для борьбы с засухой и для поднятия на небывалую высоту всего народного хозяйства приобретают сейчас великие стройки нашей эпохи — строительство плотин и гидроэлектростанций на Волге, на Днепре и строительство Главного Туркменского, Южно-Украинского, Северо-Крымского и Волго-Донского каналов, осуществляемое народами СССР под руководством правительства и партии и лично товарища Сталина.

Степи будут облесены и климат степей будет улучшен. С большевистской настойчивостью преодолеваются природные препятствия. На основе опыта прошлого для каждого района подбираются лесные породы растений в соответствии с требованиями последних.

Самая мощная восточная государственная полоса, которая пройдёт по берегам реки Урала от горы Вишневая до Каспийского моря (1 080 км), будет

состоять из дуба, берёзы, береста (*Ulmus campestris*), вяза мелколистного, тополя, сосны (на песках) и сопутствующих деревьев и кустарников — клёна татарского (*Acer tataricum*), липы, ивы, акации жёлтой, жимолости татарской (*Lonicera tatarica*), лоха узколистного (*Eleagnus angustifolius*), тамарикса (*Tamarix*).

Мощная государственная полоса протянется от Чапаевска до Владимировки (580 км). В состав её войдут дуб, берёза, ясень и вяз мелколистный; сопутствующими деревьями и кустарниками будут вяз обыкновенный, клён татарский, акация жёлтая, вишня степная (*Prunus fruticosa*), тамарикс, лох узколистный, жимолость татарская и смородина золотистая (*Ribes aureum*).

Государственная лесная полоса по берегам Волги Саратов—Астрахань (900 км) на участке Саратов—Сталинград по правому берегу Волги будет состоять из дуба, берёзы, сосны, а по левому берегу — из дуба, тополя, сосны. Сопутствующими деревьями и кустарниками будут вяз обыкновенный, вяз мелколистный, клён остролистный, клён татарский, акация жёлтая, жимолость татарская, шиповник, ива и лох узколистный. На участке Сталинград—Астрахань на правом берегу Волги будут расти вяз мелколистный, дуб, ясень, клён, а по левому берегу — дуб, тополь, вяз мелколистный. Сопутствующие деревья и кустарники на этом участке — вяз обыкновенный, берест, клён татарский, лох узколистный, ива, смородина золотистая, акация жёлтая.

Государственная полоса от Сталинграда до Черкесска (520 км) будет занята дубом, ясенем, вязом мелколистным, тополем, белой акацией. Сопутствующими деревьями и кустарниками будут груша, абрикос, клён татарский, яблоня; вишня, тамарикс, ива, смородина жёлтая и акация жёлтая.

На государственной полосе Пенза — Каменск (600 км) будут произрастать дуб, берёза, ясень и лиственница сибирская (*Larix sibirica*), а из сопутствующих — клён остролистный, клён татарский, липа, вяз обыкновенный, яблоня, груша, акация жёлтая, жимолость, скумпия (*Rhus cotinus*), смородина золотистая и лещина.

На государственной полосе Камышин — Сталинград (170 км) — дуб, вяз мелколистный, сосна, ясень и сопутствующие — клён татарский, груша, яблоня, вяз обыкновенный, акация жёлтая, жимолость, скумпия, смородина золотистая.

На государственной лесной полосе по берегам Дона от Воронежа до Ростова (920 км) — дуб, берёза, сосна, ясень, тополь, лиственница сибирская и сопутствующие деревья и кустарники — клён остролистный, клён татарский, вяз обыкновенный, груша, яблоня, рябина, вишня, липа мелколистная (*Tilia parvifolia*), лещина, жимолость татарская, скумпия, акация жёлтая, облепиха (*Hipporhae rhamnoides*).

На государственной лесной полосе по берегам Северного Донца от Белгорода до реки Дон (500 км): дуб, берёза, тополь, ясень, а сопутствующие — вяз обыкновенный, клён остролистный, клён татарский, груша, яблоня, вишня, жёлтая акация, скумпия.

Колхозные лесные полосы, предназначенные для непосредственной защиты полей от иссушающих ветров, будут состоять их тех же растений, что и государственные полосы. Везде, где можно, следует вводить грушу, яблоню, вишню, алычу, абрикосы и другие плодовые деревья и кустарники.

В Краснодарском крае, Крымской области и южных областях Украинской ССР, в местах, благоприятных для произрастания эвкалипта, будут проводиться насаждения последнего отдельными рощами на землях государственного лесного фонда, а также по берегам рек, с другими древесными породами¹.

Травянистая растительность сохранившихся кое-где целинных степей отличается большим разнообразием. Весной, как только сойдёт снег, между отсохшими стеблями прошлогодней травы на мокрой земле появляются эдельный мох (*Barbula ruralis*) и синезелёная водоросль носток (*Nostoc communis*). Яркие тюльпаны из семейства лилейных, то белые, то фиолетовые, то розовые, то жёлтые, то огненно-красные (*Tulipa Schrenkii*), появляются из луковичек одними из первых, иногда в столь большом количестве, что степь принимает яркую окраску. Темнофиолетовые цветки анемоны луговой (*Anemone pratensis*) и сон-травы (*Anemone patens*) из семейства лютиковых также придают пестроту степи. В это же время зацветает крестоцветное — катран татарский (*Crambe tatarica*), лютиковое — репяшок (*Ceratocephalus orthoceras*). Затем в последовательном порядке цветут: касатиковые — касатик низкий (*Iris pumila*); лютиковые — горичвет (*Adonis vernalis*); вечерница печальная (*Hesperis tristis*) из крестоцветных; резеда жёлтая (*Reseda lutea*) из резедовых; пёон степной (*Paeonia tenuifolia*) из лютиковых; лилейные — гиацинт степной (*Hyacinthus leucophaeus*), гиацинт мышиный (*Muscari racemosum*), птицемлечник зонтичный (*Ornithogalum umbellatum*). В июне начинается сплошное цветение губоцветных растений, обладающих яркой окраской и часто запахом эфирных масел. Из губоцветных укажем на котвин украинский (*Nepeta ucrainica*), тимьян (*Thymus Marschalianus*), шалфей поникший (*Salvia nutans*). Из бобовых особенно распространены астрагалы разных видов (*Astragalus*), остролодочник (*Oxytropis pilosa*) и вика тонколистная (*Vicia tenuifolia*). Из зонтичных цветут володушка серповидная (*Bupleurum falcatum*), резак ривингов (*Falcaria Rivini*), кудрявец геннигов (*Trinia Henningii*). Из сложноцветных распространены васильки (*Centaurea maculosa*), юринея мягкая (*Iurinea mollis*), серпуха лучистая (*Serratula radiata*) и многие другие. Большое разнообразие также гвоздичных, например песчанка злачная (*Arenaria graminifolia*), качым метельчатый (*Gypsophila paniculata*), смолевка мелкоцветная (*Silene Otites*).

Злаки являются основным фоном степной растительности. Из них укажем на овсяницу желобчатую, или тыпчак (*Festuca sulcata*), мятлик луковичный (*Poa bulbosa*), келерню гребенчатую (*Koeleria cristata*), ковыль узколистный (*Stipa stenophylla*), ковыль Lessingов (*S. Lessingiana*), ковыль перистый (*S. Joanis*), ковыль тырса (*Stipa capillata*). Многие виды ковыля обладают длинными, серебристыми, пушистыми осями, и потому при большом количестве созревающего ковыля целинная степь напоминает собой волнующееся море. Пушистые ости способствуют разносу плодов и зарыванию их в землю, так как обладают способностью штопорообразно закручиваться в нижней части под влиянием высыхания. Забываясь в шерсть овец, плоды ковыля глубоко ввинчиваются даже в тело и причиняют овцам сильные страдания, а также портят шкуру. Во второй половине лета зацветают разнообразныя бурачниковые, зонтичные и сложноцветные. Из первых укажем на сныть красную (*Echium rubrum*), оносму щетилистную (*Onosma echinoides*);

¹ Перечисленные растения для государственных защитных лесных полос сделано на основе постановления Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 г. «О плане защитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоёмов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР».

из зонтичных — синеголовник полевой (*Eryngium campestre*), порезник горный (*Libanotis montana*), горчичник эльзасский (*Peucedanum alsaticum*), жабрицу растопыренную (*Seseli tortuosum*); из сложноцветных — полыни (*Artemisia austriaca*, *A. pontica*, *A. armeniaca* и др.), астру степную (*Aster Amellus*), василёк восточный (*Centaurea orientalis*) и василёк русский (*Centaurea ruthenica*), девясил германский (*Inula germanica*), серпуху колючую (*Serratula xeranthemoides*), крестовник луговой (*Senecio Jacobaea*) и многие другие¹.

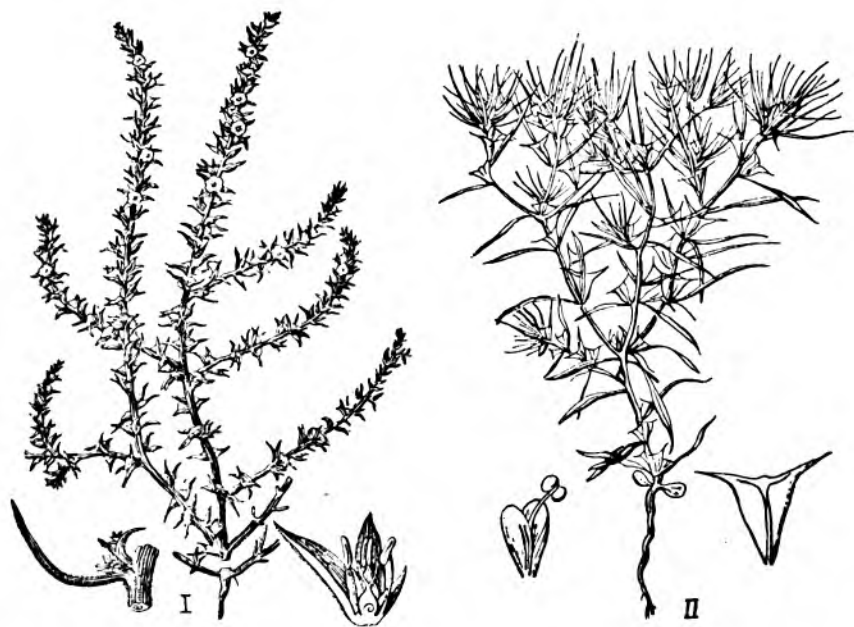


Рис. 264.

I — курай обыкновенный (*Salsola kali*); II — натунок рогатый (устели-поле) (*Ceratocarpus arenarius*).

Степи других мест отличаются по составу своей растительности.

В более северной полосе степной зоны, в так называемой луговой степи, в составе растительности преобладает разнотравие преимущественно из двудольных растений. В более южной полосе встречается ковыль на степи, в составе растительности которой преобладают, главным образом, виды ковыля и другие дерновинные злаки.

Степная растительность отличается многими интересными биологическими особенностями. Среди степных растений есть однолетники, двухлетники и многолетники. В большинстве случаев растения южных степей не образуют связной дернины, а между ними остаются некоторые промежутки, что зависит от обычного в степи недостатка влаги. Многие из степных растений хорошо переносят засуху благодаря длинным корням, достигающим 3 и 4 м, а также благодаря способности свертывать в трубочку листья и тем укрывать устьица, находящиеся на верхней поверхности.

¹ Перечисление растений сделано по Танфильеву, из его описания целинной степи в районе Старобельска, и по Н. А. Бушу.

Многочисленные степные луковичные растения успевают развиться в течение ранней весны и затем исчезают до следующего года. От потери воды и от яркого солнца степные растения защищены густым войлоком волосков, отчего общий колорит степных растений сероватый, особенно на юго-востоке. Эфирные масла, выделяющиеся ароматическими степными травами, также предохраняют их от сильного испарения. Известностью пользуется я сенец из семейства рутовых (*Dictamnus*), выделяющий большое количество эфирных масел.

Чрезвычайно интересными являются степные растения перекати-поле. К ним относятся курай обыкновенный (*Salsola kali*) (рис. 264, I), устели-поле (*Ceratocarpus arenarius*) из семейства маревых (рис. 264, II), золотник колючий (*Phlomis pungens*) из семейства губоцветных и катран татарский (*Crambe tatarica*). Стебель у них сильно ветвистый, и общее очертание растений шаровидное. Осенью, когда семена созревают, растения отрываются или вырываются ветром и, вследствие своей лёгкости, катятся по степи, а семена при этом рассеиваются во все стороны. Случается, что несколько растений сцепляются вместе, и тогда образуются громадные шары, прыгающие по степи во время сильного ветра.

Сильная засуха переносится многими растениями с помощью корневищ, например пырей (*Agropyrum repens*), с помощью луковиц — тюльпаны, луки, чесноки, с помощью корневищ и корней — осоки, бодяки и с помощью корневых клубней — пелюшка, таволга — земляные орешки. Эти же органы служат для вегетативного размножения многих растений.

Целинные степи в европейской части СССР сохранились лишь как заповедники, но в Сибири, Казахстане, Киргизии их можно встретить до сих пор в качестве пастбищ. Распаханная целина, предоставленная сама себе, быстро превращается в заросль «бурьянов», среди которых преобладают полыни, чертополохи, татарники, пырей. Требуется не менее двух-трёх десятков лет, чтобы целина вновь восстановилась и заселилась обычными степными растениями.

Степная зона — это основной массив культуры зерновых, как злаков, так и бобовых, это основной массив культуры сахарной свёклы, масличных и многих технических и лекарственных растений.

Пустынная степь и пустыни

К югу от ковыльных степей расстилается пустынная степь или полупустыня. Она охватывает всю Прикаспийскую низменность и простирается далеко за Каспийское море. В Сибири пустынные степи простираются южнее 51—52° с. ш. и постепенно переходят в обширную среднеазиатскую пустыню.

Характерная особенность климата — сухость. Количество осадков колеблется от 350 до 150 мм, средняя годовая температура колеблется от 2 до 6°. Лето жаркое, зима холодная.

Почвы полупустыни насыщены солями, встречается много солонцов и солончаков. Растения пустынных степей не образуют сомкнутого травостоя. В пустынных степях преобладают формации злака типчака (*Festuca sulcata*) и сложноцветного — пиретрума (*Pyrethrum achilleifolium*) с желтыми соцветиями.

Из сложноцветных попадают сюда ещё полынь приморская (*Artemisia maritima*), грудница мохнатая (*Linosyris villosa*) и серпуха колючая (*Serratula xeranthemoides*).

Здесь же встречаются растения из семейства плюмбаговых с фиолетовыми цветками — кермек сарептский (*Statice sareptana*) и попадает много растений из семейства маревых — кохия распростёртая (*Kochia prostrata*), устели-поле (*Ceratocarpus arenarius*), курай тамарисковидный (*Salsola tamariscina*). Встречаются также ра-

стения сухих степей: крестоцветные — желтушник разноцветный (*Erysimum versicolor*), кресс пронзеннолистный (*Lepidium perfoliatum*), бурачок (*Alisum desertorum*). Из гречишных попадают гречиха беллардова (*Polygonum Bellardi*); из бурачниковых — липучка распростёртая (*Echinopsernum patulum*); из зонтичных — смолоносца каспийская (*Ferula caspica*); из осок — осока узколистная (*Carex stenophylla*). Кроме того, растут эфедра (*Ephedra*), различные луки (*Allium*) и тюльпаны (*Tulipa*).

Из низших растений встречаются лишайники (*Parmelia*, *Cladonia* и др.) и синезелёная водоросль (*Nostoc*)¹.

На солончаках (отличающихся близким залеганием грунтовых вод) могут произрастать только растения галофиты, например солерос травянистый (*Salicornia*) (рис. 265) и сарсазан (*Halocnemum*), имеющие мясистые стебли, защищённые кутикулой; они не только переносят поваренную соль, но и лучше развиваются в её присутствии.

Обширные пространства в нашей стране занимает среднеазиатская пустыня, простирающаяся к востоку от Каспийского и Аральского морей и к югу от азиатской полупустыни. Пустынная растительность отличается скудностью и исключительной приспособленностью к условиям засухи. С помощью удлинения корневой системы растения добывают до глубоких грунтовых вод; с помощью сокращения испаряющей поверхности, нередко вплоть до полного исчезновения листьев, растения предохраняют себя от испарения воды; густое беловатое опушение отражает от растений горячие лучи солнца. Роль листьев выполняют молодые зелёные побеги. В пустынях встречается много эфемеров, развивающихся за короткий период весенних дождей.

Из травянистых растений в пустынях произрастают пырей сибирский (*Agropyrum sibiricum*), мятлик живородящий (*Poa bulbosa* var. *vivipara*), селин (*Aristida*), осоки уральская и песчаная (*Carex uralensis*, *C. physodes*) и др.

Из полукустарников произрастают разнообразные виды полыни (*Artemisia fragrans*, *A. monogyna*, *A. cinna*, *A. arnatiata*), кохия (*Kochia prostrata*) и др.; из кустарников — белый саксаул (*Haloxylon persicum*) и некоторые виды джугзгуна (*Calligonum*). В долинах рек встречаются заросли дерева — чёрного саксаула (*Haloxylon aphyllum*).

Пустыни не безжизненны. Даже в песчаных пустынях встречаются ценные в кормовом отношении травы — осока песчаная, мятлик живородящий и др., дающие возможность развиваться промышленному каракулеводству. В оазисах, в долинах рек, при искусственном орошении, широко возделываются хлопчатник, рис, пшеница, соя, кедровый люцерн, а также культура винограда и ценных плодовых деревьев.

Значение сельского хозяйства в пустынях и полупустынях Закаспия и западной Туркмении неизмеримо возрастёт в связи с сооружением Главного Туркменского канала.

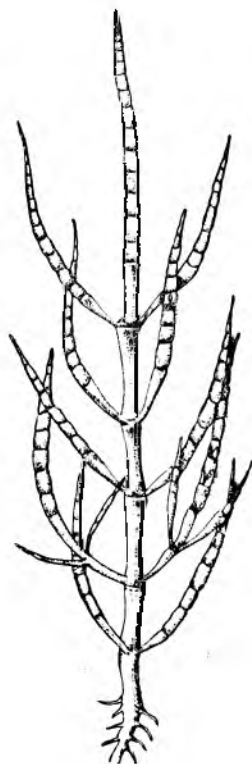


Рис. 265. Солерос травянистый (*Salicornia herbacea*).

¹ Списки растений составлены по Б. А. Келлеру и Н. А. Бушу.

4. Растительность Южного берега Крыма и Черноморского побережья Кавказа

Большим разнообразием и пышным развитием отличается растительность Южного берега Крыма и особенно Черноморского побережья Кавказа. Теплота Чёрного моря, высокие горные хребты, защищающие побережье от холодных северных ветров, создают благоприятные климатические условия для роста растений. На Черноморском побережье Кавказа средняя годовая температура колеблется от 12 до 15°, а летняя держится около 20—24°. Зимние заморозки кратковременны и редко достигают 6—10°. Годовое количество осадков колеблется от 1 400 до 2 500 мм. Помимо длинного (свыше 6 месяцев) летнего вегетационного периода, развитие растительности происходит и в зимний период, так как температура зимой часто бывает выше 5—6°.



Рис. 266. Азалия жёлтая (*Azalea pontica*).

Разнообразие флоры Кавказа достигает 6 000 видов, причём значительная часть видов приходится на долю Черноморского побережья, растительность которого сходна с растительностью Средиземноморского побережья. Многие растения этой области существовали ещё в третичном периоде.

Ниже снеговой линии горы Кавказа покрыты роскошной травянистой растительностью, образующей так называемые альпийские пастбища. Здесь встречаются необыкновенно крупные и красивые колокольчиковые, горечавковые, маковые, лютиковые, сложноцветные (*Inula magnifica* и др.) и крупные зонтичные (*Heracleum* и др.), а также роскошные лилейные и густо переплетающиеся кустарники из семейства вересковых — рододендроны (*Rhododendron caucasicum*) с желтовато-розовато-белыми цветками и азалии (рис. 266).

Азалии (*Asalea pontica* L.) с жёлтыми цветками (рис. 266). К высокогорным растениям относятся также кустарник черника кавказская (*Vaccinium arctostaphylos* L.), листья которого используются в качестве чая. На альпийских пастбищах произрастают многие питательные кормовые травы, и потому на них пасутся стада крупного и мелкого скота.

Ниже пастбищ склоны Кавказских гор покрыты хвойными лесами, состоящими из высокостебельных пихт (*Abies Nordmanniana*) и восточных елей (*Picea orientalis*). Ещё ниже склоны гор покрыты густыми зарослями лиственных лесов, преобладающими породами которых являются гигантские буки (*Fagus silvatica* L., *F. orientalis*), грабы (*Carpinus betulus* L.), каштаны настоящие (*Castanea vulgaris*), дубы (*Quercus pedunculata* и др.), вяза, дзельква (*Zelcova*), ясени. Распространены также яблони, груши, алыча, кизил, черешня, орехи грецкие (*Juglans regia* L.), смоковница (*Ficus carica*); последние дают вкусные плоды и поэтому возделываются.

Смоковница (рис. 267) относится к семейству тутовых, к которому принадлежит ещё тутовое дерево (*Morus alba*); листья последнего употребляются для выкармливания шелковичных гусениц. Подлесок колхидского леса состоит из многочисленных кустарников, из которых многие являются вечнозелеными растениями, например лавровишня (*Laurocerasus officinalis*), и дуб (*Ilex aquifolium*), рододендрон (*Rhododendron*

poncticum) и др. Листья этих растений, кожистые и блестящие, не опадают на зиму. Часто заросли бывают сильно перепутаны лианами, например плющом (*Hedera colchica*, *H. helix*) (рис. 268), ломоносом (*Clematis vitalba* L.), хмелем и др. Колючие кустарники местами делают заросли леса непроходимыми. Такими кустарниками являются держидерево (*Paliurus aculeatus*) (рис. 269), у которого шипы направлены в различные стороны, ежевика (*Rubus fruticosus* L.), терновник (*Rubus spinosa* L.), рускус (*Ruscus aculeatus* L.).

Местами встречаются густые заросли вечнозелёного самшита, или кавказской пальмы (*Buxus sempervirens* L.), а также тисса (*Taxus baccata* L.). Эти деревья, обладающие ценной древесиной, являются типичными

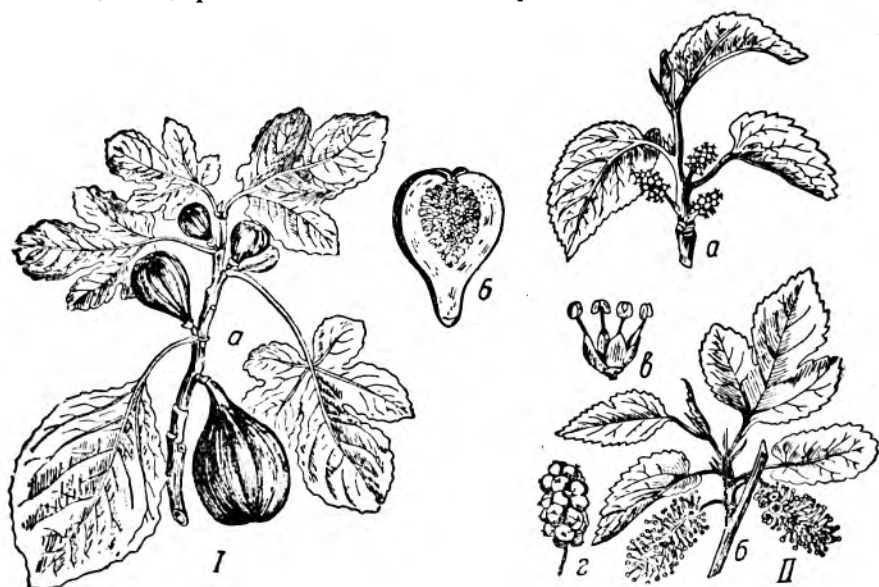


Рис. 267.

I — смоковница (*Ficus carica*): а — ветка с соплодиями; б — соплодие; II — шелковица (*Morus alba*): а — ветка с мужскими цветками; б — ветка с мужскими цветками; в — мужской цветок; г — соплодие.

вымирающими представителями, оставшимися от третичного периода. Вдоль берега моря попадается кавказская сосна (*Pinus pithusa*, *Pinus nigra*).

Южный склон Крымских гор также покрыт древесной растительностью, однако не достигающей здесь столь пышного развития, как на Кавказе. Кроме дуба, пест. граба, бука, рябины, клёна и других деревьев, здесь встречаются и вечнозелёные кустарники и деревья, из которых можно указать на хвойные — можжевельники (*Juniperus exelsa*, *Juniperus oxycedrus*) и сосны, а также на лиственные — земляничное дерево (*Arbutus andrachne* L.) из семейства вересковых, рускус (*Ruscus*) из семейства лилейных и плющ (*Hedera helix* L.) из семейства аралиевых.

Из кустарников и деревьев с опадающими листьями распространены держидерево, ежевика, сумах (*Rhus coriaria*), жасмин (*Jasminum fruticans*), терпентинное дерево (*Pistacia tuitica*), аврамово дерево (*Vitex agnus castus* L.), кизилёк колючий (*Cotoneaster pyracantha*) и многие другие.

Интересными в биологическом отношении травянистыми растениями являются чрезвычайно колючие сложноцветные (*Cirsium echinose-*

phalum, Centaurea calcitrapa и др.), каперсы (Capparis herbacea) с особенно длинными корнями, молочай (Euphorbia rigida) с обильным ядовитым млечным соком и бешеный огурец (Ecballium elaterium), с силой разбрасывающий свои семена (рис. 270).

На Черноморском побережье Кавказа и Крыма возделывается много ценных растений. Одни из них имеют преимущественно декоративное значение,

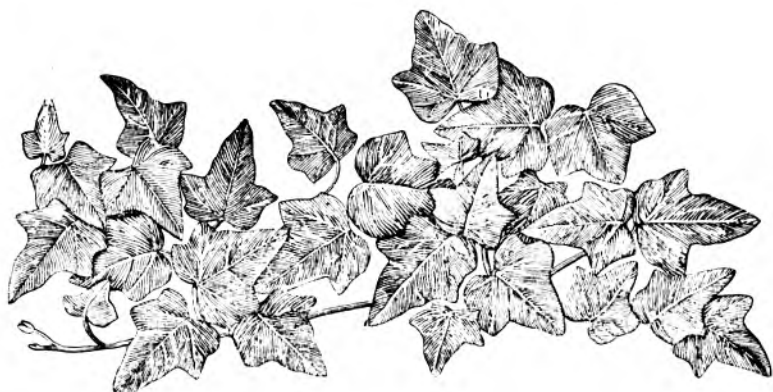


Рис. 268. Плющ (Hedera helix).

а другие являются ценными сельскохозяйственными культурами. За Черноморским побережьем Кавказа справедливо укрепилось название советских субтропиков.

Декоративные растения, привезённые из других тёплых стран (из южной Азии, Австралии, Греции, Японии, Америки, Африки) и акклиматизированные здесь, придают своеобразную прелесть Черноморскому побережью.



Рис. 269. Держиг-деревцо (Paliurus aculeatus).

Из хвойных растений бросаются в глаза кипарисы (Cupressus sempervirens L. var. pyramidalis, var. horizontalis) (рис. 271), восточные ели (Picea orientalis), длиннохвойные сосны (Pinus Laricio, P. sembra L.), туи (Thuja), криптомерии (Cryptomeria), таксодии (Taxodium), кедры (Cedrus), пихты (Abies), тиссы (Taxus), секвойи, или мамонтово дерево (Sequoia), гинкго (Salisburia). К декоративным растениям на Черноморском побережье относятся также пальмы (Palmae) — однодольные растения. На родине, в тропических странах, они имеют не только декоративное значение, но и доставляют

человеку всё необходимое. Пальм известно больше 1 000 видов. Финиковая пальма (*Phoenix dactylifera*), кокосовая пальма (*Cocos nucifera*) на родине дают вкусные и питательные плоды; рафия (*Raphia*) даёт крепкое волокно, хамеропс (*Chamerops*) — растительный волос (рис. 272). Семена хамеропсов хорошо вырастают на Черноморском побережье. Декоративное значение имеют разнообразные акации (*Acacia dealbata*, *A. julibrissin*) из семейства мимозовых, с двояко-сложноперистыми листьями, гледичия (*Gleditschia*), текома (*Tecoma*) и глициния (*Wistaria sinensis*) — вьющиеся растения с красивыми цветками, магнолия (*Magnolia*) — деревья с крупными белыми и пахучими цветками. Из кустарников возделываются олеандры (*Nerium oleander*), бирючина (*Ligustrum*), бересклеты (*Evanum*), лавровишни, самшиты, лавр благородный (*Laurus nobilis*), листья которого используются как приправа к кушаньям (рис. 273).

Бананы (*Musa Basjoo*) украшают сады и парки. Это растение — травянистое; оно обладает ценногочисленными огромными листьями. В тропическом климате банан даёт до 30 кг питательных партенокарпических плодов (рис. 274). Манильская пальма получается из *Musa textilis*. Красоту садов и парков дополняют различные колючие суккуленты: кактусы, опунции, агавы. Последнее растение (*Agava americana* L.) — южноамериканское, принадлежит к семейству амариллисовых (рис. 275). Цветёт агавы один раз в 15—30 лет, после чего отмирает. Агавы используются на родине как волокнистое растение. Некоторые виды агав дают много сладкого сока.

Особо ценными культурами Черноморского побережья, на возделывание которых сейчас обращено внимание, являются следующие.

Чайное дерево (*Thea sinensis* L.) (рис. 276) относится к семейству чайных (*Theaceae*). Разводится в виде вечнозелёных кустарников. Для изготовления чая собирают молодые листья (флеш), которые богаты дубильными веществами, алкалоидами и ферментами. Родина чая — южный Китай и Индокитай. У нас возделывается на Черноморском побережье Кавказа южнее Сочи и до Батуми. В последнее время культура чая продвигается в более северные районы.

Виноград (*Vitis*) (рис. 277) — цепляющееся растение, принадлежит к семейству виноградовых (*Vitaceae*). К роду *Vitis* принадлежит около 30 видов, большая часть которых встречается в Америке и Азии. Множество сортов культурного винограда (*Vitis vinifera* L.) возделывается в Крыму, на Кавказе и в Средней Азии. Виноград Изабелла (*V. labrusca*) распространён на Кавказе.

Маслина (*Olea europaea* L.) (рис. 278) — дерево с серебристо-серыми листьями, разводимое на Черноморском побережье ради плодов, богатых питательным одиноким маслом. К семейству маслиновых относятся также сирень (*Syringa vulgaris*), бирючина (*Ligustrum vulgare*), жасмин



Рис. 270. Бешеный огурец (*Ecballium elaterium*).

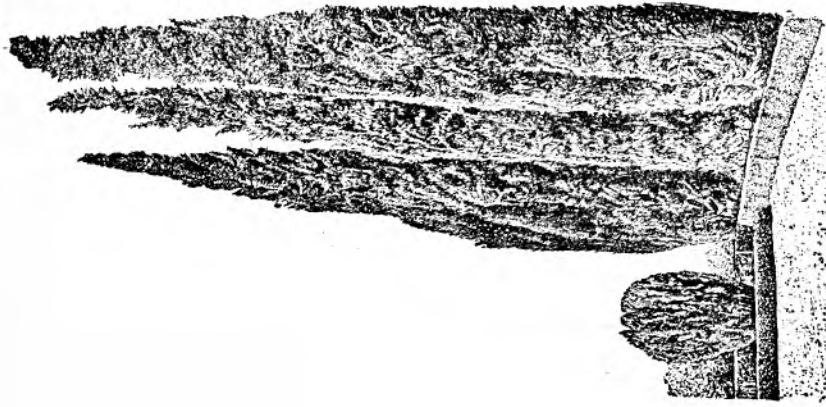


Рис. 271. Кипарис (*Cupressus sempervirens*).

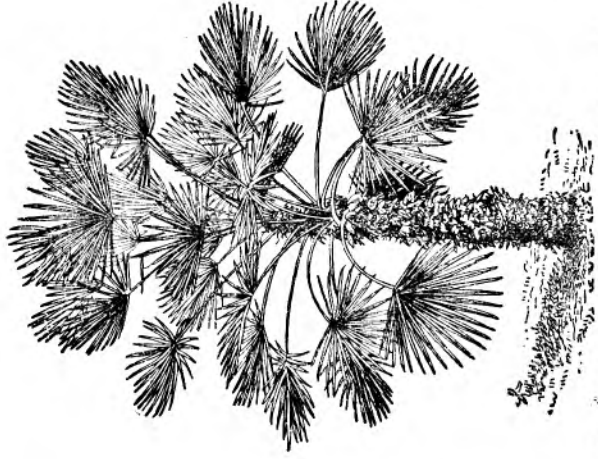


Рис. 272. Пальма хамеропс (*Chamaecyparis*).



Рис. 273. Лавр благородный (*Laurus nobilis*).

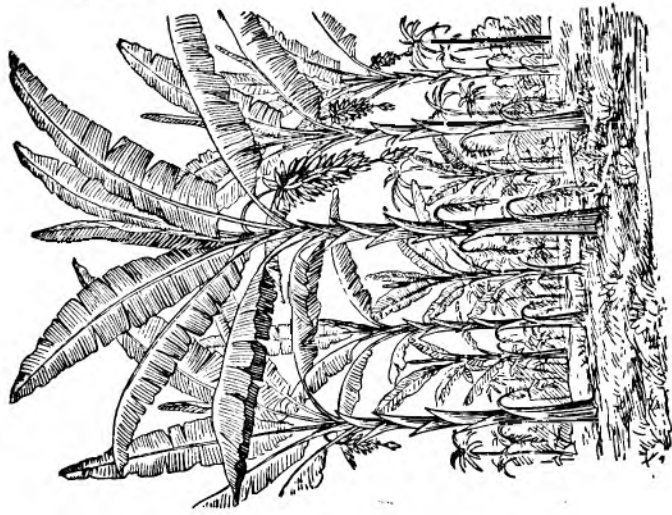


Рис. 274. Банан (*Musa sapientum*).

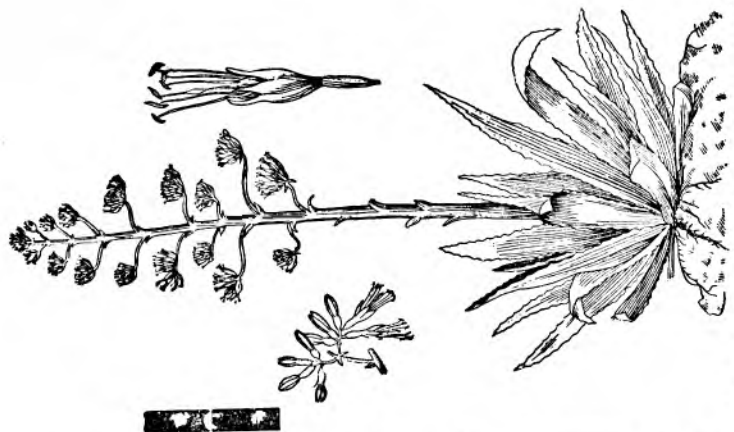


рис. 275. Агава (*Agave americana*)



Рис. 276. Чай китайский (*Thea sinensis*).

(*Jasminum grandiflorum*) — декоративные кустарники и ясень (*Fraxinus excelsior*).

М а н д а р и н (*Citrus sinensis*), л и м о н (*Citrus limonia* Risso) (рис. 279) и а п е л ь с и н (*Citrus aurantium*) — вечнозелёные деревья, принадлежащие к семейству рутовых (*Rutaceae*). Родина их — тропическая Азия; они с успехом возделываются на Черноморском побережье Кавказа. В качестве подвоя используется устойчивый трёхлиственный цитрус (*Poncirus trifoliata*) (рис. 280).

Х у р м а я п о н с к а я (*Diospyros kaki* L.) — дерево, принадлежащее к семейству эбеновых (*Ebenaceae*), дающее сладкие, крупные, красные плоды.



Рис. 277. Виноград (*Vitis vinifera*): слева — плод; посредине — цветок; справа — цветок в момент вскрытия.



Рис. 278. Маслина (*Olea europaea*).

Родина — южная Япония и Китай, также хорошо растёт на Черноморском побережье.

Помимо перечисленных растений, на Черноморском побережье возделываются разнообразные сорта яблонь, груш, черешен, орехов (фундуки), слив, миндаля (*Amygdalus communis*), абрикосов (*Armeniaca vulgaris*), персиков (*Persica vulgaris*), граната (*Punica granatum* L.) и разнообразных овощных и ягодных культур.

Из технических культур возделываются высокостебельные сорта табака (*Nicotiana tabacum*); возделываются также разнообразные эфиромасличные растения — герань (*Pelargonium roseum* Hort.), лаванда (*Lavandula vera* D. C.), розмарин (*Rosmarinus officinalis* L.), тубероза (*Polianthes tuberosa* L.), камфорный лавр (*Cinnamomum camphora*); волокнистые — новозеландский лён (*Phormium tenax* Forst.), юкки (*Jucca gloriosa* L.) (рис. 281), рами (*Boehmeria*), иуэрария (*Pueraria Thunbergiana* Berg); мочалистые — люфа (*Luffa cylindrica* Roem.); порсильные — порсяника (*Dipsacus fullonum*); гуттаперчевое дерево — эйкомия (*Eucommia ulmoides* Oliv.).

Кроме того, возделываются следующие ценные деревья.

Т у н г о в о е д е р е в о (*Alcurites Fordii*) из семейства молочайных, дающее первосортное масло для резиновой и лакокрасочной промышленности. Родина его — Восточная Азия.

П р о б к о в ы й д у б (*Quercus suber* L.) из семейства буковых, вечнозелёное дерево, дающее пробку.



Рис. 279. Лимон (*Citrus limonia*).



Рис. 280. Цитрус трёхлистный (*Poncirus trifoliata*).

Эвкалипты (*Eucalyptus*) из семейства миртовых, высокие вечнозеленые деревья, родиной из Австралии, достигающие там высоты 150 м. Они хорошо растут на Черноморском побережье. Листья их располагаются ребром по отношению к лучам солнца. Эвкалипты испаряют много воды и способствуют осушке болот. Они используются также как дубильные растения и для добывания эвкалиптового масла. Ценна также древесина эвкалиптов, не поддающаяся гниению. Только в редкие годы эвкалипты страдают от мороза.



Рис. 281. Юкка (*Jucca*).



Рис. 282. Бамбуки (*Phyllostachis*).

Бамбуки (*Bambusa* и *Phyllostachis*) — многолетние растения, размножающиеся корневищами и обладающие крепкими стеблями — одревесневшими соломинками (рис. 282). Они относятся к семейству злаковых и распространены в Японии и юго-восточной Азии. Благодаря большому количеству междоузлий (до 50—60) стебли бамбуков вырастают в 4—7 недель, иногда давая прирост до 50—100 см в сутки. Стебли используются для строительных труб, радиомачт и лыжных палок.

Помимо перечисленных, на Черноморском побережье испытывается много других полезных растений (хинное дерево, бумажное дерево, мыльное дерево и т. д.).

Богатство флоры СССР и зональное распределение растительности обуславливаются разнообразием почв и климата, переходом их от полярных до субтропических. Растительный мир не является чем-то стабильным, а подвергается постоянным изменениям.

Деятельность человека, вооружённого высокой техникой, вносит коренные изменения в распределение растительности: девственные леса уступают место полевым культурам, целинные земли распахиваются и превращаются в сельскохозяйственные угодья, в степных местностях производятся лесные посадки. Во многих местах только в заповедниках сохраняется природная растительность, хотя в различных странах земного шара, а в частности и в СССР встречается ещё много нетронутых растительных ресурсов (растительность Закавказья, Приамурья, предгорьев Алтая, сибирской тайги и т. д.).

В условиях СССР размещение сельскохозяйственных культур вытекает из общих задач государственного плана. Только в наших условиях успешно осуществляются широкое введение в культуру новых растений, переделка природы самих растений, продвижение культур в северные районы, облесение степей, закрепление оврагов и летучих песков и т. д., участие широких масс в творческой работе по повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Глава XII

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ

1. ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ

Для понимания явлений жизни растения, кроме знакомства со строением растительных органов и клеток, нужно знать химический состав растений.

Растения состоят из воды, органических и неорганических, или солевых, веществ. Количество воды определяется высушиванием растения при температуре 105—110° до постоянного веса. Вычитая вес высушенного растения из первоначального его веса, получаем весовое количество воды. Высушенное растение состоит из сухого вещества. Количество воды весьма разнообразно у различных растений и в разных органах одного и того же растения.

Примерное количество воды и сухих веществ в различных растениях и органах следующее:

Название растений	Воды (в %)	Сухих веществ (в %)
Корни турнепса	92	8
» свёклы (кормовой)	88	12
» брюквы	87	13
» моркови	86	14
Клубни земляной груши (топинамбура)	80	20
» картофеля	75	25
Листья салата (молодые, жёлтые)	88	12
Зелёная масса кукурузы	83	17
» » вики и овса	82	18
Зерновки пшеницы	14	86
Семена люпина	13	87
» сои	9	91
» льна	8	92
Грибы.	92—95	5—8

Обобщая эти и другие подобные цифры, можно принять, что сочные части растений (листья, травянистые стебли, цветки, клубни, мясистые корни и сочные плоды) содержат около

80—90% воды, а сухие части растений (семена, сухие стебли и сухие плоды) — около 10—12% воды.

Вода — основа жизни всех организмов. Поступление и обмен веществ, передвижение их по растению возможны при наличии воды. Вода обуславливает клеточный тургор, а также рост клеток и растения; вода нужна для ассимиляции углерода и для всех жизненных процессов.

Нагревая сухое вещество растений в тигле, можно обуглить его и сжечь. Для полного сжигания необходимо длительное прокаливание тигля при высокой температуре; тогда на дне тигля остаётся негоряемый серый остаток, который называется золой. Сгораемая часть называется органическим веществом.

Количество золы в растениях сильно колеблется. По отношению к сухому веществу, золы в растении содержится в среднем около 5%. Содержание золы в отдельных органах растения значительно отклоняется от этой средней цифры. В среднем можно принять, что в семенах содержится золы около 3%, в листьях около 12%, в корнях и травянистых стеблях около 4—5%, в древесине около 1%, а в корне около 5%. В молодых, жизнедеятельных частях растения золы содержится больше. В одном и том же органе растения количество золы может изменяться. В листьях, по мере развития растений, количество золы увеличивается, в корнях и стеблях уменьшается. Растения, произрастающие в воде, содержат больше золы, а растущие на суше — меньше. Водоросли скопляют в себе золы до 50% и даже больше. Количество золы в растениях зависит также от климата, почвы и многих других причин.

Химические анализы золы растений показывают, что в состав её входят почти все элементы, находящиеся в воде и почве. Их встречается свыше половины количества всех известных элементов. Из металлов часто встречаются K, Ca, Mg, Fe, Na, Zn, B, Al, Mn и др.; из металлоидов S, P, Cl, Si, I и Br. Найдены даже такие элементы, как Au, Ag, Li и Rb.

Из всей массы элементов, найденных в золе растений, лишь некоторые являются необходимыми для развития растений, а большая часть из них попадает в растение случайно. Из часто встречаемых элементов наиболее необходимыми для растения являются K, Ca, Mg, Fe, S, P и некоторые другие. О роли элементов мы скажем в главе о корневом питании.

Органическая часть сухого вещества (95%) состоит из углерода (C), водорода (H), кислорода (O) и азота (N). Эти элементы называются органогенами. При сжигании сухого вещества углерод соединяется с кислородом воздуха, образуя углекислый газ, а водород в соединении с кислородом даёт паробразную воду. Раньше полагали, что органические вещества образуются только в организмах растений и животных. Образование их связывали с особой жизненной силой, но ещё в 1828 г.

учёным Велером было получено первое органическое вещество (мочевина) химическим путём, и с тех пор, как известно, стала развиваться химия углеродистых веществ — органическая химия, в настоящее время искусственно добывающая множество различных органических соединений.

Точные многочисленные анализы показывают, что сухое растительное вещество в среднем содержит (в процентах):

Углерода	45	Зола (сложного со-	
Кислорода	42	става)	5
Водорода	6,5	Азота	1,5

2. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, ВХОДЯЩИЕ В СОСТАВ РАСТЕНИЙ

В органической химии описывается множество сложнейших органических веществ. Мы остановимся лишь на тех, без которых трудно изучать курс ботаники.

Органические вещества подразделяются на безазотистые соединения, т. е. не содержащие азота и состоящие из С, Н и О, и азотистые соединения, содержащие в себе ещё и азот.

Безазотистые соединения

Из них мы рассмотрим углеводы, жиры, органические кислоты и дубильные вещества.

Все эти соединения имеют важное значение для растений и постоянно встречаются как в вегетативных органах, так и в органах размножения.

Углеводы

Углеводы состоят из углерода, водорода и кислорода. Последние два элемента находятся между собой в таком же количественном сочетании, как в воде (H_2O), т. е. на определённое число атомов водорода приходится в два раза меньшее число атомов кислорода.

Углеводы подразделяются на моносахариды, дисахариды и полисахариды.

Из моносахаридов в растениях распространены гексозы, имеющие состав $C_6H_{12}O_6$. К ним относятся глюкоза, фруктоза и др.

а) Глюкоза (иначе называется декстроза, или виноградный сахар). Последнее название показывает, что глюкоза встречается в ягодах винограда, где её находится около 20%. Затем она находится в яблоках, грушах, сливах, черешнях и вишневых ягодах. Глюкоза обладает способностью выкристаллизовываться.

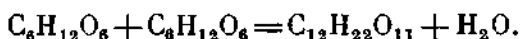
б) Фруктоза (иначе называется левулеза, или плодовый сахар). Кристаллизуется фруктоза с трудом, встречается вместе с

декстрозой в плодах, в нектарниках, пчелином мёде, луковичах и т. п.¹

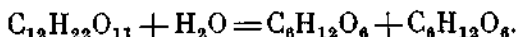
Свойства гексоз следующие. Они обладают особо сладким вкусом и лёгкой растворимостью в воде. Первичное образование гексоз происходит в листьях. Они легко превращаются в крахмал, который, в свою очередь, легко может переходить в сахар при участии фермента диастаза. Это свойство весьма важное: на нём основано питание растений. Глюкоза и фруктоза обладают способностью легко диффундировать из клетки в клетку и быстро передвигаться по растению. В присутствии дрожжей гексозы легко бродят и превращаются в спирт, о чём подробнее сказано в главе о брожениях. Характерным и чувствительным реактивом на гексозы является синяя фелингова жидкость, с помощью которой можно легко открыть малейшие их количества: при нагревании выпадает кирпично-красный осадок закиси меди.

Иногда гексозы встречаются в растениях в соединении с ароматическими спиртами, с горькими или едкими веществами. Эти соединения называют тогда г л ю к о з и д а м и, например амигдалин, придающий горечь семенам миндаля.

Дисахариды — углеводы, имеющие состав $C_{12}H_{22}O_{11}$. К ним относятся с а х а р о з а, или тростниковый сахар, и м а л ь т о з а. Сахароза образуется в растениях из двух частиц гексоз (глюкозы и фруктозы) с выделением частицы воды:



При кипячении тростникового сахара с серной кислотой к нему прибавляется частица воды, и дисахарид распадается на глюкозу и фруктозу:



Эта же реакция происходит при действии на тростниковый сахар фермента инвертазы; поэтому превращение тростникового сахара в гексозы называется и н в е р с и е й, а полученные гексозы — и н в е р т и р о в а н н ы м с а х а р о м.

Тростниковый сахар — это тот сахар, который употребляется в пищу. Он издавна добывается из стеблей злака — сахарного тростника (*Saccharum officinarum*), растущего в тропических странах. Он встречается также в корнях многих корнеплодов, из которых больше всего его находится в корнях сахарной свёклы (от 17 до 25%). Из сахарной свёклы тростниковый сахар добывается на свеклосахарных заводах. Сахароза легко растворяется в воде и хорошо кристаллизуется (сахарный песок). Она не восстанавливает

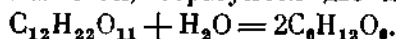
¹ Левулезой фруктоза называется потому, что при прохождении через неё поляризованного луча света последний отклоняется влево. В противоположность фруктозе, виноградный сахар отклоняет поляризованный луч вправо. Поляризованным светом называется свет, пропущенный через призмы из исландского шпата, обладающего двойным лучепреломлением. Призмы эти являются составной частью поляризационного аппарата.

закиси меди из фелинговой жидкости. Для открытия сахарозы её необходимо сперва инвертировать и тогда уже нагревать с фелинговой жидкостью.

Мальтоза образуется из крахмала в зелёных растениях под действием фермента диастаза:



При расщеплении (гидролизе) молекулы мальтозы, под действием фермента мальтазы, образуются две молекулы гексозы:



Мальтоза восстанавливает закись меди из фелинговой жидкости.

Полисахариды — углеводы, имеющие состав $(C_6H_{10}O_5)_n$. Полисахариды можно рассматривать как несколько частиц моносахаридов, от которых отделилось столько же частиц воды:



Число частиц n для всех полисахаридов ещё точно не определено.

Из полисахаридов в растениях встречаются крахмал, инулин, клетчатка, или целлюлоза, и гемипеллюлоза. В грибах находится гликоген — углевод, свойственный животным организмам и потому называемый иногда животным крахмалом.

а) **К р а х м а л** — всем известное вещество, встречающееся в растениях. Первичный крахмал образуется в зелёных частях растения, например в листьях, в результате процесса фотосинтеза. В листьях же крахмал превращается в глюкозу, которая по жилкам оттекает из листьев и направляется в растущие части растения или в места отложения запасных питательных веществ. В этих местах глюкоза вновь превращается в крахмал, который откладывается в форме мельчайших зёрен, невидимых простым глазом. Такой крахмал называется **в т о р и ч н ы м**. На рисунке 14 изображены различные формы крахмальных зёрен, видимые в микроскоп.

Местами отложения вторичного крахмала являются лейкопласты, находящиеся в клетках клубней, корней и плодов.

Основные свойства крахмала следующие: 1) в холодной воде он не растворяется; 2) при нагревании в воде происходит превращение его в клейстер; 3) крахмальные зёрна имеют скрытокристаллическое строение; 4) от действия раствора йода окрашивается в синий, темносиний, фиолетовый и чёрный цвета (в зависимости от крепости раствора); 5) под влиянием фермента диастаза крахмал превращается в сахар.

Количество крахмала в растениях сильно колеблется: зёрна хлебных злаков содержат его 60—70%, семена бобовых — 35—40%, картофель — 15—25%.

б) **И н у л и н** — полисахарид, встречающийся в подземных органах многих растений семейства сложноцветных в качестве

запасного питательного углевода. Такими растениями являются, например, девясил (*Inula*), георгина, земляная груша (*Helianthus tuberosus*) и др. Инулин находится в клетках в растворённом виде. При выдерживании в спирте корней и клубней сложных растений инулин выкристаллизовывается в форме сферокристаллов.

в) К л е т ч а т к а, или ц е л л ю л о з а, так же как и крахмал, в воде не растворяется. Оболочки клеток состоят из клетчатки. Состав её сходен с крахмалом. Примером чистой клетчатки может служить вата, состоящая из волосков, покрывающих семена хлопчатника. Фильтровальная бумага хорошего качества также состоит из чистой клетчатки. Растворяется клетчатка в аммиачном растворе окиси меди. При действии серной кислоты клетчатка переходит в амилоид — коллоидальное вещество, напоминающее крахмал и окрашивающееся от йода в синий цвет. В крепкой серной кислоте клетчатка растворяется, превращаясь в глюкозу. Реактивом на клетчатку является хлор-цинк-йод, от которого она принимает фиолетовый цвет. Хлористый цинк, так же как и серная кислота, сперва переводит клетчатку в амилоид, который затем уже подвергается окрашиванию от йода. От чистого йода клетчатка желтеет. Под влиянием фермента питазы клетчатка переходит в сахар. Клетчатка играет важную роль в промышленности (ткани, бумага, целлюлоид, пирокселин).

В растительных оболочках клеток, состоящие из клетчатки, часто подвергаются одревеснению и опробковению (см. стр. 53).

Количество целлюлозы и древесины сильно колеблется в различных растениях и разных их частях. Например, зёрна голых злаков (ржи, пшеницы) содержат 3—4% целлюлозы и древесины, а зёрна плёчатых злаков (ячменя, овса) содержат её 8—10%, сено — 34%, овсяная солома — 40%, а ржаная солома — до 54%.

г) Г е м и ц е л л ю л о з а — вещество, сходное с клетчаткой, откладывается как запасное питательное вещество. В воде не растворяется, но слабые кислоты легко подвергают её гидролизу, тогда как клетчатка гидролизруется концентрированными кислотами.

Гемипеллюлоза откладывается в клеточных оболочках зёрен злаков (кукурузы, ржи и др.), в семенах люпина, финика и пальмы *Phytelphas tascosa*. Твёрдость её такова, что семена пальмы идут на изготовление пуговиц под названием «растительная слововая кость». При прорастании семян гемипеллюлоза растворяется, превращаясь с помощью ферментов в сахар; она идёт на питание зародыша.

Растительные жиры и эфирные масла

По химическому составу жиры представляют собой триглицериды жирных кислот, из которых главнейшими будут: пальмитиновая, олеиновая и стеариновая. Жиры так же, как и углеводы, — безазотистые соединения и состоят из

С, Н и О, находящихся в сложном между собой сочетании. В воде жиры не растворяются, а при взбалтывании дают эмульсию. В растениях они встречаются в клеточной протоплазме.

Жиры в большом количестве, как запасное вещество, встречаются в семенах следующих растений: конопля — 33%, льна — 34%, хлопчатника — 34%, мака — 41%, рапса — 45%, тыквы — 50%, подсолнечника — 53%, миндаля — 53%, кокосовой пальмы — 66%. Растения, богатые маслом, называются *масличными*. Зёрна злаковых растений содержат сравнительно мало жира: рожь и пшеница — 1,5%, овёс — 6%, кукуруза — 7%; из бобовых растений: люпин — 5,3%, горох — 3%, соя — 18%; клубни картофеля и корни свёклы содержат значительно меньше: картофель — 0,3%, корни свёклы — 1%; зелёные стебли вики содержат 0,6%, а стебли злаковых 0,7%.

От приведённых цифр могут быть отклонения в зависимости от условий произрастания и от сорта.

Свойства жиров: 1) при нагревании с едкими щелочами жиры расщепляются (гидролизуются) на глицерин и жирные кислоты (омыленно); 2) легко растворяются в эфире и сероуглероде; 3) от действия осмиевой кислоты чернеют; 4) от гинктуры алканы, разведённой водой, окрашиваются в красный цвет; 5) на бумаге дают масляное пятно.

Помимо жирных масел (или жиров), в растениях встречаются ещё эфирные масла и смолы, состоящие из камфоры или из терпенов. Они обладают ароматом, от которого зависит запах цветов, молодых весенних почек или всех частей у ароматических растений (тмин, укроп, чабер, кориандр, камфорный лавр, хвойные деревья, терпентинное дерево и др.). Эфирные масла легко улетучиваются, и потому оставляемые ими на бумаге жирные пятна легко исчезают.

Органические кислоты и дубильные вещества

В большинстве случаев клеточный сок растений отличается кислой реакцией. Достаточно приложить к разрезу яблока сынюю лакмусовую бумажку, как она моментально покраснеет. Кислота лимона известна каждому. Если раздавить корневую мочку на сухой лакмусовой бумаге или приложить такую бумагу к срезу черешка листа, то можно легко заметить её покраснение. Кислотность сока растений обуславливается присутствием органических кислот, из которых наиболее распространёнными являются щавелевая, яблочная, лимонная, винная и янтарная. Щавелевая кислота очень часто встречается в растениях в виде мельчайших кристаллов щавелевокислого кальция CaC_2O_4 . Органические кислоты и дубильные вещества — безазотистые вещества.

Дубильные вещества встречаются в коре деревьев (дуба, акации, ивы), в листьях и стеблях — бадана (*Bergenia crassifolia*). Подобные растения называются *дубильными*, так как используются для дубления кож. Реактивом на дубильные вещества служат растворы железных солей, например хлорное железо и железный купорос, которые вызывают синевато-чёрное окрашивание дубильных веществ. Достаточно налить в пробирку настой

коры и туда же добавить раствор железной соли, как произойдѣтъ почернение. При разрезании железным ножом незрелого яблока, груши или граната происходит почернение поверхности ножа. Много дубильныхъ веществъ скопляется въ «чернильныхъ орешкахъ», появляющихся на листьяхъ дуба вследствие откладывания орехотворкой яичекъ подъ кожицу листа. Они встречаются также въ хвойныхъ растенияхъ, древесине каштана, листьяхъ чая, подоросяхъ, въ грибахъ и не найдены только у бактерий. Возможно, что дубильные вещества въ растенияхъ играютъ роль противогнилостнаго средства; предполагаютъ, что въ грибахъ они используются какъ запасное питательное вещество. Но вполне роль ихъ остаѣтся ещё не выясненной.

Азотистые соединения

Изъ азотистыхъ соединений особенно распространены въ растенияхъ белковые вещества. Наиболее сложные органические вещества, состоящие изъ углерода, водорода, кислорода, азота и серы, а иногда ещё и фосфора, встречающиеся въ каждомъ растительномъ и животномъ организмѣ, называются белками, или протеинами и веществами. Молекулы различныхъ белковъ весьма разнообразны и отличаются исключительной сложностью. Каждому хорошо известенъ белокъ куриного яйца, который служитъ запаснымъ питательнымъ веществомъ для развивающагося въ яйцѣ зародыша. Белки — вещества коллоидальныя, съ крупными молекулами. Белковые кристаллы встречаются какъ исключение. Растения беднее белковыми веществами, чемъ животные, но въ каждой живой клеткѣ белокъ обязательно присутствуетъ. Белокъ входитъ въ составъ живыхъ частей клеткѣ (протоплазмы, ядра, пластид). Белокъ образуетъ также запасныя питательныя вещества (скопления въ формѣ алевроновыхъ зѣрен).

Распределение белковыхъ веществъ въ растеніи неравномерное. Больше всего белковъ находится въ молодыхъ частяхъ растения, въ кончикахъ корней и стеблей, въ почкахъ, молодыхъ листьяхъ, цвѣткахъ и семенахъ. Наоборотъ, закончившіе ростъ и огрубѣвшіе стебли, корни и листья содержатъ белковъ меньше. Трава, убранная во время цвѣтенья, богаче белками въ процентномъ отношеніи, чемъ трава огрубѣвшая. Белковыхъ веществъ больше скопляется въ бобовыхъ растенияхъ, чемъ въ растенияхъ другихъ семействъ. Это связано съ особымъ способомъ питания бобовыхъ растений (см. стр. 497).

Вотъ некоторые изъ наиболее распространенныхъ видовъ белковъ:

а) **Альбумины**, напримеръ белокъ куриного яйца. Это — растворимые въ водѣ белки, легко свѣртывающіеся при температурѣ 70—75° въ видѣ белой хлопьевидной массы, когда бываютъ въ растворе, или въ видѣ сплошной массы при варкѣ яйца. Альбумины чаще встречаются въ животномъ организмѣ.

б) **Глобулины** — весьма распространенные въ растенияхъ белки, встречающіеся въ семенахъ, корняхъ и стебляхъ въ видѣ запасныхъ питательныхъ веществъ. Это — нерастворимые въ водѣ белки,

но растворимые в растворе поваренной соли. Глобулины находятся также в белке куриного яйца. В состав глобулинов входят С, Н, О, N и S.

В состав муки хлебных злаков, помимо крахмала, входят также белковые вещества (глиадин и глютеин), которые легко можно выделить, например, из пшеничной муки в виде клейковины.

Для этого взвешенное количество (например, 150 г) муки смачивают водой и готовят густое тесто. Когда вода хорошо пропитает тесто, можно начать его разминать и понемногу промывать струей воды так, чтобы промывные воды проходили сквозь марлю, натянутую на стакан. В конце концов между пальцами останется тягучая масса — клейковина, которая при основательной промывке перестает прилипать к пальцам и собирается в один комок, который можно растягивать, как резину. В хлебопечении клейковина играет важную роль. Различают клейковину длинную, если она хорошо растягивается, и короткую, если она рвется при растягивании. Наличие в муке хорошей длинной клейковины придает хлебу известную пористость — свойство весьма важное, так как такой хлеб лучше усваивается организмом. При действии на хорошо промытую клейковину раствором вода последняя принимает желтое окрашивание. После промывки в стакане собирается крахмал, который постепенно оседает на дно. Крахмал можно собрать, высушить и взвесить.

в) **Протеиды** представляют собой соединения белков с другими органическими веществами. В состав клеточных ядер входят нуклеопротеиды, распространенные в растительных и животных клетках. Они состоят из белков и нуклеиновых кислот. Характерным для этих веществ является наличие в них фосфора, поэтому, в отличие от предыдущих белков, кроме С, Н, О, N и S, нуклеопротеиды содержат в себе ещё Р (фосфор). В воде эти белки нерастворимы и обладают более кислой реакцией, чем предыдущие группы. **Глюкопротеиды**, слизистые вещества, встречающиеся в животных и растительных клетках, являются соединениями белковых веществ с углеводами.

Путём длительного нагревания белков с кислотами (например, с 20% серной кислотой) белки распадаются (гидролизуются) на аминокислоты — более простые кристаллические вещества. В растительных организмах разложение белков совершается при посредстве особых внутриклеточных ферментов, о которых сообщается на стр. 527. Белки распадаются на более простые группы, каковыми являются альбумозы, пептоны и пептиды. Последние, при дальнейшем гидролизе, распадаются на аминокислоты (гликоколь, лейцин, тирозин, аспарагин). Продукты распада обладают хорошей растворимостью и способностью проникать через растительные и животные перепонки; этой способностью нерастворившиеся белки не обладают.

Открытие белков производится с помощью следующих реакций: 1) кипячение их с азотнокислой закисью ртути и с азотной кислотой даёт кирпично-красное окрашивание; 2) от крепкой азотной кислоты белки свёртываются и дают яркожёлтое окрашивание (ксантопротеиновая реакция); 3) от смеси едкого кали и слабого

раствора медного купороса белки дают красное окрашивание с фиолетовым оттенком (биуретовая реакция); 4) щелочной раствор окиси свинца при нагревании с белком, вследствие присутствия серы в белках, даёт чёрный осадок сернистого свинца.

Наиболее распространённой реакцией на белки считается биуретовая реакция.

Количество белковых и других азотистых веществ в различных растениях сильно колеблется. Больше всего белковых веществ содержится в семенах бобовых растений: соя — 40%, люпин — 35%, боб — 24% и горох — 22%. Зёрна хлебных злаков содержат в два-три раза меньше белковых веществ: пшеница — от 13 до 20%, кукуруза и ячмень — 10%; семя льна содержит до 23%; зелёная масса вики — 4%, клевера — 5%; корни свёклы — 1%; клубни картофеля — 2%. Много белковых веществ в грибах — до 53%.

Ниже приводится примерный количественный химический состав различных органов растений. Из этих данных видно, в каких разнообразных количествах накапливаются органические вещества в различных растениях. При рассмотрении цифр необходимо помнить, что это — средние данные нескольких анализов, от которых могут быть отклонения в одну и другую сторону, что зависит от внешних условий (почвы, климата, погоды), при которых развивалось растение, а также от сорта, от степени спелости, от продолжительности хранения и т. п. Так, например, хотя в таблице количество азотистых веществ для пшениц показано 13%, но есть сорта пшеницы, содержащие свыше 20% белковых веществ.

Содержат (в %)	Вода	Зола	Древесина и клетчатка	Азотистые вещества	Углеводы, крахмал, сахар и др.	Жир
Зерновки пшеницы (злаки) . . .	14,4	1,7	3,0	13,0	66,4	1,5
Семена люпина (бобовые) . . .	12,8	3,5	13,8	35,4	29,2	5,3
Льняное семя (масличные) . . .	7,7	3,5	8,8	23,0	22,0	35,0
Клубни картофеля (клубнеплоды)	75,0	0,9	1,1	2,0	20,7	0,3
Корни свёклы кормовой (корнеплоды)	88,0	0,8	0,9	1,1	9,1	0,1
Зелёная вика в цвету (травы)	82,4	1,7	6,0	3,8	5,5	0,6
Семена сои	9,8	4,3	5,1	37,5	24,9 ¹	19,4

Органические вещества, находящиеся в растениях, могут переходить из клетки в клетку лишь в том случае, когда они находятся в состоянии раствора (кристаллоидное состояние). Большая же часть сложных органических веществ находится в растениях в нерастворимом (коллоидном) состоянии и может быть

¹ Крахмала в сое всего 0,5%.

использована на процессы питания и дыхания лишь в том случае, когда эти органические вещества подвергаются гидролизу на ряд более простых и растворимых соединений. В этих превращениях важную роль играют энзимы или ферменты (диастаз и др.), о которых подробнее мы сообщаем в главе XVI «Превращение веществ в растениях».

Витамины

Под этим названием известны вещества, встречающиеся в растениях и оказывающие большое влияние на процессы обмена веществ и обладающие высокой физиологической активностью. Находясь в сравнительно незначительных количествах, они могут оказывать заметное действие на формообразовательные и ростовые процессы.

Витамины вырабатываются преимущественно в растительных организмах, и многие из них не только изучены в химическом отношении, но и получены синтетическим путём. Витамины нужны как самим растениям, так и животным, питающимся растительной пищей, нужны они и человеку. Роль их в жизни растений пока мало выяснена, хотя есть уже определённые доказательства в пользу того, что одним из необходимых условий роста клеток является наличие витамина B_1 (ансерины), участвующего в синтезе сложных органических веществ, идущих на построение клеточной протоплазмы.

Усиленно изучается действие витаминов на организм животных и человека. При полном отсутствии витаминов в пище, развиваются болезни, которые носят общее название а в и т а м и н о з о в. При недостатке витаминов развиваются расстройства организма и понижается сопротивляемость против инфекционных заболеваний (туберкулёза и др.).

Наличие витаминов в мясе, рыбьем жире, молоке, яйцах объясняется поступлением их из растительной пищи, которой питаются животные.

По характеру действия витаминов на животный организм различают семь витаминов, которые обозначаются буквами латинского алфавита (A, B, C, D, E, F, P).

Отсутствие в и т а м и н а А (витамина роста), находящегося в свежих овощах и яйцах, вызывает задержку роста молодых организмов, а также расстройство зрения и слепоту. Из овощей богаты витамином А листья шпината, томаты, корни моркови, зелёные плоды гороха, соеводия алапаса, а из животных продуктов — сливочное масло, рыбий жир (тресковый) и яичные желтки. Витамин А получается при распаде молекулы каротина — оранжевого пигмента растений. Молекула каротина распадается на две молекулы, к которым присоединяется кислород и получаются две молекулы витамина А.

Отсутствие в пище в и т а м и н а В вызывает болезнь бери-бери (полинейрит), выражающуюся в полном расслаблении организма и в расстройстве нервной системы. Витамин В встречается во многих плодах и овощах, а также в дрожжах, в алейроновом слое и в покровах зерна хлебных злаков.

Одностороннее питание беднейшего населения в Китае и на островах Зондского архипелага полированным рисом, т. е. рисом, из зёрен которого удалён наружный слой эндосперма, вызывает развитие болезни бери-бери.

Отсутствие в пище в и т а м и н а С вызывает болезнь цингу (скорбут), при которой разрыхляются дёсны, выпадают зубы и наступают другие тяжёлые последствия — расстройство работы сердца и воспаление лёгких. От цинги особенно страдают жители районов крайнего севера, а также все люди, длительно питающиеся однообразной консервированной пищей. Витамин С встречается в свежих овощах (в помидорах и особенно в кольраби), яблоках, винограде, в соке лимонов и апельсинов, в клюкве, бруснике, землянике, шиповнике, чёрной смородине, а также в хвое сосны и ели. Химический состав витамина С изучен ($C_6H_8O_6$ — аскорбиновая кислота), и его добывают уже искусственным путём. Витамин С так же, как и витамин В, растворим в воде, тогда как витамины А, D, и Е растворимы в жирах.

Отсутствие в и т а м и н а D вызывает английскую болезнь (рахит), связанную с поражением костной ткани у детей. Витамин D находится в зёрнах злаков; кроме того, он появляется в организме человека при лечении ультрафиолетовыми лучами (горное солнце) и при обыкновенном солнечном загаре. Витамин D также имеет значение в животноводстве при выращивании молодняка.

Важное значение в животноводстве имеет также витамин E, отсутствие которого вызывает расстройство половых желёз, выкидыши у маток и т. п. Отсутствие в пище витамина P вызывает болезнь пеллагру.

Как для человека, так и для животных необходимо наличие всех витаминов. Замечено, что многие из витаминов находятся в большом количестве непосредственно под кожей, например, в яблоках, помидорах и других плодах и овощах. Кроме того, замечено, что накопление витаминов в растениях зависит от сорта и от условий обитания: так, например, в помидорах и лимонах количество витамина C увеличивается при продвижении культур в более северные районы. Знание условий образования витаминов и накопления их в растениях имеет значение как для человека, так и в животноводстве. Животным пущи сочные корма, свежая трава, корне- и клубнеплоды, а также хорошо приготовленный силосованный корм.

Алкалоиды¹

Эти вещества, в большинстве случаев ядовитые, встречаются во многих так называемых лекарственных и ядовитых растениях и обладают сильным физиологическим действием на живой организм.

Алкалоиды — азотистые вещества сложного состава. Их рассматривают обычно как вещества, защищающие растения против поедания животными. Вот наиболее распространённые из них: к о н в а л л а р и н — в ландыше; с о л а н и н — в зелёных клубнях и в ботве картофеля; н и к о т и н — в листьях табака; а т р о п и н — в дурмане и белладонне; к о ф е и н — в семенах кофе, а также в листьях и цветках чая; л ю и н и н — в лютике; к у м а р и н — в доннике; м о р ф и н — в млечном соке мака; а д о н и л и н — в горичцвете; х и н и н — в коре хинного дерева; д и г и т а л и н — в наперстянке и т. д. Большая часть лекарств добывается из алкалоидов лекарственных растений. Часто алкалоиды являются причиной случайного отравления детей и скота.

Алкалоиды находятся в клеточном соке в растворённом состоянии и лишь изредка попадают в твёрдом виде в отмерших клетках. Алкалоиды растворены в клеточном соке в виде солей щавелевой, лимонной, яблочной и других органических кислот. Наиболее распространены они в семействах паслёновых, маковых, лютиковых, норичниковых и др. В растениях они встречаются как в листьях, корнях и стеблях, так в семенах, цветках и плодах. Среди хвойных растений ядовитыми свойствами обладает тисс.

¹ Названия различных алкалоидов происходят от латинских названий растений, например конвалларин от *Convallaria*, соланин от *Solanum*, адонилин от *Adonis* и т. д.

АССИМИЛЯЦИЯ УГЛЕРОДА РАСТЕНИЯМИ (ФОТОСИНТЕЗ)

1. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ

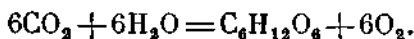
В составе сухого вещества растений всегда присутствует углерод в количестве около 45%. Белки, жиры и углеводы так же как и другие органические вещества, входящие в состав растений, содержат в себе углерод как один из основных элементов.

Питание растений углеродом происходит из воздуха, который содержит в себе около 0,030—0,028% углекислого газа (CO_2). Доказательством того, что углерод поступает из воздуха, а не из почвы, служат многочисленные опыты с водными и песчаными культурами растений. В этих опытах через корни углерод поступать не может, так как ни в воде, ни в песке, которые употребляются для этих опытов, углерода нет.

Если мы возьмём сосуд с дистиллированной водой, прибавим к воде ничтожное количество необходимых минеральных солей, в которых углерод отсутствует, а присутствуют азот и некоторые необходимые элементы (K, Ca, Mg, Fe, S, P и др.), то в таком растворе растение может прекрасно развиваться и накапливать в себе органические, т. е. углеродистые, вещества (рис. 290). Очевидно, что углекислый газ воздуха является источником углерода для растений.

Углекислый газ проникает в зелёные клетки листа путём диффузии и осмоса. Под влиянием света из углекислого газа и воды в листьях происходит образование органических веществ (углеводов и др.).

Химическая сущность процесса ассимиляции углерода во всех деталях ещё не выяснена. Её можно представить в виде следующей схемы:



Реакция образования каждой грамм-молекулы сахара (180 г) требует затраты 674 больших калорий энергии, которую зелёные растения получают от лучей солнца.

У растений из семейства лилейных (лук, лилия и др.), в результате ассимиляции углерода, появляется в листьях глюкоза, которую можно легко обнаружить соответствующим реактивом (см. стр. 465).

Крахмал в листьях лилейных образуется лишь при культуре их в атмосфере, богатой углекислым газом. У большинства растений первым видимым продуктом усвоения углерода является крахмал, хотя это уже продукт вторичный, образовавшийся из сахара.

При поглощении углекислого газа растением ассимилируется углерод, а кислород выделяется, т. е. происходит процесс, прямо противоположный дыханию. Уже потому ассимиляция противоположна дыханию, что в результате дыхания происходит распад

сложных веществ на простые, а при ассимиляции углерода из простых веществ образуются вещества сложные. Оба процесса в растении на свету происходят одновременно, но ассимиляция преобладает над дыханием. В темноте, наоборот, ассимиляция прекращается, а дыхание продолжается.

Процесс ассимиляции происходит под влиянием энергии лучей света, падающих на лист и поглощающихся зелёными хлоропластами. Вот почему ассимиляция называется ещё фотосинтезом, так как в зелёных растениях из CO_2 и H_2O под влиянием света происходит синтез органического вещества.

2. ХЛОРОПЛАСТЫ И ХЛОРОФИЛЛ

Свет улавливается хлоропластами, находящимися в клетках зелёного растения. Мы знаем, что хлорофиллоносная ткань (столбчатая и губчатая) особенно развита в листьях: поэтому ассимиляция происходит, главным образом, в листьях, хотя и все другие зелёные органы тоже ассимилируют. Хлорофилл — пигмент, пропитывающий строму хлоропласта, обладает весьма сложным составом. Он хорошо растворяется в спирте, бензине и эфире.

Для получения хлорофилла свежие или сухие листья погружают в спирт, который приобретает зелёный цвет. Листья при этом обесцвечиваются, и если их подвергать микроскопическому исследованию, то можно обнаружить, что обесцвечивание листа связано с обесцвечиванием стромы хлоропластов.

Достаточно крепкая спиртовая хлорофилловая вытяжка в тонком слое кажется зелёной, а в толстом слое она пропускает через себя только красные лучи и потому кажется красной. В отражённых лучах света хлорофилл кажется вишнёво-красным. Это свойство менять свой цвет при различном освещении называется ф л ю о р е с ц е н ц и е й.

Путём прибавления к спиртовой хлорофилловой вытяжке (в пробирке) бензина удаётся разделить её на составные части: в бензине постепенно собирается изумрудно-зелёная часть хлорофилла — собственно х л о р о ф и л л, а в спирте остаётся жёлтая часть — к с а н т о ф и л л. Если в пробирку со спиртовой вытяжкой хлорофилла прибавить кусочек едкого кали, то после встряхивания зелёный хлорофилл омыляется образующейся спиртовой щёлочью и при прибавлении бензина переходит вниз, а в бензине остаётся оранжевого цвета пигмент, носящий название к а р о т и н. Этот пигмент встречается в хромопластах; от него, например, зависит цвет корня столовой моркови.

Зелёный пигмент хлорофилла — сложный эфир; он состоит из двух частей: одна называется х л о р о ф и л л о м *a* ($\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$), а другая — х л о р о ф и л л о м *b* ($\text{C}_{55}\text{H}_{70}\text{O}_6\text{N}_4\text{Mg}$). Химический состав жёлтого и оранжевого пигментов более простой: ксантофилл имеет состав — $\text{C}_{40}\text{H}_{56}\text{O}_2$ и каротин — $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$. Последние два пигмента — неопределённые углеводороды.

Разрушение хлорофилла и образование его в растениях

С хлорофиллом можно сделать много интересных опытов. При прибавлении к зелёной хлорофилловой вытяжке кислоты (например, HCl) зелёный пигмент разрушается и остаётся только жёлтый пигмент. При освещении хлорофилла яркими лучами происходит подобное же разрушение хлорофилла; поэтому сохранять его необходимо в темноте. Однако хлорофилл в запаянной пробирке, без доступа кислорода воздуха, даже на ярком свете остаётся без изменений. Следовательно, разрушение хлорофилла совершается под влиянием света в присутствии кислорода.



Рис. 283. Шестнадцатидневные экземпляры фасоли:

1 — фасоль развивалась на свету; 2 — фасоль развивалась в темноте.

Вредное действие яркого света на хлорофилл вызвало к жизни у растений ряд защитных приспособлений против чрезмерного освещения, например, способность хлоропластов многих теневыносливых растений перемещаться с передних стенок на боковые.

Свет, разрушая хлорофилл, в то же время является необходимым фактором образования его зелёных пигментов. Без света вырастают бледные, хилые растения, называемые этиолированными (рис. 283). Такие растения могут развиваться только за счёт заранее отложенных запасов (в семени и клубне).

Часто в погребе этиолированные ростки картофеля тянутся к свету, достигая в длину нескольких метров. При чрезмерно густых посевах или при буйно развившейся зелени от избытка азота наблюдается взаимное затенение растений и этиолированность, вызывающая полегание посевов. Замечено, что в этиолированных стеблях не развивается механическая ткань (рис. 284).

Процесс образования собственно хлорофилла под влиянием света мы постоянно наблюдаем при появлении всходов. В земле проростки семян — жёлтые, но появление их на свет вызывает их позеленение.

В этиолированных проростках пластиды в клетках уже имеются, на свету происходит их позеленение. Образование хлорофилла на свету происходит при доступе кислорода воздуха при соответствующей температуре.

Холодной песной молодая трава долго остаётся жёлтой, и только под влиянием повышения температуры начинается её зеле-

нение. Особенно наглядно это происходит после тёплого дождя. Существуют минимальные, оптимальные и максимальные температуры зеленения различных растений, которые близки к температурам прорастания семян, отличаясь от них несколько большей величиной.

Для образования хлорофилла нужно ещё железо, которое поступает из почвы через корневую систему. В состав хлорофилла железо не входит, а его роль сводится к ускорению реакции построения хлорофилла. Без железа у растений развивается болезнь — **х л о р о з**, при которой растения по жёлтой окраске напоминают собой этиолированные.

Только при наличии всех необходимых условий, как то: света, тепла, кислорода воздуха и железа — растения нормально зеленеют.

Однако среди многочисленных растительных организмов, живущих на земле, есть и такие, которые могут образовывать хлорофилл без света. Такими как бы исключениями из общего правила являются папоротники, некоторые водоросли и семядоли хвойных растений.

Помимо этиолированности и хлороза, иногда у растений наблюдается явление **а л ь б и н и з м а**, заключающееся в том, что при самых благоприятных внешних условиях хлорофилл не накапливается в хлоропластах и по неизвестной ещё причине вырастают или совершенно белые проростки (у кукурузы и других злаков) или пёстролистные растения, имеющие ценность в садоводстве.

Спектр хлорофилла

Нам предстоит теперь разобрать отношение хлорофилла к различным лучам солнечного спектра. Если мы пропустим луч света через хлорофилловую вытяжку, а затем через стеклянную призму спектроскопа, то увидим, что некоторые лучи не пройдут через хлорофилл, и в спектре появятся вполне определённые полосы поглощения (рис. 285).

Как известно из физики, солнечный спектр состоит из семи видимых цветов, постепенно переходящих друг в друга (красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий и фиолетовый).

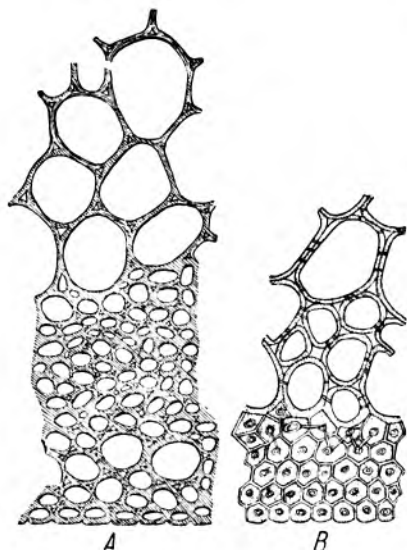


Рис. 284. Поперечные разрезы стеблей риса:

А — полёгший стебель; **В** — нормальный (по Палладину). В стебле **А** — ткани имеют рыхлое строение, в **В** — сильно развита механическая ткань.

Помимо видимых лучей, имеются ещё невидимые лучи (инфракрасные и ультрафиолетовые). Положение видимых лучей определяется фраунгоферовыми линиями, которые занимают в спектре солнца вполне определённые места в различных лучах и которые сами по себе являются полосами поглощения веществ, находящихся на солнце.

В спектре хлорофилла по мере увеличения концентрации раствора или толщи слоя хлорофилла появляются в последовательном порядке следующие полосы поглощения: в слабых растворах полоса поглощения появляется в красных лучах между линиями *B* и *C*. Затем, при усилении раствора, полосы поглощения появляются в синей части спектра за линией *F*, которые при даль-

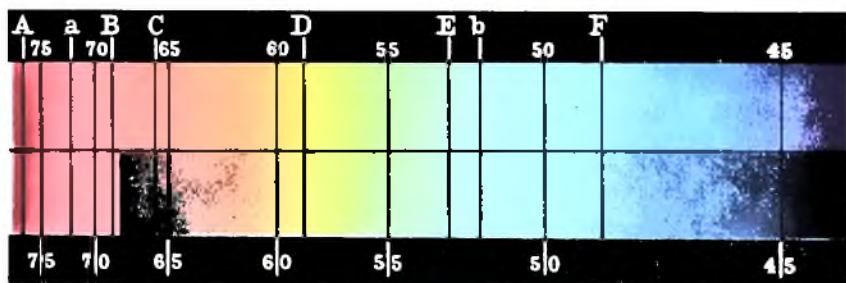


Рис. 285. Сверху — солнечный спектр; снизу — спектр поглощения хлорофилла. Буквы обозначают фраунгоферовы линии (по К. А. Тимирязеву).

нейшем усилении раствора превращаются в сплошную тёмную полосу во всех синих и фиолетовых лучах. Только в крепких растворах появляются полосы поглощения в оранжевой, жёлтой и зелёной частях спектра. И, наконец, в ещё более крепких растворах все лучи поглощаются, и только темнокрасные лучи, находящиеся влево от линии *B*, и часть зелёных лучей проходят без видимых изменений и поглощаются в последнюю очередь.

Спектр поглощения от пропускания света через живые листья сходен со спектром хлорофилловой вытяжки. Через такие листья проходят зелёные и часть красных лучей, а через толстые слои листьев проходят только темнокрасные лучи. При рассмотрении толщи листьев в проходящем свете они кажутся вишнёво-красными, так же как и хлорофилловая вытяжка. Обнаружить это можно привязыванием нескольких листьев к концу непрозрачной трубки и рассмотрением их через противоположный конец трубки, направив её на яркий свет.

Свойство хлорофилла избирательно поглощать различные лучи является весьма важным. Энергия поглощённых лучей затрачивается на процесс фотосинтеза. Выдающийся русский учёный К. А. Тимирязев многочисленными опытами доказал, что процесс

фотосинтеза происходит наиболее энергично в красных лучах спектра, находящихся вправо от линии В, которые наиболее энергично поглощаются хлорофиллом.

До последнего времени роль хлорофилла исследователи сводили лишь к оптическим его свойствам, т. е. к его избирательной способности поглощать определённые лучи солнечного спектра. Хлорофилл рассматривался как вещество, способное не только поглощать определённые световые лучи, но и как вещество, способное направлять энергию этих лучей на процесс разложения углекислоты. Подобного рода вещества носят название *сенсибилизаторов*. В последнее время, помимо оптической роли, хлорофиллу приписывают также химическое участие в процессе ассимиляции.

3. ГАЗООБМЕН И УСЛОВИЯ АССИМИЛЯЦИИ

При процессе ассимиляции углерода зелёным растением поглощается углекислый газ из воздуха и выделяется кислород в воздух. Для учёта газообмена можно употребить прибор, называемый *эвдиометром* (рис. 286, I).

Основной частью прибора является длинная, широкая, калиброванная стеклянная трубка.

В эвдиометр помещается зелёный лист, трубка опрокидывается в ртуть, и ртуть поднимается до определённого деления. В трубку выпускается несколько кубических сантиметров CO_2 . После этого прибор выставляется на свет на определённое число часов — происходит процесс ассимиляции. Отношение объёмов поглощённого CO_2 и выделившегося O_2 обычно равно единице, а потому в течение опыта (если давление атмосферы и температуры будут неизменны) ртуть остаётся на одном уровне. По окончании опыта в трубку вводится несколько капель раствора КОН, который поглотит оставшийся в трубке углекислый газ. Ртуть поднимается. Разница между уровнем ртути до введения CO_2 и между уровнем, до которого ртуть поднялась после прибавления КОН, покажет количество поглощённого углекислого газа. Для определения количества выделившегося за время опыта кислорода в эвдиометр выпускается несколько капель раствора пирогалловой кислоты, которая, соединяясь с едким кали, поглощает кислород, находящийся в приборе. Ртуть поднимается до тех пор, пока не будет поглощён весь кислород. До начала опыта количество кислорода воздуха в трубке определяется отдельно. По разности между последним и первоначальным определением количества кислорода судят о количестве кислорода, выделенного листом во время ассимиляции. Если прибор с зелёным листом держать в темноте, то, разумеется, кислород выделяться не будет, а через несколько суток можно заметить лишь прибавку CO_2 в результате процесса дыхания листа.

В последнее время для определения количества газов в эвдиометре, вместо прибавления КОН и пирогалловой кислоты, прямо берут из эвдиометра небольшие пробы газа и анализируют его с помощью особого точного газового прибора.

При точных исследованиях все показания в эвдиометре необходимо приводить к 0° и 760 мм давления, а также ставить контрольный прибор в темноте для определения количества CO_2 , выделившегося за время опыта при дыхании листьев.

Для учёта количества углекислого газа, затраченного растением на процесс ассимиляции углерода, применяется способ просасывания тока воздуха через камеру с листом (или с целой веткой) и поглощения оставшейся в воздухе углекислоты при помощи едкой щёлочи. Параллельным опытом, с

помощью аспиратора и поглотителя, устанавливается содержание углекислого газа в таком же объёме атмосферного воздуха, какой затрачивается на просасывание через камеру с листом. Вычитая количество углекислого газа, оставшегося в воздухе, прошедшем через камеру с листом, из количества углекислого газа, находившегося в воздухе, поступившем в приёмник, устанавливаем количество углекислого газа, затраченного листом или веткой на процесс ассимиляции углерода. Приведём описание одного из подобных приборов (рис. 286, I)¹. Из различного типа поглотителей углекислоты наиболее удобными являются поглотители, представляющие собой стеклянную трубку около 50 см длиной, заполняемую раствором барита, внизу которой укреплена мелко продырявленная металлическая или пористая стеклянная пластинка, разбивающая ток воздуха на множество мелких пузырьков

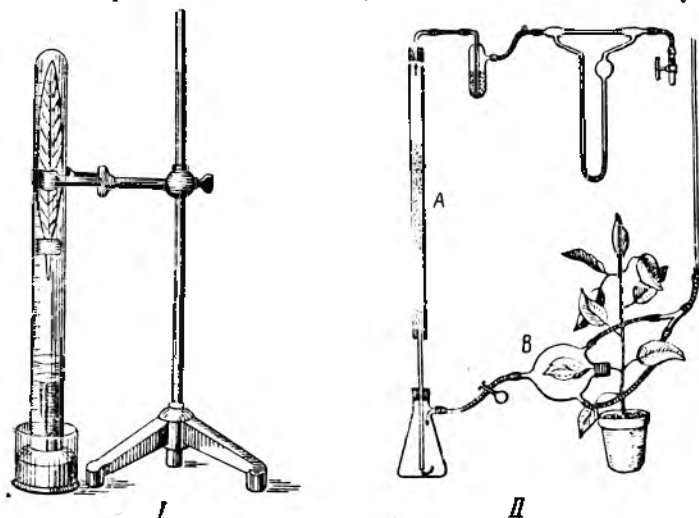


Рис. 286.

I — аэдиометрическая трубка с зелёным листом внутри; II — прибор для определения фотосинтеза при помощи просасывания тока воздуха через камеру с листом (B) и щелочной поглотитель (A) с пористой пластинкой.

и тем способствующая более полному поглощению углекислоты. Для возможно большего распыления воздуха к раствору барита прибавляют несколько капель амилowego спирта, резко снижающего поверхностное натяжение раствора и тем уменьшающего размеры пузырьков воздуха. Лист или ветка исследуемого растения вводится в стеклянную камеру, через которую просасывается при помощи аспиратора или насоса быстрый ток воздуха, поступающий затем в поглотитель и отдающий ему содержащуюся в нём углекислоту. Для поддержания постоянной скорости тока употребляют специальные регуляторы.

Наблюдать за выделением кислорода зелёным растением можно с помощью водяных растений: элодеи, валлиснерии, телореза, пузырчатки (*Helodea*, *Vallisneria*, *Stratiotes*, *Utricularia* и др.). В стеклянную банку наливаем воду комнатной температуры; через эту воду в течение пяти минут пропускаем угле-

¹ Н. А. Максимов, Краткий курс физиологии растений, М., 1948.

кислый газ, помещаем в неё несколько зелёных веточек испытуемого растения и прикрываем их стеклянной воронкой с короткой трубкой, на которую надвигаем опрокинутую пробирку, наполненную водой. Прибор выставляем перед сильной электрической лампой или на прямой солнечный свет.

Вследствие фотосинтеза из растений (из мест поранений) начинает энергично выделяться кислород, который мелкими пузырьками, в виде непрерывных цепочек, поднимается вверх и скопляется в пробирке, вытесняя из неё воду. За 2—3 часа можно набрать такое количество кислорода, что если вынуть пробирку,



Рис. 287. Выделение кислорода при ассимиляции углерода зелёными водными растениями.

I — в баню с водой помещены растения, над которыми укреплен опрокинутая воронка. Прибор выставлен на яркий свет. Кислород собирается в пробирку, вытесняя из неё воду; *II* — на рисунке показано, как нужно вынимать пробирку с кислородом. Большим пальцем левой руки, под водой, пробирка затывается и затем вынимается и переворачивается отверстием вверх. После этого в неё осторожно, но быстро опускается лучинка с тлеющим копчиком: лучинка вспыхивает.

заткнув её пальцем, перевернуть отверстием вверх и ввести туда тлеющую лучинку, то последняя ярко вспыхнет, что и докажет наличие кислорода в пробирке (рис. 287).

Энергия фотосинтеза находится в зависимости от ряда условий: температуры, наличия определённого количества CO_2 и силы света. Показать эту зависимость можно легко с помощью веточки элодеи, помещённой в пробирку с водой, путём метода счёта пузырьков, выделяющихся в течение определённого числа секунд. Количество выделяющихся пузырьков в единицу времени уменьшается при удалении от оптимальной температуры ассимиляции как в одну, так и в другую сторону.

Наиболее благоприятной температурой ассимиляции для многих растений является температура от 20 до 30°. Увеличение количества CO_2 в воде также резко усиливает ассимиляцию, но до определённого оптимума. В свежeproкипячённой воде

из-за отсутствия CO_2 ассимиляция прекращается, хотя бы все остальные условия были благоприятны.

Особенно удобно наблюдать методом счёта пузырьков зависимость ассимиляции от силы света. Для этого стоит только удалить от лампы пробирку с растением или затенить её бумагой различной плотности и считать пузырьки, выделяющиеся из одного места.

Ход ассимиляции в различных лучах спектра был изучен разными методами.

К. А. Тимирязев помещал кусочки листа (бамбука) одинакового размера в маленькие эвдиометры, в которые прибавлялся CO_2 в количестве до 5%. Эвдиометры помещались в различные лучи спектра, отброшенного в тёмную комнату. По количеству поглощённого CO_2 и выделившегося O_2 Тимирязев судил об энергии фотосинтеза. Наибольший фотосинтез происходил в красных лучах, между линиями В и С, там, где происходило наибольшее поглощение лучей света. Слабее фотосинтез происходил в оранжевых и жёлтых лучах и вовсе не происходил в зелёных лучах и красных между линиями А и В. Второй максимум фотосинтеза, более слабый, лежит в синих и фиолетовых лучах.

4. НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ФОТОСИНТЕЗЕ И ПРОДУКТЫ ФОТОСИНТЕЗА

Выращивая зелёное растение на свету и в темноте, можно легко убедиться, что только на свету в растении происходит накопление сухих веществ, а в темноте количество сухих веществ всегда убывает (затрачивается на дыхание).

Первым продуктом фотосинтеза, образующимся в растении, является сахар. У большинства растений сахар сейчас же по образованию переходит в крахмал, который как первичный крахмал откладывается в хлоропластах в виде мельчайших зёрен. Однако образующийся крахмал под влиянием диастаза переходит снова в сахар, а последний может передвигаться по всему растению. Так как днём образование крахмала преобладает, по сравнению с обратным переходом его в сахар, а ночью первичный крахмал не образуется, то в течение солнечного дня хлоропласты сплошь переполняются крахмалом, а за ночь крахмал из них исчезает (при благоприятной температуре).

Открыть первичный крахмал в хлоропластах можно или методом микроскопического исследования или методом макроскопического исследования.

Первый метод сводится к следующему: растения (например, мох *Mnium*) обескрахмаливаются путём выдерживания их в темноте в течение двух суток. После обесцвечивания листа в спирте и обработки его йодом убеждаемся при посредстве микроскопа, что крахмал в хлоропластах отсутствует. Теперь обес-

крахмаленные растения выставляем на свет и через 2—3 часа обесцвечиваем их спиртом, обрабатываем иодом и с помощью микроскопа убеждаемся в присутствии первичного крахмала в хлоропластах в виде мельчайших чёрных точек. Крахмала в хлоропластах иногда бывает так много, что и без обработки спиртом и иодом его можно заметить в виде белых крупинок. При особо благоприятных условиях таким путём удавалось обнаружить крахмал уже через 5 минут после начала освещения (рис. 7).

Макроскопический метод заключается в том, что обескрахмаленные листья (например, свёклы, герани, настурции) подверга-

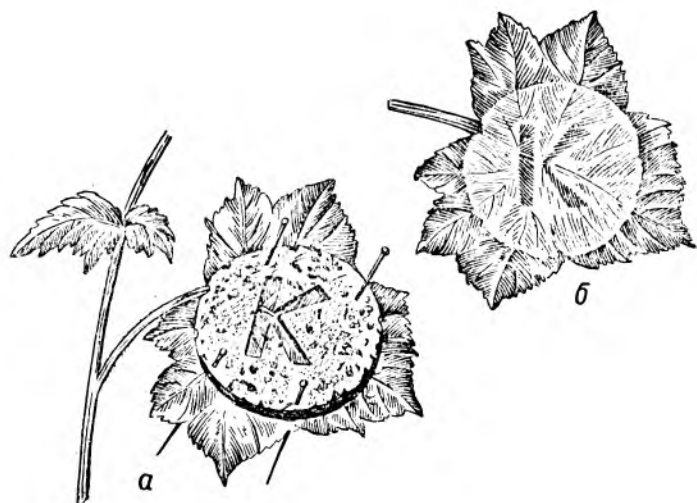


Рис. 288. Накопление крахмала при ассимиляции углерода.

а — к листу с двух сторон булавками прикреплены тонкие пробковые пластинки с прорезами в виде буквы *К*, прорезы верхней и нижней пластинок совпадают; *б* — тот же лист, бывший на свету, обработанный спиртом и иодом.

ются частичному освещению. Для этого на лист накладывается и закрепляется скрепками чёрная непрозрачная бумага, или пробковые пластинки, с прорезом в виде какого-либо слова или буквы. Срезанный лист выставляется на свет. Через несколько часов опыт прекращается, лист обесцвечивается спиртом и обрабатывается иодом. В тех местах, где на лист падал свет, произойдёт посинение (или почернение) от раствора иода, и резко отпечатается очертание прореза в бумаге или в пробковых пластинках (рис. 288).

Интенсивность фотосинтеза и урожай растений. Изучение вопросов, связанных с интенсивностью процесса ассимиляции, представляет глубокий не только теоретический, но и практический интерес. Средние годовые урожаи сухого вещества в килограммах с 1 га кормовых и злаковых растений (по Прянишникову) равны: свёклы (корни и листья) —

9 500, картофеля (клубни и ботва) — 4 200, клевера — 4 200, пшеницы (зерно и солома) — 4 300.

Средние урожаи сухого вещества культурных растений близки между собой, и только свёкла даёт урожай в два раза больший, чем другие культуры.

С помощью метода листовых половинок производят учёт интенсивности ассимиляции. Этот метод основан на увеличении веса листовой пластинки вследствие накопления сухих веществ за время ассимиляции. От обескрамленного листа отрезают половину пластинки, из которой точно вырезают участок определённой площади. Главная жилка не должна быть повреждена. Высушивая эту частицу листа, определяют на химических весах вес единицы площади листа. Оставшаяся половина листа подвергается освещению в течение нескольких часов, после чего из неё вырезается точно такой же участок пластинки, как и от первой половинки. После высушивания и взвешивания определяют прибыль сухого вещества, по сравнению с первым определением, и пересчитывают на определённую единицу поверхности. Подобного рода определения показывают, что 1 м² листовой поверхности накапливает за 1 час при благоприятных условиях около 1 г (от 0,5 до 1,5 г) сухого вещества, что составляет примерно 10 кг на 1 га зелёной листовой поверхности, а за 8—10 часов — 80—100 кг. Необходимо припомнить (см. стр. 136), что листовая поверхность сельскохозяйственных растений значительно (раз в 15 и больше) превышает ту площадь, которую растение занимает, а потому 1 га посева за летний день создаёт примерно 1 200—1 500 кг органических веществ.

Интенсивность ассимиляции является одним из основных факторов урожая растений. Однако необходимо помнить, что растения не только накапливают органические вещества, но и постоянно расходуют их на процесс дыхания, а потому количество накопившихся в растениях веществ, или продуктивность растений за некоторый период времени или за всю жизнь, есть разность между количеством накопленного вещества в результате фотосинтеза и тем количеством его, которое затрачивается на дыхание. Кроме того, на конечный урожай оказывают влияние потери, которые растения несут за время своего роста, как, например, засыхание и опадение листьев, отмирание лишних цветков и плодов, отмирание корешков и т. д.

Кроме того, продуктивность растений снижается в засушливые и в дождливые холодные дни, а это также отражается на конечном урожае. Суточный ход ассимиляции углерода растением находится в зависимости от многих условий (солнечной радиации, влажности, температуры и др.). При достаточной влажности, начиная с ранних утренних часов, ассимиляция усиливается до полуденных часов, а затем ослабевает и прекращается после захода солнца. Солнечный нагрев часто усиливает чрезмерное испарение в полуденные часы, и потому в жаркие

дни ассимиляция ослабляется в полдень, а затем вновь усиливается в послеполуденные часы и снова ослабляется к вечеру.

Чередование усиления и ослабления хода ассимиляции в течение дня, в зависимости от облачности, ветра, атмосферных осадков,— обычное явление в естественных условиях.

5. ЗНАЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ФОТОСИНТЕЗА

На процесс фотосинтеза затрачивается световая энергия. За время своего развития зелёные растения накапливают вместе с органическим веществом потенциальную энергию. Человек использует растения для своих целей: они идут нам в пищу, они используются в корм скоту; в виде дров, торфа и каменного угля они идут в топки печей. Во всех случаях потенциальная энергия освобождается и превращается в кинетическую энергию.

К. А. Тимирязев в следующих образных словах рисует значение процесса ассимиляции:

«Когда-то, где-то на земле упал луч солнца, но он упал не на бесплодную почву, он упал на зелёную былинку пшеничного ростка, или, лучше сказать, на хлорофилловое зерно. Ударяясь о него, он потух, перестал быть светом, но не исчез. Он только затронул на внутреннюю работу, он расскрест, разорвал связь между частицами углерода и кислорода, соединёнными в углекислоте. Освобождённый углерод, соединясь с водой, образовал крахмал. Этот крахмал, превратясь в растворимый сахар, после долгих странствований по растению отложился, наконец, в зерне в виде крахмала же или в виде клейковины. В той или другой форме он вошёл в состав хлеба, который послужил нам пищей. Он преобразился в наши мускулы, в наши нервы. И вот теперь атомы углерода стремятся в наших организмах вновь соединиться с кислородом, который кровь разносит во все концы нашего тела. При этом луч солнца, таившийся в них в виде химического напряжения, вновь принимает форму явной силы. Этот луч солнца согревает нас. Он приводит нас в движение. Быть может, в эту минуту он играет в нашем мозгу».

Кроме того, зелёные растения обогащают воздух кислородом и являются очистителями его от углекислого газа, скопление которого от дыхания, горения и вулканической деятельности в большом количестве могло бы губительно отозваться на всех организмах, населяющих землю.

Знание вопросов фотосинтеза проливает свет на многие явления природы и сельскохозяйственной жизни.

Зеленение всходов весной связано с процессом образования хлорофилла. Хорошее развитие растений зависит от количества света, а количество света — от густоты посева и от правильного расположения растений на посевной площади, от прореживания растений, от борьбы с сорными травами. Недостаток света не только снижает урожай, но и способствует

полеганию посевов. Осенний листопад и пожелтение растений также находятся в связи с процессами ассимиляции и свойствами хлорофилла. У вечнозелёных растений (хвойные и многие южные лиственные растения) листья опадают постепенно, а у лиственных пород в условиях нашего климата листья опадают ежегодно осенью. Перед листопадом в основании черешка листа образуется слой пробковой ткани и отделяющий слой, которые пронизывают всю толщу черешка, не затрагивая проводящей ткани листа. Перед листопадом лист теряет зелёную окраску, собственно хлорофилл разрушается, выступают ксантофилл и каротин, появляется антоциан, которые придают листьям «осеннюю окраску». Питательные вещества перед листопадом переходят в растение, а в листьях скапливаются ненужные отбросы, например кристаллы щавелевокислой извести. После листопада при основании листа остаётся рубец, на котором можно заметить следы закупоренных сосудистых пучков.

Не только конечный урожай находится в зависимости от процесса фотосинтеза, но и питательность зелёной массы в целом связана с этим процессом. Растения бледные, этилированные беднее сухим веществом, чем зелёные, богатые хлорофиллом. Увядавшие растения мало содержат в листьях углеводов, так как при увядании новые углеводы не образуются, а ранее образовавшиеся растение успело уже израсходовать. Небезразлично, в какое время дня срезать листья (салата, табака, свёклы, шелковицы и др.) или скосить траву на зелёный корм — утром или вечером. В последнем случае зелёная масса богаче углеводами: качество табака от этого понижается, питательность же других растений повышается. Иногда в качестве корма скоту употребляют молодые ветви деревьев. Только к осени в них скапливается большое количество запасных углеводов.

Недостаток солнечного освещения в зимнее время вызывает необходимость использования электрического освещения, которое при достаточной силе и при дешёвой энергии употребляется для выращивания овощных растений в тепличной обстановке.

Электрическая лампа силой в 1 400 свечей, находясь на расстоянии 2 м от растения, даёт примерно такой же эффект действия, как и дневной свет. Однако выросшие при искусственном освещении растения несколько отличаются от растений, выросших при солнечном освещении; они имеют более вытянутую форму вследствие недостатка сине-фиолетовых лучей в обычных электрических лампах накаливания. Между тем эти лучи способствуют правильному формированию растений.

Обычно электрический свет используется в качестве дополнения к слабому зимнему дневному освещению.

Количество углекислого газа в воздухе (0,03%) не является оптимальным для процесса фотосинтеза. Увеличение его до 0,1—0,3% усиливает фотосинтез, а следовательно, и рост растений — в некоторых случаях в 4—5 раз. Дальнейшее увеличение коли-

чества CO_2 , например до 1%, начинает уже угнетать растения, хотя при кратковременных опытах растения выносят содержание CO_2 до 5 и даже до 10%.

Вопрос об «удобрении воздуха» углекислым газом является большой проблемой, частичное разрешение которой намечается при парниковых, тепличных и овощных культурах. Органические удобрения, усиливая биологические процессы в почве, также способствуют обогащению воздуха углекислым газом.

6. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА О РАЗВИТИИ ЗНАНИЙ ПО АССИМИЛЯЦИИ УГЛЕРОДА

Мы уже упоминали (во введении), что опытами по ассимиляции углерода занимался ещё в 1771 г. английский физик и химик Пристлей. Он подметил, что воздух, совершенно «испорченный» дыханием мышей, через несколько дней снова «исправляется», если в него ввести ветку мяты. Однако опыты с «исправлением» воздуха, испорченного дыханием животных или процессами горения, не всегда удавались Пристлею. Значение одного условия — света — им не было учтено. До Пристлея в науке твёрдо держалось мнение, что растения поглощают углерод корнями из земли.

Голландский учёный Ян Ингенхуз на основании ряда исследований пришёл к выводу, что выделение кислорода зелёными растениями происходит только на свету, а в темноте растения ухудишают воздух.

Два швейцарских учёных, Сенебье и Соссюр, многочисленными опытами доказали, что в присутствии зелёных растений химический состав окружающего воздуха подвергается изменению, а именно на свету количество углекислого газа уменьшается, а количество кислорода увеличивается. Они же доказали, что поглощаемый углекислый газ используется для жизни растений.

Французский учёный Буессенго (1840 г.) с помощью ряда остроумнейших приборов произвёл учёт газообмена и окончательно установил значение CO_2 для растений. Он же выяснил, что процесс ассимиляции углерода начинается с момента освещения листа световыми лучами. В 1860 г. физиолог Сакс доказал, что первым видимым продуктом ассимиляции является крахмал, появляющийся на свету в хлоропластах.

Изучение вопросов ассимиляции углерода тесно связано с именами многих русских учёных. Укажем лишь на некоторых из них. А. С. Фаминцын доказал, что фотосинтез происходит не только на солнечном свету, но и при других источниках света. Теперь широко используется электрический свет для фотосинтеза. Учёный М. С. Цвет разработал хроматографический метод разделения пигментов хлорофилла. Энергетическая сторона процесса фотосинтеза, в связи с энергией солнечных лучей, наиболее глубоко разработана К. А. Тимирязевым, имя которого связано со всеми областями физиологии растений и вообще ботаники. Хлорофилл изучался Тимирязевым всесторонне. Особенно подробно он изучил спектр поглощения хлорофилла, о чём было сказано выше (см. стр. 478). Он впервые установил, что лучи света, падающие на хлоропласты, затрачиваются не на нагревание, а на процесс синтеза углеводов. Он опроверг существовавшее до него мнение, что фотосинтез происходит в жёлтой части солнечного спектра, и весьма сложными и точными опытами доказал, что красные лучи играют главнейшую роль в фотосинтезе. Едва ли есть

к какой-либо вопрос физиологии, который не был бы глубоко проанализирован Тимирязевым. Он заложил подлинно научные материалистические основы физиологии. Его научные исследования известны учёным всего мира. Имя К. А. Тимирязева и его роль в науке, его книга «Жизнь растения» известны в нашей стране каждому колхознику, каждому учащемуся. К. А. Пуриевич, Д. И. Ивановский, В. Н. Любименко, С. П. Костычев, Ф. Н. Крашенинников, Л. А. Ив́анов и многие другие русские учёные углубили учение о фотосинтезе.

Химическую природу хлорофилла и наличие в нём магниевого ядра установил Вильштеттер.

Глава XIV

МИНЕРАЛЬНОЕ И АЗОТИСТОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

1. ВЕЩЕСТВА, ПОСТУПАЮЩИЕ ИЗ ПОЧВЫ В КОРНЕВУЮ СИСТЕМУ

Вода, зольные вещества и азотистые соединения поступают в растение через корневую систему.

В главе XII мы указали, что в состав сухого вещества растений входит около 5% разнообразнейших зольных веществ.

Количество золы в растениях колеблется в зависимости от почвы, климата, свойств самого растения, возраста и многих других факторов.

Химический состав золы также сильно колеблется. Например, злаки, осоки, хвощи, диатомовые водоросли содержат в своей золе кремнезёма (SiO_2) до 70% и больше; горох, клевер, табак и другие накаплиют в себе до 60—70% солей кальция и магния; гречиха, кукуруза, подсолнечник, земляная груша, картофель, свёкла содержат в своей золе до 70—90% калия, а солончаковые растения — натрия. Во многих растениях в ничтожном количестве встречаются бром и йод, и лишь в некоторых морских водорослях эти элементы скопляются в большом количестве. Водоросли, содержащие бром и йод в большом количестве, используются для добывания этих элементов. Плоды фейхоа (*Feijoa*) также содержат в себе много йода.

Алюминий, марганец, бор, литий, медь постоянно встречаются в растениях также в ничтожных количествах, но алюминий в большом количестве накапливается в плаунах и папоротниках, марганец — в водяном орехе, литий — в чертополохе и бодяке, медь — в птичьей гречихе.

Различные культуры имеют разную потребность в минеральных веществах. Так, картофель особенно нуждается в калийных удобрениях, а хлебные злаки — в фосфорнокислых.

Вот среднее количество зольных элементов и азота (в килограммах на 1 га), извлекаемых из почвы различными сельскохозяйственными культурами:

Культуры	Урожай (в центне- рах с 1 га)	В килограммах			
		азота	фосфора	калия	известя
Пшеница озимая	32	125	76	150	61
» яровая	32	138	64	195	62
Овёс	25	126	79	129	38
Горох	18	123	42	89	151
Картофель	300	151	56	273	128
Свёкла	400	165	73	404	101

Примечание. Таблица заимствована из книги Н. А. Максимова «Краткий курс физиологии растений», М., 1948.

Помимо приведённых в таблице веществ, поглощаемых растениями, им нужны ещё сера, магний, железо и другие, которых обычно всегда достаточно в почве. Цифры в таблице показывают лишь сравнительное количество азота, фосфора, калия, кальция, содержащееся в растениях при среднем урожае, но они не отражают точной потребности растений в удобрениях. Многие почвы, при хорошем уходе за ними, при соответствующем чередовании растений, обладают естественным восстановлением плодородия.

Минеральные и органические удобрения вносят, сообразуясь с природой культивируемого растения, с химическим составом почвы, с её влажностью, с предшествующей культурой и с другими факторами, изучение которых возможно опытным путём непосредственно на месте.

Из многих элементов, поступающих в растение через корневую систему, далеко не все являются необходимыми для развития растений. Анализы золы растений дают нам ответ на вопрос, какие элементы попадают в растения, но они не дают ответа на вопрос, какие являются необходимыми в первую очередь, какие нужны в меньшей степени и без каких элементов растение свободно может обходиться.

Разрешение этого сложного вопроса непосредственно в полевой обстановке наталкивается на непреодолимые препятствия, так как, с одной стороны, почва отличается большой сложностью своего состава, а с другой стороны, растения подвергаются действию многочисленных факторов, сильно влияющих на рост (избыток или недостаток влаги, вредители, колебания температуры и пр.).

2. ВЕГЕТАЦИОННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТЕНИЙ

Этот метод помогает выяснить различные вопросы питания растений, имеющие как теоретический интерес, так и громадное практическое значение. С помощью этого метода учёными было не только выяснено, в каких элементах нуждается растение, откуда берёт оно эти элементы, но были изучены роль и значение многих удобрений, которые повышают урожай. Кроме того, вегетационный

метод помогает также изучать почвы, с которыми приходится иметь дело в практике, а также природу различных сельскохозяйственных растений.

Вегетационные опыты производятся в различных высших и средних сельскохозяйственных учебных заведениях, на опытных станциях и в научно-исследовательских институтах.

Для защиты растений от атмосферных осадков и от случайных вредных влияний сосуды помещают в вегетационный домик,

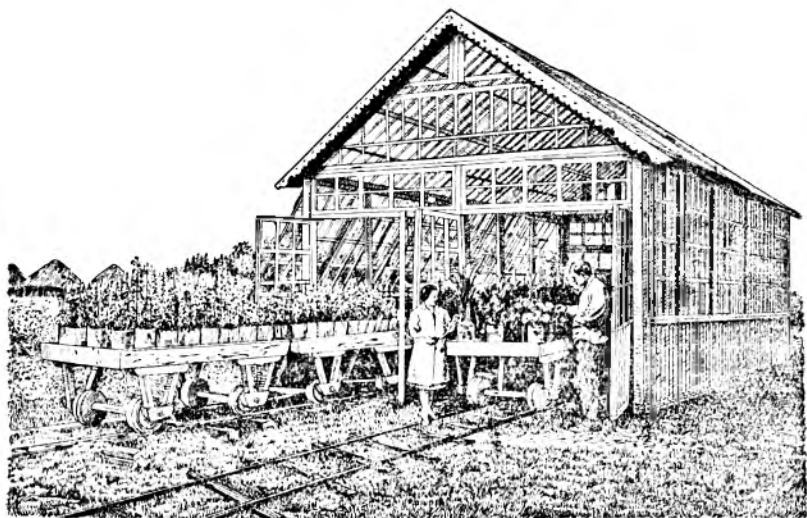


Рис. 289. Вегетационный домик для постановки опытов с водными, песчаными и почвенными культурами. Каширский техникум земледелия (1929 г.).

имеющий стеклянную крышу и стены. Сосуды с растениями устанавливают на подвижных вагонетках, которые в хорошую погоду по рельсам выкатываются на открытый воздух на площадку, устроенную перед домиком и защищенную от птиц сеткой, а в плохую погоду и на ночь вкатывают обратно под защиту стёкол. Конструкции вегетационных домиков весьма различные: от обширных павильонов, состоящих из стекла и железа, вмещающих в себя сотни вагонеток и тысячи сосудов, до скромных «домиков», устроенных из застеклённых деревянных рам, вмещающих в себя три-четыре десятка сосудов (рис. 289).

В вегетационном методе различают водные, песчаные и почвенные культуры. Для решения вопросов, какие элементы нужны для развития растений, употребляются водные и песчаные культуры, а в почвенных культурах испытываются различные почвы и действие на растения разных удобрений.

Результаты, полученные при использовании вегетационного метода, проверяются в условиях полевого опыта, где растения вы-

рашиваются в условиях более естественных, но и более сложных, а поэтому вегетационные и полевые опыты дополняют друг друга, представляя могучее средство в работе наших опытных учреждений, помогающее социалистическому земледелию в получении высоких и устойчивых урожаев.

В настоящем курсе мы остановимся только на водных культурах (рис. 290, I).

Растения выращиваются в стеклянных сосудах, в которые наливается чистая дистиллированная вода или дистиллированная

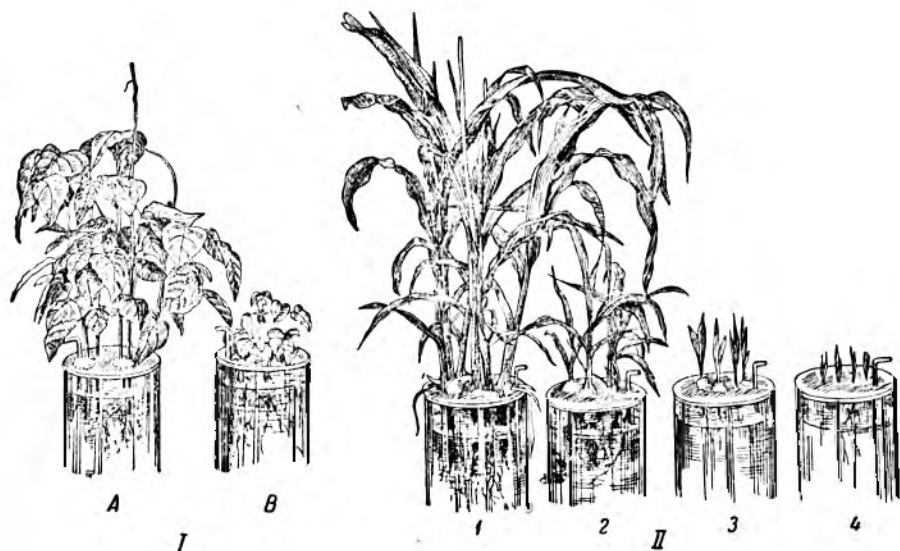


Рис. 290.

I — водная культура фасоли: А — в растворе питательной смеси; В — в H_2O ; II — водная культура кукурузы. Сосуды: 1 — с полной питательной смесью, 2 — без фосфора, 3 — без азота, 4 — без калия.

вода, в которой растворены испытуемые соли. Размеры сосудов для водных культур берутся от 1 до 20 л, в зависимости от размера растений и цели опыта. Чаще употребляются пятилитровые сосуды. Сосуды следует обязательно затемнять чехлами из материи (внутри черными, снаружи белыми), чтобы не заводились водоросли и не нагревалась вода. Молодые проростки растений закрепляются в отверстиях пробки. Корень проростка погружается в воду, а росток направляется вверх. При ежедневном продувании воздуха (с помощью стеклянной трубки и пульверизатора) корневая система хорошо развивается в воде, а росточек при благоприятных условиях быстро начинает расти вверх. Так как растения испаряют воду, то её следует доливать в сосуд по мере необходимости.

В водных культурах растения зацветают и приносят плоды и семена. Если для опыта взять дистиллированную воду без солей,

то вырастают карликовые растения, которые хотя и могут зацвести, но в них получается ничтожная прибавка сухих веществ, по сравнению с тем количеством, которое было в семени. Возможность слабого развития растений в дистиллированной воде объясняется наличием некоторого количества минеральных солей в самом семени. Если к дистиллированной воде прибавить все необходимые соли, то растение пышно развивается. Так, в одном опыте с водной культурой японская гречиха выросла до 2 м в высоту, имела 115 ветвей, 946 листьев, 521 кисть, принёсших 796 зрелых и 108 не вполне зрелых семян. В другом опыте выросшее из одного зерна овса растение обладало 60 побегами, принёсшими 570 нормально развитых зёрен (по В. Р. Заленскому).

Обычно для водных культур употребляется одна из смесей солей, имеющих такой химический состав:

Компоненты	Смесь № 1	Смесь № 2
Азотнокислый кальций $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,00 г	0,492 г
Кислый фосфорнокислый калий KH_2PO_4	0,25 »	0,136 »
Азотнокислый калий KNO_3	0,25 »	—
Хлористый калий KCl	—	0,075 г
Сернокислый магний MgSO_4	0,25 г	0,060 »
Фосфорнокислое железо FePO_4	0,01 »	—
Хлорное железо Fe_2Cl_6	—	0,025 г
Дистиллированная вода H_2O	1 л	1 л

Крепость таких растворов в начале опыта равна примерно 0,1—0,2%. Концентрация солей позднее может быть увеличена до 0,5%. Растворы должны обладать едва уловимой кислой реакцией.

Существует много и других растворов, в которых растения хорошо развиваются. Однако во всех случаях *необходимо, чтобы в числе солей присутствовали как минимум из металлоидов N, S и P, а из металлов — Ca, K, Mg и Fe.*

Необходимость этих элементов для развития растений доказывается путём выращивания растений в растворах, из которых исключается в последовательном порядке каждый из них. Отсутствие хотя бы одного из указанных элементов влечёт за собой или полное прекращение развития и гибель растения или, в лучшем случае, крайне слабое развитие его, при котором оно не далеко уходит вперёд по сравнению с теми карликовыми растениями, которые развиваются в чистой дистиллированной воде (рис. 290, II).

Раствор солей, окружающий корневую систему, подвергается электролитической диссоциации, и в растение поступают в большом количестве или анионы или катионы. Вследствие этого происходит изменение кислотности раствора, что влечёт за собой иногда губительные для растения последствия.

Все питательные соли подразделяются на физиологически кислые, физиологически щелочные и физиологически нейтральные. Примером первых может служить сернокислый аммоний (NH_4)₂ SO₄, из которого в растение в большом количестве поступает катион, а анион накапливается в питательном растворе и усиливает кислотность среды. Примером физиологически щелочной соли может служить селитра (NaNO_3), из которой в растение поступает анион, а катион остаётся в растворе, усиливая щелочность среды. Наконец, примером физиологически нейтральных солей для большинства растений могут служить калиевая селитра (KNO_3) и сернокислый магний (MgSO_4), из которых в растение поступают и анион и катион, в результате чего кислотность не изменяется.

Кислотность питательного раствора, играющая исключительно важную роль в развитии растений, устанавливается с помощью определения показателя водородных ионов (pH), о чём мы узнаем из курса почвоведения и земледелия.

3. РОЛЬ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ПОСТУПАЮЩИХ ЧЕРЕЗ КОРНЕВУЮ СИСТЕМУ

Многочисленными опытами учёных установлен тот минимум элементов, который необходим для развития растений (N, S, P, K, Ca, Mg и Fe). В последнее время было доказано, что соли, с которыми производили опыты, не отличались исключительной чистотой и всегда содержали в себе следы примесей других элементов, которые в ничтожных количествах также необходимы для развития растений. Тончайшие опыты с солями, тщательно очищенными от примесей, показывают, что к необходимым в ничтожных количествах элементам относятся марганец, цинк, бор, алюминий, иод, кремний и др. Их называют необходимыми микроэлементами.

Мы не имеем ещё полных сведений не только о роли каждого из микроэлементов, но даже роль основных элементов выяснена ещё не в полной мере.

Азот, сера и фосфор являются элементами, которые входят в состав белковых веществ, а потому понятно, что без них не происходит развития растений. Недостаток азота влечёт за собой слабый рост и бледный цвет зелени, что мы часто можем наблюдать даже на полях. Азот и сера входят в состав протоплазмы, клеточных ядер в пластид; фосфор входит в состав нуклеопротеидов и является составной частью клеточных ядер. Недостаток фосфора всегда особенно вредно отзывается на плодоношении и образовании семян.

Кроме белков, фосфор и сера встречаются в других частях клетки: фосфор в виде фосфатов может играть роль регулятора кислотной и щелочной реакции, а сера встречается в соединениях с эфирными маслами в растениях, имеющих едкий вкус и запах

(хрен, чеснок, семена горчицы и т. п.). Без хлора многие растения (например, кукуруза) обходятся свободно, но другие (например, гречиха) развиваются плохо.

Без калия вырастают карликовые растения, со слабо развитыми стеблями и листьями. Калий необходим также для развития мясистых корней и клубней. Калий необходим для процесса ассимиляции; он способствует передвижению и превращению углеводов и белков и является радиоактивным элементом. Кроме того, калию приписывают защитную роль против свёртывания белков протоплазмы. При полной замене калия натрием, литием или рубидием растение не развивается, хотя на фоне калия натрий способствует оттоку углеводов из листьев и накоплению сахара в корнях свёклы. Солончаковые растения усиливают рост под влиянием натрия.

Магний входит в состав хлорофилла и играет важную роль в процессе ассимиляции углерода и в образовании пектиновых веществ.

Без кальция не развиваются стебли, листья и корни. Кальций служит для нейтрализации ядовитой щавелевой кислоты, которая даёт с ним кристаллы щавелевокислого кальция (см. стр. 64).

Кроме того, кальций обезвреживает ядовитое действие калия и магния, когда эти элементы в виде солей даются растению в отдельности. Уравновешивание кальцием питательных растворов в качестве антагониста играет важную роль при вегетационных опытах. Некоторые растения (люпин, мох сфагнум) совершенно не переносят в почве избытка углекислого кальция, а грибы и бактерии свободно обходятся без кальция. Серноокислый кальций, а также и углекислый кальций в присутствии магния вредного действия на люпин не оказывают. Избыток кальция в почве часто способствует явлению хлороза, так как при этих условиях железо, необходимое для образования хлорофилла, как об этом было сказано при разборе вопроса ассимиляции углерода, переходит в нерастворимое состояние и не может попадать в растение.

Кремний способствует лучшему использованию фосфора растением. Кроме того, пропитывая клеточные оболочки, например в стеблях и листьях осок и злаков, а также в жёстких волосках многих растений, он служит важным средством защиты от пожара всякими животными (слизнями, гусеницами и т. п.) и увеличивает сопротивляемость против паразитных грибов. Особенно много кремния встречается в оболочке диатомовых водорослей, которые вследствие этого сделались негниющими.

4. РОЛЬ УДОБРЕНИЙ

Из всех необходимых для правильного развития растений элементов, поступающих в растение через корни, только трёх часто нехватает в почве, а именно: азота, фосфора и калия.

Из азотных удобрений в практике сельского хозяйства применяются серноокислый аммоний, аммиачная селитра, цианамид кальция; из фосфорнокис-

лых — суперфосфат, томасшлак, фосфоритная мука; из калийных — калийная соль, сильвинит, зола и др.

Азотные удобрения хорошо действуют при наличии в почве достаточного количества фосфора и калия, фосфорнокислые — при наличии азота и калия, а калийные — при наличии азота и фосфора.

В настоящее время установлено, что увеличение в почве одного питательного вещества усиливает действие других, например при недостатке в почве азота калийное удобрение всё же способно несколько повысить урожай.

Из органических удобрений в практике сельского хозяйства с успехом применяется навозное удобрение, содержащее в себе все три важнейших элемента: N, P и K, а также Ca и др.

С навозом в почву вносится также органическое вещество и, кроме того, богатейшая флора микробов, вызывающих перегнивание и минерализацию органических веществ. Органическое вещество в почве играет весьма важную роль. Гумусовые кислоты способствуют превращению трудно растворимых минеральных веществ в усвояемое для растений состояние. Из органических веществ под влиянием бактерий аммонизации выделяются аммонийные соли, которые под действием бактерий нитрификации превращаются в соли азотистой, а последние в соли азотной кислоты. Образующаяся в почве селитра поглощается корнями растений, отчасти же грунтовыми водами уносится в ручьи, реки и моря. Органические вещества в почве играют ещё и другую роль: они улучшают физические свойства почвы, улучшают её структуру, а также способствуют увеличению в воздухе количества углекислого газа, столь нужного для процесса фотосинтеза. Поэтому навоз в деле повышения урожайности играет исключительно важную роль.

Одним из важных мероприятий по повышению урожайности всех культур является правильное использование как минеральных, так и органических удобрений.

Способы и время внесения удобрений в почву играют важную роль в деле повышения урожайности. Наряду с необходимостью обеспечить растения удобрениями в ранние периоды их развития, необходимо также обеспечивать их удобрениями и в последующие периоды, когда потребность в питании особенно усиливается.

5. ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ АЗОТОМ

В состав сухого растительного вещества входит азот (около 1,5%). Азот является составной частью белкового вещества, и потому его больше скапливается в тех органах растения, в которых содержится больше белковых веществ. Так, например, семена мотыльковых растений содержат в себе азота от 3 до 6%, зёрна хлебных злаков — от 1 до 3%, листья и почки — от 1 до 5%, корни и стебли — меньше 1%, а древесина, особенно бедная живыми клетками, содержит азота меньше 0,5%.

Белковые вещества синтезируются (создаются) в зелёном растении, и неорганический азот принимает участие в этом синтезе. Животные и грибы получают азот в виде органических соединений: первые — в форме готовых белков, а вторые — в форме продуктов их распада. Клетки животных организмов и грибов богаты протоплазмой, а следовательно, и белковыми веществами.

Клеточные оболочки грибов также содержат азот. Зелёные растения имеют меньше белковых веществ в своих клетках, так как у последних сильно развиты вакуоли, а клеточные оболочки состоят из безазотистого вещества. Азот у растений идёт ещё на образование клеточных ядер, на образование пластид, на

образование алейроновых зёрен. Растения хорошо используют азот, они его не теряют, в то время как животные теряют его в виде различных отбросов. Растения, так же как и животные, без азота жить не могут.

Азот в растение поступает из окружающей среды, а в окружающей среде азот находится в форме различных соединений. Больше всего азота находится в воздухе в виде газа (воздух на 80% по объёму состоит из азота). Кроме свободного азота, в воздухе встречается ничтожное количество аммиачного азота и азота в виде окислов. В почве азот содержится в органических соединениях, в аммонийных и в азотнокислых солях. На 1 кг богатой почвы приходится примерно органического азота 2,101 г, аммиачного азота 0,019 г и нитратного азота 0,029 г. Почвенный азот отличается подвижностью. Органический азот переходит в аммиачный, а последний идёт на образование селитры. Процесс образования селитры называется н и т р и ф и к а ц и е й. Он совершается под влиянием бактерий (подробнее об этом см. в главе IX).

Уже простые наблюдения над развитием растений на почвах, бедных азотом, например на песчаных, и на почвах, богатых азотом, например чернозёмных, показывают, что *главнейшим источником азотистого питания растений является почва, а не воздух.*

Опыты с песчаными и водными культурами также дают прямой ответ на вопрос и показывают, что *азот поступает в растение через корневую систему.* При этом вегетационные опыты показывают, что азот поступает в растение из солей азотной кислоты, которые называются с е л и т р а м и $[\text{NaNO}_3$ — натриевая, или чилийская, KNO_3 — калийная и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — кальциевая]. Аммонийные соли также доступны для питания растений. Особенно хорошо поглощается азотнокислый аммоний NH_4NO_3 ; азот сернокислого аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ также используется растением. Азот органических соединений только при посредстве бактерий, находящихся в почве, становится доступным для питания зелёных растений.

О судьбе поступивших в корни нитратов можно судить с помощью чувствительной реакции на азот дифениламином с серной кислотой. Этот реактив в присутствии нитратов окрашивается в синий цвет. Оказывается, что азотнокислые соли в неизменённом виде поступают из корней в сосуды древесины и доходят до мякоти листьев. В темноте происходит накопление нитратов в листе, на свету нитраты исчезают из хлорофиллоносной паренхимы листа, а содержание белковых веществ увеличивается; следовательно, образование белковых веществ, или, как говорят, *синтез белков, происходит в связи с процессом ассимиляции углерода и в той же самой хлорофиллоносной ткани, в которой происходит и процесс ассимиляции.*

При питании растений аммонийными солями последние уже в корнях переходят в органические соединения, именно в аспара-

гин, который попадает в листья и там превращается в белковое соединение.

Что свободный азот воздуха недоступен для питания растений, это доказал впервые учёный Буссенго ещё в 1851 г. путём культивирования растений в песчаных культурах, накрытых стеклянными колпаками (рис. 291). Стеклянные колпаки, опускавшиеся краями в серную кислоту, нужны были для того, чтобы очистить окружающий растение воздух от аммиачных соединений, так как тогда уже было известно, что аммиачный азот может поглощаться листьями из воздуха. Последний способ питания растений азотом не может иметь практического значения, так как воздух содержит в себе весьма ничтожные следы аммиака и окислов азота. В одних опытах Буссенго растения плохо развивались в песке, лишённом азота, и давали ничтожный прирост, а количество азота в них не превышало запаса его в семенах. Напротив, в тех опытах, в которых в песок прибавлялся азот в виде селитры, растения развивались вполне нормально, что указывало на способность растения поглощать азот корнями из нитратов. В опытах Буссенго все растения, независимо от принадлежности к тому или иному семейству, не могли улавливать азот из воздуха.

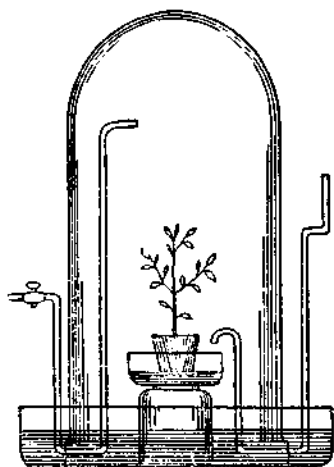


Рис. 291. Культура в почве, лишённой азотистых соединений.

Усвоение азота бобовыми растениями

Давно уже было известно, что растения, принадлежащие к семейству бобовых, обладают способностью расти на бедных азотом песчаных почвах.

Это наблюдение было подтверждено интересным опытом, произведённым в Англии учёными Лоозом и Джилльбертом. Они обнаружили, что при культуре пшеницы в течение десяти лет на одном и том же участке урожаи её беспрестанно падали, а при чередовании пшеницы с бобовыми растениями на подобном же участке урожаи пшеницы поддерживались на одном уровне и были в среднем в два раза выше, чем на первом участке. В общем пять урожаев пшеницы со второго участка равнялись десяти урожаям пшеницы с первого участка. Кроме того, второй участок дал ещё пять хороших урожаев бобовых растений. Культура бобовых оказалась доходной, так как не только не истощила почву, а, наоборот, повысила урожаи пшеницы.

С помощью бобового растения — люпина — без применения навозного удобрения на бедных, песчаных почвах удаётся поднять плодородие почвы до такой степени, что в культуру можно бы-

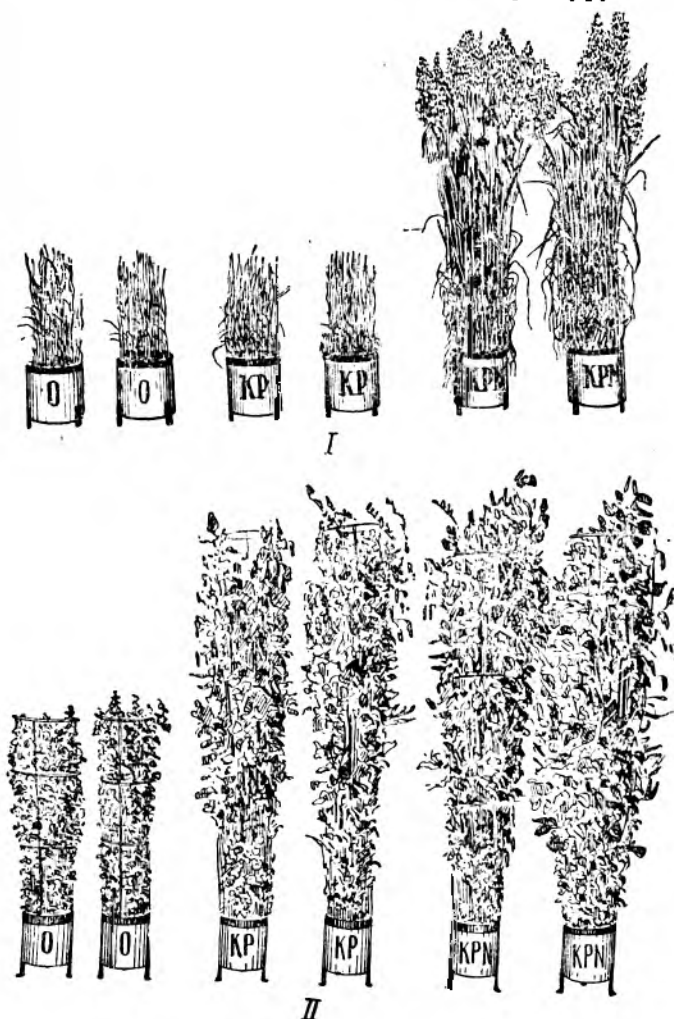


Рис. 292.

I — овёс: *O* — без удобрения, *KP* — удобрен калием и фосфорной кислотой, *KPN* — удобрен калием, фосфорной кислотой и селитрой; *II* — горох: *O* — без удобрения, *KP* — удобрен калием и фосфорной кислотой, *KPN* — удобрен калием, фосфорной кислотой и селитрой.

вает ввести позднее весьма требовательное к почве растение — озимую пшеницу. Тогда же было замечено, что бобовые растения плохо реагируют на удобрение селитрой, в то время как от каждых 16 кг селитры урожай пшеницы и ржи повышался на 48 кг,

овса — на 64—80 кг, картофеля — на 560 кг, свёклы — на 640 кг с гектара.

С помощью опытов с песчаными культурами бобовых растений учёному Гельригелю удалось с точностью установить способность бобовых растений обходиться без почвенного (связанного) азота в том случае, когда корни этих растений разлагаются в песке, к которому прибавлено ничтожное количество почвенного раствора, взятого с участка, на котором росло данное бобовое растение.

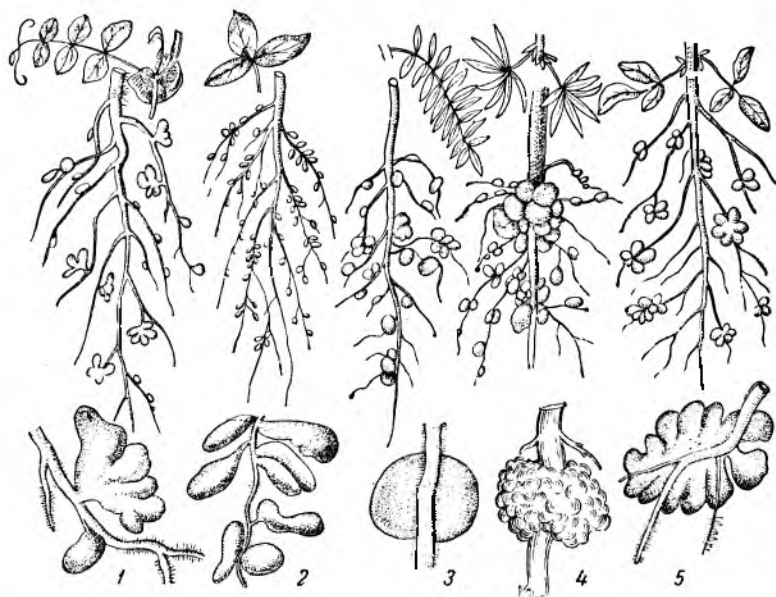


Рис. 293. Различные виды клубеньков на корнях бобовых растений: 1 — на горохе; 2 — на клевере; 3 — на сераделле; 4 — на люпише; 5 — на доннике.

Параллельные опыты с овсом и растениями других семейств (не бобовых) показали, что эта способность обходиться без почвенного азота, а довольствоваться азотом воздуха, свойственна только растениям, принадлежащим к семейству бобовых (рис. 292). Гельригелю же (1886 г.) удалось подметить связь процесса поглощения азота из воздуха с клубеньками, находящимися на корнях бобовых растений, которые (клубеньки) могут образоваться на корнях лишь в том случае, когда окружающая среда (песок, почва, вода) заражена клубеньковыми бактериями (рис. 293). Вот почему Гельригель в своих опытах применял заражение песка почвенным настоем. Буссенго в своих опытах пользовался прокалённым, т. е. обеспложенным, песком, поэтому в его опытах бобовые растения клубеньков на корнях не образовывали и по отношению к азоту воздуха вели себя так же, как и все остальные растения. Учёный Воронин ещё в 1866 г. открыл присутствие

бактерий в клубеньках бобовых растений, которые позднее получили название клубеньковых бактерий (*Bacterium radicicola*). Бейеринк и Праковский проследили заражение бактериями корней бобового растения и процесс постепенного образования клубенька (рис. 294).

Бактерии — мельчайшие микроорганизмы (см. главу IX) — попадают в молодые корни из почвы через корневые волоски¹. Проникнув через оболочку внутрь клетки, они размножаются и образуют слизистый тяж, который протягивается в паренхиму коры корня и вызывает местное растворение клеточных оболочек. Соседние клетки паренхимы начинают сильно делиться и разрастаться; образуется желвак, клетки которого переполняются бактериями, являющимися вначале паразитами. В этом первоначальном периоде размножения бактерий бобовое растение обыкновенно находится в состоянии угнетения и замедляет свой рост. Позднее оно поправляется, и развитие его усиливается. К этому моменту в клубеньках образуется так называемая бактериоидная ткань, в которой бактерии начинают изменять свой внешний вид, превращаясь в разросшиеся, ветвистые, увеличенные формы (бактериоиды). Клетки бобового растения начинают растворять вещества, скопившиеся в клубеньке и содержащие запасы связанного азота, а затем и самих бактериоидов, разлагая их и усиливая тем питание всего растения (рис. 294).

В начале своего развития бактерии питаются органическими веществами корня, *поглощая и усваивая в то же время азот воздуха*. В хорошо развитых клубеньках гороха и других бобовых растений клубеньковые бактерии обеспечены питанием углеводами, так как в клетках клубеньков скопляется крахмал. Детали процесса усвоения азота клубеньковыми бактериями остаются пока невыясненными. После отгнивания клубеньков оставшиеся в них бактерии попадают в почву и заражают её. Таким образом, почва, на которой росло бобовое растение, надолго уже остаётся заражённой и сама может быть использована для заражения новых участков. Внешний вид клубеньков различных бобовых довольно разнообразен; то они шаровидные — крупные до размера семян гороха и больше (у люпина), то лопастные (у донника), то мелкие — до размера зерна проса (у клевера), а иногда чёткообразные (глициния).

Клубеньковые бактерии различных бобовых растений мало отличаются между собой по внешнему виду, но всё же они имеют различные расы, свойственные определённым видам бобовых.

Поэтому при искусственном заражении почвы, с помощью специальных бактериальных удобрений (нитрагин), следует применять те бактерии, которые живут на данном бобовом. Почву

¹ В последнее время доказано, что проникновение бактерий в корни происходит также в тех местах, где боковые корни выходят из более толстых корней. Вот почему в местах выхода боковых корней клубеньки весьма распространены.

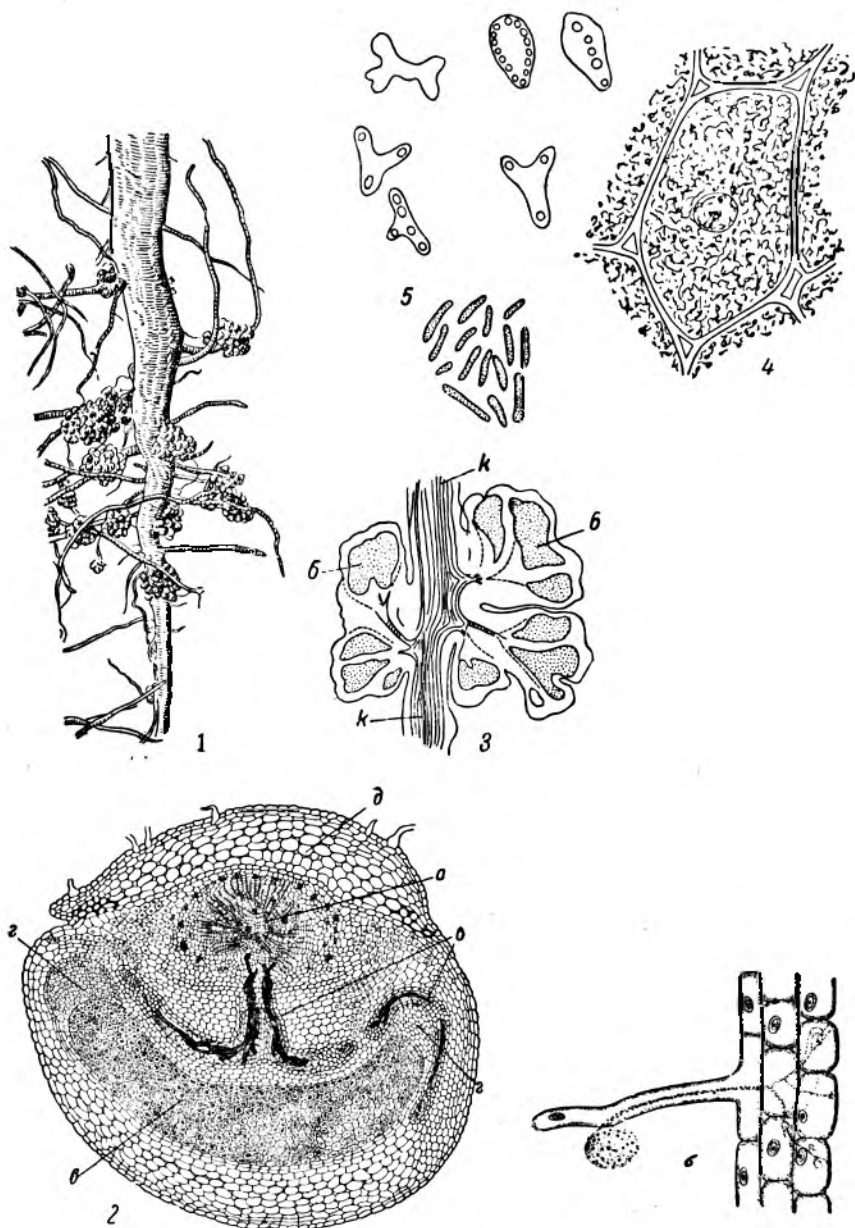


Рис. 294. Клубеньки на корне люпина:

1 — клубеньки в натуральную величину; 2 — строение клубенька на поперечном срезе (мал. увел.): а — проводящие ткани корня, б — трахеиды клубенька, в — бактериальная ткань, г — разрастающиеся концы бактериальной ткани, д — кора корня; 3 — строение клубенька на продольном срезе: к — корень, б — бактериальная ткань; 4 — клетки бактериальной ткани (больш. увел.); 5 — клубеньковые бактерии и бактериониды (больш. увел.); 6 — проникновение бактерий в корневую волосок и в клетки первичной коры корня (виден бактерионидный тяж) (больш. увел.).

или посевной материал заражают бактериями при культуре таких растений, как, например, соя, сераделла, люпин.

Обычно явление сожителства бактерий с бобовым растением рассматривается как явление симбиоза, потому что оба организма как будто полезны друг другу: клубеньковые бактерии получают углеводы, скопляющиеся в клубеньках, а растение получает от бактерий азотистые вещества, синтезированные ими за счёт атмосферного азота.

Но иногда явление симбиоза переходит в паразитизм, при котором вначале страдает бобовое растение, а затем оно использует для своего питания азотистые соединения клубенька и разросшиеся формы бактерий.

Бобовых растений известно свыше 12 000 видов, из которых многие являются древесными растениями. Помимо бобовых, теперь известны растения из других семейств, обладающие способностью усваивать свободный азот с помощью бактерий. Сюда относятся ольха, лох, облепиха, мирика (*Myrica*), подокарпус (*Podocarpus*), паветта (*Pavetta*), ардисия (*Ardisia*). У двух последних тропических растений клубеньки с бактериями появляются на листьях.

В условиях социалистического сельского хозяйства бобовые растения, как азотособиратели, займут одно из важных мест в севооборотах. Люпин (*Lupinus angustifolius*) (рис. 204) уже завоевал в БССР, где много песчаных почв и где достаточное количество атмосферных осадков, прочное место как сидерат (зелёное удобрение). Район его распространения, несомненно, будет расширяться. Не уступая по качеству навозному удобрению, люпин имеет преимущество перед ним при удобрении отдалённых от скотного двора песчаных полей, как наиболее дешёвое из азотных удобрений, а в некоторых случаях и как удобрение, действующее более продолжительное время. Культура люпина на зелёное удобрение крайне проста. В момент образования на стебле блестящих бобиков, недели за 2—3 до посева озими, люпин прикапывается и запахивается в землю. При культуре люпина за счёт азота воздуха, углекислого газа воздуха, воды и некоторых солей образуется громаднейшая (до 5,2 кг на 1 м²) зелёная масса органического вещества, перегнивающая в почве, удобряющая её и улучшающая её физические свойства. Не следует только забывать при культуре люпина о внесении в почву калия и фосфора. Культура люпина в первый раз требует заражения почвы землёй, богатой клубеньковыми бактериями, или же чистой культурой этих бактерий. Недели через две по запаханному в землю люпину сеют озимый хлеб, который хорошо удаётся по люпину.

Из других бобовых растений важное значение как подсевная культура в рожь или овёс имеет сераделла (*Ornithopus sativus*) (рис. 203). Это — питательная кормовая однолетняя трава, высевается рано весной в посев злака и после уборки злака быстро

отрастает и даёт зелёную массу нежного, питательного корма. Сераделлу можно скармливать в зелёном виде и в виде сена. От сераделлы коровы сильно повышают удой и улучшают качество молока. Корни сераделлы перегнивают и обогащают почву азотистыми веществами.

В разрешении кормового вопроса очень важную роль играет культура клевера (*Trifolium pratense*), люцерны (*Medicago sativa*), а также вики (*Vicia sativa*). Эти первостепенной важности кормовые растения — клевер и вика — для севера и средней полосы, люцерна — для юга — дают питательное первосортное сено, а корневые остатки обогащают почву азотом. После культуры клевера в почве скопится до 150 кг связанного азота на 1 га.

Синтетический аммиак и круговорот азота в природе

В настоящее время известно несколько способов добывания азота из воздуха при посредстве электрического тока высокого напряжения путём получения синтетического аммиака. Запас атмосферного азота является неисчерпаемым для человечества. Социалистическая промышленность черпает из воздуха громадные количества азота и prepares миллионы тонн сульфата аммония и аммиачной селитры. К обогащению почв атмосферным азотом при посредстве бобовых культур присоединилось второе мощное русло, с помощью которого азот воздуха используется для нужд социалистического земледелия. Выдающийся советский учёный акад. Д. Н. Прянишников и его сотрудники, наряду с другими важными открытиями в области азотного питания растений, установили, что азот аммонийных солей (этого основного продукта азотной промышленности) может также хорошо усваиваться растениями и повышать урожай, как и азот натриевой (чилийской) селитры, которую раньше привозили к нам из Южной Америки. Мы подошли сейчас к интересному вопросу, который давно уже получил название «круговорота азота в природе».

На этом примере мы видим, как человек овладевает процессами, совершающимися в природе, и как они используются у нас на благо трудящихся. Азотистые соединения претерпевают беспрестанные количественно-качественные изменения. Собирающаяся в океанах в громадном количестве селитра способствует росту целых зарослей зелёных, бурых и багряных водорослей, которые после отмирания перегнивают и из них выделяется в воздух аммиак. Аммиак летуч. С испарениями и токами воздуха он приносится обратно на сушу и вместе с атмосферными осадками попадает в почву и вновь вступает в круговорот. Атмосферное электричество, связывающее свободный азот в виде окислов, также пополняет убыль его из почвы.

Наряду с этим большим круговоротом азота, в природе существует малый его круговорот. Органический азот почвы всё время под влиянием бактерий аммонизации превращается в

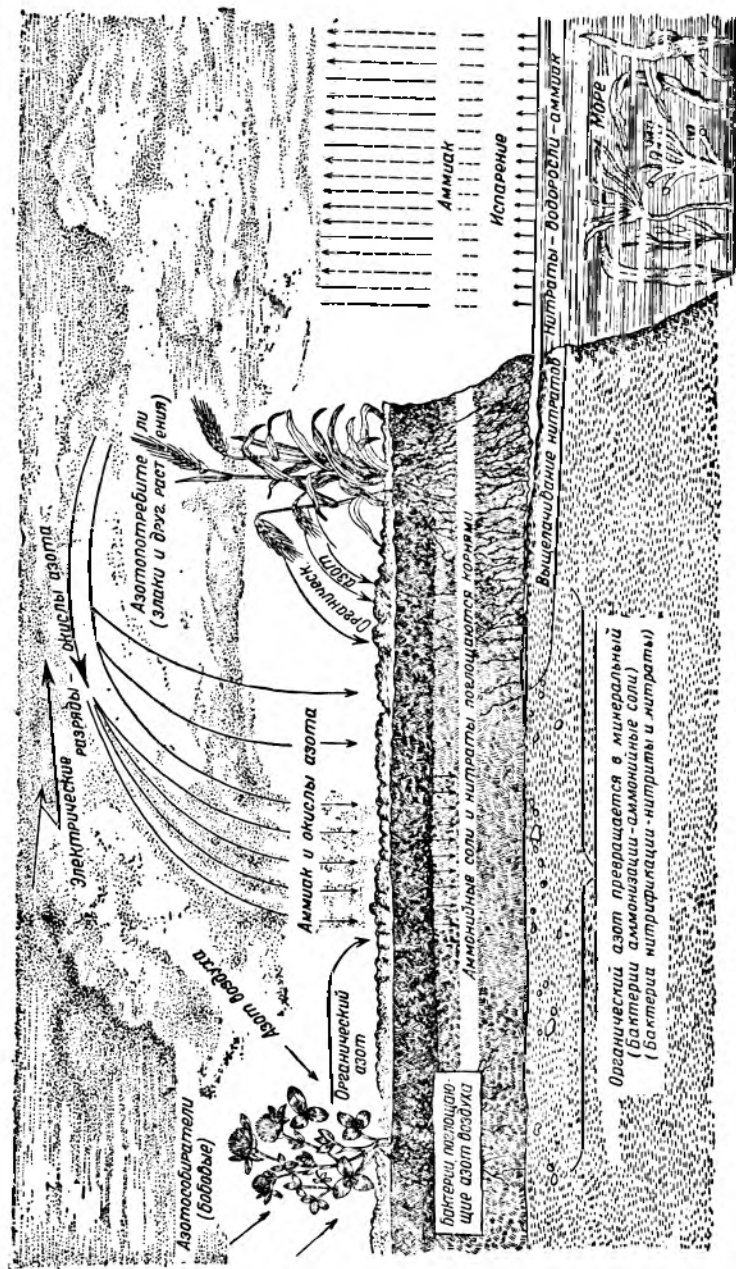


Рис. 295. Схема круговорота азота в природе (объяснено в тексте).

аммонийные соли, которые под влиянием бактерий нитрификации превращаются сперва в соли азотистой, а затем в соли азотной кислоты (см. нитрификация). Образующаяся в почве селитра направляется по двум путям: один из них приводит её в моря и океаны, другой, особенно важный для земледелия, приводит её к корням растений, которые используют селитру, а также и аммонийные соли для образования и накопления органического вещества. Органическое вещество растений используется человеком и идёт в корм скоту. Остатки от животноводства в виде навоза возвращаются обратно в почву. Важную роль в этом процессе играют навозохранилища и приёмники для мочи животных. От их рационального устройства зависит хорошее состояние навоза, в котором протекает своя биологическая жизнь, связанная с накоплением в нём селитры (при хорошем хранении навоза) или с улетучиванием азота в виде аммиака (при плохом его хранении). С навозом азот возвращается в почву, и из этого малого круговорота вступает опять в большой круговорот.

«Круговорот азота» — это лишь образное выражение тех изменений, которые претерпевает азот в природе (рис. 295). Развитие социалистической промышленности увеличивает количество связанного азота, а это, в свою очередь, способствует поднятию урожайности. С навозом в почву вносятся громадные количества бактерий. Помимо бактерий аммонизации и нитрификации, в почве присутствуют ещё бактерии, самостоятельно связывающие свободный азот атмосферы; эти бактерии были открыты учёным Виноградским и получили название *Clostridium Pasteurianum*. Позднее учёным Бейеринком была ещё открыта свободно живущая в почве бактерия, названная им *Azotobacter chroococcum*, обладающая сильным дыханием и достаточной энергией для связывания свободного азота. Почвенные микроорганизмы в наших широтах накапливают в почве связанного азота от 10 до 30 кг на 1 га в год и лишь частично покрывают убыль его из почвы, так как с одним урожаем из почвы уносятся азота свыше 50 кг с 1 га. Вот почему необходимо помнить и заботиться о пополнении азота в почве, особенно в нечернозёмной полосе.

6. ПИТАНИЕ ПАЗАРИТОВ, ПОЛУПАРАЗИТОВ, САПРОФИТОВ И НАСЕКОМОЯДНЫХ РАСТЕНИЙ. МИКОРИЗЫ НА КОРНЯХ

П а р а з и т а м и называются растения, поселяющиеся на других растениях и обладающие способностью питаться готовой органической пищей; с а п р о ф и т ы живут на мёртвом органическом субстрате и питаются разлагающимися продуктами. Большая часть этих растений или совсем не имеет хлорофилла в своих клетках или же обладает слабо развитым хлорофиллоносным аппаратом и лишь частично ассимилирует углерод из воздуха.

Опасным паразитом, живущим на клевере и люцерне, а также на льне, крапиве, иве, хмеле и на других растениях, является **повилика** из семейства вьюнковых (рис. 296, I). Собственно каждому виду растения-хозяина соответствует свой вид повилики. На клевере паразитирует клеверная повилика (*Cuscuta epithymum* var. *Trifolii*). Семена её имеют сходство с семенами клевера, а только с помощью специальных машин можно очистить от них посевной материал. При прорастании семени повилики вырастает корень, при помощи которого растение укрепляется в земле, а также нитевидный стебель, который по выходе из земли начинает совершать вращательные движения. Если поблизости окажется стебель клевера, то повилика обвивает его и начинает разрастаться,



Рис. 296. Паразитные растения:

I — повилика (*Cuscuta*), паразитирующая на красном клевере: А — часть стебля повилики с клубочком цветков и с присосками (слева — отдельный цветок); Б — зародышевое растение; В — семя; II — заразила подсолнечная (*Orobanchaceae*) на корне подсолнечника: 1 — цветок в натуральную величину; 2 и 3 — прорастание семени заразики на корнях подсолнечника в разных стадиях.

образуя особые придаточные корни-присоски (гаустории), которые внедряются в ткань зелёного стебля. Сама повилика почти не имеет хлорофилла. Её связь с почвой быстро утрачивается, так как корень и основание стебля быстро отсыхают и всё её дальнейшее развитие протекает на клевере, из которого повилика своими присосками высасывает воду и органические вещества. Стебли повилики желтоватые или розоватые, имеют нитевидную форму и лишены листьев. Они сильно ветвятся и совсем опутывают куст клевера, который крайне истощается и в конце концов начинает сохнуть, повилика же начинает цвести (розоватыми цветками) и приносить множество семян, которые падают на землю или же

(при культуре клевера на семена) смешиваются с семенами клевера. Семена повилики сохраняют всхожесть до 6—7 лет. Чтобы спасти клеверное поле, надо принять срочные меры к уничтожению повилики и прекращению дальнейшего заражения.

Из мер борьбы можно указать следующие. 1) Очищение посевного материала клевера от повилики с помощью машины «Кускуты» и электромагнитных машин. Принцип действия последних заключается в следующем: посевной материал клевера, заражённый семенами повилики, обрабатывается мелким железным порошком, который к гладким семенам клевера не пристаёт, а пристаёт к шероховатым семенам повилики. Последние после такой обработки хорошо притягиваются полюсом электромагнита и отделяются от семян клевера. 2) Скашивание участков клевера, заражённых повиликой, и сжигание на этих местах толстого слоя сухой соломы. 3) Опрыскивание участков 3% железным купоросом.

Вторым злейшим паразитом является **з а р а з и х а** (волчок) (рис. 296, II), относящаяся к семейству заразиховых. Так же, как и повилика, заразиха паразитирует на различных растениях: на подсолнечнике, сафлоре, табаке, хлопчатнике, клевере, люцерне, лебиде, конопле, конском бобе и на других растениях; каждому виду растения-хозяина свойствен свой вид заразики.

На подсолнечнике паразитирует **п о д с о л н е ч н а я з а р а з и х а** (*Orobancha cithara*), сильно понижающая урожай подсолнечника.

Один экземпляр заразики приносит до 100 тыс. мелких семян, которые разносятся ветром, заражают почву и прекрасно перезимовывают. Всхожесть их сохраняется до семи лет и больше. Семена заразики обладают способностью успешно прорастать на корнях того растения, на котором она паразитирует. После прорастания семени на корнях подсолнечника в земле развивается вегетативное тело заразики, которое плотно срастается с корнем и высасывает из него питательные вещества. Позднее из земли выгоняется воздушный стебель желтовато-бурого цвета, с бурыми чешуями вместо листьев, заканчивающийся неправильной формы синеватыми цветками, собранными в колос. Поражённый волчком подсолнечник отличается слабым ростом и развитием. Если вырвать его, то на корнях можно видеть заразику в различных фазах развития. Борьба с заразихой сводится к культуре невосприимчивых к заразихе сортов подсолнечника.

Нельзя обойти молчанием встречающееся весной, в зарослях лиственных деревьев, паразитное растение **п е т р о в к р е с т** (*Lathraea squamaria*) также из семейства заразиховых (рис. 297). В зарослях орешника весной мы можем встретить красновато-лиловые побеги этого паразита, торчащие из-под сухих прошлогодних листьев. Если мы откопаем эти побеги, то найдём в земле ветвистые белые мясистые подземные стебли, густо покрытые мясистыми чешуйчатыми листьями. Петров крест, так же как и заразиха, даёт множество мелких, пылевидных семян, разносимых ветром во все стороны.

Перечисленные выше растения являются настоящими паразитами.

На лугах встречаются полупаразиты, приносящие громадный вред луговым растениям. Сюда относятся марьяник луговой (*Melampyrum pratense*), погремок (*Alectorolophus*), очанка (*Euphrasia*) и мытник, или вишвица болотная (*Pedicularis palustris*). Все эти растения относятся к семейству поричниковых, близкому к заразиховым. Полупаразитными



Рис. 297. Петров крест (*Lathraea squamaria*) — паразит на корнях орешника.



Рис. 298. Погремок большой (*Alectorolophus major*) — полупаразит на корнях луговых растений.

они называются потому, что, присасываясь к корням луговых растений своими слабо развитыми корнями и высасывая из своих «хозяев» воду и растворённые в ней соли, они в то же время имеют зелёные листья и обладают способностью ассимилировать углерод из воздуха. Луговая растительность сильно понижает урожай в случае развития этих полупаразитов. Это легко можно заметить, проходя по лугу, обильно покрытому, например, большим погремком (*Alectorolophus major*) (рис. 298). Выкопав осторожно из земли один крупный экземпляр этого растения и внимательно рассмотрим его корневую систему. На слабо развитых корнях мы заметим множество мелких присосок, которыми погремок присасывается к соседним растениям. Обратим внимание на окружающую траву — она находится в стадии вымирания.

Цветки погремка — жёлтого цвета, губовидной формы, с двумя голубыми зубчиками на верхней губе, имеют сильно возду-

тую чашечку. Плоды — коробочки с многочисленными семенами, погромыхивающими при сотрясении. Семена снабжены крыло-видными придатками и легко разносятся ветром. Зелёные полупаразиты, погребок и др. испаряют, по исследованиям Костычева, весьма большие количества воды и потому, не имея возможности удовлетворить потребности в воде при посредстве своих корней, используют корневую систему растений-«хозяев».

Борьба с полупаразитами сводится к более раннему скашиванию травы, до момента образования семян у полупаразитов, и к закладке искусственных лугов с подсевом хороших трав.

К сапрофитным растениям относятся различные грибы, плесени, а также бактерии, живущие в почве и обладающие способностью усваивать углерод из готовых органических соединений. Грибы и бактерии бывают сапрофитами и паразитами; их мы рассмотрели в курсе систематики растений. Сейчас же укажем, что сапрофитов среди цветковых растений встречается немного. Из них можно указать на гнездовку (*Neottia nidus avis*) из семейства орхидей, растущую на перегнойных почвах наших лесов, и на подельник (*Monotropa hypopithys*) из семейства грушанковых, обычный сапрофит в еловых лесах. Листья этих растений не развиты и не имеют зелёной окраски, а потому они могут усваивать углерод только из готовых органических соединений, находящихся в перегнойной лесной почве.

Чрезвычайно интересную группу растений представляют насекомоядные растения, описанные Дарвином.

У нас в водоёмах со слабо проточной водой встречаются различные виды пузырчатки (*Utricularia*) (рис. 299, I). Это растение плавает в воде, а из воды торчат только стебли с яркожёлтыми, неправильной формы цветками. Яркозелёные листья, погружённые в воду, — многократно-перисторассечённые. Корни отсутствуют. Концы некоторых листьев превратились в своеобразные пузырьки, немногим превышающие величину булавочной головки. Внутрь каждого пузырька ведёт отверстие, снабжённое клапаном, открывающимся в направлении входа в пузырёк. Пузырёк снабжён ещё щетинками, делающими его похожим на пресноводного рачка. Многочисленные пузырьки есть не что иное, как ловушки, в которые попадают мелкие животные (дафнии, циклопы и др.). Пойманные насекомые в течение нескольких дней погибают, а органические вещества их тела разлагаются, всасываются растением и идут на постройку тела последнего. Зелёные листья пузырчатки способны питаться самостоятельно, но ловчие снаряды, по всей вероятности, усиливают питание.

Другим насекомоядным растением является росянка круглолистная (рис. 299, II) и длиннолистная (*Drosera rotundifolia* и *D. longifolia*). Она относится к семейству росянковых и встречается на торфяных болотах среди мха сфагнома.

Росянка — мелкое растение, имеющее розетку листьев, превращённых в органы для ловли насекомых. Пластины листьев покрыты красными железистыми волосками, выделяющими на концах липкую жидкость. Опустившаяся на лист мошка прилипает к волоскам, которые, как щупальцы гидры, приги-

баются к ней и окончательно обволакивают липкой жидкостью, в состав которой входит фермент пепсин. Через несколько дней от насекомого остаются только хитиновые части тела, а все питательные органические вещества растворены и всосаны листом. Волоски разгибаются, сбрасывают остатки, и снова лист готов к ловле добычи. При недостатке насекомых листья росянки зеленеют, и растение питается тогда обычным путём (рис. 299, III).

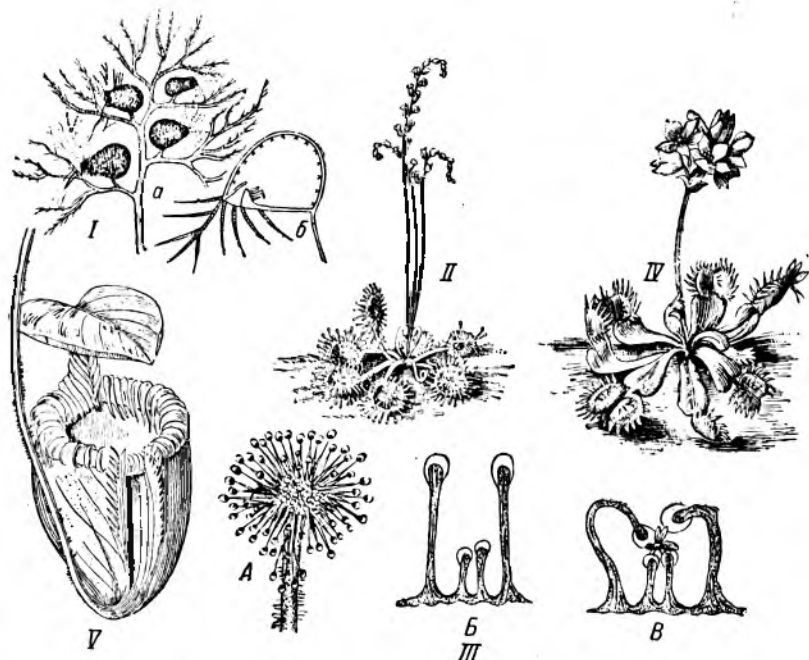


Рис. 299. Насекомоядные растения.

I — лист пуамрчатки а и увелич. пузырьки б; II — круглолистная росянка; III — А — лист круглолистной росянки; Б — волоски на листе росянки в спокойном состоянии; В — волоски на листе росянки пригнулись к прилипшему насекомому; IV — мухоловка; V — кувшин одного из видов насекомоядного кувшинника.

В тропических странах встречается еще больше насекомоядных растений. В настоящее время их известно до 500 видов.

Американская венерина мухоловка (*Dionaea muscipula*) (рис. 299, IV) встречается в Южной Америке на болотах, так же как наша росянка. Она имеет розетку листьев, не превышающую в диаметре 10 см. Листья её имеют на своих концах пластинки, снабжённые по краям зубцами, а посредине находится по шесть чувствительных щетинок. Пластинка листа состоит из двух створок, захлопывающихся, как половинки книги. Стоит насекомому опуститься на створку листа и прикоснуться к одной из щетинок, как створки захлопываются и краевые зубцы створок заходят друг за друга. Через некоторое время

пойманное насекомое погибает, а тело его переваривается выделяющейся из особых желёзок жидкостью, содержащей в себе кислый сок и пепсинообразный фермент. Продукты разложения всасываются листом.

К насекомоядным растениям относятся лазающие растения кувшинники (*Nepenthes*) (рис. 299, V), живущие в лесах Ост-Индии, а также другие сходные растения тропических лесов.

Длинные черешки их листьев заканчиваются особыми кувшинами, прикрывающимся слабо развитой пластинкой. Насекомые привлекаются сладким соком, покрывающим ярко окрашенные скользкие края кувшина. Многочисленные насекомые соскальзы-

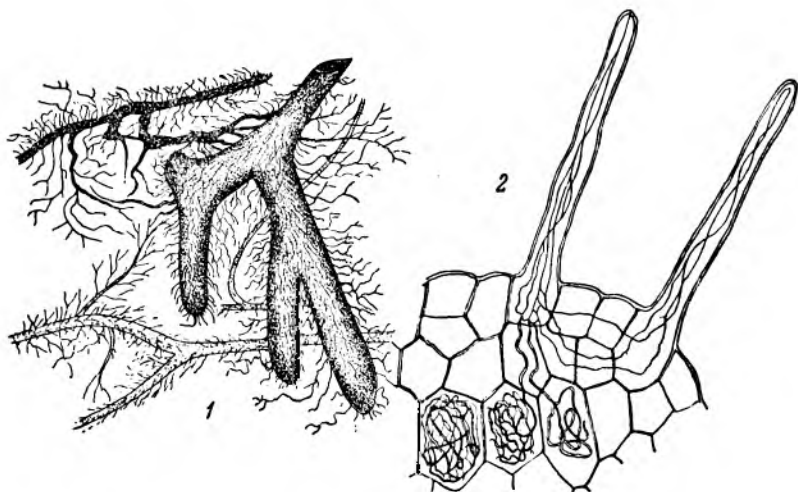


Рис. 300.

1 — эктотрофная микориза. Грибные гифы облекают корешок снаружи и заменяют корневые волоски; 2 — эндотрофная микориза (орхидей). Гриб проникает в корень через корневые волоски и образует в клетках корня сплетение гиф.

вают в глубину кувшина, как в колодец, и погибают там в жидкости, находящейся на дне. Выбраться назад насекомое не может ещё и потому, что внутренние стенки кувшина усеяны шипами, направленными вниз. Тело насекомого переваривается пищеварительными соками, и продукты усваиваются клетками, находящимися на внутренней поверхности кувшинов.

М и к о р и з ы. Широким распространением в природе пользуется питание высших растений при посредстве так называемых микориз (рис. 300, 1). **М и к о р и з о й**, или **грибокорнем**, называется мицелий, т. е. тончайшие нити гриба, опутывающие кончики корней многих деревьев, кустарников, а также травянистых растений, растущих на почвах, богатых перегнойными веществами. Они особенно распространены у луговых, болотных и лесных растений. Встречаются у дуба, бука, орешника, у хвойных, у вереска, брусники, подъельника и орхидей. Список

растений, у которых найдены микоризы, очень обширен. Есть основание думать, что микоризы встречаются не менее чем у половины числа видов европейской флоры.

Микоризы бывают наружные, или эктотрофные, когда нити гриба опутывают корень с поверхности и проникают в межклетники поверхностных тканей корня в виде плотного чехла, и внутренние, или эндотрофные, когда нити гриба проникают в глубину коры корня, внутрь клеток и в них проводят свою жизнь в виде переплетающихся клубков (рис. 300, 2). Встречаются также и наружно-внутренние микоризы.

Опытным путём доказано, что многие растения, снабжённые микоризами, на почвах, богатых перегнойными веществами, растут лучше, чем без микориз.

Микоризы таких растений, как берёза, осина, дуб образуются мицелием обычных шляпочных грибов, растущих под этими деревьями (берёзовики, осиновики и т. п.). Опытами доказано, что эти грибы могут развиваться только в присутствии корней соответствующих деревьев. В некоторых случаях микоризы принадлежат к грибам, относящимся к роду ризоктонии (*Rizoctonia*); в других случаях они относятся к роду *Phoma*, например эндотрофная микориза вересковых растений. Микоризы приходится рассматривать как явление симбиоза, т. е. сожительства двух организмов — цветкового растения и гриба, приносящих пользу друг другу.

Предполагают, что микоризы выполняют роль корневых волосков (отсутствующих на корнях), поглощая воду, минеральные соли и растворимые азотистые вещества. Кроме того, гифы микоризы разлагают органические азотистые вещества, азот которых становится доступным для питания растений. Есть предположение, хотя ещё и не доказанное, что некоторые эндотрофные микоризы могут усваивать свободный азот из атмосферы. Кроме того, гриб обладает большой способностью переводить, с помощью ферментов, трудно растворимые запасные углеводы растения в растворимое состояние. Растение «предоставляет приют» на своих корнях микоризам и снабжает их безазотистым и органическим веществами. Положительная роль симбиоза почвенных грибов и лесных растений была доказана ещё в 1881 г. проф. Одесского университета Ф. М. Каменским. Академик В. Р. Вильямс придавал особо важное значение микоризному питанию высших растений, произрастающих в лесах, на лугах и полях.

У многих растений микоризы передаются как бы по наследству, так как грибные нити проникают в семена и при прорастании последних разрастаются вместе с корнями. Достоверно изучено проникновение микоризы в мельчайшие семена орхидей, которые без микоризы не способны развиваться в новые растения. Можно также предположить, что микоризами корни заражаются из почвы, в которой находятся нити (гифы) этих грибов.

Успех лесоразведения в значительной мере зависит от заражения корней деревьев соответствующей им микоризой. Так, при посадке дубов производят заражение почвы землёй и лесной подстилкой, которые берут из-под хорошо растущих дубов, или заражают микоризой жёлуди, предназначенные для посева.

Глава XV

ДВИЖЕНИЕ ВЕЩЕСТВ ПО СТЕБЛЮ. ИСПАРЕНИЕ ВОДЫ РАСТЕНИЕМ

1. ВОСХОДЯЩИЙ И НИСХОДЯЩИЙ ТОКИ ЖИДКОСТИ

В явлениях поступления воды через корневую систему и в испарении её через листья, в этом постоянном притоке воды и постоянном её расходе, возникает движение веществ и перемещение их из корней в стебли, из стеблей в листья, происходит накопление и изменение всех притекающих веществ. С током воды передвигаются минеральные соли; соли, нужные для развития растений, не только накапливаются в клетках листьев, но и превращаются в новые соединения, совершенно отличные по своим качествам. Вода, поднимавшаяся до листьев, ничтожный процент (от 0,15 до 0,20%) своего водорода и кислорода отдаёт на построение углеводов; 99,8% поступающей в растение воды идёт на насыщение клеток и на испарение из листьев. В тёплый летний день из растений беспрестанно выделяется в воздух парообразная вода в громадных количествах.

Органические вещества (углеводы, белки и др.), выработанные в листьях с помощью энергии солнечных лучей, затрачиваются на построение стеблей, листьев, корней, цветков и плодов.

Движение веществ по стеблю происходит в двух направлениях: *вода и минеральные соли, поступившие в корневую систему, поднимаются вверх по трахеям и трахеидам, а органические — пластические — вещества оттекают из листьев и движутся по ситовидным трубкам. Первый ток веществ называют восходящим, а второй — нисходящим.*

Для детального ознакомления с вопросом о движении веществ по стеблю следует проделать опыты со срезанными ветками и с кольцевыми вырезками коры.

Если свежесрезанную ветку с листьями (липы или сирени) опустить нижним концом в красные или синие чернила, то через несколько часов можно обнаружить окрашивание жилок листа. Перерезав ветку поперёк и расщепляя её вдоль, мы заметим, что чернила окрасили древесину, а сердцевина и кора остались неокрашенными. Этот опыт наглядно показывает, что вода поднимается по древесине, где, помимо других элементов, находятся трахеи и трахеиды (сетчатые, спиральные, кольчатые, пористые и пр.). Поднимается ли вода по сердцевине или по коре — опыт с окрашиванием выяснить не может, так как краска не проникает через протоплазму живых клеток, и потому этот вопрос решается другими опытами, описанными ниже.

Быстрота поднятия воды по стеблю колеблется в различных случаях, но она невелика (примерно 20—30 см в час), по сравнению с движением крови в сосудах животных (около 40 см в секунду).

Если у одной свежей ветви ивы с листьями срезать в нижней части сантиметров на пять кору, а у другой ветви, надревав кору вдоль, осторожно отвернуть её и вырезать кусок древесины, а затем обе ветви погрузить концами в воду так, чтобы у первой только древесина была в воде, а у второй — только кора, то очень быстро последняя ветвь засохнет, а первая долго будет оставаться свежей. Следовательно, отсутствие коры не мешает поднятию воды, а отсутствие древесины влечёт полную приостановку подачи воды.

Со свежими ветвями ивы можно произвести следующие опыты. На одних ветвях в нижней части осторожно делают кольцевые надрезы коры (на 1—2 см один от другого), которая снимается кольцеобразно вплоть до древесины; при этом удаляются все проводящие элементы флоэмы. Другие ветви оставляются с неповреждённой корой. Все ветви опускаются в сосуд с водой (которую нужно менять), и через две-три недели на всех ветвях обнаруживается появление придаточных корней. Место появления корней будет различное: у тех веток, у которых кора была прорезана до древесины, корни обильно появятся из верхнего края вырезки, а у остальных — из нижней части. Подобный опыт показывает, что движение органических веществ, необходимых для образования придаточных корней, происходит сверху вниз по флоэмной части коры, т. е. по ситовидным трубкам.

Причинами движения органических веществ являются осмотические явления.

Знание путей движения веществ по стеблю имеет громадное значение в плодоводстве и овощеводстве. На них основаны работы по прививкам и многие приёмы по повышению плодоношения при помощи задержки тока ассимилятов, например кольцевание веток и стеблей, перетяжка ствола, закручивание веток, надрез плодовой древесины и пр.

2. ПРИЧИНЫ ДВИЖЕНИЯ ВЕЩЕСТВ ПО СТЕБЛЮ. ПОСТУПЛЕНИЕ ВОДЫ В РАСТЕНИЯ

Долгое время поднятие воды по стеблю объясняли действием «таинственной жизненной силы» и смотрели на него как на явление, не поддающееся объяснению. С другой стороны, было немало попыток объяснить поднятие воды простой капиллярностью, которой обладают все тонкие трубки, а иногда объясняли передвижение воды по стеблю какой-то пульсацией живых клеток коры и древесины.

Одной из основных причин поднятия воды по стеблю в весеннее время, когда листья на деревьях ещё отсутствуют, является

корневое давление, вызываемое осмотическими явлениями. Если мы припомним опыты с осмосом, например осмометр (рис. 13), и припомним также строение корневой системы с её огромной поверхностью корневых волосков, то нам до некоторой степени станет понятным основная причина поднятия воды.

Вода поступает в корневую систему через корневые волоски (рис. 33). Выше мы уже говорили о том колоссальном развитии корней, которое встречается у сельскохозяйственных растений. Корни злаковых растений углубляются в почву на 1,5—2 м, а у некоторых бобовых (верблюжья колючка, люцерна и др.), растущих в засушливых местностях, корни углубляются на десяток метров и больше в подпочвенные слои. В последнее время выяснено, что общая длина корней у многих травянистых растений, например у тыквы, исчисляется многими километрами, а вместе с корневыми волосками равна многим тысячам километров. По данным учёных (Дитмар, 1937), корневая система хорошо раскустившейся ржи имеет до 14 млн. корней общей длиной в 600 км, при 225 м² поверхности. Корневые мочки ржи покрыты корневыми волосками, имеющими длину в 10 тыс. км и общую площадь соприкосновения с частицами почвы в 400 м². При этом общая поверхность корневой системы примерно в 130 раз превышает поверхность надземных органов. Несомненно, у древесных растений корневая система имеет ещё более сильное развитие.

Поступление воды в корневые волоски обуславливается прежде всего сосущей силой корневых волосков. Интенсивность всасывания зависит от степени насыщения клеток водой. Испарение воды листьями создаёт недостаток насыщения водой не только в клетках листьев, но также передаётся и в клетки корневой системы, из которой вода всё время оттекает в сосуды центрального цилиндра корня.

Помимо испарения воды листьями, создающего условия для всасывания воды корневыми волосками, в клетках корневой системы происходит и активное выдавливание воды в направлении от корневых волосков через клетки коры корня в сосуды ксилемы центрального цилиндра.

Вода проникает в корневые волоски путём осмоса и от клетки к клетке проходит до трахей и трахеид корня, куда проталкивается под давлением, достигающим 1,5—2,5 атм. и больше. Множество корневых волосков, т. е. микроскопических осмометров, действует в одном и том же направлении, и в общем создаётся та сила, которая называется **к о р н е в ы м д а в л е н и е м** и которая способна сама по себе в весеннее время продвинуть массу воды по стеблю.

Сила **к о р н е в о г о д а в л е н и я** особенно резко выявляется весной, в о в р е м я «п л а ч а» растений, когда после зимнего периода покоя растения пробуждаются к жизни.

Удобными объектами для наблюдений являются виноградная лоза, клён, берёза, граб и др. Издавна пользуется известностью

такой опыт: на конец срезанной ветви или на нетолстый пенёк одного из этих растений плотно привязывается бычий или резиновый пузырь, который сильно раздувается и, наконец, лопаётся под влиянием напора жидкости. Можно вместо пузыря прикрепить к стеблю ртутный манометр и точно измерить давление сока (рис. 301, I).

Весной при малейшем поранении ствола или ветви берёзы, клёна или вербы наблюдается «плач» растения. Вытекающая из

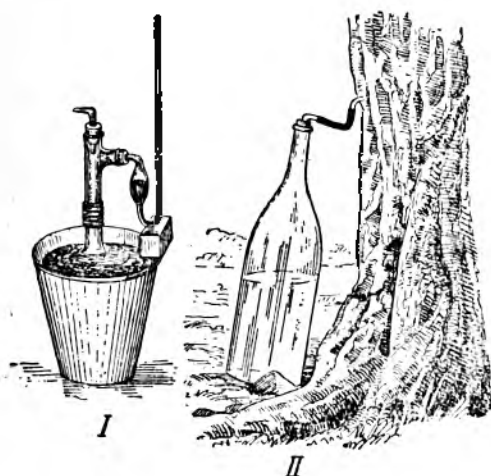


Рис. 301.

I — аппарат для измерения корневого давления. На срезанный стебель надевается при помощи каучука Т-образная трубка, сбоку которой укрепляется манометр. Манометр наполняется ртутью, остальная часть водою; **II** — «плач» берёзы весной.

раны пасока сильно отличается в это время от почвенной воды, поступающей в корни. Пасока содержит в себе сахар, который образуется в стебле из крахмала, отложенного растением в корни и стебли в предшествующем году. В пасоке берёзы содержится 1,5 % сахара, обыкновенного клёна — около 2%, сахарного клёна — свыше 3%. Ранней весной пасока идёт на питание вновь образующихся клеток. В это время года набухают почки, из которых развиваются новые листья.

Если в стволе берёзы (рис. 301, II) ранней весной просверлить отверстие, вставить в него и замазать смолой стеклянную изогнутую трубочку и затем,

когда начнётся «плач» берёзы, ежедневно утром и вечером подставлять бутылку и измерять количество вытекающего сока, то можно подметить, что наибольшее количество сока вытекает в первый период «плача». За сутки в бутылку набегает свыше 4—5 л сока, а продолжительность «плача» равняется иногда 3—4 неделям. Затем количество пасоки уменьшается и, наконец, совершенно прекращается, лишь только распускаются почки и появляются на дереве листья, которые начинают испарять притекающую к ним воду. К моменту появления листьев количество сахара уменьшается, а летом сок древесных сосудов содержит лишь минеральные вещества. Если в это время конец трубки будет опущен в воду, то вода начнёт втягиваться обратно в ствол дерева. Это указывает на то, что давление в сосудах древесины с появлением листьев становится отрицательным.

Явление корневого давления можно наблюдать и летом при срезывании стебля травянистых растений, например крапивы, земляной груши, картофеля и др. Если оставшийся пенёк соединить резиновой трубкой со стеклянной трубкой, то в последнюю начинает поступать вода, которая поднимается вверх на значительную высоту. Корневое давление является иногда причиной выделения воды из листьев в капельножидком состоянии.

Это происходит в том случае, когда при насыщенности атмосферы водяными парами вода не успевает испаряться из растения.

В природе выделение воды в капельножидком состоянии, или, иначе, явление гуттации, можно наблюдать в тёплое, влажное утро на молодых всходах хлебных злаков, на которых появляются капельки воды. Как только солнце начинает пригревать и воздух делается суше, выделение капель воды прекращается. Многие луговые злаки и другие растения обладают явлением гуттации. «Роса» на траве утром и вечером очень часто является не росой, а результатом гуттации. У манжетки (*Alchimilla vulgaris*), у земляники в тёплое, влажное утро на каждом зубчике листа появляются капельки, которые скатываются в среднюю часть листа и образуют большую серебристую каплю, ошибочно принимаемую за росу. Такое же выделение воды можно наблюдать на листьях сныти (*Aegopodium podagraria*), садовой настурции, картофеля, гречихи, комнатных растений (*Arum* и *Philodendron*). У последних гуттация наблюдается всякий раз перед ненастьем, когда воздух становится более влажным.

Явление гуттации особенно распространено в тропических странах, где при особо насыщенной влагой атмосфере вода выделяется растениями в таком количестве, что падает каплями с деревьев. Гуттацию мы можем наблюдать на всходах хлебных злаков, прикрытых стеклянным колпаком.

Выделение воды растениями совершается или из особых водных устьиц, выводное отверстие которых не имеет замыкающих клеток, или при посредстве гидатод, т. е. особых желёзок, находящихся на эпидермисе (рис. 302).

Почва, обладая водоудерживающей силой, содержит в себе воду, доступную и недоступную для растений. Совершенно недоступна растениям так называемая гигроскопическая влага в почве. Этой влаги в почве имеется от 1% в крупном песке и до 14% в глинистой почве. Только при удвоенном или утроенном количестве гигроскопической влаги почвы возможно развитие растений и прорастание семян.

На солончаковых почвах развивается особая солончаковая флора, растения которой обладают чрезвычайно повышенным осмотическим давлением.

Процесс поступления воды в корневые волоски бывает затруднён при низкой температуре. Например, озимые растения во время оттепелей зимой страдают от недостатка воды, хотя в почве воды может быть даже избыток. Болотные растения, развиваясь на холодных влажных почвах, напоминают растения сухих мест, обладая иногда опушением, слабым развитием листьев, хорошо развитой кутикулой (багульник, брусника и т. п.).

Подобные явления, связанные с задержкой поступления воды от избытка солей и от низкой температуры, называются физиологической сухостью.

Другим конечным двигателем, поднимающим воду по стеблю, является *т р а н с п и р а ц и я* (испарение воды); в условиях летнего времени этот двигатель играет наиболее важную роль.

В процессе транспирации развивается *сосущая сила листьев*. Обнаружить эту силу можно следующим опытом. Срезанную ветку с листьями при посредстве резиновой пробки соединяем со стеклянной трубкой. Трубку наполняем водой и опускаем противоположным концом в ртуть. Через несколько часов ртуть поднимается вверх (рис 303, I).

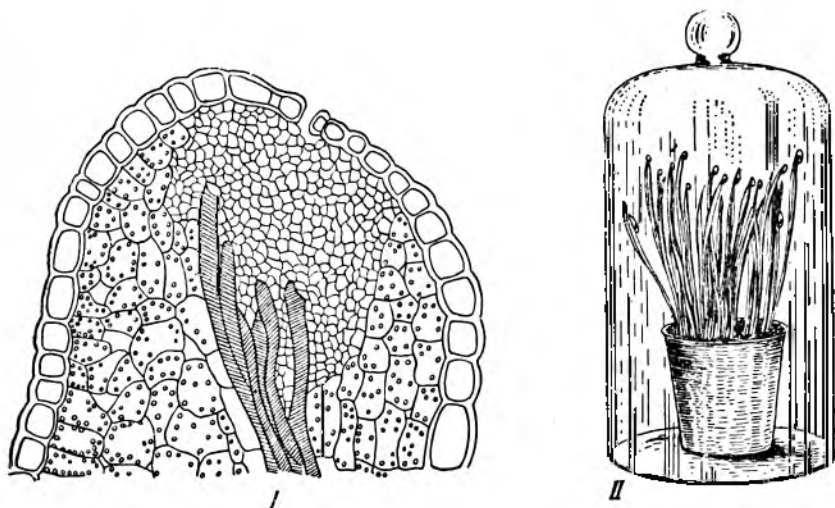


Рис. 302.

I — разрез зубчика листа фуксии — водное устьице; II — выделение воды в капельно-жидком состоянии кончиками листьев молодого алана; для увеличения влажности воздуха вазон с растениями прикрыт стеклянным колпаком.

В межклеточных пространствах губчатой ткани листа и в воздухоносных полостях скопляются пары воды, которые через открытые устьица путём диффузии выделяются наружу. Частично процесс испарения происходит непосредственно с поверхности эпидермиса — так называемое *внеустьичное испарение*, особенно развитое у растений, лишённых кутикулы. Испарение воды из листа, в свою очередь, влечёт за собой испарение воды из клеток паренхимы.

Клеточные оболочки паренхимы листа имеют множество мельчайших микрокапилляров (межмолекулярных пространств), наполненных водой. Сосущей силой в микрокапиллярах являются вогнутые мениски воды, от поверхности которых всё время отрываются частицы парообразной воды. На место испарившейся воды оттягиваются из соседних клеток и из сосудов новые порции её, и таким путём возникает *сосущая сила*, поднимающая воду вверх и достигающая давления иногда в 15 атм. у деревьев и 2—3 атм. у травянистых растений.

Сосущая сила клеток листа возникает вследствие испарения воды листом и вследствие высокого осмотического давления клеток, прилегающих к сосудам ксилемы. Клетки теряют при испарении часть своей воды, объём их уменьшается, так же как и тургорное напряжение, и клетки отсасывают воду из сосудов (см. стр. 60).

Процесс ассимиляции, происходящий в листьях, увеличивающий количество сахара в клетках листа, также усиливает поступление воды из сосудов вследствие увеличивающейся сосущей силы. Чем сильнее испарение, чем энергичнее ассимиляция, чем больше листьев, тем сильнее развивается сосущая сила, тянущая за

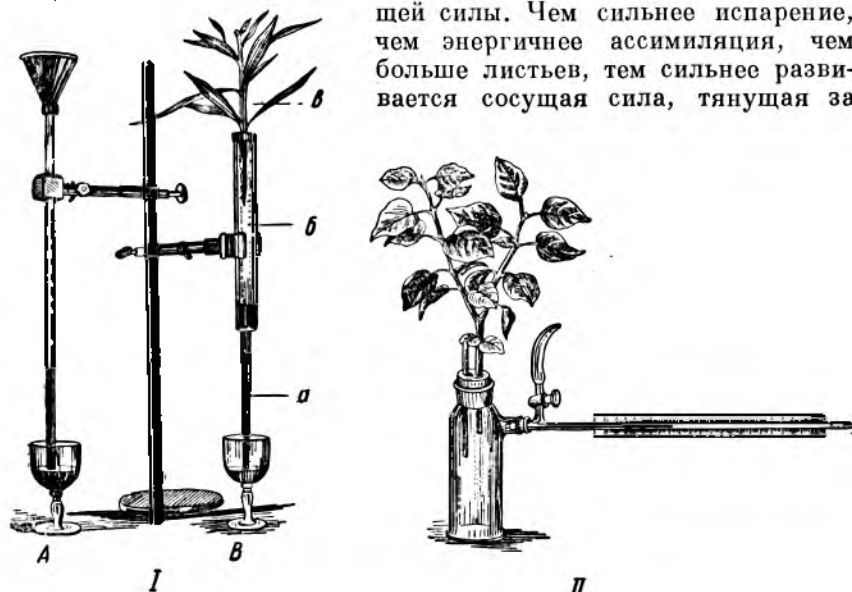


Рис. 303.

I — присасывающее действие листьев: *A* — физический опыт; *B* — опыт, указывающий на присасывающее действие листьев; *II* — определение количества воды, испаряющейся через листья растений, по объёмному методу.

собой параллельные столбики воды, которые продвигаются вверх и растекаются по ветвям, черешкам и жилкам листа. Эти столбики не разрываются благодаря крепкому сцеплению частиц воды, которым обладают не только твёрдые тела, но также и жидкости.

Сосущая сила листьев создаёт отрицательное давление в сосудах древесины, в силу чего в период усиленной транспирации сосуды древесины оказываются несколько сдавленными. Внутренние распорки в виде спиральных и кольчатых утолщений удерживают сосуды от полного сплющивания.

Итак, существуют два концевых двигателя, поднимающих воду иногда на высоту десятков и сотен метров: это сила корневого давления и сосущая сила листьев. Сцепление частиц воды, заставляющее одни частицы воды следовать за другими, также способствует поднятию воды.

Опыты с кольцевыми вырезками коры на ветках древесных пород убеждают нас не только в том, что движение воды вверх совершается по древесине, но также и в том, что органические вещества спускаются вниз по коре. Однако движение органических веществ по коре происходит не всегда вниз, а иногда и вверх, например к точкам роста побегов, к соцветиям и созревающим плодам. Во время весеннего «плача» деревьев поднимающаяся вверх по древесине пасока содержит в себе сахар и другие органические вещества, поступающие в сосуды из живых клеток ствола дерева, в которых запасы органических веществ скопились в течение предшествующего лета. Пасока идёт на питание распускающихся почек.

Из зелёных листьев выработанные за день органические вещества оттекают всё время по ситовидным трубкам флоэмы и направляются в места их потребления и откладывания. Движение органических веществ по ситовидным трубкам вызывается разностью концентраций растворов между клетками ассимиляционного аппарата листьев и между клетками, потребляющими органические вещества. Органические вещества затрачиваются на усиленное деление и рост клеток образовательной ткани или же из растворимого состояния они переходят в нерастворимое и в таком виде откладываются в запас (например, сахар — в крахмал, растворимые белки — в нерастворимое состояние). Передвижение органических веществ совершается по ситовидным трубкам, которые имеют продырявленные перегородки, не представляющие препятствий для сообщения содержимого одной клетки с содержимым соседней клетки.

Проникновение органических веществ из паренхимных клеток листа в ситовидные трубки и из ситовидных трубок в клетки, потребляющие органические вещества, можно объяснить наличием в клеточных оболочках плазмодесм, по которым происходит беспрепятственное проникновение растворённых веществ.

3. ТРАНСПИРАЦИЯ

Процесс транспирации, или испарения воды, имеет чрезвычайно важное значение в жизни растений: с водой приносятся в листья минеральные соли; при испарении воды эти соли остаются в листьях, а некоторые из них, как мы уже знаем, пущены для развития растения. Сама по себе вода нужна для синтеза органических веществ и для насыщения клеток. Кроме того, растения сильно страдают от перегревания во время сильного солнечного припека. Усиление испарения в эту пору способствует снижению температуры иногда на 4—6°.

Испарение воды растениями, а следовательно, и движение воды по стеблю регулируются как внутренними физиологическими процессами, так и внешними факторами. Устьица как регуляторы испарения играют весьма существенную роль.

Явления транспирации и ассимиляции тесно связаны между собой. Ассимиляционный аппарат листьев требует свободного доступа воздуха и света; следовательно, растению нужны широкие, открытые листовые пластинки, а борьба за воду, которой часто нехватает в почве, требует уменьшения листовых пластинок, защиты их волосками от нагревания, наличия непроницаемой кутикулы и замыкания устьиц. На морфологическом строении растений, развивающихся при разнообразных внешних условиях, на их анатомическом строении отражается противоположное воздействие процессов транспирации и ассимиляции.

Определить количество испаряющейся воды (величину транспирации) можно с помощью весового или объёмного методов.

В вегетационных сосудах, в которых выращиваются растения, устраняется возможность испарения с поверхности сосуда, для чего они закрываются плотными крышками. Стебель растения пропускается сквозь отверстие в крышке и отверстие плотно затыкается ватой. Ежедневно перед поливкой путём взвешивания ведётся учёт испаряющейся воды. По окончании опыта определяется общее количество испарившейся воды и определяется сухое вещество растения.

Весовое количество воды, израсходованное растением за время его развития на построение весовой единицы сухого вещества называется транспирационным коэффициентом (например, число граммов воды, израсходованной на накопление одного грамма сухого вещества). Величина транспирационного коэффициента различных сельскохозяйственных растений приблизительно показывает способность растений развиваться при различных условиях влажности. Сравнительные определения транспирационного коэффициента дают примерно следующие числа: для кукурузы — 233, гороха — 416, гречихи — 578, картофеля — 636, овса — 665 и для горчицы — 843.

Необходимо отметить, что на приведённые цифры нужно смотреть как на приблизительные средние, так как величина транспирационного коэффициента не может быть постоянной при всех условиях. Она колеблется в зависимости от сорта, метода определения, местонахождения растения, а также от ряда внешних условий.

Сильно колеблются также цифры, показывающие абсолютное количество воды, испаряемой растением за вегетационный период. Вот примерные данные: один экземпляр гороха испарил за время своего развития 4 кг воды, горчицы — 4.8 кг, овса — 6.8 кг, кукурузы (крупный экземпляр) — 150 кг и подсолнечника — 200 кг. Один гектар, засеянный овсом, испаряет за лето примерно около 3 200 000 кг воды.

Наблюдения за испарением воды растением можно также производить с помощью объёмного метода. Для этой цели употребляют приборы различного устройства, называемые потометрами.

Срезанное растение (или с корневой системой) укрепляется с помощью пробки в приборе, изображённом на рисунке 303, II. Вследствие испарения воды листьями количество воды в сосуде уменьшается, и конец столбика воды в трубке начинает перемещаться. По скорости перемещения судят об интенсивности транспирации.

Помещая прибор с растением в различные условия освещения, температуры и влажности, изучают влияние этих условий на испарение.

На свету испарение обычно усиливается, в темноте ослабляется. За день растение испаряет значительно больше воды, чем за ночь, что связано с раскрытым состоянием устьиц днем и с замкнутым состоянием их ночью. Повышение температуры усиливает испарение. Так же действует уменьшение влажности воздуха и увеличение влажности почвы.

Испарение воды растениями и испарение воды с поверхности почвы зависят всецело от внешних условий и потому между ними наблюдается сходство. Отличие заключается в том, что растительный организм реагирует на вредные влияния, изменяя ход испарения шириной устьичных отверстий. Так, на слабом ветру в жаркий день испарение усиливается, а на сильном ветру оно ослабляется (закрывание устьиц).

Так как поверхность листьев во много раз превышает поверхность занимаемой растениями земли, то количество испаряющейся воды с 1 га, занятого посевом, во много раз превышает количество воды, испаряющейся с поверхности почвы.

4. ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ

Процесс транспирации растений тесно связан с вопросом о засухоустойчивости и холодостойкости¹. При изучении листа мы указали на многочисленные защитные приспособления, уменьшающие чрезмерное испарение, а также на те из них, которые защищают растение от чрезмерного охлаждения и освещения.

В главе XI мы разобрали также вопрос об отношении к воде и об особенностях строения ксерофитов, мезофитов, гигрофитов и гидрофитов.

В борьбе растений с засухой большое значение также имеет мощное развитие корневой системы.

Точные анатомические исследования строения верхних и нижних листьев на одном и том же растении обнаруживают существенные различия в их строении. В то время как верхние

¹ Вопросы засухоустойчивости основательно исследованы акад. Н. А. Максимовым. Результаты исследований изложены в его книге «Физиологические основы засухоустойчивости растений», Л., 1926. Вопросы засухоустойчивости основательно разработаны также в труде проф. П. А. Генкеля «Устойчивость растений к засухе и пути её повышения», изд. Академии наук СССР, 1946.

листья имеют все признаки строения ксерофитных листьев, нижние листья имеют признаки гигрофитных листьев. У верхних листьев клетки мельче, устьища расположены гуще, хотя они и меньше. Жилкование листьев более густое, верхние листья бывают опушены сильнее и более развитой у них является палисадная ткань. Нижние листья обладают прямо противоположными признаками.

Столь правильная закономерность в строении различных листьев на растениях (открытая проф. Заменским) обуславливает и различные физиологические свойства, присущие тем и другим. Верхние листья обладают большей продуктивностью фотосинтеза и большим осмотическим давлением. При увядании растения они оттягивают воду от нижних листьев, которые поэтому быстрее засыхают.

В жаркие летние дни при сухости воздуха можно заметить временное увядание растений (например, тыквы, свёклы, подсолнечника). Такое состояние растения не является благоприятным для процесса фотосинтеза, так как устьища у таких растений обычно бывают закрыты. И можно думать, что в такие дни растение ассимилирует только в утренние и вечерние часы, когда расход воды уменьшается и листья приобретают нормальное тургорное состояние. Дальнейшее усиление засухи влечёт за собой более длительное увядание растений. Клеточный тургор ослабевает, и это состояние постепенно распространяется на всю корневую систему. Поступление воды делается ещё более слабым и ассимиляционные органы прекращают свою работу — растение задерживается в своём развитии. Увядавшее растение расходует минимальные количества воды, и потому такое состояние также следует считать одним из способов «борьбы» растения с засухой. Дальнейшее понижение влажности влечёт за собой засыхание и гибель растения, которая наступает в том случае, когда превзойдён предел минимума влаги, при котором возможна жизнь. Сперва засыхают самые нижние листья, затем засыхание постепенно распространяется на листья, находящиеся выше. Если в этот момент корни получают новый приток влаги, то засыхающее растение может оправиться путём образования новых корневых волосков и мочек и путём развития верхних листьев, которые обладают наибольшей засухоустойчивостью.

Засухоустойчивость растений, с одной стороны, связана с защитными приспособлениями против чрезмерного испарения, а с другой — со способностью переносить увядание. Оказывается, что те виды и сорта обладают в наибольшей степени этой способностью, которые имеют анатомическое строение, свойственное ксерофитам, т. е. более мелкие клетки и устьища, более густую сеть жилок, и которые обладают большим осмотическим давлением, а также способностью клеточной протоплазмы выносить обезвоживание и противостоять свёртыванию. При выборе засухоустойчивых сортов селекция принимает во внимание эти признаки.

Процесс испарения воды растением строго регулируется устьицами. Ход испарения воды растением в течение суток обычно соответствует состоянию шелевидных устьичных отверстий. В летний день, начиная с 4—5 часов утра, устьица начинают приоткрываться, и до полуденных часов диаметр их щели увеличивается. С 3—4 часов дня устьичные отверстия уменьшаются и к 9—10 часам вечера совершенно замыкаются. Процесс испарения воды усиливается с утренних часов и до послеполуденных. К этому моменту температура воздуха обычно достигает своего максимума. Затем испарение начинает замедляться и к поздним вечерним часам совершенно ослабляется. В ночные часы растение скопляет в себе влагу, поступающую из почвы, а в дневные часы оно эту влагу расходует. Нетрудно понять, что процесс транспирации (испарения) тесно связан с процессом ассимиляции. Днём в растении усиленно происходит газообмен через раскрытые устьица, а через них сильнее испаряется вода; ночью же газообмен ослабляется, устьица бывают обычно закрыты, и испарение замедляется. Кроме того, дневное нагревание усиливает испарение, а ночное охлаждение ослабляет его.

5. ХОЛОДОСТОЙКОСТЬ И ЗИМОСТОЙКОСТЬ РАСТЕНИЙ

Давно уже было известно, что одни растения очень чувствительны к заморозкам, другие же переносят без вреда для себя не только заморозки, но и сильные морозы. Примером первых являются георгины, бальзамы, клещевина, настурция, дурман, арахис и соя, а из овощных растений — огурцы, томаты, тыква, фасоль, картофель и многие другие. Капуста довольно стойка против морозов. Озимые хлеба, особенно рожь, являются стойкими против холодов в различной мере. Даже в бесснежные зимы некоторые сорта ржи свободно выносят 20-градусные морозы. Растительность полярных стран и высоких гор обладает исключительной стойкостью против морозов.

Однажды, находясь на альпийских пастбищах после сильного ночного заморозка, я был поражён картиной замёрзшей цветущей растительности. Роскошные венчики цветков и зелёные листья представляли собой легко разламывающиеся лепешки. Казалось, что вот пригрет солнце — и все эти растения, как это бывает у нас, беспомощно пожелтеют, утратив тургор, а затем побуреют и засохнут. Но все растения оттаили под лучами утреннего солнца и остались живыми.

Раньше полагали, что отмирание растений при замерзании происходит вследствие разрыва клеток под влиянием образующихся кристаллов льда. Непосредственное изучение явления показало, однако, что замерзание начинается с воды, прорывающей оболочку клеток и межклеточные пространства. Клетки при замерзании не разрушаются, но протоплазма теряет свою воду, которая идёт на образование кристаллов льда в межклетниках. Это обезвоживание протоплазмы сходно с обезвожива-

нием её при засухе. Растение погибает вследствие свёртывания белковых веществ и сжатия клеток со стороны растущих кристаллов льда.

Протоплазма различных растений обладает разной выносливостью по отношению к обезвоживанию. Этим и объясняется различная морозоустойчивость растений. Явление холодостойкости имеет связь с количеством сахара в клеточном соке. Оказывается, что чем больше сахара, тем устойчивее протоплазма. Одной из причин гибели растений от морозов является также плохая защищённость их от испарения. Дело в том, что из промёрзшей земли поступление воды прекращается, а транспирация продолжается. Растения гибнут от высыхания. Части растения или целые растения, которым свойственно малое содержание воды, например семена, содержащие в себе воды около 12%, а также лишайники и мхи, свободно переносят, не теряя жизнеспособности, сильнейшие морозы (в $-60-70^{\circ}$) и даже искусственное охлаждение до гораздо более низких температур. Набухшие семена погибают при температуре ниже -10° .

Борьбу с вымерзанием ведут путём снегозадержания, подбора наиболее морозоустойчивых сортов, которые содержат в себе больше сахара, меньше воды и обладают более высокой вододерживающей силой своей протоплазмы.

На огородах и в садах борьбу с заморозками ведут путём прикрытия растений рамами, соломой и листвой, а также сжиганием веществ, дающих много дыма, или с помощью специальных обогревателей воздуха.

Большой интерес и практическое значение приобретает способ борьбы с вымерзанием, называемый **з а к а л к о й** **р а с т е н и й**. Молодые растения (например, рассада) выдерживаются в течение определённого времени при температуре, лишь немного превышающей 0° . Замечено, что подобные растения при дальнейшем развитии лучше противостоят заморозкам. Установлено, что в клетках закалываемых растений скапливаются повышенные количества коллоидных веществ и уменьшается количество способной к замерзанию свободной воды¹.

В природных условиях непрерывно происходит естественный отбор — выживание наиболее стойких и приспособленных к холодам растений.

Под зимостойкостью растений подразумевают способность их противостоять не только холодам, но также и другим неблагоприятным факторам. В мягкие снежные зимы посевы подвергаются **в ы п р е в а н и ю**; это явление часто наблюдается в зимы, когда снег выпадает на незамёрзшую землю и температура под снегом держится выше 0° . Дыхание растений, а также и рост

¹ О зимостойкости см.: Н. А. М а к с и м о в, Краткий курс физиологии растений, М., 1948; И. И. Т у м а н о в, Физиологические основы зимостойкости культурных растений, М., 1940; Т. Д. Л ы с е н к о, Культура озимых в степи Сибири, журнал «Совхозное производство», № 10—11, М., 1944.

их продолжают, и растения быстро расходуют все свои запасы углеводов и гибнут от голодания. Неблагоприятно действуют на озимые растения продолжительные зимние оттепели, которые вызывают в м о к а н и е растений. Это же явление часто наблюдается весной на низинах, где получается застой воды. При возврате холодов образуется ледяная корка, в которую вмержают растения или продолжают развиваться под прозрачной ледяной коркой. Гибель растений, находящихся долго под водой или под ледяной коркой, происходит от недостатка кислорода, а в последнем случае частично и от сдавливающего действия льда.

Крайне вредно отзывается на озимых хлебных злаках, а также на луговых растениях в ы п и р а н и е растений из почвы, что происходит в том случае, когда талая вода всасывается в почву и замерзает в почве на некоторой глубине. Нарастающая ледяная прослойка приподнимает верхний слой почвы и выпирает растения из почвы. При этом корни растений разрываются, и растения погибают от высыхания, если не успеют снова укорениться. Это явление особенно распространено на сильно набухающих торфяных почвах.

В бесснежные зимы, при мелкой заделке семян озимых растений, наблюдается в ы д у в а н и е посевов; ветер выдувает частицы почвы из-под растений, при этом обнажаются корни и узел кущения. Растения гибнут от высыхания и от вымерзания.

Не вдаваясь в рассмотрение других причин гибели озимых растений в зимний период, мы можем сделать заключение, что причины эти весьма разнообразны и что понятие з и м о с т о й - к о с т ь растений более широкое, чем понятие м о р о з о с т о й - к о с т ь.

Устранение причин гибели растений во время их перезимовки достигается разнообразными способами, из которых наиболее важным будет выведение путём селекции морозоустойчивых и зимостойких сортов.

Глава XVI

ПРЕВРАЩЕНИЕ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ. ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ

1. ПОТРЕБЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ

В листьях зелёного растения на свету синтезируются сложные органические вещества, которые затем оттекают из листа; эти вещества называются а с с и м и л я т а м и, или п л а с т и ч е с к и м и в е щ е с т в а м и. Подвергаясь различным химическим превращениям, ассимилянты направляются из листьев в другие органы растений. Часть из них идёт на построение новых клеток, тканей и органов. Сахар идёт на построение клеточных оболочек, превращаясь в клетчатку, первичные белковые вещества превращаются

в ещё более сложные белки, которые затрачиваются на построение клеточной протоплазмы, ядра и пластид.

Другая часть ассимилятов откладывается растением в запас и расходуется лишь на следующий год. В семенах, клубнях, луковичках и корневищах, а также в стволах и почках деревьев ежегодно скопляются огромные запасы органических веществ (белков, углеводов, жиров), которые в следующем году идут на развитие новых листьев, стеблей, корней, побегов и новых растений. Цветение ранних весенних растений происходит также за счёт запасов органических веществ. Из ассимилятов образуются ещё защитные вещества: алкалоиды, дубильные вещества, эфирные масла, смолы и т. п.

Часть органических веществ затрачивается на процесс дыхания, так как каждая живая клетка дышит, при этом происходит разрушение органических веществ и выделение энергии, необходимой для всех процессов жизнедеятельности растений.

Все перечисленные виды потребления ассимилятов связаны с постоянным их изменением и превращением из одного состояния в другое. Запасные вещества (крахмал, алейроновые зёрна, растительные масла) не растворяются в воде, и только продукты их гидролиза растворимы в воде и способны путём осмоса проникать из клетки в клетку и транспортироваться по проводящим тканям органов. По ситовидным трубкам и млечным сосудам происходит передвижение не только растворимых, но и нерастворимых органических веществ.

2. ЭНЗИМЫ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ

Э н з и м ы, или **ф е р м е н т ы**, — сложные вещества, химический состав которых изучен ещё не достаточно. Энзимы — органические катализаторы; они ускоряют ход химических превращений, причём сами на эти превращения почти не потребляются. Состояние коллоидного раздробления, в котором находятся энзимы, создаёт огромную поверхность соприкосновения их с веществом, подвергающимся гидролизу. О ферментах мы судим по их действию, которое заключается в том, что, будучи взяты в ничтожных количествах, они способствуют превращению громадных количеств одного органического вещества в другое; так, 1 часть диастаза может осахарить от 1 до 2 тыс. частей крахмала.

В больших дозах и при более высоких температурах, например при 45—50°, ферменты действуют быстрее. Но всё же они способны действовать и при температурах ниже 0°. При высоких температурах (около 100°) энзимы окончательно прекращают свою деятельность. Кроме того, кислотность среды, т. е. концентрация водородных ионов, оказывает влияние на работу ферментов. Известно, например, что более благоприятной средой для диастаза является кислая среда ($pH=4,3-4,5$).

В настоящее время известно множество ферментов; рассмотрим главные из них.

1. **Диастаз**, или **амилаза**, превращающий крахмал в сахар. Диастаз превращает крахмал в мальтозу, а мальтаза превращает мальтозу в глюкозу.

В семенах, находящихся в состоянии покоя, количество диастаза весьма ничтожно. Образование его происходит в клетках щитка и в алейроновом слое (у злаков). В первые же дни прорастания семени количество диастаза удваивается и утраивается. Диастаз диффундирует в ближайшие клетки эндосперма и осаживает находящиеся в них крахмальные зёрна, которые приобретают форму изъеденных частиц, постепенно распадающихся на мелкие части.

Действие диастаза распространяется постепенно на все более отдалённые участки запасной ткани. Диастаз встречается также в листьях, стеблях, корнях, клубнях, словом, всюду, где идёт превращение крахмала в сахар. Обратный процесс — превращение сахара в крахмал идёт всюду, где имеется запасная ткань. Этот прямо противоположный процесс также совершается под действием диастаза; из химии известно, что реакции гидролиза бывают обратимыми при одних и тех же катализаторах.

Первыми продуктами ассимиляции углерода зелёными растениями являются сахар и крахмал. В хлорофилловых зёрнах зелёного листа в дневные часы (на свету) накапливается крахмал. За ночь крахмал исчезает из клеток листа. Крахмал, находящийся в коллоидном состоянии, может быстро исчезать из листа только потому, что в зелёных клетках листа всё время происходит превращение крахмала в сахар. Сахар, проникая через клеточную оболочку, устремляется в те клетки, в которых его нет. Такое легко подвижное вещество свободно циркулирует по растению, питает собой все клетки растения, а в случае избытка откладывается в запас. У большей части растений сахар при этом вновь превращается в крахмал. Во вместилищах запасных веществ растений мы чаще всего находим различной величины и формы крахмальные зёрна, образующиеся в лейкопластах. При благоприятных условиях крахмал опять может начать превращаться в сахар, а последний начинает вновь циркулировать и питать растение.

2. **Инвертаза** расщепляет тростниковый сахар на глюкозу и фруктозу. Этот фермент скопляется в большом количестве в дрожжах спиртового брожения, но постоянно встречается также в клетках других растений. Высчитано, что 1 г инвертазы может разложить 1 млн. г сахарозы (т. е. 1 т).

3. **Цитаза** — фермент, превращающий целлюлозу в сахар.

4. **Инулаза** — фермент, превращающий инулин в сахар (у сложноцветных растений).

5. Л и п а з а — расщепляет жиры на жирные кислоты и на глицерин (её много у масличных растений).

6. П р о т е о л и т и ч е с к и е ф е р м е н т ы (или протеазы) расщепляют белки до аминокислот.

Сложные белковые вещества в растениях подвергаются разложению на более простые соединения. При проращивании семян бобовых растений в темноте замечено уменьшение белковых веществ, наряду с увеличением аспарагина и глутамина, а также других азотистых небелковых веществ, так называемых аминокислот (лейцин, тирозин). Химическим путём вне организма расщепление белковых веществ приводит к тем же продуктам, которые находят и в прорастающих семенах. Кроме того, в кишечнике животных фермент трипсин расщепляет белки на те же самые продукты. Это обстоятельство дало повод искать в растениях ферменты, расщепляющие белки. И действительно у насекомоядных растений найден энзим, называемый п р о т е а з о й; он включает в себя пепсин и трипсин; в присутствии соляной кислоты протеаза переводит белки в растворимые соединения.

У насекомоядных растений протеаза выделяется наружу, например, волосками, покрывающими листья росянки.

Более распространена в растениях внутриклеточная протеаза — п а п а и н, или п а п а и н а з а, найденная сперва в плодах дынного дерева (*Carica Papeya*) и расщепляющая белки до аминокислот в слабокислой или нейтральной среде. В настоящее время известно, что папаиназа вместе с другими внутриклеточными ферментами широко распространена в прорастающих семенах и в других органах растений.

В семенах, прорастающих на свету, также происходит разложение белковых веществ, а в молодых проростках — накопление тех же продуктов распада. Но в связи с процессом зеления растений и фотосинтезом происходит восстановление белков из простейших продуктов распада. Первым продуктом восстановления белков является аспарагин. Таким образом, в растениях, наряду с новообразованием в листьях белковых веществ, всё время происходит и их разрушение. Но, в отличие от животных, у которых продукты распада белков всё время выводятся из организма органами выделения, в растениях простейшие азотистые вещества вновь превращаются в белковые соединения и затрачиваются на построение новых клеток.

7. О к и с л и т е л ь н ы е ф е р м е н т ы (оксидазы, гемин и др.) способствуют процессу окисления веществ.

В отличие от вышеперечисленных гидролитических ферментов, окислительные ферменты — азотистые вещества. Химически они изучены лучше.

Процессы превращения веществ и дыхания растений особенно энергично совершаются в прорастающих семенах и в растущих частях растений.

3. ФИЗИОЛОГИЯ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН

Нормально вызревшие воздушносухие семена обладают способностью прорасти в том случае, если имеются подходящие условия. Основными из этих условий будут вода, соответствующая температура и доступ воздуха.

Предоставляя семенам эти условия, можно решить вопрос о *всхожести семян, т. е. о процентном количестве хороших семян, обладающих способностью прорасти.*

Одновременно со всхожестью определяется и *энергия прорастания семян, под которой подразумевается способность их к более или менее быстрому и дружному прорастанию.*

Об этих важнейших свойствах семян, так же как и о многих других, сообщается в курсе общего земледелия, а потому здесь мы даём лишь краткое понятие о них.

Набухание семян и роль воды

Сохранение всхожести семян в значительной мере зависит от степени влажности семян. При нормальной влажности (12—14%) пшеница снижает всхожесть через 8—10 лет на 20—30%, а рожь — на 97—98%. Семена многих сорных растений сохраняют всхожесть десятки лет.

Прорастанию семян предшествует процесс набухания, который происходит даже в том случае, если семена не обладают всхожестью. Однако у мёртвых семян набухание приводит к загниванию, а у живых семян — к прорастанию.

При набухании увеличивается объём семян. При этом увеличение объёма происходит с большой силой. Если насыпать семена гороха в бутылку, налить туда достаточное количество воды и заткнуть бутылку пробкой, то через несколько часов бутылка с треском разрывается. Поступление воды в семена происходит вследствие явления диффузии и осмоса.

Мы уже указывали, что отверстие — микропиле (семязход) — играет важную роль при проникновении воды. В клетки зародыша и эндосперма вода насыщается с помощью осмоса, так как в клетках находится много веществ, впитывающих в себя воду. Много воды поглощает в себя сухой крахмал, ещё больше — белковые вещества; масло не обладает этой способностью.

Поэтому понятно, что количество воды, потребное для набухания, в первую очередь зависит от состава семян. Семена масличных растений поглощают 30—40% воды, семена растений, богатых крахмалом (злаки), поглощают около 50—70% воды, а семена бобовых растений, богатые белковыми веществами, поглощают около 100% воды и больше.

Определение процента воды, потребной для набухания, производится следующим образом. Взвешенные семена помещают в

воду для набухания. Через определённые промежутки времени семена вынимают, обсушивают на фильтровальной бумаге и снова взвешивают. По увеличению веса судят о ходе набухания.

Вот некоторые данные наблюдений: семена конопли поглощают 43,9% воды, рапса — 49,5%, проса — 49%, кукурузы — 42,7%, пшеницы и ячменя — 57,7%, ржи — 69%, овса — 73,3%, люцерны — 71,9%, вики — 75,4%, льна — 100%, свёклы — 120,5%, клевера — 122,7%, шалфея — 213% и подорожника — 403%.

Количество поглощаемой воды зависит ещё от строения кожуры семени. Лён много поглощает воды, хотя содержит много масла. Это происходит потому, что семя льна имеет на поверхности особый ослизняющийся слой клеток.

Быстрота набухания в значительной мере зависит также от строения кожуры. Некоторые семена набухают крайне медленно. Иногда процесс набухания растягивается на целые годы. По данным Молиша, 50 семян гледичии (*Gleditsia japonica*), положенные в воду, набухали и прорастали малыми порциями в течение 7 лет, причём первые порции набухли и проросли уже в первые дни опыта. Этим свойством растянутого на несколько лет прорастания обладают семена многих сорных растений, что значительно затрудняет борьбу с ними. Злаки набухают быстрее, бобовые же набухают медленнее, что зависит от сложного строения кожуры семян бобовых растений, имеющей в себе особые прочные столбчатые клетки.

Иногда стоит только понаблюдать трудно набухающие семена, например, путём перетирания их с песком, и они быстро набухнут и прорастут. Такой приём (скарификация) применяется к семенам донника, клевера и др.

Трудно набухающие и прорастающие семена в садоводстве и лесоводстве часто подвергают стратификации. Этот приём заключается в том, что с осени семена насыпают в ящики или в плоские слои и засыпают влажным песком, а затем сохраняют в подвалах или закапывают в ящиках в землю. Стратифицированные семена весной лучше прорастают, так как период покоя у них проходит при условиях, приближающихся к естественным.

Вода в прорастающих семенах, с одной стороны, создаёт необходимый для прорастания клеточный тургор; с другой стороны, все биологические процессы энергичнее совершаются в присутствии воды. Наиболее благоприятной влажностью почвы для прорастания семян и для дальнейшего развития является влажность, равная примерно 60% от полной влагёмкости.

Процесс набухания даёт толчок к прорастанию живых семян.

Влияние температуры на прорастание

Вторым условием прорастания является температура. Различают температуры прорастания минимальные, при которых прорастание едва начинается, оптимальные, при которых прорастание идёт наиболее энергично, и, наконец, максимальные, при которых прорастание начинает прекращаться. Опыты показывают, что для каждого растения существуют свои температуры минимума прорастания, оптимума и максимума. Вот примерные данные.

Температура прорастания сельскохозяйственных растений
(в градусах С)

Название растений	Мин.	Опт.	Макс.	Название растений	Мин.	Опт.	Макс.
Рожь	1—2	25	30	Лён	2—3	25	30
Пшеница	3—4	25	30	Табак	13—14	28	35
Овёс	4—5	25	30	Подсолнечник	5—10	34	40
Ячмень	1—2	20	28—30	Хлопчатник	12	32	40
Просо	8—10	32—35	40	Клевер	1	30	37
Гречиха	0—5	28	40	Вика	1—2	30	35
Кукуруза	8—10	32—35	40—44	Конский боб	3—4	25	30
Рис	10—12	30—32	36—38	Огурец и дыня	12—15	33—35	40
Конопля	0—5	37	44	Тыква	10—15	37	44

Несколько обобщая эти и другие данные, можно сказать, что для хлебных злаков (ржи, пшеницы, овса и ячменя), а также для гречихи, конопли, льна, клевера, люцерны, вики и конского боба минимальная температура колеблется от 0 до 5°, оптимальная — от 20 до 30° и максимальная — от 28 до 37°.

Для кукурузы и подсолнечника минимальная температура — от 5 до 10°, оптимальная — от 30 до 35° и максимальная — от 40 до 44°.

Для тыквы, дынь, огурцов, риса, хлопчатника и табака минимальная температура от 10 до 15°, оптимальная — от 30 до 37° и максимальная — от 40 до 48°.

Приведённые цифры являются лишь относительными, так как в пределах различных сортов могут быть отклонения от них.

Ненабухшие семена способны переносить очень низкие температуры — 60° и ниже. В опытах Коха семена выдерживали охлаждение до —180° и даже до —235° в течение трёх месяцев. Семена набухшие в большинстве случаев теряют всхожесть при —10°, овёс выдерживает —20°. На проросшие семена низкие температуры имеют ещё более губительное действие. Основательно просушенные семена выносят высокие температуры — до 100 и 110°, воздушносухие семена выдерживают нагревание не свыше 62—75° и набухшие семена погибают при температуре свыше 45—50°.

Влияние кислорода воздуха на прорастание

Третье необходимое условие прорастания семян — это доступ кислорода воздуха. Если семена оставить в воде, то они набухнут и затем загниют. Но если воду ежедневно продувать воздухом, то и под водой можно прорастить семена. Проращивая семена в различных газах, легко можно доказать, что именно кислород, присутствующий в воздухе, необходим для прорастания. Однако в чистом кислороде большая часть семян не

прорастает или прорастает хуже, чем в воздухе, так как требуется некоторое разбавление кислорода другим каким-либо бездейственным газом, например азотом.

Влияние света на прорастание семян

К свету прорастающие семена относятся по-разному. Большая часть прорастает как на свету, так и в темноте. Но для семян паразитного растения омелы (*Viscum album*), насекомоядного — жирянки (*Pinguicula vulgaris*), лютика ядовитого (*Ranunculus sceleratus*) и некоторых других свет совершенно необходим для прорастания. Свет ускоряет прорастание семян табака, плакун-травы (*Lythrum salicaria*), лука (*Allium*), мятлики (*Poa*), моркови и повилики (*Cuscuta*).

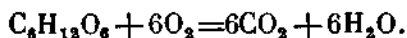
Противоположное (отрицательное) действие свет оказывает на прорастание щирицы (*Amaranthus retrofléxus*), жминды (*Blitum*), петушьего гребня (*Celosia cristata*) и др. Для большей части растений всхожесть принято определять в темноте, так как энергия прорастания при этом несколько повышается.

4. ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ

Во всякой живой растительной клетке, принадлежит ли она листу, стеблю, корню, цветку, семени или слоевищу гриба и водоросли, происходит процесс дыхания, при котором освобождается энергия, нужная для жизненных процессов, совершающихся в растениях. Химические превращения веществ и физические явления — движение соков, раздвигание почвенных частиц корнем, иногда даже движение целых органов — требуют энергии, которая всегда выделяется при окислительных процессах. Избыток энергии часто выделяется в виде тепла. Всё различие заключается в количестве выделяющейся энергии в различных случаях и в её виде. Где жизнь протекает интенсивнее, там энергичнее происходит и процесс дыхания. Прорастающие семена, цветущая ветка, растущий побег, прорывающие почву корни требуют больше воздуха, чем семена в период покоя или органы, уже закончившие свой рост. В жизни животных мы наблюдаем то же явление: чем труднее работа, тем энергичнее дышит животное и тем больше требует себе пищи.

Процесс дыхания в основе своей представляет окисление глюкозы до конечных продуктов, каковыми являются вода и углекислый газ. Жиры также затрачиваются на дыхание. Большая часть углеводов в конечном итоге превращается в глюкозу и тогда уже используется на дыхание.

Процесс дыхания — процесс, прямо противоположный ассимиляции углерода. Его можно выразить следующей схематической формулой:



Отношение выделяемого углекислого газа и поглощаемого кислорода $\frac{CO_2}{O_2}$ (так называемый дыхательный коэффициент) в большинстве случаев равно единице, например, у семян бобовых и злаков. Только у масличных семян при дыхании поглощается больший объём кислорода, чем объём выделяемого углекислого газа, так как для окисления жиров требуется больше кислорода, ибо жиры менее окислены, чем углеводы.

Если на процесс ассимиляции углерода требуется затрата энергии извне, то процесс дыхания, наоборот, связан с выделением свободной энергии в количестве 674 больших калорий на одну грамм-молекулу глюкозы (180 г).

Процесс дыхания растений не имеет принципиального отличия от процесса дыхания животных. Если у последних (например, у млекопитающих) имеются сложные органы дыхания и кровообращения, с помощью которых кислород поступает и разносится по всему телу и к каждой клетке, то у растений доступ кислорода облегчается благодаря громаднейшей расчленённости корней и стеблей, благодаря обширной листовой поверхности, устьицам, межклеточным пространствам и лёгкой проницаемости клеточных оболочек. Растения не имеют специальных органов дыхания, но каждая живая клетка хорошо снабжается кислородом воздуха.

Сущность процесса дыхания как у животных, так и растений, несмотря на кажущиеся внешние различия, сводится к добыванию энергии каждой клеткой организма путём окисления углеводов и других органических веществ.

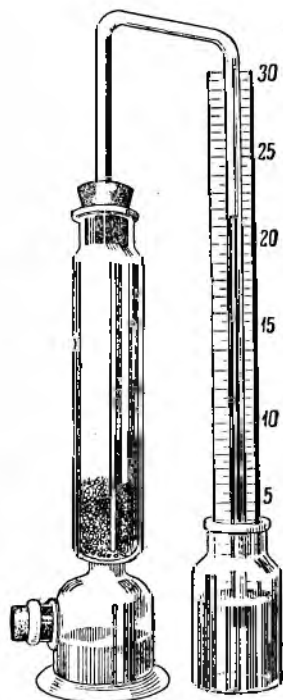


Рис. 304. Поглощение кислорода воздуха прорастающими семенами (объяснение в тексте).

Методы изучения дыхания

В том, что при дыхании растений поглощается кислород, легко можно убедиться с помощью простых опытов: например, горящая лучина в банке с прорастающими семенами тухнет. За быстротой поглощения кислорода дышащими частями растения можно наблюдать с помощью прибора, изображённого на рисунке 304. На дно промывной склянки наливается раствор КОН, над которым на влажной вате помещаются прорастающие семена. Нижнее и верхнее отверстия закрываются пробками. Через верх-

нюю пробку пропущена стеклянная трубка, изогнутая коленом. Длинный конец трубки опущен в склянку с подкрашенной водой. Семена при дыхании поглощают кислород и выделяют углекислый газ; последний поглощается КОН. Уменьшающийся объём воздуха внутри прибора влечёт за собой поднятие жидкости в трубке вследствие давления наружного воздуха. По быстроте поднятия жидкости в трубке можно судить об энергии дыхания.

Определение количества выделяемого при дыхании CO_2 производится с помощью эвидометра, который состоит из замкнутой стеклянной трубки, разделённой на мелкие деления, показывающие объём заключённого в ней газа. В эвидометре укрепляется прорастающее семя. Трубка поворачивается свободным концом вниз и опускается в сосуд с ртутью. Ртуть поднимается на

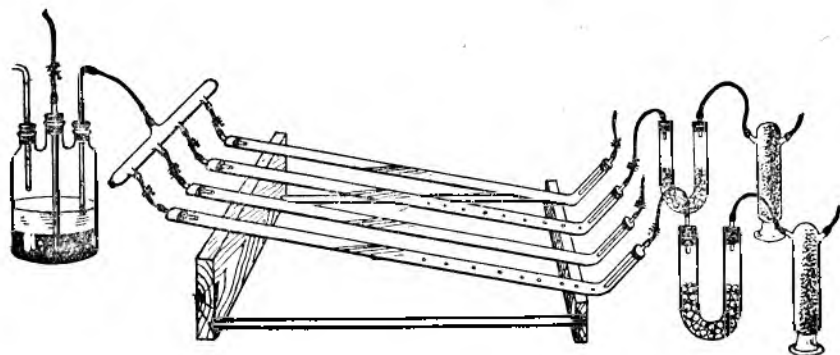


Рис. 305. Прибор для определения количества выделяемого при дыхании углекислого газа.

Прорастающие семена помещены в изогнутые трубки, перед которыми поставлены склянки с натронной известью, очищающей воздух от углекислого газа. Ток воздуха протягивается аспиратором справа налево.

некоторую высоту, до определённого деления, путём высасывания воздуха через предварительно вставленную каучуковую трубку, после чего последнюю, зажав пальцем, удаляют. Заметив деление, на котором стоит ртуть, определяют высоту её стояния, по сравнению с уровнем ртути в сосуде. Эту величину вычитаем из величины давления, показываемого барометром. Если по прошествии определённого времени ртуть осталась без изменения, то это будет означать, что условия опыта (давление атмосферы и температура) не изменились и что при процессе дыхания семя поглотило столько же кислорода, сколько выделило CO_2 . Определить количество выделившегося CO_2 можно путём впускания в трубку снизу через ртуть едкого натра (или едкого кали), поглощающего CO_2 в трубке.

Число делений, на которое поднимается ртуть, показывает объём выделившегося при дыхании CO_2 . Если за время опыта изменилось барометрическое давление, то следует ввести поправку на это изменение.

Обычное определение количества выделяющегося при дыхании углекислого газа проводится с помощью петтенкоферовских трубок, которые наполовину наполняют баритовой водой. Ток воздуха мелкими пузырьками протягивается с помощью аспиратора через колонки с натронной известью, очищающие воздух от имеющегося в нём CO_2 , затем через U-образные трубки с испытуемой порцией прорастающих семян и через баритовую воду. Выделяю-

щийся семенами углекислый газ задерживается баритовой водой, и количество его в конце опыта определяется путём титрования баритового раствора. По разности между начальным и конечным титрами баритового раствора судят об энергии дыхания семян (рис. 305). Определение температуры прорастающих семян до-

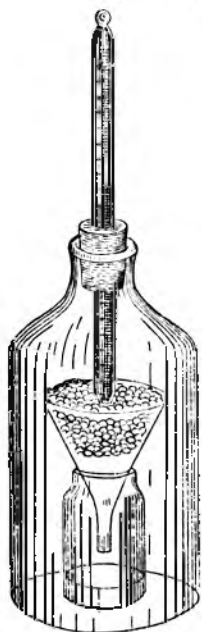


Рис. 306. Определение температуры прорастающих семян.

стигается измерением её точными термометрами и сравнением с температурой окружающей среды (рис. 306). Прорастающие семена всегда имеют температуру более высокую, чем температура окружающей среды. Обычно она повышается на $1,5-2,5^{\circ}$, но наблюдались случаи повышения её на $10-15^{\circ}$ и больше. Достаточно бывает вставить шарик чувствительного термометра в соцветие аройника или в гигантский цветок в и к т о р и и (*Victoria regia*), чтобы обнаружить повышение температуры на 10° и больше, по сравнению с окружающей.

Влияние внутренних и внешних факторов на дыхание

Энергия дыхания растений зависит от ряда факторов. Наиболее энергично дышат быстро растущие органы и содержащие в себе много воды, как то: прорастающие семена, сочные плоды, цветки (особенно мужские части цветка), молодые почки, молодые листья, корневые мочки. Менее энергично дышат закончившие рост части растений, например одревесневшие стебли, старые корни, сухие плоды, сухие семена. Определение потери сухих веществ в семенах, сохраняющихся в элеваторе, показывает, что повышение процента влажности силь-

но увеличивает потери от дыхания. Воздушносухое зерно нормальной всхожести теряет за год на дыхание не менее $3-4\%$ сухих веществ.

Принято считать, что животные дышат энергичнее растений. Это справедливо, но далеко не во всех случаях. Человек теряет за 24 часа на дыхание $1-2\%$ своего веса. Прорастающие семена теряют в своём весе приблизительно столько же. Грибы и плесени дышат энергичнее раз в шесть, а бактерии раз в двести. *Повышение температуры на каждые 10° усиливает энергию дыхания приблизительно в два раза.* Это усиление дыхания происходит до температуры $40-50^{\circ}$, т. е. до температуры, оказывающей губительное действие на многие растения. Понижение температуры задерживает дыхание. Клубнеплоды и корнеплоды продолжают дышать зимой; поэтому необходимо заботиться о вентиляции в местах их хранения. У картофеля, например, температуры, при-

ближающихся к 0° , задерживают дыхание, т. е. потребление сахара, но не прекращают деятельность диастаза, вследствие чего картофель становится сладковатым. Лишайники продолжают дышать при температуре -10° , а почки лиственных деревьев и хвой сосен и елей при $-20-25^{\circ}$.

Свет усиливает энергию дыхания. Однако необходимо помнить, что на свету у зелёных растений идёт прямо противоположный процесс фотосинтеза, связанный с выделением кислорода и значительно преобладающий над дыханием. Действие света заключается в том, что на свету накапливаются материалы, идущие на дыхание. Если листоносные зелёные побеги держать в темноте, то энергия дыхания их начинает падать из-за недостатка углеводов. Следовательно, наличие дыхательного материала (сахара) оказывает влияние на энергию дыхания. Случайные поранения растений, обедание гусеницами, действие на растения ядов в слабой концентрации усиливают процесс дыхания.

При процессе дыхания, так же как при процессе горения, выделяются продукты CO_2 и H_2O . Кроме того, при дыхании, как и при горении, выделяется энергия. Но, несмотря на кажущееся сходство, дыхание и горение отличаются по своей сущности. В отличие от горения топлива в двигателях, в растительном организме химическая энергия окисления переходит в тепловую лишь в незначительной части, главным же образом она переходит в другие формы той же химической энергии. Энергия горения усиливается с увеличением притока кислорода, и в чистом кислороде горение совершается с наибольшей силой, а энергия дыхания не находится в такой зависимости от количества кислорода, и в чистом кислороде дыхание замедляется.

Горение всегда происходит при высокой температуре, а дыхание совершается лишь в пределах температур, которые не оказывают губительными для организмов. Наконец, дыхание организмов, так же как и питание,— процесс ферментативный. Особо важное значение при дыхании имеют ферменты оксидазы, каталазы и дегидразы, усиленно изучаемые в настоящее время. Видимую деятельность оксидаз мы постоянно наблюдаем при побурении излома свежего яблока или картофеля и при почернении листьев, побитых морозом. В живых клетках деятельность многочисленных ферментов, по образному выражению русского учёного Палладина, носит «согласованный» характер, а в мёртвых клетках она носит «бестолковый» характер.

Дыхание растений и фотосинтез — различные противоположные процессы, но тесно связанные между собой: для дыхания нужны углеводы, образующиеся при фотосинтезе.

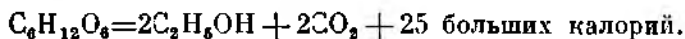
Процесс ассимиляции углерода связан с накоплением в растении сухих веществ, а вместе с тем с накоплением энергии; процесс диссимиляции связан с расходом сухих веществ и с расходом энергии на процессы жизнедеятельности. При ассимиляции поглощается углекислый газ, а выделяется кислород;

при диссимиляции поглощается кислород и выделяется углекислый газ. Единство и противоположность этих процессов являются основным условием жизни организма. Растения, лишённые хлорофилла (а также животные), тоже обладают способностью ассимиляции и диссимиляции, но ассимиляция у них происходит за счёт готовых органических веществ, превращающихся в живые части.

5. ИНТРАМОЛЕКУЛЯРНОЕ ДЫХАНИЕ И СПИРТОВОЕ БРОЖЕНИЕ

Громадное значение для зелёных растений имеет способность их обходиться некоторое время без воздуха, поддерживая свою жизнь с помощью интрамолекулярного (бескислородного) дыхания. Оказывается, что проростки многих растений могут оставаться без воздуха в течение суток и больше. У болотных растений, растущих при избытке влаги, этот способ дыхания имеет ещё большее распространение.

Интрамолекулярное дыхание протекает по следующей схематической реакции:



Глюкоза при интрамолекулярном дыхании распадается на две частицы этилового спирта и на две частицы углекислого газа. Из приведённой реакции ясно, что энергии при этом процессе выделяется незначительное количество, по сравнению с обычным способом дыхания. Интрамолекулярное дыхание иногда спасает растения от гибели, например в случае образования корки на поверхности земли или при хранении зерна в кучах и т. п. Однако необходимо помнить, что продолжительность возможного пребывания растений без доступа воздуха незначительна и всегда связана с большой потерей органического вещества и накоплением ядовитого спирта.

Интрамолекулярное дыхание сходно со спиртовым брожением.

С п и р т о в о е б р о ж е н и е вызывается микроорганизмами, относящимися к классу сумчатых грибов (рис. 307). Эти грибы известны каждому под названием дрожжей. Их имеется много различных видов, но наибольшим распространением пользуются п и в н ы е д р о ж ж и (*Saccharomyces cerevisiae*). Это одноклеточные организмы, отличающиеся ничтожной величиной, хотя, по сравнению с бактериями, они довольно крупны. В одной капле воды их может поместиться до 25 млн. Каждая клетка овальной формы, состоит из оболочки, протоплазмы, крупной вакуоли и клеточного ядра, которое можно увидеть при соответствующей окраске препарата. Размножаются дрожжи почкованием, которое совершается следующим образом. На материнской клетке появляется вырост, увеличивающийся до размеров материнской клетки. Иногда таких выростов образуется несколько, и все они, в свою очередь, дают новые выросты, так что в конце концов образуются целые цепочки, легко распадающиеся на отдельные клетки. Кроме

того, дрожжи размножаются спорами, которые развиваются в сумках.

Дрожжевые клетки особенно хорошо приспособились к бескислородному дыханию и приобрели способность черпать энергию из глюкозы, разлагая её на винный спирт и углекислый газ. Для своей жизнедеятельности дрожжи нуждаются, кроме глюкозы, в тех же самых солях, какие нужны для роста зелёных растений. Итак, для брожения прежде всего нужен виноградный сахар.

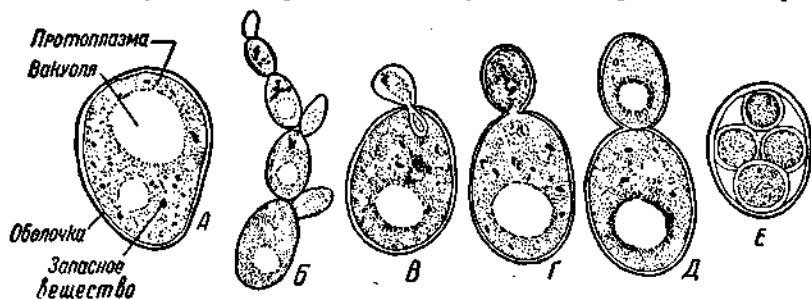
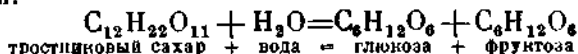


Рис. 307. Дрожжи спиртового брожения:

А — строение клетки; Б — цепочка почкующихся дрожжей; В, Г, Д — последовательные фазы почкования; Е — спорообразование (сильно увел.).

В тех случаях, когда, вместо виноградного сахара, грибкам дают тростниковый сахар, последний под влиянием фермента инвертазы превращается грибами в виноградный сахар. Это превращение мы легко можем представить себе с помощью следующей реакции:



Дрожжевые грибки обладают способностью разлагать сахар на спирт и углекислый газ. Разложение происходит с помощью комплекса ферментов, находящихся в дрожжах, обозначаемого названием *з и м а з ы*. Представить процесс спиртового брожения мы можем с помощью приведённой выше реакции интрамолекулярного дихания.

Спиртовое брожение идёт без участия кислорода воздуха. Если воздух имеет свободный доступ к грибкам, то и тогда они продолжают сбраживать сахар. Замечено только, что в этом случае дрожжи почкуются более энергично. Таким образом, процесс брожения у этих грибков заменяет собой процесс дыхания. Сбраживая сахар, дрожжи пользуются для своей жизнедеятельности той энергией, которая выделяется в результате химических превращений.

Наиболее благоприятной температурой для брожения является температура в 25—30°. Накопление спирта в бродящей жидкости выше 16° (по спиртометру) оказывает губительное влияние на дрожжевые грибки. Для процесса брожения грибкам нужны соли, азот и сахар.

Спиртовым брожением пользуются в практике для различных целей. Винокуренное и пивоваренное производство, так же как и виноделие, основаны на спиртовом брожении. В домашней жизни воспроизводят спиртовое брожение при печении хлеба. Размешивая тесто с дрожками, достигают равномерного распределения грибов между частицами муки. Тесто, поставленное в тёплое место, начинает подниматься, так как выделяющийся при брожении дрожжей углекислый газ растягивает клейковину. Поднявшееся тесто, будучи помещено в горячую печь, запекается и превращается в пористый хлеб.

Спиртовое брожение, кроме дрожжей, вызывается плесневыми грибами из рода *Mucor*, о которых мы говорили в главе IX (стр. 250).

Глава XVII

РОСТ, ТРОПИЗМЫ И ДВИЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ

Жизнь растения тесно связана с окружающей средой. Растение получает из почвы, из воды, из воздуха вещества, которые ассимилирует и использует для построения своего тела. Растения обладают медленным и незаметным ростом, хотя среди них попадаются и такие, например бамбуки, которые дают прирост стебля в сутки до 0,5 м и даже — при благоприятных условиях — до 1 м. Растения кажутся нам неподвижными, неспособными реагировать на внешние воздействия, но, присмотревшись к ним ближе, мы можем заметить у многих из них исключительную способность воспринимать раздражения и реагировать на них соответствующими движениями. Способность реагировать на внешние раздражения у животных называется чувствительностью, а у растений, не имеющих особых органов чувств, — тропизмами. Причины тропизмов растений изучены ещё не достаточно, и существовавшие до сих пор объяснения оказываются неудовлетворительными.

1. РОСТ РАСТЕНИЙ И БОЛЬШОЙ ПЕРИОД РОСТА

Под ростом растения обычно подразумевается увеличение его в весе, а также необратимое увеличение размеров растения как в длину, так и в толщину. Рост растений зависит от внешних условий среды и представляет собой «непосредственное воспроизведение себе подобных каждой клеткой, каждой молекулой живого тела» (Т. Д. Лысенко, Агробиология, 1948).

Рост растений связан с размножением клеток и с перераспределением веществ, входящих в состав растения. На свету, благодаря фотосинтезу, рост зелёных растений обычно приводит к увеличению массы тела, так как накопление органических веществ преобладает над расходом их на дыхание. В темноте рост зелёных растений происходит за счёт траты органических веществ на процесс дыхания (прорастающие семена, почки, клубни,

корневища и пр.), а потому при высушивании проростков в них обнаруживается уменьшение веса сухих веществ по сравнению с такими же непроросшими.

Явление роста не следует смешивать с развитием растения, под которым подразумевается переход последнего из одной стадии в другую, т. е. подразумеваются те качественные изменения, которые проходит растение, начиная от прорастающего семени и кончая созреванием плодов и семян. В отличие от роста, развитием мы называем «воспроизведение себе подобных не непосредственно, а через длинную цепь превращений себе неподобных, пока не получится подобное начальному» (Т. Д. Лысенко, Агробиология, 1948).

Рост растения складывается из размножения клеток и из увеличения их объёма. Каждая клетка претерпевает три фазы роста: деление, растяжение и дифференцировку.

Деление клеток происходит в точках роста корня и стебля, в нежных междоузлиях (например, у злаков), в основании листьев, в оплодотворённых макроспорангиях, в камбиальном слое, а также во всех местах, где происходит новообразование тканей, например при поранениях растений, при образовании клубеньков и т. п. Клетки образовательной (эмбриональной) ткани, или, как её ещё называют, меристемы, — это наиболее мелкие клетки, с тонкими оболочками, крупными клеточными ядрами и протоплазмой, заполняющей сплошь всю полость. К клеткам образовательной ткани поступает обильное количество органических веществ. Они находятся в состоянии сложного деления (кариокинеза), повторяющегося много раз. В образовательной ткани происходит увеличение числа клеток и нарастание общей массы живого вещества, несмотря на энергичный процесс дыхания.

Растяжение клеток происходит на некотором расстоянии от точек роста. В этой фазе роста в клетках появляются вакуоли с клеточным соком. Протоплазма оттесняется к стенкам клеток, объём клеток увеличивается, оболочка разрастается. Быстрый рост клеток в этой фазе происходит, главным образом, за счёт воды и питательных веществ, обильно притекающих из прилегающих более старых клеток и проводящих путей.

Третьей фазой роста клетки и растительного органа является утолщение клеточной оболочки и дифференцировка тканей. Из клеточной протоплазмы выделяются вещества, из которых образуется целлюлоза, откладывающаяся на внутренних стенках оболочки и образующая или сплошное утолщение её или разнообразнейшие утолщения, рассмотренные нами в первой части курса. Клетки видоизменяются и приобретают форму и величину, свойственные той или иной ткани: однородная меристема дифференцируется на ряд разнообразнейших тканей (основная, механическая, покровная, проводящая и др.), но причины этой дифференцировки остаются пока ещё не выясненными.

Таким образом, если мы проследим за жизнью одной растительной клетки, то придём к выводу, что сперва молодая клетка растёт медленно, затем рост её (растяжение) ускоряется до известного предела и, наконец, начинает замедляться и совершенно прекращается. Если таким свойством роста обладает каждая клетка, то понятно, что и отдельные части растения растут неравномерно.

Измеряя ежедневно с помощью линейки, разделённой на миллиметры в один и тот же час длину самого молодого междоузлия стебля фасоли, пока оно не прекратит своего роста, можно заметить, что сперва рост его идёт медленно, затем ускоряется, достигает своего максимума, а затем замедляется и совершенно прекращается. Подобное явление называется **б о л ь ш и м п е р и о д о м р о с т а**.

П р и м е р. Первоначальная длина междоузлия фасоли 6 мм. Измерения производились ежедневно в 3 часа дня.

Дни	Длина (в мм)	Прирост (в мм)	Дни	Длина (в мм)	Прирост (в мм)
5/III	6	—	10/III	85	30
6/III	10	4	11/III	100	15
7/III	18	8	12/III	114	14
8/III	30	12	13/III	119	5
9/III	55	25	15/III	119	0

Цифровые данные прироста можно изобразить графически следующим путём: на горизонтальной оси (оси абсцисс) на равном расстоянии откладываем деления, соответствующие дням, а на вертикальных линиях (ординатах) откладываем ежедневные приросты (например, миллиметры в увеличенном масштабе) и точки пересечения соединяем между собой чертой. Получается **к р и в а я б о л ь ш о г о п е р и о д а р о с т а**, которая сперва постепенно, затем быстро поднимается вверх, достигает своего максимума и затем начинает снижаться и опускаться до 0.

Наблюдения показывают, что и всё растение растёт подобным же образом. *Молодое дерево вначале растёт медленно, затем рост его ускоряется, достигает максимума, затем замедляется и прекращается.*

Многие сельскохозяйственные растения растут в первый период очень медленно (просо, морковь и др.). В это время приходится производить полку и междурядную обработку для уничтожения сорняков.

Эта правильность в росте растений может нарушаться в зависимости от различного сочетания внешних условий.

При изучении корня, стебля и листа мы указывали на способы роста этих органов; корень растёт кондом и зона роста его не превышает 8—10 мм, в то время как стебель растёт верхушкой и верхними междоузлиями. Зона роста стебля имеет несколько сантиме-

тров, а иногда достигает 50 см и больше. Рост стеблей злаков и других однодольных растений происходит в междоузлиях (в их нижних частях), а листья растут своими основаниями, в чём можно легко убедиться, нанося метки тушью на листе злака или на листе лука.

2. СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ РОСТА РАСТЕНИЙ

Кроме непосредственного измерения линейкой, разделённой на миллиметры, измерение скорости роста растений производится с помощью приборов, называемых **ростомерами** (ауксанометрами).

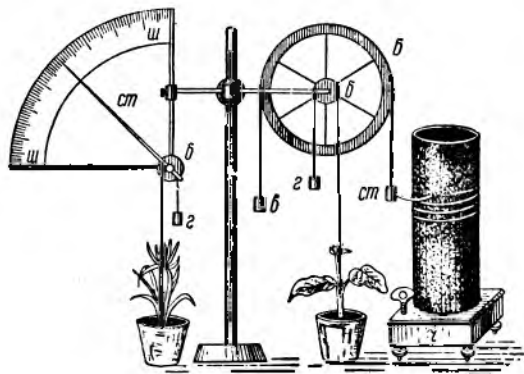


Рис. 308. Ауксанометры.

С левой стороны изображён ауксанометр со стрелкой *ст*, которая на шкале *ш* показывает увеличенные приросты: *б* — блок, через который перекинута нить с грузом *г*. С правой стороны — ауксанометр другого типа. Через малый блок *б*, соединённый с большим блоком *Б*, перекинута нить с грузом *г*. На нити, висевшей на большом блоке, подвешены груз *г* и стрелка *ст*, которая пишет кривые прироста на закреплённой бумаге, покрывающей вращающийся барабан, приводимый в движение часовым механизмом *ч*.

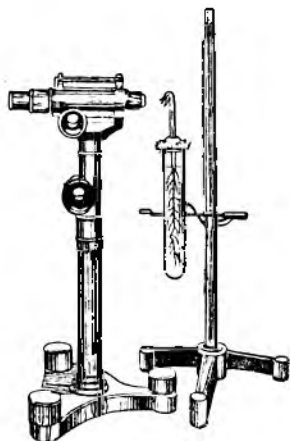


Рис. 309.

Горизонтальный микроскоп для измерения скорости роста.

Подобные приборы бывают разнообразнейших конструкций и отличаются общим свойством показывать рост

растений в увеличенном масштабе. Например, рычажные ауксанометры увеличивают показания скорости роста в 10—20 раз.

Очень удобными приборами являются самопишущие ауксаногграфы, записывающие в увеличенном виде ход роста растений. Запись производится с помощью системы блоков, колёс и стрелки на закреплённой бумаге, прикреплённой к медленно вращающемуся с помощью часового механизма металлическому барабану (рис. 308).

Для измерения скорости роста учёные пользуются ещё горизонтальными микроскопами, которые укрепляются на штативе и имеют в окуляре шкалу с делениями. Микроскоп наводится на верхушку растущего органа, а затем через несколько минут при помощи микрометрического винта приподнимается вверх, и при посредстве шкалы учитывается прирост органа в течение данного отрезка времени (рис. 309). В настоящее время существуют

приборы, дающие возможность измерять скорость роста растений не только в течение нескольких минут, но даже в течение нескольких секунд. Горизонтальные микроскопы дают показания, раз в 50—100 увеличенные против действительной скорости роста.

В последнее время начали употреблять приборы, увеличивающие показания скорости роста в 1 тыс., в 10 тыс. раз и, наконец, в 1 млн. раз.

Подобного рода «сверхчувствительные» приборы дают возможность заметить прирост растения в одну миллионную часть миллиметра. Световое пятно, показывающее прирост, движется на экране со скоростью 60 см в секунду.

3. ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ НА РОСТ РАСТЕНИЙ

Скорость роста растений весьма разнообразна, что зависит как от внешних условий среды, так и от внутренних свойств растений.

Влияние влажности воздуха и влажности почвы

Выше мы уже видели, что при культуре растений во влажной атмосфере листья обладают большей поверхностью и стебли отличаются большей сочностью и более сильным ростом, чем у растений, развивающихся в более сухом воздухе. Это явление объясняется сравнительно слабым испарением у первых растений и, следовательно, большим тургором растущих клеток. Оптимальная влажность почвы (около 60% от полной влагоёмкости почвы) также усиливает рост растений. В природных условиях наиболее сильный рост растений мы наблюдаем во влажном, тёплом климате, с большим количеством атмосферных осадков. У нас в Союзе особенно пышного развития растения достигают на Черноморском побережье, растительность которого называется с у б т р о п и ч е с к о й.

Количество атмосферных осадков ежедневно учитывается метеорологическими станциями; потребность растений в воде и влияние атмосферных осадков на рост и развитие сельскохозяйственных растений изучаются в курсе растениеводства, а приёмы орошения, искусственного дождевания, а также осушения почвы разрабатываются гидротехникой. Здесь мы отметим только, что расход воды в различные периоды развития неодинаков; те периоды, в которые культурные растения особенно нуждаются в притоке воды, называются к р и т и ч е с к и м и п е р и о д а м и. Например, для хлебных злаков таким периодом является период колошения.

Свет как фактор роста растений

В темноте и при слабом освещении рост растений происходит быстрее, чем на свету. Свет задерживает рост растений, он не даёт им возможности вытягиваться, он придаёт им определённую форму. Побеги картофеля в тёмном хранилище иногда вытягиваются до нескольких метров длины.

Припомним этиолированные растения, т. е. растения, развившиеся в темноте. Свет задерживает не только рост стеблей, но и рост корней. Узкие и длинные листья в темноте ещё сильнее вытягиваются, а листья с широкой листовой пластинкой в темноте недоразвиваются, в условиях же слабого затенения увеличивают свои листочки. У корнеплодов в темноте развиваются крупные жёлтые листья. Явлением этиоляции пользуются овощеводы при выращивании некоторых нежных овощей (спаржи, салата, цветной капусты и др.). Одни из растений лучше развиваются на ярком солнечном свете, другие же лучше развиваются на рассеянном свете и в тени. Это имеет большое значение в лесоводстве, где все лесные породы делят по признакам светолюбия и теневыносливости. К светолюбивым растениям относится берёза, сосна, осина и др., а к теневыносливым бук, граб, ель и др.

Причины столь сильного влияния света на внешний вид растения и замедляющее действие света на рост окончательно не выяснены. Так или иначе, но влияние света сказывается не только на внешней форме растения, но также и на анатомическом строении стеблей и листьев.

Влияние температуры и света на рост растений не может не отзываться на росте растений в течение суток. Опыты показывают, что при одной и той же температуре за ночные часы растение даёт больший прирост, чем в дневные часы. Сопоставим это явление с испарением (стр. 522), которое ночью замедляется, а днём усиливается. В тёплые ночи наиболее быстрый рост обычно происходит в ранние утренние часы, а замедление роста — в послеполуденные часы. Сильное понижение температуры в ночное время может изменить эту суточную периодичность роста растений. Интересным является факт, что если растение, развивавшееся сперва в естественных условиях, культивировать в темноте, то суточная периодичность роста всё же будет проявляться, хотя колебания в росте днём и ночью, несомненно, становятся всё меньше, и наконец, совсем сглаживаются. Подобное явление называется последствием.

Температура окружающей среды как фактор роста растений

При изучении прорастания семян (стр. 531) мы видели, что бывают температуры минимума, оптимума и максимума роста. Наиболее благоприятной температурой для большей части растений являются температуры от 25 до 30°. Повышение температуры от 0° на каждые 10° ускоряет рост растений приблизительно в два раза. Такое ускорение роста продолжается до температуры, приближающейся к оптимальной для данного растения. Дальнейшее повышение температуры замедляет рост (в отличие от дыхания), и приближение температуры к максимальной приостанавливает рост совершенно.

Минимальная температура роста большей части сельскохозяйственных культур лежит около 0—5°. Известно, что зёрна ржи

удавалось проращивать даже между кусками тающего льда. Многие весенние растения, например *подснежники* (*Galanthus*), *пролески* (*Scilla cernua*), *зимовники* (*Eranthis*) и др., пробиваются из-под тающего снега. Разбирая вопрос о холодостойкости растений (стр. 524), мы видели, что смертельные температуры лежат значительно ниже минимальных температур роста (например, для раскутившейся ржи около -20°).

Температура прорастания семян некоторых сельскохозяйственных растений приведена в таблице на стр. 532. Если, например, овёс можно сеять в непрогретую почву, то огурцы или табак требуют для прорастания семян хорошо прогретой почвы.

Роль питательных веществ

При изучении вопросов минерального питания растений мы видели, что рост растений находится в зависимости от питательных солей, поступающих через корневую систему. Отсутствие одного из необходимых элементов останавливает рост растения. При этом концентрация водородных ионов также оказывает сильное влияние на рост. Количество CO_2 в воздухе влияет на ассимиляцию углерода, а следовательно, и на рост растения. Наличие кислорода воздуха необходимо для роста, так как дыхание растений тесно связано с ростом.

Поскольку рост и развитие растений тесно связаны между собой, перечисленные факторы роста, несомненно, влияют и на развитие, о чём подробнее сказано дальше.

4. ГОДИЧНАЯ ПЕРИОДИЧНОСТЬ РОСТА РАСТЕНИЙ

Годичная периодичность роста растений вызывается теми изменениями в ходе погоды, которые происходят в различные времена года. В условиях умеренного климата смена тёплого лета и холодной зимы заставляет однолетние растения заканчивать свою жизнь в течение 3—4 месяцев.

Продолжительность жизни растений (как у злаков, так и у других растений) находится в зависимости не только от внутренних свойств самого растения, но и от сочетания внешних условий развития. Мы знаем (см. главу IV), что есть растения — эфемеры (крупка и др.), которые успевают закончить цикл своего развития в несколько недель; другие однолетние растения требуют для этого нескольких месяцев. Есть двухлетние и многолетние растения.

Вегетационный период гречихи равен 75—90 дням, ячменя — 96, овса — 112, турнепса — 70—120, свёклы — 140—160, брюквы — 150—180, картофеля — 120—130 дням. Приведённые цифры колеблются в зависимости от сорта и внешних условий. Так, например, ранние сорта картофеля развиваются в 70—90 дней, средние — в 120—130, а поздние затягивают развитие до 180 дней. На крайнем севере ячмень успевает развиться за 60—70 дней. Избыток влаги

и азотных удобрений в почве и недостаток фосфора и калия задерживают цветение и плодоношение злаков и других растений, а иногда вызывают полегание посевов вследствие чрезмерного развития вегетативных органов и взаимного затенения растений друг другом. При недостатке воды и азота в почве растения слабее развивают вегетативную массу, раньше зацветают и созревают. В условиях недостатка влаги лучший урожай дают скороспелые сорта, рано заканчивающие рост, дающие малое количество соломы и успевающие уйти в своём развитии от засухи. Видимые изменения, происходящие с семенным растением за время его жизни, заключаются в следующем: набухшие и прорастающие в земле семена дают жёлтые ростки, которые выходят на поверхность почвы, — появляются всходы, которые зеленеют. Условия жизни растений до появления всходов и после их появления резко изменяются: в почве происходит рост растений, связанный лишь с усвоением и расходом готовых запасных питательных веществ, а после появления всходов начинается процесс ассимиляции углерода, преобладающий над процессом дыхания и увеличивающий количество сухих веществ в растениях. У злаков вслед за выходом ростков на поверхность начинается процесс кущения. Из узла кущения развиваются придаточные корни и новые побеги. Яровые злаки кустятся слабее озимых. Вслед за периодом кущения наступает выход стеблей в трубку, затем происходит колошение, цветение, после чего наступает молочная, восковая, или жёлтая, и полная спелость. Многолетние и двухлетние растения в течение лета успевают подготовиться к зимнему периоду и к следующей весне. Эта подготовка заключается в накоплении растениями в клетках своих органов (в коре, древесине, паренхиме стеблей и корней) запасов крахмала, сахара, белков и прочих органических веществ.

Листья большей частью зимующих растений на зиму сбрасываются, и новые листовые и цветущие побеги развиваются из зимующих почек. Листление листопада связано не только с низкими температурами и недостатком воды, с разрушением хлорофилла, ослаблением питания и накоплением в листьях щавелевокальциевых солей, но также и с укорочением дня. Крайне интересными являются факты культивирования наших лиственных древесных пород в тропических странах, где условия роста в зимний период, казалось бы, не должны были способствовать листопаду. Однако и там они продолжают сбрасывать листья в период, соответствующий нашей зиме. Особенно «консервативными» в этом отношении являются дубы. Вишни и персики путём долговременной культуры на острове Цейлон удалось превратить в вечнозелёное состояние.

Многолетние кормовые луговые и полевые травы перезимовывают с помощью корневищ и корней, в которых откладываются запасы органических веществ, за счёт которых происходит весеннее их развитие.

Кормовые корнеплоды (свёкла, морковь и турнепс) — двухлетние растения, нормально зацветают на второй год после посева,

для чего так называемые **высадки** и сохраняют отдельно и высаживают весной в удобренную почву. Однако в некоторых случаях происходит ненормальное израстание корнеплодов в первый год, после которого наступает отмирание растений. Это израстание, или образование «цветухи», часто связано с захлаждением рассады и представляет собой вредное явление, так как корни таких экземпляров древеснеют и становятся совершенно несъедобными. С другой стороны, у корнеплодов наблюдается и другое ненормальное явление, а именно, когда некоторые свекловичные или морковные высадки, так называемые «упрямцы», не дают цветоносных побегов, а продолжают расти дальше, снижая тем самым урожай семян с данной площади. Причины таких ненормальностей в развитии кормовых корнеплодов лежат в количественных изменениях в строиствах, связанных с нарушением комплекса внешних условий, влекущим за собой изменение срока прохождения растений различных стадий развития, о которых даются сведения в следующей главе настоящего курса. Перед наукой стоит задача дальнейшего изучения явления зацветания корнеплодов в первый год и использование его с целью искусственного ускорения развития двулетних и ускоренного получения семян.

Изучение вышеперечисленных явлений роста растений показывает, что годовой ритм окружающей природы и резкие колебания погоды не могут не отзываться на жизненном цикле растений. Растение и окружающая среда тесно связаны между собой и взаимно влияют друг на друга.

5. ДВИЖЕНИЯ И ТРОПИЗМЫ РАСТЕНИЙ

Мы привыкли считать растения лишёнными какой-либо активной подвижности. Нас окружают растения, листья и ветви которых лишь колеблются от ветра, но они неспособны перемещаться в пространстве. Казалось бы, что неподвижность растительных организмов всецело соответствует условиям их развития и всему строению, создавшемуся в результате длительного процесса эволюции. В самом деле, все нужные для развития вещества (влага, соли, углекислый газ) окружают растение и проникают в него.

Но тем не менее неподвижность высших растений является лишь относительной, так как не только клеточная протоплазма находится у многих растений в состоянии струйчатого или вращательного движения (см. главу II), но и целые органы растений могут изменять своё положение — в одних случаях медленно, а в других настолько быстро (например, у мимозы), что «не посвящённый в тайны природы» человек с изумлением наблюдает это явление¹.

¹ Наше представление о движениях растений становится более полным и более точным в связи с успехами применения цейтраферных (т. е. замедленных) кино-съемок растений: растения и их органы в периоды роста обладают разнообразными — то медленными, то быстрыми движениями. Столь же разнообразны и внутриклеточные движения, которые обнаруживаются на экране применением микро-цейтраферных кино-съемок.

Нижже мы увидим, что среди пизших растений движения являются ещё более распространёнными.

Движения органов растений вызываются различными внешними раздражителями, действующими на клеточную протоплазму. Опыты показывают, что воспринятые раздражения передаются по растению и вызывают ответную реакцию в виде движения клеток и целых органов в местах, отстоящих на некотором расстоянии от места раздражения. У животных раздражения передаются по нервной системе, у растений же для этой цели служит клеточная протоплазма, соприкасающаяся с соседними клетками при посредстве плазмодесм (см. стр. 51).

Мышечная ткань, свойственная животным, у растений отсутствует, и потому движения их воспроизводятся или путём неравномерного роста той или другой стороны органа (ростовые движения) или путём усиления тургора в определённых клетках, создающих сильное давление на соседние клетки (тургорные движения).

Ростовые движения, или тропизмы, зависят от внутренних и внешних условий. К внешним условиям, вызывающим движения растений, относятся свет, вода, пища, температура, воздух, т. е. всё то, что растением усваивается во время жизни, а к внутренним условиям — само живое тело растения со всеми его индивидуальными особенностями, строящее себя из окружающей среды и реагирующее путём движений на все изменения внешних условий.

Различают положительные тропизмы, когда часть растения или целое растение движется по направлению к раздражителю (например, побег растёт к свету), и отрицательные тропизмы, когда движение совершается от раздражителя (например, корень растёт от света). В зависимости от силы внешнего раздражения каждый тропизм из положительного может перейти в отрицательный.

Фототропизм

Фототропизмом называется зависимость направления роста растения от направления лучей света. Раньше полагали, что только солнечный свет направляет рост, и потому это явление называли гелиотропизмом; в настоящее время известно, что и искусственные источники света (электрическая лампа и др.) играют такую же роль. Положительным фототропизмом обладают стебли; корни и усики обладают отрицательным фототропизмом. Листья располагаются обычно перпендикулярно к падающим лучам (трансверсальный фототропизм).

Фототропизм имеет большое значение в жизни растений, так как благодаря ему стебли и листья оказываются в положении наиболее выгодного освещения. Фототропизм особенно развит у эволюционировавших растений.

Наблюдать фототропизм удобно в фототропической камере, представляющей собой тёмный ящик с отверстием в одной из

стенок. Если в такую камеру поставить плошку с посевом овса или вики, то через несколько часов можно заметить изгибы растений к свету, причём изгибы происходят в местах наиболее сильного роста стебля (рис. 310, I). У проростка горчицы, закреплённого на

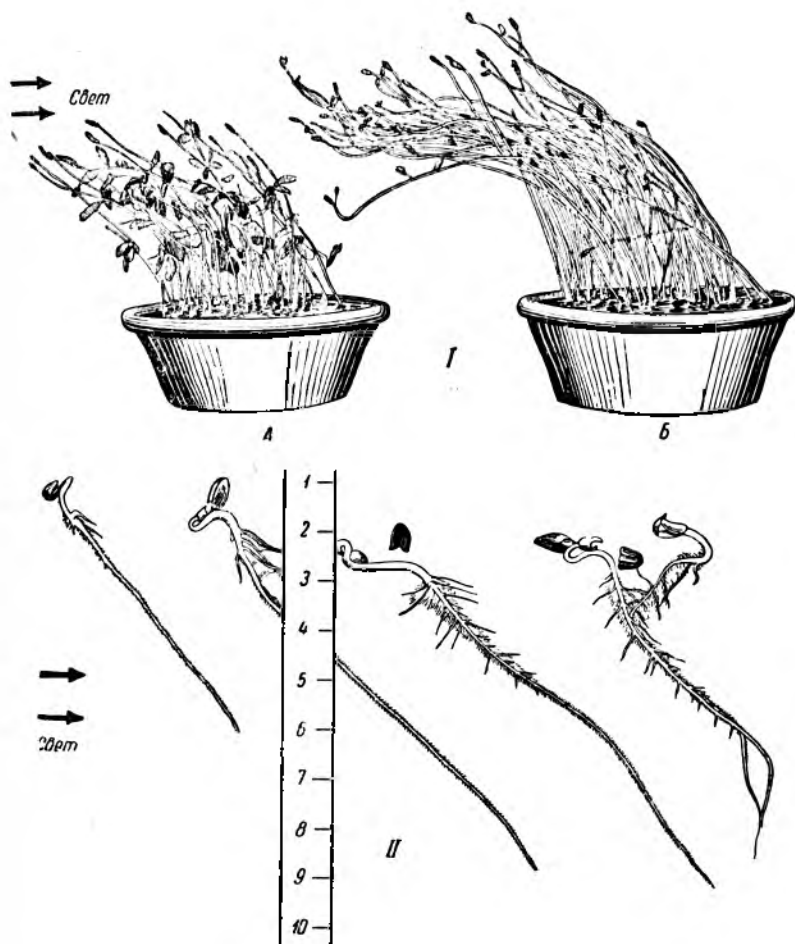


Рис. 310.

I — гелиотропизм стеблей вики: А — стебли развивались на свету; Б — стебли развивались в темноте; II — отрицательный гелиотропизм корней гречихи, развившихся между стёклами (свет проникал с левой стороны).

марле, натянутой на горлышко склянки с водой, и поставленного в фототропическую камеру, вскоре же происходит изгиб стебля к свету и отклонение корня от света.

Отрицательный фототропизм корней можно хорошо подметить при проращивании семян гречихи между двумя стёклами на пропускной бумаге. Стёкла располагаются вертикально, ребром

к свету, который проникает к проросткам в щелевидное отверстие между стёклами. Со всех остальных сторон стёкла прикрываются чёрной фотографической бумагой. При резко одностороннем освещении корни проростков сильно отклоняются от света, а стебли тянутся к свету (рис. 310, II).

Интересный опыт по фототропизму можно произвести с проростками проса. В цветочный вазон или в малый кристаллизатор, наполненный песком, высевают десятка два всхожих семян проса, которые располагают рядами и заделывают на небольшую глубину. Проращивание проводится в темноте. Когда проростки достигнут длины в 2 см, у половины ростков проса верхушки затеняются колпачками из станиоля. Вазон помещается в фототропическую камеру, отверстие которой закрыто. Через сутки отверстие фототропической камеры открывается. Камеру следует держать на окне отверстием к свету. Уже через несколько часов можно заметить, что все проростки без колпачков дают обычные фототропические изгибы, а проростки с колпачками остаются в вертикальном положении.

На опыте с фототропизмом проростков проса мы видим, что у проростков злаков местом восприятия светового раздражения является самая верхушка проростка, так называемая *колеоптиль*, а изгибы происходят в местах наиболее сильного роста, удалённых от верхушек.

Фототропический изгиб складывается из следующих процессов: 1) раздражение светом определённых клеток, 2) возникновение в этих клетках возбуждения, 3) передача возбуждения к месту реакции, 4) реакция в виде изгиба.

Понятно значение для растений положительного и отрицательного фототропизма. Зелёным стеблям и листьям нужен свет для усвоения углерода. Многие цветки обладают положительным фототропизмом; так, соцветия подсолнечника и череды, пока растения молоды, всё время поворачиваются к солнцу.

Благодаря отрицательному фототропизму боковые корни растений, отклоняясь от света, зарываются в землю. Выращивая растения в темноте, можно наблюдать появление боковых корней на поверхности земли.

Геотропизм

Геотропизм называется способность растительных органов принимать определённое положение по отношению к вертикальной линии. *Положительно-геотропическими органами будут корни, а отрицательно-геотропическими — стебли.*

Обнаружить отрицательный геотропизм стеблей можно следующим простым опытом. Цветочный вазон с бальзамином (или с другим растением) ставим в тёмное помещение в горизонтальном положении. Через несколько дней обнаруживается геотропический изгиб: стебель направляет свой рост от земли. Опыт с геотропизмом стеблей можно воспроизвести так, как показано на рисунке 311.

Положительный геотропизм корней можно легко обнаружить путём прикрепления во влажной камере в горизонтальном положении проросших семян гороха или конского боба. Корни изгибаются верхушкой вниз (рис. 312).

Опыты по наблюдению за направлением роста корней и стеблей на вращающемся колесе, а также наблюдения за ростом растений на клиностате (рис. 313) с несомненностью доказывают, что явление геотропизма обуславливается земным притяжением, сила которого является направляющей силой для растущих органов.

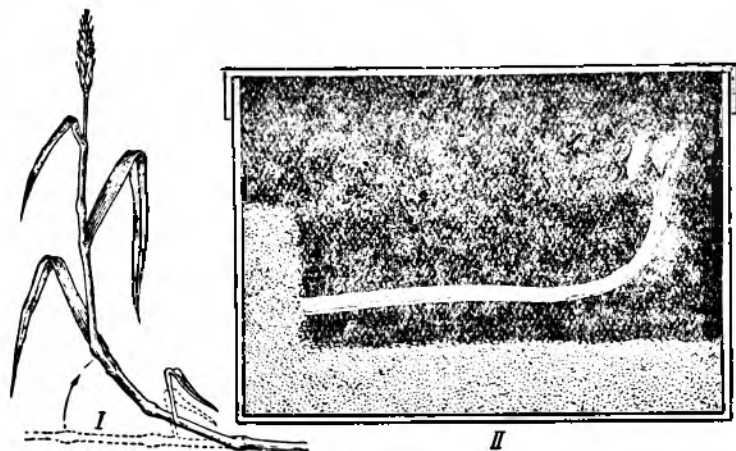


Рис. 311.

I — отрицательный геотропизм стебля; поднятие соломины элана благодаря возобновлению роста и искривлению в узлах; *II* — отрицательный геотропизм стебля фасоли, воткнутого во влажный песок в цинковом ящике.

Если проростки семян поместить на вертикальное быстро вращающееся колесо, позаботившись об их увлажнении и благоприятной температуре, то можно скоро заметить, что корни начинают расти по направлению действия центробежной силы, т. е. от колеса, а стебельки — против её действия, т. е. к центру колеса.

С помощью прибора клиностата, медленно вращая вокруг оси горизонтально положенные проростки, можно легко показать, что всякие изгибы корней и стеблей прекращаются, так как сила земного притяжения в этом случае действует попеременно то на одну, то на другую сторону органа. Клиностат состоит из металлической оси, медленно вращающейся при помощи часового механизма. Ось может быть поставлена в горизонтальном или вертикальном положении. Клиностатом можно воспользоваться также для устранения гелиотропических изгибов. С этой целью клиностат устанавливается так, чтобы вращающаяся ось была расположена строго вертикально. Медленное вращение растения вокруг вертикальной оси устраняет гелиотропические изгибы, даже если клиностат установить в гелиотропической камере против открытого отверстия.

Наблюдения показывают, что геотропические изгибы корней и стеблей происходят в местах наиболее сильного роста и происходят вследствие неравномерного роста при горизонтальном положении верхней и нижней сторон органа. Поэтому большая часть растений, упавших в поле от бури или других причин, может подняться лишь в верхней своей растущей части, и только злаки, обладающие вставочным ростом и стеблевыми узлами, при полегании поднимаются почти на всём протяжении стебля, так как узлы соломины начинают сильно расти на нижней своей

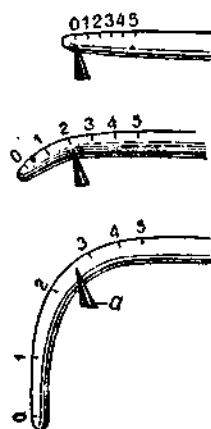


Рис. 312. Геотропический изгиб корня (корень проростка *Vicia faba*).

Сверху — корень, первоначально росший прямо вниз, положен горизонтально и на нём нанесены черточки тушью. Ниже — корень по истечении 7 часов. Ещё ниже — тот же корень через 10 часов, снова принявший вертикальное положение: а — неподвижный указатель.

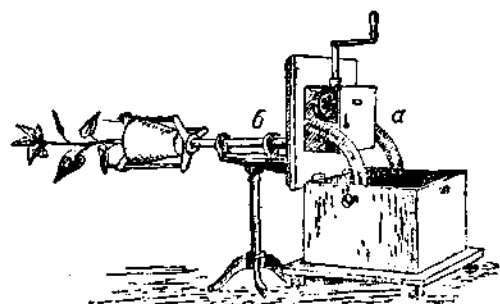


Рис. 313. Клинолат для изучения геотропизма и гелиотропизма растений:

а — часовой механизм с сильной пружиной приводящий в медленное вращение стержень б.

стороне и искривляться в виде колена. Геотропические изгибы состоятся: 1) из раздражения определённых клеток действием силы тяжести, 2) возникновения в этих клетках возбуждений, 3) передачи возбуждения в зону наиболее сильного роста и 4) реакции в виде геотропического изгиба, т. е. из тех самых процессов, на которые мы указали и в случае фототропизма. Клетки, чувствительные к геотропическим раздражениям, сосредоточены в корнях в самом конце а именно — в корневом чехлике, что легко доказывается путём лёгкого повреждения кончика корня, после чего горизонтально положенные корни не дают геотропических изгибов.

На корни и стебли, как и на все земные тела, действует постоянная сила земного притяжения. Эта сила играет направляющую роль при росте органов растения. Корни и стебли активно совершают геотропические изгибы, на что указывают тяжесть стеблей и способность корней раздвигать частицы почвы. Земное притяжение является лишь освобождающей причиной или раздражителем, а энергия для геотропических изгибов доставляется самим корнем, обладающим энергичным дыханием и способностью расти неравномерно той и другой стороной.

Гидротропизм и другие тропизмы

Кроме фототропизма и геотропизма, растения обладают г и д р о т р о п и з м о м, т. е. способностью направлять свой рост в зависимости от условий влажности почвы (рис. 314).

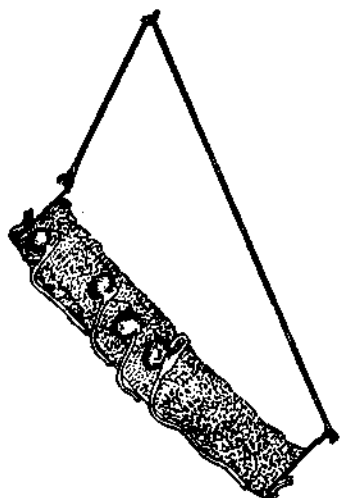


Рис. 314. Гидротропические изгибы корней.

Корни семян, проросших во влажных опилках, изогнулись и прижались к влажной поверхности. Опилки насыпаны в решето, подвешенное в наклонном положении.

Под х е м о т р о п и з м о м подразумевают способность растений направлять свой рост в зависимости от питательных веществ. Так, распространение корней в почве происходит в зависимости от распределения в ней питательных веществ; рост грибных гиф идёт по направлению к источнику питания их, например, к тканям листа, через устьица и т. п.; рост пыльцевых трубок идёт по столбику к зародышевому мешку семяпочки.

Под т е р м о т р о п и з м о м подразумевают изгибы растений по направлению к оптимальной температуре. Это явление можно наблюдать на корнях при проращивании семян в опилках, насыпанных в металлический ящик, слегка подогреваемый с одного конца, а также в природной обстановке на высоких горах, где можно встретить стелющиеся стебли кустарников, прижимающихся к земле вследствие уклонения от ночного охлаждения, вызываемого сильным лучеиспусканием.

Т р а в м о т р о п и з м о м называется свойство корней давать изгибы при поранениях; а э р о т р о п и з м о м называется рост корней при недостатке воздуха в сторону проникновения воздуха.

Движения вьющихся и лазающих растений

С этими растениями мы ознакомились выше (глава IV) и помним, что они характеризуются слабым стеблем, требующим для себя посторонней поддержки.

Верхушка стебля вьющегося растения, например хмеля, изменяет своё положение в пространстве, описывая всё время вьющиеся, так называемые круговые, нутационные движения вследствие неравномерного роста сторон стебля.

Круговыми, нутационными движениями обладают вообще все растения, но большая часть из них в столь слабой степени, что подметить их без точных приборов крайне трудно; у вьющихся же растений они достигли своего максимального развития.

Встретив какую-либо подпору, стебель вьющегося растения обвивается вокруг неё, продолжая свои нутационные движения. Сперва обвившийся стебель неплотно прилегает к подпоре, но затем спираль стягивается, наподобие змеи, вследствие отрицательного геотропизма и вытягивания стебля. Мы упоминали, что одни стебли завиваются по ходу солнца (хмель), в то время как другие — против хода солнца (фасоль, вьюнок, повилика).



Рис. 315. Усики или прицепки перестулия (*Bryonia alba*) в различных стадиях прикрепления к подпорке:

а — а — подпорка, б — молодой нерасправившийся усик, в — расправляющийся усик, г — усик зацепился за подпорку, д — усик образовал спираль (пружинку).

Нежные усики лазящих растений, к которым относятся многие тыквенные, а также многие бобовые и виноград, вследствие вращательных движений (нутаций), наталкиваются на подпоры, а затем в качестве реакции на раздражение дают резкий изгиб, с помощью которого они зацепляются и начинают скручиваться в виде пружины. В конце концов получается эластическое прикрепление растения к подпоре, с помощью которого растение качается, но не отрывается от подпоры при самых сильных порывах ветра (рис. 315). Чувствительность усиков весьма велика и во многих случаях превосходит чувствительность животных. Интересно, что к каплям воды усики совершенно нечувствительны, в то время как от прикосновения нежного волоска усик может дать изгиб.

Временные прикосновения к усикам твёрдого предмета дают лишь временный изгиб, который затем выправляется.

Восприятие раздражений у некоторых усиков достигается с помощью особых приспособлений в виде пор в наружной оболочке клеток, заполненных цитоплазмой, а иногда снабжённых ещё кристалликами щавелевокислого кальция. Эти приспособления располагаются только на брюшной стороне усика, обладающей наибольшей чувствительностью, в то время как на спинной стороне усика они отсутствуют.

К ростовым движениям относятся также движения растений, называемые «сном цветков». Это явление нельзя смешивать со сном животных, так как это лишь образное название, не имеющее ничего общего с психической деятельностью.

«Сон цветков» и «сон листьев»

«Сон цветков», т. е. замыкание с последующим раскрытием околоцветников, вызывается изменением температуры (тюльпаны, шафраны и др.) или сменой интенсивности освещения (одуванчик, табак, кушника, сон-трава, тыква и др.).



Рис. 316. «Не тронь меня», или «стыливая мимоза» (*Mimosa pudica*), из семейства мимозовых:

А — экземпляр в спокойном состоянии; Б — тот же экземпляр в состоянии раздражения, после лёгкого встряхивания.

У одних растений цветки замыкаются на ночь, но иногда, наоборот, цветки, опыляемые ночными насекомыми (табак, дурман), днём бывают закрыты, а на ночь широко раскрываются.

Такие ночные цветки обычно имеют белый цвет и сильный аромат. «Сон листьев» чаще бывает связан с изменением тургора клеток, находящихся в сочленениях листьев. Подобного рода движения листьев особенно развиты у бобовых растений и ближайшей причиной их является одновременное воздействие колеблющейся температуры и изменяющейся силы света.

Наибольшего развития тургорные движения достигли у **мимозы** (*Mimosa pudica*), до сих пор являющейся наиболее ярким примером движения растений (рис. 316).

Движения мимозы

Мимозу легко можно вырастить из семян на окне, в цветочном вазоне. Перистосложные листья мимозы складываются не только на ночь, но и при всяком лёгком к ним прикосновении. Общий черешок листа при этом опускается. Распространён этот кустарник в тропических странах, где часто бывают страшные ливни. От первых же капель дождя нежные листочки складываются, черешок опускается, и крупные капли дождя не причиняют вреда, а свободно скатываются на землю. Кроме того, возможно, что мимоза отпугивает таким путём бесполезных для неё насекомых, которые могли бы повредить нежные листья. На ночь листья мимозы также складываются и опускаются.

Наиболее чувствительными местами у мимозы являются нижняя сторона сочленений и кончики листочков.

Сложившиеся от раздражения листья через некоторое время снова расправляются. Если мы будем раздражать конечный листик одного из сложных листьев, прижигая его зажигательным стеклом, то заметим, как передаётся раздражение по растению: сперва сложится первая пара листочков, затем вторая, третья и т. д. и, наконец, весь черешок упадёт. Если раздражение было сильное, то оно распространится и на другие листья, листочки которых начинают складываться поочерёдно, начиная от основания листа. Чувствительность мимозы находится в зависимости от внешних условий (температуры, влажности и др.). На некоторое время можно совершенно уничтожить чувствительность, если подвергнуть

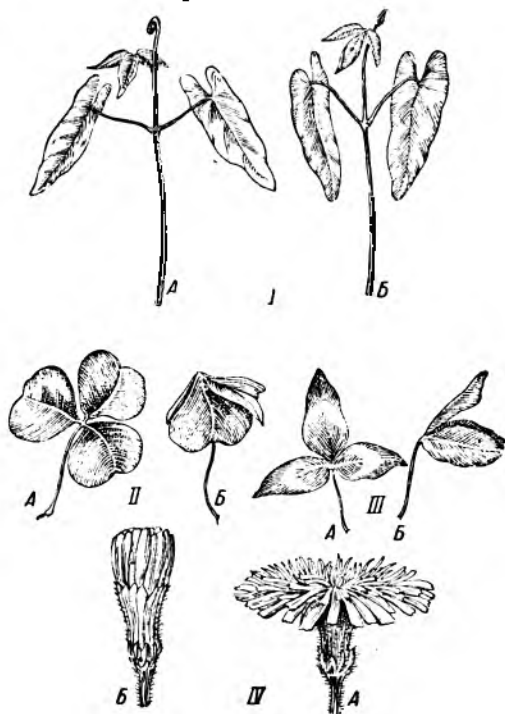


Рис. 317. Дневное (А) и ночное (В) положение листьев и соцветий:

I — молодых экземпляров фасоли; II — нислицы; III — клевера; IV — кульбабы (*Leonodon hastilis*).

мимозу непродолжительному действию паров эфира или хлороформа.

Скорость передачи раздражения у мимозы достигает до 10 см в секунду. Эта скорость передачи раздражения хотя и велика, по сравнению с другими растениями, но ничтожна, по сравнению со скоростью передачи раздражений у животных (например, у лягушки до 28 м в секунду).

Раздражение листьев мимозы передаётся в сочленение, имеющее у мимозы вид короткого валика. Опускание черешков листьев происходит оттого, что при раздражении часть воды из клеточных вакуолей выходит в межклеточные пространства. Вследствие этого уменьшается тургорное давление и происходит заметное сокращение в длину нижней стороны сочленения, а в результате происходит опускание черешков. Вопрос о путях передачи раздражения по всему растению остаётся ещё невыясненным. Есть предположение, что плазмодесмы (см. стр. 51) в этой передаче играют определённую роль.

Движения растений, вызываемые раздражителями, не имеющими определённого направления, например, утренним расклетом и вечерними сумерками, изменениями температуры или, наконец, общими сотрясениями, называются в физиологии растений *н а с т и я м и*. К ним относятся «сон растений», движения мимозы и другие подобные движения (рис. 317).

Особенного *р а з в и т и я* движения достигают среди простых растений, где они принимают часто форму свободных перемещений, но об этом мы уже говорили при рассмотрении этих растений в курсе систематики.

Кроме того, есть ещё так называемые *г и г р о с к о п и ч е с к и е* движения, свойственные отмершим частям растений, например сухим плодам, происходящие вследствие *и з м е н е н и я* влажности воздуха. О таких растрескивающихся, самораскрывающихся и самозарывающихся плодах мы говорили при изучении плодов.

Глава XVIII

ТЕОРИЯ СТАДИЙНОГО РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

1. СТАДИИ РАЗВИТИЯ

Жизненный цикл развития растений заключается в том, что они последовательно проходят через ряд стадий, отличающихся друг от друга не только тем, что в течение всего этого времени происходит количественное нарастание растительной массы, но и появлением глубоких качественных отличий. Теория стадийного развития растений и практические приёмы яровизации растений разработаны акад. Т. Д. Лысенко. В начале предыдущей главы мы отметили, что *р о с т* растений и *р а з в и т и е* растений — явления не тождественные. Вырастающая на культурном и хорошо

обработанном поле пшеница сильно отличается от той, которая вырастает на уплотнённой и необработанной земле из случайно упавших при посеве зёрен. Если первая достигает 200 см высоты и имеет по 60—80 зёрен в колосе, то последняя едва достигает 10—15 см высоты и в её колосе созревает по 1—2 щуплых зерна. Так как продолжительность жизни тех и других растений может быть одна и та же, то мы можем сказать про высокие растения, что они хорошо росли и хорошо развивались, и про низкие, что они развивались одновременно с первыми, но плохо росли и потому дали ничтожный урожай.

Теперь представим себе озимую рожь или озимую пшеницу, посеянные весной на плодородной почве. Растения хорошо взойдут, будут куститься, масса их будет сильно увеличиваться в течение лета, но фаза стеблевания, колошения и созревания не наступит. Про эти растения мы можем сказать, что они хорошо росли, но задержались в своём развитии.

Посев весной яровых хлебных злаков, при благоприятных условиях, отличается от весеннего посева озимых тем, что вслед за кущением у них наступает фаза стеблевания, колошения, цветения и созревания. Про такие растения мы можем сказать, что они хорошо росли и хорошо развивались.

В своём развитии озимые растения отличаются от яровых лишь тем; что для перехода от кущения к стеблеванию первые требуют более низкой температуры и длительного воздействия её на растения, хотя, как мы увидим дальше, непродолжительное действие низких температур на прорастающие семена может ускорить развитие яровых.

Из приведённых выше примеров можно понять, что под ростом растений подразумевается увеличение веса и объёма растения, находящегося на той или иной стадии своего развития. «Под стадиями развития семенного растения необходимо понимать не образование (развитие) различных органов и частей растения, а качественно переломные моменты и этапы, характеризующиеся и обуславливающиеся прежде всего сменой требований, предъявляемых развивающимся растением к условиям внешней среды.

Требование (включая ассимиляцию) относительно определённых условий, а также смена этих требований в процессе индивидуальной жизни растения обусловлены всей предшествующей родовой, видовой и сортовой историей данного в каждом отдельно разбираемом нами случае зародыша семени»¹ (рис. 318).

В своём развитии растение претерпевает несколько стадий. На основании опытов Т. Д. Лысенко установил пока две стадии (два этапа) развития растений, качественно совершенно различные. Одна стадия названа им с т а д и е й я р о в и з а ц и и, которая проходит или в то время, когда растения находятся в состоянии

¹ Акад. Т. Д. Лысенко. Агробиология. Теоретические основы яровизации, М., 1948.

кушения, или может наступить ещё в то время, когда зародыш семени трогается в рост. Для прохождения этой стадии требуется определённое сочетание влажности, температуры и доступа воздуха. При отсутствии подходящего сочетания условий рост растений может происходить, а развитие, приводящее к плодоношению, не произойдёт. Только после прохождения стадии яровизации может наступить следующий этап в развитии растений, который акад. Лысенко назвал световой стадией развития.



Рис. 318. Хлопчатник. Растения выращивались в разных условиях. Растения правого вазона медленно росли и быстро развивались, образовав цветы и коробочки. Растения среднего вазона быстро росли и быстро развивались, образовав цветы и коробочки. Растения левого вазона быстро росли, но медленно развивались; они ещё не готовы к образованию бутонов и цветков (по Т. Д. Лысенко).

На этой стадии развития продолжительность дневного освещения в сочетании с другими условиями также производит (как и в стадии яровизации) качественные изменения клеток в точках роста, которые затем передаются всем вновь образующимся клеткам растения. Только при прохождении растением стадий развития в последовательном порядке наступает плодоношение.

Своими опытами Т. Д. Лысенко установил, что «световая стадия, непосредственно идущая после стадии яровизации, у хлебных злаков лучше всего проходит в условиях непрерывного освещения или, по крайней мере, при удлинённом дне в комплексе с другими факторами (температура, влажность, воздух)».

На скорость роста и развития растений оказывают влияние как внутренние особенности различных растений, так и внешние

факторы: влажность, свет, тепло, воздух и питательные вещества (минеральные соли). Все факторы роста нужны растению для прохождения стадий развития в определённом сочетании между собой и потому все они являются безусловно необходимыми и незаменимыми один другим. Так, для прохождения стадии яровизации требуется для каждого вида и для каждого сорта определённое сочетание влаги, тепла и доступа воздуха; для прохождения следующих стадий развития, приводящих к плодоношению и созреванию семян, требуется комплекс необходимых условий, в которых продолжительность суточного освещения играет решающую роль.

Изучая взаимодействие растения и среды и изменяя сочетание внешних условий, можно влиять на длину вегетационного периода и ускорять или замедлять прохождение растением отдельных стадий развития. Акад. Т. Д. Лысенко нашёл способы изменения продолжительности развития и изучил влияние комплекса внешних условий на многие виды и сорта растений. Он доказал, что *«существующие в природе сорта пшеницы, а также ржи и ячменя не разграничены на резко обособленные группы: одну озимую и другую яровую. Они связаны переходными рядами от более озимых к менее озимым, т. е. яровым. Озимые формы, будучи представлены соответственно подобранным рядом сортов, постепенно переходят в яровые и, наоборот, яровые — в озимые»*.

Однако в конкретных условиях определённого района деление сортов растений на яровые и озимые необходимо и рационально, так как практики сельского хозяйства должны точно знать, осенью или весной нужно сеять данный сорт.

Исходя из положения, что *«стадию яровизации, без прохождения которой невозможен переход злаков к плодоношению, растения могут проходить не только в поле, будучи в зелёном виде, но и в семенах с едва тронувшимися в рост зародышами»*, акад. Лысенко нашёл способы воздействия на посевной материал, с помощью которых стало возможным управление ростом и развитием сельскохозяйственных культур.

2. ЯРОВИЗАЦИЯ РАСТЕНИЙ

Низкие зимние температуры, которым подвергаются озимы, являются благоприятным фактором для их дальнейшего развития, закаливающегося плодоношением. На яровые злаки временное похолодание в период прорастания также действует благоприятно, так как развитие их ускоряется и происходит более раннее плодоношение. Разбирая вопрос о стадиях развития растений, мы указали, что условия внешней среды оказывают влияние на рост и развитие растений: растения могут быстро расти и медленно развиваться, т. е. переходить из одной стадии развития в другую; растения могут медленно расти и быстро развиваться, т. е. быстро созревать, и, наконец, быстро расти и быстро развиваться.

Условия внешней среды, необходимые растениям для роста и для прохождения стадий развития, не всегда являются одинаковыми. Точное знание этих условий даёт возможность с помощью специальных приёмов заставить растения развиваться с нужной для нас быстротой, задерживая или ускоряя рост растения.

Высевая весной озимые растения (пшеницу, рожь, рапс, вику и др.), можно заставить плодоносить их лишь в том случае, когда вместо охлаждения, которому подвергаются озимы зимой, подвергнуть предварительному охлаждению тронувшиеся в рост семена. *Приём предпосевого охлаждения набухших и тронувшихся в рост семян был назван яровизацией, так как озимые растения при этом как бы превращаются в яровые.* Выше мы указали, что под яровизацией подразумевается также прохождение растением определённой стадии развития, без которой не могут наступить следующие стадии, приводящие в конце концов к плодоношению. Для прохождения растением стадии яровизации требуется воздействие соответствующей температурой в сочетании с определённой влажностью и доступом воздуха в течение определённого времени. Для озимых пшениц в начале яровизации посевной материал необходимо равномерно увлажнить (37 весовых частей воды на 100 частей семян). При температуре 5—10° зерно трогается в рост приблизительно через 2—3 дня. Когда примерно 5% зерна наклюнется, зерно подвергается охлаждению от +2 до 0° и выдерживается при этой температуре 35—50 дней, в зависимости от сорта. Столь длительное охлаждение набухших семян производит качественные стадийные изменения в клетках первичной образовательной ткани зародыша семени, вызывающие к жизни те клетки и ткани, из которых образуются впоследствии стебель, колос, цветки и плоды.

Стадийные изменения передаются только от материнских клеток к дочерним, но не передаются ранее образовавшимся клеткам.

Если яровизация протекала при соблюдении всех правил, выработанных на основании опытов, то при раннем посеве яровизированных семян озимые растения успешно проходят следующие стадии развития и, развиваясь как яровые, дают урожай в конце лета (рис. 319).

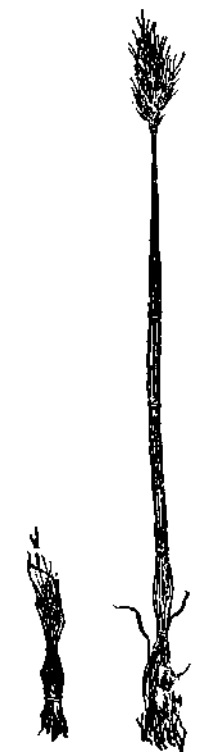


Рис. 319. Весенний посев озимой пшеницы «Украинка»: слева — несаровизованными семенами; справа — яровизованными. Растения первого снопка не могли пройти стадии яровизации и не дали выколашивающих (по Т. Д. Лысенко).

Вскоре же после открытия яровизации озимых растений было доказано, что «я р о в и з и р о в а т ь» можно не только озимые хлеба, но и яровые, а также кукурузу, подсолнечник, хлопчатник, кенаф, сою, просо, люпин, картофель и другие растения.

Большое значение имеет яровизация семян люпина, клубней картофеля и сортов яровой пшеницы. В практике особенно широко проводится яровизация сортов яровой пшеницы.

Посев яровизированными семенами ускоряет развитие растений. Разумеется, методы яровизации будут особые не только для каждого вида растений, но даже для каждой группы сходных между собой сортов. Так, например, для позднеспелых яровых твёрдых пшениц на 100 весовых частей сухих семян берут 33 части воды. Температура в середине кучи семян во время яровизации должна быть не ниже 2—3° и не выше 5°. Срок яровизации равен 10—15 дням. Раннеспелые сорта подвергаются меньшему увлажнению (на 100 весовых частей зерна 31 часть воды). Температура в посевном материале во время яровизации должна быть не выше 8—10° и не ниже 5°. Яровизация проводится за 3—6 дней до посева.

Яровизация является одним из основных приёмов агротехники, широкое применение которого имеет целью повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Яровизация ускоряет вызревание различных культур и способствует введению новых культур и продвижению их на север. Особо важное значение яровизация имеет как средство борьбы с засухой. В южных и юго-восточных районах СССР яровые зерновые хлеба часто страдают от суховея, которые особенно опасны в период цветения и молочной спелости хлебов. В несколько дней посевы гибнут или снижают качество зерна. Ускоренное развитие посевов пшеницы, иногда на 3—5 дней, помогает им уйти от суховея и спасает от гибели. Урожай яровизированных посевов повышается на 1—2,5 ц с гектара, по сравнению с неяровизированными, а в отдельных колхозах повышаются на 6 ц и больше.

Впервые в производственных условиях приём яровизации был применён в 1932 г. на площади в 48 000 га, а накануне Великой Отечественной войны он применялся уже на площади в 14 млн. га.

Растения южного происхождения (хлопчатник, соя, просо, кукуруза) для прохождения стадии яровизации нуждаются в повышенных температурах (от 20 до 30°). Однако, как уже упоминалось, для прохождения стадии яровизации, растения, кроме соответствующей температуры, нуждаются в достаточном доступе кислорода воздуха и в соответствующем увлажнении.

Опираясь на теорию стадийного развития растений, акад. Лысенко стал применять приём летних (в начале июля) посадок картофеля, при которых развитие клубней совпадает с прохладным осенним периодом. Соответствующей обработкой почвы к моменту посева в почве накапливается достаточное для прорастания картофеля количество влаги. Приём летней посадки семенного картофеля широко распространился на юге. С помощью этого приёма

удалось избавиться от вырождения картофеля, постоянно наблюдавшегося на юге СССР. Вырождение картофеля, т. е. старение тканей растения, связано со стадийными изменениями, которые происходят в тканях клубней при высоких температурах в момент развития последних на растениях, а также в момент пробуждения почек во время лёжки клубней под кустами в поле и во время зимнего хранения. Посадка картофеля такими вырожденными клубнями всегда приводит к отрицательным результатам; вот почему для получения хороших урожаев приходилось привозить посадочный материал из северных районов, где картофель не подвергался вырождению. Применение на юге летних посадок такого невыродившегося картофеля дало возможность колхозам выращивать свой невырождающийся посадочный материал, от которого можно получать хорошие урожаи.

3. СВЕТОВАЯ СТАДИЯ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

Учёные производят много опытов по изучению влияния на различные растения соотношения между продолжительностью дня и ночи. Методика этих опытов заключается в том, что вагонетки с подопытными растениями, выращиваемыми в ящиках и сосудах, в определённые часы дня вкатываются в тёмные домики (или прикрываются тёмными чехлами), где и остаются до определённого часа следующего дня. Таким образом можно искусственно укорачивать день до определённого числа часов. С другой стороны, удлинение дня достигается путём добавочного освещения испытываемых растений сильными электрическими лампами. Оказывается, что растения по-разному реагируют на сокращение дня, а именно: растения южных стран (особенно тропические) по большей части требуют для своего нормального развития короткого дня; растения же умеренного климата для нормального развития требуют более длинного дня. Так, соя, фасоль, просо, сорго, рис, кукуруза, табак, хлопчатник, подсолнечник и хризантема зацветают тем скорее, чем короче день и чем длиннее ночь. Эти растения, по происхождению своему преимущественно тропические, называются растениями короткого дня. Такие растения при удлинении дня развивают большую вегетативную массу стеблей и листьев, но плохо зацветают или совсем не зацветают (рис. 320). Растения короткого дня при культуре на севере, где продолжительность летнего дня большая, дают большую зелёную массу, но задерживаются в цветении и не успевают созреть. Многие южные растения (кукуруза, подсолнечник) в более северных районах приобретают значение как силосные культуры.

Такие растения, как пшеница, овёс, ячмень, а также мак, редис и др., относятся к растениям длинного дня. Увеличивая продолжительность дня путём добавочного электрического освещения, можно ускорить наступление цветения и созревания их и, наоборот, сокращая день путём вкатывания вагонеток в тём-

ные домики, можно получить сильное развитие вегетативной массы, но оттянуть их цветение и созревание.

Продолжительность освещения растений играет важную роль при образовании подземных органов: клубней, луковиц, корневищ. Короткий день способствует развитию зелёных листьев лука, в то время как на длинном дне лучше развиваются луковицы.

Выше было указано, что для нормального развития растения должны пройти световую стадию развития. Так называемые растения короткого дня (просо, фасоль, соя и др.) проходят световую стадию развития в темноте, а потому для них необходима периодическая смена света темнотой. Свет для этих растений нужен только для питания, т. е. для ассимиляции углерода. Растениям длинного дня (пшенице, овсу, ячменю и др.) свет нужен не только для ассимиляции, но также и для прохождения световой стадии, без которой не может наступить плодоношение. Этим объясняется, почему первые растения (короткого дня) не могут пройти световую стадию развития при непрерывном освещении, а вторые растения (длинного дня) при этом условии проходят её быстрее и ускоряют процесс плодоношения.

Такие хлебные злаки, как пшеница, овёс, ячмень, проходят световую стадию развития лишь во время кушения, когда развивается зачаточный колос и когда закладываются цветочные органы. Вот почему, в противоположность стадии яровизации, у этих растений прохождение световой стадии нельзя вызвать в то время, когда растения находятся ещё в фазе прорастающих семян.

Изменять продолжительность дневного освещения растений возможно в период выращивания рассады растений, и эти приёмы входят в практику овощеводства.

Теория стадийного развития лежит в основе направленного изменения наследственной природы растений. Причиной всех изменений является изменение типа питания растений, типа ассимиляции и обмена веществ. В настоящее время разработаны методы превращения озимых растений в яровые. Например, озимую пшеницу заставляют первые 40—45 дней развиваться при пониженных



Рис. 320. Кукуруза. Посев в Одессе в 1931 г. Растения не смогли пройти световую стадию (в условиях Одессы день слишком длинен для этих растений). Растения достигли 3 м высоты и не имели зачаточных органов плодоношения. Сорт данной кукурузы — тропического происхождения (по Т. Д. Лысенко).

повышенных температур (+10, +15°). Сперва процесс яровизации проходит при нормальных для озимого сорта условиях, а затем замедляется и заканчивается при условиях ненормальных для него. Наследственность озимого растения изменяется, и у растения появляется склонность проходить стадию яровизации при повышенной температуре. Получается потомство с неустойчивой наследственностью. В течение трёх-четырёх поколений таким способом из озимой формы получается устойчивая яровая форма.



Рис. 321. Высокоурожайная пестивая пшеница.

Яровизация яровых хлебных злаков нормально проходит при весенних температурах. Если же их яровизировать при пониженных температурах, то через два-три поколения они превращаются в озимые: у них появляется уже потребность в пониженных температурах для прохождения стадии яровизации. Этот приём нашёл уже практическое применение для превращения яровых мягких пшениц (вульгаре) в озимые формы. Даже твёрдую пшеницу (дурум), которая всегда культивировалась как яровая, в настоящее время удалось превратить в озимую. По этому поводу Т. Д. Лысенко в докладе «О положении в биологической науке» сказал: «Когда же приступили к превращению, перевоспитанию твёрдой пшеницы в озимую, то оказалось, что после двух-трёх-четырёхлетнего осеннего посева (необходимого для превращения ярового в озимое) дурум

превращается в вульгаре, т. е. один вид превращается в другой. Форма дурум, т. е. твёрдая 28-хромосомная пшеница, превращается в различные разновидности мягкой 42-хромосомной пшеницы, причём переходных форм между видами дурум и вульгаре мы при этом не находим. *Превращение одного вида в другой происходит скачкообразно*¹.

Получение озимых зимостойких форм пшеницы имеет громадное значение для продвигания их в суровые условия Сибири.

¹ О положении в биологической науке. Стенографический отчёт сессии Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина, 31 июля — 7 августа 1948 г. М., 1948, стр. 39.

На основе теории стадийного развития растений создано много приёмов (помимо указанных), повышающих урожай растений и улучшающих их качества, например, приём культуры проса, дающий высокие урожаи, чеканка хлопчатника, повышающая урожай и способствующая продвижению этой культуры в новые районы, и др. На основе этой теории получены сорта хлопчатника с окрашенным волокном, высокоурожайные сорта пшениц (ветвистая — рис. 321 и др.) и множество других полезных сортов различных растений, о которых частично упоминалось во введении и в других местах курса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ботанику издавна относили к наукам, носящим общее название *Scientia amabilis*, т. е. любезная, милая, приятная наука. Теперь мы можем сказать, что эта наука вместе с тем и полезная наука.

На занятиях по ботанике мы познакомились со многими сторонами жизни растений, с вопросами физиологии растений, со многими видами, родами и семействами растений.

Мы всегда должны помнить, что растение — живой организм, беспрестанно находящийся во взаимодействии с окружающей его средой, что растение строит себя из условий окружающей среды, что растения и животные произошли естественным путём от общих отдалённых предков и образуют единую живую природу.

Мир растений и животных бесконечно разнообразен, и организмы находятся между собой в чрезвычайно сложных взаимоотношениях.

В процессы жизни организмов вмешивается человек, который стремится подчинить себе природу. Мы изучили ботанику; теперь уместно спросить, какую же роль могут играть эти знания в дальнейшем образовании агронома, в его будущей деятельности?

Знания по ботанике, по физиологии растений нужны прежде всего для изучения вопросов земледелия, почвоведения, генетики, селекции и семеноводства, для изучения растений полевой культуры, овощных растений, плодовых, кормовых, луговых, сорных, а также растений, используемых для лесопосадки.

Агрономы со средним и высшим образованием навсегда связали свою жизнь с растениями и потому должны хорошо знать ботанику, так как эти знания нужны им в их практической агрономической деятельности.

В нашей стране каждый колхозник изучает вопросы жизни растений, так как они связаны с сельскохозяйственным производством, в котором он принимает самое непосредственное участие. И прежде всего агроном снабжает его этими знаниями, а потому агрономы сами должны в достаточной степени обладать знаниями о жизни растений.

Ботанические знания у нас теперь имеют не только общеобразовательное значение, они служат не только для расширения умственного кругозора; они получили большое практическое значение и специальное — агрономическое.

Еще К. А. Тимирязев указывал, что как только произносится «слово *урожай*, натуралист начинает чувствовать почву под ногами, так как его задача к тому и сводится, чтобы определить условия урожая, причину недорода и средства борьбы с этой невзгодой»¹.

В чем же связь ботанических знаний с сельскохозяйственным производством?

Умение получить с определённой площади земли максимальный урожай различных продуктов основано на знании законов жизни растений, которые разрабатываются в физиологии.

Мы не можем еще сказать, что ботаника и физиология растений дают нам вполне законченные знания. В процессе дальнейшего развития эти знания будут уточняться, совершенствоваться и давать нужные ответы на вопросы социалистического земледелия. *Знать то полезное, что добыто наукой, необходимо для умения получать максимальный урожай с полей совхозов и колхозов.*

Припомним кратко те главнейшие вопросы, которые мы изучили.

Из клеток и тканей построены органы растений и весь организм в целом. В клетках, содержащих в себе живое вещество — протоплазму, ядро и пластиды, создаются разнообразные органические вещества — основа будущего урожая. Из размножившихся клеток развиваются ткани, выполняющие в растении различные функции. Изучение органов растения показывает, что разветвлённые корни приходят в тесное соприкосновение с почвой и извлекают из неё воду и необходимые минеральные вещества. Мы узнали, что корни и почва находятся в тесном взаимодействии между собой: от почвы, от состава её солей, от её структуры зависит развитие корней и всего растения; корни в свою очередь влияют на выветривание горных пород, создают физическую структуру почвы, накапливают в ней запасы питательных веществ. Применение удобрений — одного из факторов урожая основано на знании законов минерального питания. Правильное понимание «круговорота азота в природе» способствует сохранению нитратов в навозе и в почве.

Изучение бобовых растений, как азотсобирателей, приводит к выводу о необходимости широкого их введения в севообороты.

Изучение побегов и стеблей даёт нам представление о причинах движения соков в растении, о разнообразных метаморфозах побегов и подготавливает к восприятию специальных знаний о

¹ К. А. Тимирязев. Земледелие и физиология растений. М., Сельхозгиз, 1948, стр. 44—45.

вегетативном размножении, о прививках, о формировании кроны дерева и защите коры от повреждений.

Изучение побегов и листа говорит нам о необходимости создания обширной зелёной листовой поверхности у растений, в которой, с помощью световых лучей, создаётся будущий урожай. Лист — орган, способный легко видоизменяться и выполнять различные жизненные функции, из которых главнейшими являются фотосинтез и транспирация (испарение воды). Знание условий, благоприятствующих фотосинтезу, помогает агроному и колхознику в борьбе за урожай. Знание условий транспирации растений помогает им вести борьбу с вредным влиянием засухи, создавать систему мер борьбы за сохранение влаги, за получение устойчивых урожаев.

Все вопросы, связанные с размножением растений, также имеют непосредственное отношение к сельскохозяйственной практике. Вегетативное размножение, широко распространённое в природе и применяемое в практике совхозов и колхозов, основано на способности организмов восстанавливать утраченные органы, т. е. на способности к регенерации. При этом размножении наблюдается стойкая передача признаков от материнского к дочернему растению. Однако при изменившихся условиях окружающей среды растение может усваивать некоторые из этих условий и приобретать новые признаки, которые передаются потомству. Вопросы о прививках растений, о менторе тесно связаны с величайшим открытием мичуринской науки о возможности и необходимости передачи свойств от привоя к подвою и обратно и о получении вегетативных гибридов. Существование вегетативных гибридов — это одно из наиболее ярких доказательств, опровергающих лженаучную хромосомную теорию наследственности.

Цветение растений, опыление, оплодотворение и плодоношение непосредственно связаны с получением урожая. Нужно знать особенности полового размножения различных растений и условия, от которых зависит успех его. Только усвоив все эти особенности, можно будет понять вопросы половой гибридизации, расщепывание наследственности при половом процессе, направленное воспитание гибридных семян, применение перекрёстного опыления для повышения урожайности растений, наличие избирательной способности при опылении смесью пыльцы и многие другие вопросы, составляющие сущность советского творческого дарвинизма, как научной основы переделки природы растений, т. е. понять основы того, что составляет предмет дальнейшего изучения в курсах генетики, селекции и растениеводства.

В физиологии растений при изучении вопросов роста и теории стадийного развития растений даётся обоснование тех многочисленных приёмов воздействия на растения, которые применяются передовиками социалистического земледелия в целях

повышения урожайности различных культур. Эти достижения передовой агрономической науки и практики подробно изучаются в последующих за курсом ботаники дисциплинах и потому в ботанике мы лишь упоминали о некоторых из них, не вдаваясь в рассмотрение деталей.

Столь же тесную связь с сельским хозяйством имеют изученные нами вопросы систематики (бактерии, грибы, мхи, голо-семенные, покрытосеменные растения), а также элементы географии растений и растительные зоны Советского Союза. Даже водоросли и лишайники имеют связь с сельскохозяйственной деятельностью человека, о чем сообщалось в нашем курсе; кроме того, эти растения, так же как папоротникообразные, необходимо знать для понимания развития растительного мира на земле.

Советский строй создал все условия для быстрого развития науки в нашей стране и сделал науку доступной народу. В ботанике так же как и в других науках крупную, часто ведущую роль играли русские учёные. Советские учёные полностью закрепили за собой это ведущее положение. О многих из них мы упоминали в различных местах книги.

Победа мичуринской науки в нашей стране над реакционным учением вейсманистов-морганистов, тормозившим развитие науки, ведёт к расцвету наше сельское хозяйство, к изобилию сельскохозяйственных продуктов — одному из условий перехода от социализма к коммунизму. Мы теперь знаем, что путём воспитания растений, путём воздействия на них условиями внешней среды можно изменять наследственность организмов. Мы знаем, что необходимо изучить требования растительного организма при прохождении им стадий развития, необходимо удовлетворять его потребности соответствующим уходом, без чего нельзя получить высокий урожай. Мы знаем, что теория стадийного развития помогает разрешать целый ряд практических вопросов, связанных с получением высоких урожаев растений. Мичуринское учение, получившее свое дальнейшее развитие в трудах Т. Д. Лысенко и многочисленных мичуринцев, окончательно доказало, что растения (и животные) способны приобретать новые признаки и свойства под влиянием воздействия окружающей среды и передавать их по наследству. В отличие от учения вейсманистов-морганистов, мичуринское учение говорит нам о том, что человек может познавать причины изменчивости наследственной природы организмов, он может управлять развитием последних и создавать новые формы растений (и животных). Мичуринская наука стремится дать подлинное научное объяснение развития растений и стремится изменить последние в интересах человека. Растительные организмы изучаются в их развитии и во взаимодействии с окружающей средой.

Мичуринская агробиологическая наука прочно входит в практику совхозов и колхозов. Передовики сельского хозяйства —

преобразователи природы свой опыт получения невиданных в мире рекордных урожаев сельскохозяйственных растений распространяют на всё более и более обширные площади полей.

Крупнейшие открытия советских учёных в области биологии опровергают антинаучные утверждения буржуазной науки о непознаваемости природы растений. Наша наука твёрдо стоит на положении, высказанном товарищем Сталиным, что «... мир и его закономерности вполне познаваемы, что наши знания о законах природы, проверенные опытом, практикой, являются достоверными знаниями, имеющими значение объективных истин, что нет в мире непознаваемых вещей, а есть только вещи, ещё не познанные, которые будут раскрыты и познаны силами науки и практики»¹.

¹ История Всесоюзной Коммунистической партии (большевиков). Краткий курс, 1945, стр. 108 (Курсив наш).

УКАЗАТЕЛЬ ТЕРМИНОВ

А

Автогамия 169
 Автоклав 233
 Авотрофные (аутотрофные) р. 200, 204, 274
 Агар-агар 207, 223, 240
 Азот (азотистые вещества) 44, 469, 493, 495, 503
 Актиномицеты 244
 Актинорморфный цветок 157
 Алейроновые зёрна 63
 Алкалоиды 55, 473
 Альбинизм 477
 Амилаза 528
 Аммонификация (аммонизация) 230, 530
 Анабенин 224
 Анастомозы 133
 Анатомия 23, 27, 32
 Анафаза 67
 Анаэробы 228
 Андроец 34, 151, 158
 Анемофильные р. 151
 Антеридии 213, 276
 Антиподы 176, 180
 Антиоксиданты 236
 Автохлор 50
 Антоциан 55
 Апокарпный гнзисей 162, 303
 Апотеций 256, 274
 Апофиза 281
 Арсеп 25, 430
 Археогоний 201, 276, 298
 Археспорий 179
 Архимиды 247
 Аски 251

Аскоспоры 251
 Ассимиляты 526
 Ассимилирующая паренхима 81, 143
 Ассимиляция 4, 34, 70, 474—488
 Ауксанометр 543
 Ауксоспора 219
 Аэренхимная ткань 80
 Аэробы 228
 Аэротропизм 554

Б

Базидиомиды 257—270
 Базидиоспоры 257, 264
 Бактериозы 236
 Бактериология 225—240
 Бактериофаги 237
 Бактерия 225
 Белки 44, 65, 469
 Бентос 206
 Бесполое размножение 146
 Бесполое цветки 166
 Биарная номенклатура 203
 Большой период роста 542
 Ботаника 3, 22, 25, 567
 Ботанические сады 27, 30
 Брожения 232
 Бурые водоросли 219

В

Вакуоля 43, 54
 Вегетативная клетка 160, 180
 Вегетативное размножение 146, 569
 Вегетативные гибриды 20, 148
 Вегетативные органы 36
 Вегетационный метод 489
 Венчик 34, 155

Верхушечная почка 95, 102
 Ветвление стебля 111
 Ветроопыляемые р. 151, 160
 Вечнозелёные р. 125
 Вид (растения) 14, 19, 29, 37, 201
 Видоизменения листа 126
 Видоизменения побега 102, 126, 151
 Виды (формы) венчика 155
 » корни 85
 » листья 127
 » плоды 183
 » соцветий 166
 » стебля 99
 Виноградный сахар 54, 464
 Вирусы 237
 Витамины 472
 Влагалище листа 102, 134, 401
 Влагалище крахмалоносное 113
 Влагалище паренхиматическое 145
 Вместилища выделений 81
 Внутрисортное скрещивание 173
 Водные культуры 490
 » устьица 517
 Водоросли 204—225
 Волоски 143
 Восковой налёт 142
 Восходящий ток 77, 112, 513
 Вращательное движение 46
 Всыивающая зона 83, 88
 Вторичное ядро 176
 Вторичные изменения 93
 Вторичный крахмал 49, 63
 Выдувание посевов 526
 Вымоканье » 526
 Выпирание » 526
 Выпревание » 525
 Высшие р. 200

Г

Газообмен 479, 533
 Галофиты 53
 Гаметофит 283, 293
 Гаметы 21, 36, 149, 206
 Галлонидные ядра 69
 Гаустории 506
 Гелиотропизм 549
 Гель 60
 Гематокром 205, 215
 Гемияцеллюлоза 467
 Генеративная клетка 160, 180
 Говетка 16
 География растений 25, 430
 Геотропизм 551, 553
 Гермафродитные цветки 165
 Гетерогамия 206
 Гетеростилия 170
 Гетероталлизм 211
 Гетеротрофные р. 200, 226
 Гетерофиллия 136
 Гетеродисты 224

Гибрид 11, 20, 148, 174, 409, 413
 Гигроскопические движения 558
 Гигрофиты 432
 Гидротропизм 554
 Гидрофиты 433
 Гимениальный слой 258
 Гинейей 35, 151, 169
 Гликоген 224, 227
 Глюкоза 54, 464
 Глюкозиды 465
 Гниение 229
 Годичная периодичность 546
 Годичные слои (кольца) 120
 Голосменные р. 293—301
 Гонидии 274
 Гормогонии 224
 Грибница 244
 Грибы 243—271
 Губчатая ткань 137, 144
 Гуттация 517

Д

Дарвинизм 12, 17
 Движение веществ 513
 » протоплазмы 45
 » растений 548, 554, 557
 Двойное оплодотворение 177
 Двубратственные тычинки 41, 158
 Двудольные р. 42, 303
 Двудомные р. 166
 Двухлетние р. 98
 Дезинфекция 238
 Деление клеток 66, 541
 Денитрификация 231
 Делплазмолиз 57
 Диаграммы цветка 166
 Диастаз 528
 Диатомы 217
 Диатомовые водоросли 217
 Дикарион 251, 257
 Дисахариды 465
 Диморфная гетеростилия 171
 Диплоидные ядра 69
 Диссимилиация 21, 70
 Дихогамия 170
 Дихотомическое ветвление 111
 Дихотомические соцветия 168
 Дифференцировка клеток и тканей 541
 Диффузия 58
 Добавочное опыление 174
 Древесина (ксилема) 77, 92, 112
 Дробные плоды 183
 Друзы 64
 Дубильные вещества 54, 468
 Дупло 122
 Дыхание 6, 70, 533—538

Е

Естественный отбор 11, 19
 Естественная (филогенетическая) система 30, 200

ж

Желатин 239
Железистые волоски 143
Женский цветок 166
Живиды 81
Живое вещество 72
Живой организм 3
Жизнь клеток 70
Жилки листа 145
Жилкование 132
Жиры 467
Жолудь 185

з

Заболонь 122
Завиток 167, 168
Завязь 35, 161, 163
Закалка р. 525
Замкнутый пучок 113
Замыкающие клетки 138, 139
Запасная ткань 81
Зародыш 188, 193
Зародышевый мешок 176, 179
Заросток 290, 298
Засухостойчивость 522
Зерновка (зерно) 185, 192, 405
Зигота (зигоспора) 21, 149, 178, 206, 250
Зимаза 539
Зимостойкость 524
Зола 463
Золь 59, 60
Зонтик 167, 168
Зона тундр 438
» лесная 439
» степная 444
Зоны корня 83, 88, 89
Зооспора 206

и

Избирательная способность 173
Изменчивость 10, 19
Изогамия 206
Инверсия 465
Инвертаза 528
Индузиум 289
Интеркалярный рост 97
Интрамоллекулярное дыхание 538
Инулаза 528
Инулин 55, 466
Интина 160, 292
Искусственный отбор 10
Истинные плоды 183

к

Камбий 73, 80, 117
Камедь 54
Каменистые клетки 76

Капилляры 241
Кариокинез 66
Каротин 475
Карногон 223
Кишечник (стерилизатор) 238, 239
Кистевик 252
Кисть (соцветие) 166
Кладодия 107
Классификация р. 199
Клейковина 470
Клейстогамные цветки 169
Клейстокарпий 253
Клетка 27, 42—70
Клеточная оболочка 51
Клеточное ядро 43, 46
Клеточный сок 54
Клетчатка 52, 467
Клиностаг 552, 553
Клубень 86, 88, 106
Клубнички 41, 499
Клубеньковые бактерии 500
Кожица (эпидермис) 73, 138
Кожура 188, 192, 194
Колесопиле 193, 195
Колленхима 74
Колос 167, 168, 405
Колосок 403, 405, 408
Колбочка 107
Компасные р. 136
Конидии 349
Конкуренция 14
Конус нарастания 72, 89, 96
Концентрические пучки 119
Конъюгация 214, 215
Кора корня 91
» стебля 118, 121, 122
Корень 32, 82—93, 488—512
Корзинка 168, 383, 384, 387
Корка 74, 121, 123
Корневая шейка 32
Корневичок 104
Корневое давление 515
Корневой чехлик 89
» волосок 90, 91
Корнеобразующие вещества 147
Коробочка 36, 184
Костянка 186
Красные водоросли 319
Крахмал 61, 466, 482
Крахмалоносное влагалище 113
Крахмальные зёрна 61
Кристаллы 64
Крона 95
Круговорот азота 503
Ксантофилл 50, 475
Ксеногамия 169
Ксерофиты 432
Ксилема 77, 92, 112, 113
Кумарин 355, 473
Кутикула 53, 142

Л

Ламинарии 220
 Лейкопласты 48, 49
 Лепесток 34
 Либриформ 75
 Лигнин 53
 Лизигенное вместилище 81
 Липаза 529
 Лист 34, 123—125, 127—145, 401
 Листовка 184
 Листорасположение 109
 Листосложение 104
 Листовой рубец 102
 Листопад 127, 128, 485—486
 Листостебельные р. 36
 Лихения 272
 Лишайники 37, 271
 Лодиккули (пленочки) 403
 Ложнодихотомическое ветвление 111
 Ложные плоды 183
 » ткани 245
 Лопастные листья 123
 Луб (флоэма) 77, 92, 112
 Лубяные волокна 75, 122
 Луковицы 107
 Лупулин 313
 Люпин 473

М

Макроспора 180, 286, 292
 Макроспорангий 162, 286, 297, 302
 Мальтоза 466
 Масла (жиры) 64
 Маслянокислое брожение 233
 Материнские клетки 180
 Махровые цветки 152
 Медоносные р. 173
 Межквидовая и межродовая борьба 14
 Междоузлие 34, 95
 Межклеточное пространство 80
 Мезокарпий 186
 Мезофиты 433
 Мезофил 143, 144
 Мейоз 69
 Ментор (воспитатель) 20, 148, 175
 Меристема 72
 Метаморфоза (видоизменение) 84, 152
 Метёлка 167, 168, 413
 Метафаза 66
 Метельчатые злаки 413
 Механические ткани 74
 Микоризы 244, 511
 Микробиология 25, 28
 Микропиле 176
 Микросомы 44
 Микроспора 158, 292
 Микроэлементы 493
 Минеральные (золевые) вещества 463, 488

Митоз 66
 Мицелий 244
 Млечные сосуды 80
 Многолетние р. 95
 Мозаичная болезнь 237
 Молочнокислое брожение 232
 Моноподальное ветвление 105, 111, 166
 Моносахариды 464
 Морфология 22
 Мотыльковый венчик 41, 156
 Мочки 32
 Мочковатая система корней 85
 Мужской цветок 166
 Мумифицированные плоды 257
 Мхи 274—283
 Мякоть (основная паренхима) [80]
 Мясистые корни 86, 94
 Мясистые листья 126

Н

Название р. 203
 Насекомоядные р. 127, 509
 Наследственность 10, 19
 Насии 558
 Некроз 237
 Нектарники (нектар) 34, 155
 Низшие р. 37, 200
 Нисходящий ток 77, 112, 513
 Нитрификация 230, 231, 496
 Нуклеопротеиды 47, 470
 Мутационные движения (мутации) 554

О

Обвёртки 166, 168, 383, 387, 388
 Обоеполые цветки 165—166
 Оболочка клеточная 51
 Образовательная ткань 89, 97
 Обратственные тычинки 158
 Однодольные р. 42, 194, 394
 Однодомные р. 166
 Однолетние р. 97
 Однополый цветок 166
 Одревеснение 53
 Озимые р. 559, 561
 Окаймленные поры 78
 Окислительные ферменты 529
 Околоплодник 181
 Околоцветник 34, 154
 Оогамия 206
 Оогоний 200, 212, 221, 248
 Оплодотворение 36, 153, 176
 Опробковение 53, 91
 Опыление 36, 153, 168
 Органические вещества 4, 464
 » кислоты 468
 Органы р. 32, 36
 Орех 184

Ослизнение 53
Осмометр 59
Осмоз 58
Осмотическое давление 57, 59
Основная паренхима 80
Ость 408
Отбор 11, 19
Отводки 147
Открытый пучок 117

П

Паууха листа 34, 95
Паушные почки 102
Палеоботаника 24, 199
Папанова 529
Папоротникообразные 284—293
Паразиты 5, 229, 244, 505
Парафинизм 256, 282
Паренхима 137
Паренхимные клетки 43
Партеногенезис 153
Партенокарпия 153, 182
Пасока 516
Пастеризация 232
Патогенные бактерии 335
Пектиновые в-ва 52
Первичная кора 112
 » меристема 72, 89
Первичный крахмал 49, 63
Перекрестное опыление 424
Перидерма 73
Перикарпий 181, 183
Перисперм 178, 182
Перистом 281,
Перитении 254, 274
Перицикл 92
Пестик 35, 158, 161
Пигменты 55
Пикниды 267
Пиреноиды 205
Питательные вещества 493, 546
Питательная смесь 492
Плазмодесмы 51
Плазмодий 241, 242
Плазмолла 56
Планктон 205
Пластиды 48
Пластинка (листа) 34, 127
Пластические вещества 526
Плацента 163, 289
Плач 515
Плёночки (лодикулы) 403
Плечатый слой протоплазмы 44
Плод 36, 181
Плодолистик 161
Побег 95
Подвесок 181
Подвой 20, 148
Подсемидольное колено 181
Подчашечка 155

Покровные ткани 73
Покрытосеменные р. 201, 301
Полетание посевов 476
Полисахариды 466
Полихромизм 56
Поллинии 429
Половое воспроизведение 149
 » скрепление 21, 174
Полупаразиты 508
Полупроницаемость протоплазмы 44, 60
Последствие 545
Порогамия 178
Поры 51, 78
Потомстр 521
Початок 167, 168, 424, 425
Почва 434
Почка 102, 188
Почкование (клеток) 538
Почкосложение 401
Прививки бактерий 236
Прививки растений 20, 147
Привой 20, 148
Придаточные корни 85
 » почки 103
Прилистники 134
Пробковая ткань 122
Проводящие ткани 77
Прозенхимные клетки 43
Прокамбий 80
Пропускные клетки 92
Прорастание 195, 530
Простые листья 128
Протеаза 529
Протеиды 470
Протеиновые зерна 63
Протандрия (протерандрия) 170
Протогиния 170
Протонема 282
Протоплазма 43, 44, 46
Протравливание 264
Профаза 66
Протомиты 230
Пыльник 158
Пыльцевые зерна 158, 159, 179
Пыльцевход 176

Р

Радиальный разрез 123
Развитие 18, 541
Раздельнолепестные р. 303, 304
Раздельные листья 128, 129
Размножение бесполое 146, 206,
246, 262, 265—267, 283, 291
Размножение клеток 65
 » половое 149, 206, 246,
283, 291
Разновидность 201
Разнолистность 136

Распространение семян 196
 Рассеченные листья 128, 129
 Растение и животное 5
 Раструб 315
 Рафиды 64
 Редукционное деление 69, 179, 215
 Ризоиды 24, 200, 290
 Ризоморфа 258
 Род 37, 41
 Рост 18, 540, 558
 Ростомер 543
 Рубчик 188
 Рыльце 161

0

Самоопыление 169, 411
 Сапрофиты 5, 243, 229, 505
 Сахароза 54, 465
 Свет 4, 42, 136, 433, 475, 481, 533, 537, 544, 560, 564
 Связник 158
 Селекция 11
 Семейство 37, 41, 304
 Семенные р. 201, 301
 Семя двудольных р. 181, 187, 188
 » однодольных р. 192
 Семязвод 176, 195
 Семядоля 181, 190
 Семяножка 175, 177
 Семяносец 163
 Семяночка 35, 162, 175, 177 302
 Сердцевина 117
 Сердцевинный луч 94, 117, 120
 Серёжка 168, 311, 312
 Серобактерия 234
 Сидячий лист 133
 Силосованный корм 232
 Симбиоз 244, 273
 Симподиальное ветвление 111
 Симподиальные соцветия 168
 Синезеленые водоросли 223
 Сипергиды 176
 Систематика 22, 29, 199
 Ситонидные трубки 79, 122
 Скарификация семян 531
 Склеренды 76
 Склеренхима 75
 Склероций 254, 255
 Скользящий рост 78
 Скрещивание 21, 173
 Слизевика (грибы) 240
 Словеще 37, 204
 Словещиные р. 37, 204—274
 Сложные листья 131
 Слой годичный 120
 Соли физиологически кислые 493
 » » щелочные 493
 Соломина 101, 102, 401
 Солончаки 451

«Сон» листьев 556
 » цветков 556
 Сообщество р. 25, 435
 Соплодие 183
 Сопровождающие клетки 79
 Соредии 274
 Сорт 203
 Сорусы 289
 Сосудистолокнистые пучки 77, 113, 145
 Сосуды млечные 80
 Сосупная сила 60, 518
 Соцветия 166
 Сочные плоды 186
 Спектр хлорофилла 477
 Сперматозоиды 221, 282
 Спермации 221
 Спермии 161, 177, 298
 Спиртовое брожение 538
 Споры 146, 242, 287, 290
 Спорангий 250, 281, 289
 Спорогоний 277, 281
 Спорокучки 262
 Спорофит 283, 291
 Спящие глазки 103
 Срогнослепственные р. 303
 Стадия развития 18, 558
 Ствол 120
 Стебель 32, 95—123, 513—522
 Степная зона 15, 444
 Стержневой корень 85
 Стерigma 257
 Стерилизация 238
 Столбик 161
 Столбчатая ткань 137, 143
 Стратификация семян 531
 Стрелка цветочная 97
 Стробилус 293
 Струйчатое движение 46
 Стручок 184
 Суберин 53
 Субтропические р. 452—461, 544
 Суккуленты 107, 432
 Султанские злаки 420
 Сумки 251
 Суточная периодичность роста р. 545
 Сухие плоды 183
 Сухое вещество 462
 Сферокристаллы 55
 Схизогенное вместелище 81

T

Тайга 439
 Таллом 37, 204
 Тангентальный срез 123
 Тапетальный слой 159
 Телетоспоры 267
 Телофаза 61
 Температура роста 433, 531, 545

Термостат 239
 Термотропизм 554
 Тетрады 159, 180, 281
 Тиллы 122
 Типы р. 22, 41, 200
 Типы цветков 165
 Ткани 72
 Толстостенный луб 75
 Торфяные болота 441
 Точка роста 89, 96
 Травмотропизм 554
 Транспирационный коэффициент 521
 Транспирация 518, 520
 Трансплантация 147
 Трахеи 27, 77, 93
 Трахеиды 78, 93
 Трихиты 61
 Трихогина 223
 Тропизмы 549—554
 Тундра 438
 Тургор 56
 Тычинки 35, 158

У

Углеводы 52, 464
 Удобрение 487, 494
 Узел кушения 97
 » стеблевой 34, 95
 Уксуснокислосое брожение 234
 Уредоспоры 265
 Усвоение азота 495, 497
 » углерода 49, 474
 Усики (прицепки) 126, 555
 Условия роста 544
 Устьица 138
 Утолщения оболочки 51
 Ушки 402

Ф

Фазы спелости 182
 Фелингова жидкость 54, 465
 Феллоген 122
 Ферменты 527—529
 Фиброзный слой 159
 Физиология 23, 28, 462—566
 Фикомиясты 247
 Фикоциан 219, 223
 Фикокритрин 219, 223
 Филлодии 126
 Фильтрующиеся вирусы 237
 Фитопатология 25
 Фитоценоз 436
 Флора 30, 430
 Флэзма 77, 92, 112, 116, 166
 Формула цветка 166
 Фотосинтез 49, 70, 144, 474
 Фототропизм 549
 Фруктовая гниль 257
 Фруктоза 464

Х

Халаза 176
 Халазогамия 178
 Хлощи 287
 Хемосинтез 227, 231 235
 Хемотропизм 554
 Химический состав р. 462, 471
 Хламидоспора 262
 Хлороз 477
 Хлоропласты 48, 474
 Хлорофилл 4, 48, 475
 Холодостойкость 524
 Хондриосомы 44, 51
 Хроматофоры 205, 215
 Хроматин 47
 Хромопласты 48, 49
 Хромосомы 16, 66, 68

Ц

Цвет р. 48, 49, 50, 55, 56
 Цветковые р. 201
 Цветок 150—157
 Цветоложе 165
 Цветоножка 34, 152
 Цветочная почка 103
 Цветочная стрелка 97, 389
 Целлюлоза 52, 467
 Центральная пилиндр 92, 112
 Цистолиты 64
 Цитаза 528
 Цитокинез 68
 Цитология 23
 Цитоплазма 43

Ч

Чашечка 34, 154
 Черенок 147
 Черешок 34, 133
 Чёрная пожка 236, 247
 Чехлик 89
 Чечевички 74, 122
 Чешуи 403, 407
 Чистая культура 240

Ш

Шип 107

Щ

Щиток 193

Э

Эвдиометр 479, 535
 Эволюционное учение (теория) 7—15

Экзина 160, 297
Экзокарпий 186
Экология 431
Эмбриология 23
Эпидерма 113
Эндокарпий 186
Эндосперм 178, 182
Эпизмы 527
Энергия дыхания 536
Эвергия солнечных лучей 5, 474
Энтомофильные р. 151
Эпйбласт 193, 194
Эпйвальва 318
Эпидермис 73, 137, 138
Эрготизм 254
Этиолированные р. 476

Эфедрин 301
Эфемеры 98
Эцидиоспоры 267

Я

Ягода 186
Ядро вторичное 176, 180
 » вегетативное 160, 161
 » генеративное 160, 161
 » древесины 122
 » клеточное 46
 » семязпочки 175, 177
Язычок 401
Яйцеклетка 150, 176, 177, 180, 221.
 248, 277, 298
Яровизация 559, 561

УКАЗАТЕЛЬ РОДОВЫХ НАЗВАНИЙ РАСТЕНИЙ

А

- Абрикос (*Armeniaca*) 347, 458
 Авокдо (*Persea*) 308
 Авран (*Gratiola*) 373
 Авраамово дерево (*Vitis*) 454
 Агава (*Agave*) 455, 457
 Азалия (*Azalea*) 452
 Азотобактер (*Azotobacter*) 231, 273
 Аистник (*Erodium*) 197, 337
 Айва (*Cydonia*) 349
 Акация (*Acacia*) 126, 350, 455
 Акониит (*Aconitum*) 304
 Амарант (*Amaranthus*) 321
 Анабазис (*Anabasis*) 321
 Андромеда (*Andromeda*) 441
 Анабена (*Anabacna*) 224
 Анемона (*Anemone*) 448
 Анис (*Pimpinella*) 359
 Апельсин (*Citrus*) 338, 458
 Арахис (*Arachis*) 351
 Арбуз (*Citrullus*) 382
 Армерия (*Armeria*) 439
 Арника (*Arnica*) 386
 Артроспира (*Arthrospira*) 224
 Арум (*Arum*) 517
 Аспергилл (*Aspergillus*) 252
 Астеропонелла (*Asterionella*) 318
 Астра (*Aster*) 386, 449
 Астргал (*Astragalus*) 448

Б

- Багульник (*Ledum*) 365, 441
 Балан (*Bergenia*) 350
 Бамбук (*Bambusa u Phyllostachis*) 394, 460
 Банан (*Musa*) 455
 Барбарис (*Berberis*) 126, 306, 308
 Барбула (*Barbula*) 448
 Батат (*Ipomoea*) 87, 88, 366
 Бедренец (*Pimpinella*) 363
 Безвременник (*Colchicum*) 396
 Белена (*Hyoscyamus*) 371
 Белладонна (*Atropa*) 368, 372
 Белокрыльник (*Calla*) 153
 Белоус (*Nardus*) 444
 Белый гриб (*Boletus*) 259
 Береза (*Betula*) 50, 311
 Бересклет (*Evonymus*) 440, 455
 Берест (*Ulmus*) 446
 Вешенный опрелец (*Ecballium*) 197, 454
 Бирючина (*Ligustrum*) 455
 Боб (конский) (*Vicia*) 358
 Бобовник (*Amygdalus*) 347, 445
 Бодяк (*Cirsium*) 85, 126, 392
 Болитолов (*Conium*) 359, 364
 Бородастый лишайник (*Usnea*) 271
 Борщевик (*Heracleum*) 363
 Ботридий (*Botrydium*) 43, 214
 Боярышник (*Crataegus*) 349
 Брум (*Bryum*) 279
 Бривония (*Bryonia*) 555
 Брусника (*Vaccinium*) 365, 441
 Брюква (*Brassica*) 330
 Будра (*Glechoma*) 134, 374
 Бузина (*Sambucus*) 440
 Бубенчик (*Adenophora*) 381
 Бук (*Fagus*) 452
 Букашник (*Jasione*) 381
 Буквица (*Betonica*) 374
 Бурачник (*Borrago*) 368
 Бурачок (*Alisum*) 451

В

Вайда (*Isatis*) 334
 Валерьяна (*Valeriana*) 380
 Валиснерия (*Vallisneria*) 46, 480
 Василёк (*Centaurea*) 393, 449
 Ваточник (*Asclepias*) 80, 109
 Вейник (*Calamagrostis*) 441
 Вельвичия (*Welwitschia*) 125
 Венерин башмачок (*Cypripedium*) 430
 Вербейник (*Lysimachia*) 366
 Верблюжья колючка (*Alhagi*) 359
 Вереск (*Calluna*) 365, 438, 441
 Вероника (*Veronica*) 373
 Ветрница (*Anemone*) 306
 Вех (*Cicuta*) 359, 363
 Вечерница (*Hesperis*) 448
 Вика (*Vicia*) 356, 353
 Виноград (*Vitis*) 342, 458
 Вишня (*Cerasus*) 346, 445
 Водосбор (*Aquilegia*) 304
 Водяной мох (*Fontinalis*) 279
 Володушка (*Bupleurum*) 448
 Волоснец (*Elymus*) 439
 Вольвокс (*Volvex*) 209
 Воробейник (*Lithospermum*) 368
 Вороний глаз (*Paris*) 396, 440
 Вороника (*Empetrum*) 439
 Ворсянка (*Dipsacus*) 460
 Вошья (*Vaucheria*) 212
 Вшивца (*Pedicularis*) 441, 508
 Выш (*Calystegia*) 366
 Вьюнок (*Convolvulus*) 366
 Вяз (*Ulmus*) 314

Г

Гваюла (*Parthenium*) 386
 Гвоздика (*Dianthus*) 324
 Георгина (*Dahlia*) 386
 Герань (*Geranium*) 170, 336, 458
 Гиацинт (*Hyacinthus*) 396, 448
 Гидродиктион (*Hydrodictyon*) 210
 Гинкго (*Salisburia*) 133, 294, 455
 Гиппур (*Hypnum*) 277, 279
 Гледичия (*Gleditschia*) 455
 Глеокапса (*Gloeocapsa*) 224
 Глеоспориум (*Gleospodium*) 270
 Глициния (*Wistaria*) 455
 Глухая крапива (*Lamium*) 374
 Гнездовка (*Neottia*) 509
 Гниль (евеклы) (*Phoma*)
 Головица (*Ustilago* и *Tilletia*) 260, 263
 Голубика (*Vaccinium*) 365
 Горец (*Polygonum*) 316, 317
 Горичвет (*Adonis*) 306, 448
 Горичник (*Peucedanum*) 449
 Горлянка (*Lagenaria*) 383
 Горох (*Pisum*) 157, 358
 Горчак (*Pieris*) 387, 392
 Горчица (*Sinapis*) 330
 Граб (*Carpinus*) 310, 452

Гравилат (*Geum*) 345
 Гранат (*Punica*) 458
 Гребенник (*Cynosurus*) 443
 Грейпфрут (*Citrus*) 338
 Гречица (*Fagopyrum*) 315, 316, 451
 Грудница (*Linosyris*) 450
 Груша (*Pirus*) 348
 Грушанка (*Pirola*) 440
 Гулявник (*Sisymbrium*) 332

Д

Девясил (*Inula*) 386, 445, 467
 Держи-дерево (*Paliurus*) 452
 Десмидиум (*Desmidium*) 216
 Дзельква (*Zelcova*) 452
 Джузгун (*Calligonum*) 317, 451
 Дивала (*Scleranthus*) 322
 Дожделик (*Lycoperdon*) 260
 Домовой гриб (*Merulius*) 243, 260
 Донник (*Melilotus*) 355
 Дрожжи (*Saccharomyces*) 251, 538
 Дрок (*Cenista*) 445
 Дуб (*Quercus*) 15, 312, 313, 446, 452
 Дубовый «мох» (*Evernia*) 272
 Дудник (*Angelica*) 353
 Дурман (*Datura*) 371
 Дымянка (*Fumaria*) 327
 Дыня (*Cucumis*) 382
 Дягиль (*Archangelica*) 363

Е

Ежа (*Dactylis*) 412
 Ежевика (*Rubus*) 452
 Ель (*Picea*) 299, 438, 439, 452, 455

Ж

Жабрица (*Scabi*) 449
 Жасмин (*Jasminum*) 454
 Желтофиоль (*Cheiranthus*) 332
 Желтушник (*Erysimum*) 332
 Женский папоротник — кочедыжник (*Athyrium*) 291
 Живокость (*Delphinium*) 306
 Живучка (*Ajuga*) 374
 Жимолость (*Lonicera*) 440, 447
 Жирянка (*Pinguicula*) 533
 Житник (*Agropyrum*) 413
 Жминда (*Blitum*) 533

З

Заразиха (*Orobancha*) 507
 Звездчатка (*Stellaria*) 325
 Земляная груша (*Helianthus*) 106, 389, 467
 Земляника (*Fragaria*) 345, 517
 Земляничное дерево (*Arbutus*) 454
 Зигнема (*Zygema*) 216
 Зимовник (*Eranthis*) 546
 Золотарник (*Solidago*) 386
 Золник (*Phlomis*) 450
 Зябра (*Galeopsis*) 377

И

Ива (*Salix*) 308, 442
 Икотник (*Berteroa*) 334
 Ильм (*Ulmus*) 314
 Ижир (*Ficus*) 313
 Иломея (*Ipomoea*) 87, 88, 366
 Ирга (*Amelanchier*) 349
 Исландский мох (*Cetraria*) 271, 272
 Иудино дерево (*Cercis*) 351

К

Калина (*Viburnum*) 440
 Калипсо (*Calypso*) 440
 Калужница (*Caltha*) 306
 Кампеломка (*Saxifraga*) 152, 350, 439
 Кампешевое дерево (*Haematoxylon*) 351
 Камфорный лавр (*Cinnamomum*) 460
 Камыш (*Scirpus*) 427
 Капареечник (*Phalaris*) 443
 Канатник (*Abutilon*) 340
 Каперцы (*Capparis*) 454
 Капуста (*Brassica*) 327
 Карагана—желтая акация (*Caragana*) 359
 Картофель (*Solanum*) 368, 369
 Картофельный гриб (*Phytophthora*)
 Касатик (*Iris*) 448
 Кассия (*Cassia*) 351
 Катран (*Crambe*) 448, 450
 Катунок, или устели-поле (*Cerato-*
carpus) 450
 Каулерпа (*Caulerpa*) 43, 213
 Качим (*Gypsophila*) 448
 Каштан (*Castanea*) 313
 * конский (*Aesculus*) 103
 Кедр (*Cedrus*) 299
 * сибирский (*Pinus*) 299
 Келерия (*Koeleria*) 448
 Кенаф (*Hibiscus*) 340
 Кермек (*Statice*) 450
 Кизил (*Cornus*) 360
 Кизильник (*Cofoneaster*) 349, 454
 Кипарис (*Cupressus*) 455
 Кислица (*Oxalis*) 441, 557
 Кладофора (*Cladophora*) 211
 Клевер (*Trifolium*) 37, 39, 351
 Клён (*Acer*) 447
 Клешиевина (*Ricinus*) 342
 Клостерий (*Closterium*) 216
 Клостридиум (*Clostridium*) 233
 Клубника (*Fragaria*) 346
 Клюква (*Oxycoccus*) 365, 441
 Ковыль (*Stipa*) 197, 395, 445, 448
 Козлобородник (*Tragopogon*) 384
 Кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz*) 391
 Кокосовая пальма (*Cocos*) 455
 Коллема (*Collema*) 271
 Колокольчик (*Campanula*) 380

Конопля (*Cannabis*) 165, 313
 Корнандр (*Coriandrum*) 359
 Коровяк (*Verbascum*) 373, 375
 Космарium (*Cosmarium*) 216
 Костёр (*Bromus*) 419, 420
 Костяника (*Rubus*) 346
 Котовник (*Nepeta*) 448
 Кофейное дерево (*Coffea*) 378
 Кохия (*Kochia*) 450
 Крапива (*Urtica*) 313
 Кресс (*Lepidium*) 451
 Криптомерия (*Cryptomeria*) 455
 Крупка (*Draba*) 439
 Крушина (*Rhamnus*) 344, 440
 Крыжовник (*Grossularia*) 349
 Ксантидиум (*Xanthidium*) 216
 Кувшинка (*Nymphaea*) 152, 306
 Кувшинник (*Nepenthes*) 511
 Куколь (*Agrostemma*) 322
 Кукуруза (*Zea*) 193, 422, 565
 Кукушкин лён (*Polytrichum*) 275, 279, 441
 Кульбаба (*Leontodon*) 557
 Куманика (*Rubus*) 346
 Кувальница (*Trollius*) 306
 Купея (*Polygonatum*) 396
 Купырь (*Anthriscus*) 363
 Курай (*Salsola*) 321, 450
 Курное просо (*Echinochloa*) 422
 Куропаточья трава (*Dryas*) 438

Л

Лаванда (*Lavandula*) 374, 458
 Лавр (*Laurus*) 308, 455
 Лавровишня (*Prunus*) 452
 Лакмусовый лишайник (*Roccella*) 272
 Лакфиоль (*Cheiranthus*) 332
 Ламинария (*Laminaria*) 220
 Ландыш (*Convallaria*) 356, 399
 Лапчатка (*Potentilla*) 346
 Лебеда (*Atriplex*) 321
 Лежная плесень (*Aspergillus*) 252
 Лён (*Linum*) 335
 Лилия (*Lilium*) 158, 396
 Лимон (*Citrus*) 338
 Лингбия (*Lyngbia*) 224
 Линнея (*Linnaea*) 440
 Лица (*Tilia*) 340
 Липучка (*Echinosperrum*) 368, 451
 Лисохвост (*Alopecurus*) 420
 Лиственница (*Larix*) 299, 439
 Лишайниковая манна (*Lecanora*) 272
 Лобелия (*Lobelia*) 381
 Ложечная трава (*Cochlearia*) 434
 Ломонос (*Clematis*) 304, 452
 Лопух (*Lappa*) 384, 387
 Лох (*Eleagnus*) 447
 Лук (*Allium*) 396, 451
 Луговик (шучка) (*Deschampsia*) 419

Лучистый грибок (*Actinomyces*) 271
 Лён (Linaria) 373
 Любка (*Platanthera*) 430, 444
 Люпин (*Lupinus*) 355, 502
 Лютик (*Ranunculus*) 304
 Люфа (*Luffa*) 383, 460
 Люцерна (*Medicago*) 39, 40, 351
 Ляденец (*Lotus*) 354
 Ляллеманция (*Lallemantia*) 374

М

Магнолия (*Magnolia*) 308, 455
 Мак (*Paraver*) 325
 Макродистис (*Macrocyttis*) 220
 Майник (*Majanthemum*) 441
 Малина (*Rubus*) 346
 Мальва (*Malva*) 340
 Мандарин (*Citrus*) 338, 458
 Манжетка (*Alchimilla*) 346, 517
 Маргаритка (*Bellis*) 386
 Марена (*Rubia*) 379
 Марсилия (*Marsilia*) 292
 Маршанция (*Marchantia*) 37, 274, 276
 Марь (*Chenopodium*) 320
 Марьяник (*Melampyrum*) 373, 508
 Маслина (*Olea*) 458
 Мать-и-мачеха (*Tussilago*) 387, 442
 Медунца (*Pulmonaria*) 368
 Мелкопестик (*Erigeron*) 387
 Метлица (*Apera*) 420
 Микростернас (*Microsterias*) 216
 Мимоза (*Mimosa*) 350, 557
 Миндаль (*Amygdalus*) 347, 445
 Миум (*Mnium*) 279
 Можжевельник (*Juniperus*) 295, 438, 454
 Молодило (*Sempervivum*) 108, 127
 Молочай (*Euphorbia*) 341, 454
 Морковь (*Daucus*) 360, 359
 Морошка (*Rubus*) 346, 441
 Мужоция (*Mougeotia*) 216
 Мужской папоротник (щитовник) (*Dryopteris*) 283
 Мукор (*Mucor*) 250
 Мухоловка (*Dionaea*) 510
 Мучнистая роса (*Erysiphe* и *Sphaerotheca*) 253, 254
 Мушмула (*Mespilus*) 349
 Мшанка (*Sagina*) 442
 Мытник (*Pedicularie*) 508
 Мята (*Mentha*) 374
 Мятлик (*Poa*) 418, 451

Н

Навикула (*Navicula*) 318
 Наперстянка (*Digitalis*) 373
 Недотрога (*Impatiens*) 197
 Незабудка (*Myosotis*) 368

Нивяник (*Leucanthemum*) 384
 Нителла (*Nitella*) 46
 Нитрозомонас (*Nitrosomonas*) 231
 Новозеландский лён (*Phormium*) 460
 Носток (*Nostoc*) 225, 448
 Нут (*Cicer*) 351, 357

О

Облепиха (*Hippophae*) 447
 Овёс (*Avena*) 414
 Овсяг (*Avena*) 416
 Овсяница (*Festuca*) 419
 Огурец (*Cucumis*) 382
 Огуречная трава (*Borrage*) 368
 Одуванчик (*Taraxacum*) 135, 389
 Окопник (*Symphytum*) 368
 Олеандр (*Nerium*) 455
 Олений мох (*Cladonia*) 271, 441
 Ольпидий (*Olpidium*) 247
 Ольха (*Alnus*) 310
 Омела (*Viscum*) 533
 Оносма (*Onosma*) 448
 Орех (*Juglans*) 452
 Орешник (*Corylus*) 310, 440
 Орляк (*Pteridium*) 291
 Осина (*Populus*) 310
 Осокорь (*Populus*) 310
 Осока (*Carex*) 426, 428, 443, 451
 Осот (*Sonchus*) 85, 391
 Острец (*Agropyrum*) 413
 Остролодочник (*Oxytropis*) 448
 Осилятория (*Oscillatoria*) 224
 Очанка (*Euphrasia*) 508
 Очиток (*Sedum*) 108
 Очный цвет (*Anagalis*) 366

П

Падуб (*Ilex*) 452
 Пальма (*Palmae*) 455
 Пармелия (*Parmelia*) 271
 Паслён (*Solanum*) 372
 Пастернак (*Pastinaca*) 359
 Пастушья сумка (*Capsella*) 332
 Педиаструм (*Pediastrum*) 210
 Пенцилл (*Penicillium*) 245, 252
 Пеон (*Paeonia*) 153, 304, 448
 Пезиза (*Peziza*) 256
 Первоцвет (*Primula*) 171, 366
 Переступень (*Bryonia*) 383
 Перец (*Capsicum*) 368
 Перилла (*Perilla*) 374
 Персик (*Persica*) 347, 458
 Песчанка (*Arenaria*) 448
 Петров крест (*Lathraeasquamaria*) 507
 Петрушка (*Petroselinum*) 359
 Петуший гребень (*Celosia*) 533
 Пижма (*Tanacetum*) 386
 Пикульник (*Galeopsis*) 377, 378

Пиянулярия (Pinnularia) 318
 Пиретрум (Pyrethrum) 450, 386
 Письменный лишайник (Graphis) 271
 Пихта (Abies) 299, 439
 Плазмодиофора (Plasmodiophora) 241, 212
 Плазмодара (Plasmodara) 250
 Плакун-трава (Lythrum) 533
 Плаун (Lycopodium) 284
 Плевел (Lolium) 413
 Плеурозигма (Pleurosigma) 318
 Плющ (Hedera) 360, 452, 454
 Повилика (Cuscuta) 366, 506, 533
 Погремок (Alectorolophus) 508
 Подбел (Petasites) 442
 Подмаренник (Galium) 379, 445
 Подорожник (Plantago) 170
 Подснежник (Scilla) 434
 Подсолнечник (Helianthus) 357
 Подъельник (Monotropa) 440, 509
 Полевница (Agrostis) 417
 Полипорус (Polyporus) 259
 Полушник (Isoetes) 292
 Полынь (Artemisia) 386, 449
 Помидор (Solanum) 368
 Порезник (Libanotis) 449
 Пория (Poria) 260
 Примочная трава (Campanula) 381
 Пробковый дуб (Quercus) 460
 Пролеска (Mercuriales) 434
 Просо (Panicum) 417
 Птицемлечник (Ornithogalum) 448
 Пузырчатка (Utricularia) 84
 Пунавка (Anthemis) 384
 Пустырник (Leonurus) 374
 Пушица (Eriophorum) 428
 Пуэрария (Pueraria) 460
 Пшеница (Triticum) 19, 407, 566
 Пырей (Agropyrum) 412, 451

Р

Рак (клевера) (Sclerotinia)
 Ракитник (Cytisus) 445
 Райграс (Lolium) 413
 * (Arrhenatherum) 419
 Рами (Boehmeria) 314, 416
 Рапс (Brassica) 330
 Рафидиум (Raphidium) 210
 Рафия (Raphia) 455
 Ревень (Rheum) 317
 Редька (Raphanus) 330, 332
 Резак (Falcaria) 448
 Резеда (Reseda) 448
 Резуха (Arabis) 332
 Репа (Brassica) 329
 Реяшник (Ceratocephalus) 448
 Ржавчина (Puccinia) 265 — 269
 Ривулярия (Rivularia) 224
 Рис (Oriza) 395, 417

Робиния (Robinia) 126, 359
 Рогоз (Typha) 395
 Рододендрон (Rhododendron) 365, 452
 Рожковое дерево (Ceratonia) 351
 Рожь (Secale) 405
 Роза (Rosa) 345
 Розмарин (Rosmarinus) 374, 460
 Ромашка (Matricaria) 386
 Рослянка (Drosera) 441, 509
 Румянка (Anchusa) 368
 Рускус (Ruscus) 452
 Рыжик (Camelina) 332
 Рябина (Sorbus) 349, 440
 Рябижник (Sorbaria) 344
 Ряска (Lemna) 395, 396

С

Саговник (Cycas) 293
 Саксаул (Haloxylon) 321, 451
 Салат (Lactuca) 386
 Сальвиния (Salvinia) 85, 292
 Самшит - кавказская пальма (Buxus) 452
 Сапролегния (Saprolegnia) 247
 Саргассум (Sargassum) 206
 Сарсазан (Halocnemum) 451
 Сафлор (Carthamus) 386
 Свекла (Beta) 318
 Сербига (Bunias) 334
 Сивнорой (Cynodon) 422
 Седмичник (Tridentalis) 366
 Секвойя (Sequoia) 294, 455
 Селагинелла (Selaginella) 285, 286
 Сельдерей (Apium) 359
 Септория (Sextoria) 271
 Сераделла (Ornithopus) 355
 Сердечник (Cardamine) 332
 Серпуха (Serratula) 445, 450
 Синеголовник (Fryngium) 359, 449
 Синедра (Synedra) 318
 Спняк (Fechium) 368
 Сирень (Syringa) 458
 Склеротиния (Sclerotinia) 257
 Скумния (Rhus) 447
 Сладкий корень (Scorzonera) 386
 Слива (Prunus) 346
 Смоковница (Ficus) 313, 452
 Смолёвка (Silene) 448
 Смолоносница (Ferula) 451
 Смородина (Ribes) 349, 447
 Сморок (Morchella) 256
 Сныть (Aegopodium) 363, 517
 Собачья петрушка (Aethusa) 359
 Солерос (Salicornia) 451
 Сорго (Sorghum) 395
 Сосна (Pinus) 295, 299, 439, 452, 455
 Софора (Sophora) 359
 Соя (Glycine) 351

Спаржа (*Asparagus*) 108, 398
 Спирей (*Spiraea*) 344, 445
 Спирогира (*Spirogyra*) 214
 Спорынья (*Claviceps*) 254, 255
 Стахиботрис (*Stachybotrys*) 245
 Стеной лишайник (*Xantoria*) 271, 274
 Стрелолет (*Sagittaria*) 136
 Строчок (*Helvella*) 256
 Сурепка (*Barbarea*) 332
 Сушеница (*Gnaphalium*) 439, 441
 Сфагнум (*Sphagnum*) 275, 277, 441
 Сценедесмус (*Scenedesmus*) 210

Т

Табак (*Nicotiana*) 32, 368, 458
 Табеллярия (*Tabellaria*) 318
 Таволга (*Filipendula*) 346, 450
 Таксодий (*Taxodium*) 455
 Тау-сагыз (*Scorzonera tau-saghyz*) 386
 Терновник (*Prunus*) 347, 452
 Терпентинное дерево (*Pistacia*) 454
 Тимофеевка (*Phleum*) 421
 Тимьян (*Thymus*) 374
 Типчак (*Festuca*) 448
 Тисс (*Taxus*) 452, 455
 Тмин (*Carum*) 359
 Томат (*Lycopersicum*) 368
 Топинамбур (*Helianthus*) 106
 Тополь (*Populus*) 308, 310
 Торица (*Spergula*) 325
 Торфяной мох (*Sphagnum*) 275, 277
 Тростник сахарный (*Saccharum*) 395
 Трутовик (*Polyporus*) 259
 Туговое дерево (*Alcornoques*) 342, 460
 Турча (*Hottotia*) 366
 Тутовое дерево (*Morus*) 452
 Туя (*Thuja*) 455
 Тыква (*Cucurbita*) 164, 382
 Тысячеголовник (*Vaccaria*) 325
 Тысячелистник (*Achillea*) 384
 Тюльпан (*Tulipa*) 396, 448

У

Укроп (*Anethum*) 362
 Улотрикс (*Ulothrix*) 210
 Устел-поле (*Ceratocarpus*) 450

Ф

Фасоль (*Phaseolus*) 357, 557
 Фацелия (*Phacelia*) 368
 Фейхоа (*Feijoa*) 488
 Фиалка (*Viola*) 335
 Физалис (*Physalis*) 368, 373
 Филлодендрон (*Philodendron*) 517
 Филлостикта (*Phyllosticta*) 270
 Филлофора (*Phyllophora*) 206

Финиковая пальма (*Phoenix*) 455
 Фитофтора (*Phytophthora*) 248
 Фузариум (*Fusarium*) 270
 Фукус (*Fucus*) 221

Х

Хамеропс (*Chamaerops*) 455, 456
 Хара (*Chara*) 217
 Хатма (*Lavatera*) 340
 Хвощ (*Equisetum*) 286
 Хевея (*Hevea*) 342
 Хинное дерево (*Cinchona*) 378
 Хламидомонада (*Chlamydomonas*) 208
 Хлопчатник (*Gossypium*) 338
 Хлорококк (*Chlorococcum*) 210
 Хмель (*Humulus*) 313
 Хондрилла (*Chondrilla*) 386
 Хохлатка (*Corydalis*) 327
 Хрен (*Cochlearia*) 334
 Хризантема (*Chrysanthemum*) 386
 Хроококк (*Chroococcus*) 224
 Хурма (*Diospyros*) 458

Ц

Цикламен (*Cyclamen*) 366
 Цикорий (*Cichorium*) 384
 Цимбелла (*Cymbella*) 318
 Цитрус (*Citrus*) 458

Ч

Чайное дерево (*Thea*) 455, 457
 Чемерица (*Veratrum*) 153, 396, 400
 Череда (*Bidens*) 386
 Черёмуха (*Padus*) 347
 Черешня (*Cerasus*) 317
 Черника (*Vaccinium*) 365, 452
 Чернильная плесень (*Penicillium*) 252
 Черноголовка (*Brunella*) 374
 Чертополох (*Carduus*) 384
 Чеснок (*Allium*) 396
 Чечевица (*Lens*) 358
 Чина (*Lathyrus*) 353, 354
 Чистец (*Stachys*) 378
 Чистотел (*Chelidonium*) 326
 Чистяк (*Ficaria*) 306
 Чубушник (*Philadelphus*) 350
 Чуфа (*Cyperus*) 426, 427

Ш

Шалфей (*Salvia*) 172, 374, 445
 Шампиньон (*Psalliota*) 258
 Шелковица (*Morus*) 313, 452
 Шейхерия (*Scheuchzeria*) 441
 Шиповник (*Rosa*) 344, 440
 Шлемник (*Scutellaria*) 374
 Шпиргель (*Spergula*) 325
 Шпинат (*Spinacia*) 320
 Штокроза (*Althaea*) 340

Щавель (Rumex) 317
Щетинник (Setaria) 422
Щирца (Amaranthus) 322, 533
Щитовник (Dryopteris) 288
Щучка (Deschampsia) 418, 441

Э

Эвкалипт (Eucalyptus) 448, 460
Эйкомия (Eucommia) 460
Элодея (Helodea) 46, 480
Эспарцет (Onobrychis) 40, 351
Эталиум (Aethalium) 241
Эфедра (Ephedra) 299, 451

Ю

Юкка (Yucca) 460
Юриunea (Jurinea) 448

Я

Яблоня (Malus) 348
Ярутка (Thlaspi) 334
Ясенец (Dictamnus) 338, 450
Ясень (Fraxinus) 458
Ясколка (Cerastium) 324
Ясменник (Asperula) 109, 379
Яснотка (Lamium) 374
Ястребинка (Hieraceum) 384, 439
Ятрышник (Orchis) 87, 429
Ячмень (Hordeum) 83, 410

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Ботаника и её задачи	3
Растение — живой организм	3
Роль растений в природе и в жизни человека	4
Растения и животные — единая живая природа	5
Учение об эволюции живых организмов	7
Додарвиновский период	7
Теория эволюции Ч. Дарвина	8
Мичуринское учение — новый этап материалистической биологии	12
Роль и значение дарвинизма	12
Ошибочные положения в учении Дарвина	13
Критика хромосомной теории наследственности	16
Основы советской мичуринской биологии	17
Подразделение ботаники на отделы и развитие ботаники	22
Морфология растений	22
Систематика растений	22
Анатомия растений	23
Физиология растений и другие отделы ботаники	23
Развитие ботаники	25

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

МОРФОЛОГИЯ И АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ С ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ ОСНОВАНИЯМИ

Глава I. Понятие о растительных органах, о видах, родах, семействах и классах	32
1. Органы растения	32
2. Понятия вида, рода, семейства	37
Глава II. Растительные клетки, включения, находящиеся в них, размножение клеток, клетки и растительные ткани	42
1. Растительные клетки и их части	42
Протоплазма	44
Клеточное ядро	46
Пластиды: хлоропласты, лейкопласты и хромопласты	48
Клеточная оболочка	51
Вакуоли	54
Клеточный тургор и плазмолиз	56
Осмотическое давление	57
Поступление веществ в клетку	58
2. Включения, встречающиеся в растительных клетках	61
Крахмал	61
Алейроновые зёрна и растительные масла	63
Кристаллы и цистолиты	64
3. Размножение клеток	65
4. Клетки и ткани	70
Жизнь клеток	70
Растительные ткани	72
Глава III. Корни растений	82
1. Значение корневой системы и её развитие	82
2. Виды корней	85
3. Анатомия корня	88
Зоны корня	88
Анатомическое строение корня	91

Глава IV. Стебли и побеги растений	95
1. Значение стеблей и их развитие	95
2. Размеры стеблей и продолжительность жизни растений	97
3. Виды стеблей	99
4. Видоизменения побегов	102
5. Листорасположение	109
6. Ветвление	111
7. Микроскопическое строение стебля	112
Стебли однодольных растений	113
Стебли двудольных растений	116
Строение ствола дерева	120
Глава V. Листья растений и их видоизменения	124
1. Значение листовой поверхности и развитие листьев	124
2. Видоизменение функций листа	126
3. Формы листьев	127
4. Жилкование листьев	132
5. Способы прикрепления листьев к стеблю	133
6. Влияние внутренних и внешних условий на листья	135
7. Микроскопическое строение листа	137
Эпидермис и устьица	138
Защитные приспособления на эпидермисе	142
Столбчатая и губчатая ткани листа	143
Жилки листа	145
Глава VI. Размножение растений	146
1. Бесполое размножение	146
2. Половое воспроизведение	149
3. Цветок и его функции	150
Цветение растений и строение цветка	150
Цветок — видоизменённый побег	151
Околоцветник	154
Тычинки и пестики	158
Формулы и диаграммы цветка	166
4. Виды соцветий	166
5. Опыление	168
6. Семязпочка и оплодотворение	175
7. Развитие пыльников, зрелых и зародышевого мешка	179
Глава VII. Плоды и семена	181
1. Развитие и созревание семян и плодов	181
2. Виды плодов	183
3. Общие понятия о семенах	187
4. Морфология семян двудольных растений	188
5. Морфология зерновки злаков	192
6. Процесс прорастания семян	195
7. Распространение плодов и семян	196

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО СИСТЕМАТИКЕ И ГЕОГРАФИИ РАСТЕНИЙ

Глава VIII. Разнообразие растительного мира	199
1. Классификация растений	199
2. Число видов. Вид, разновидность	201
3. Название растений	203
Глава IX. Слоснищные, или талломные, растения (Thallophyta) и архегонияльные растения (Archegoniatae)	204
1. Водоросли (Algae)	204
Общая характеристика и подразделение водорослей на классы	204
Зелёные водоросли (Chlorophyceae)	208

Диабомовые водоросли (Diatomeae)	217
Бурые и красные водоросли (Phaeophyceae и Rhodophyceae)	219
Синезелёные водоросли (Cyanophyceae)	223
2. Бактерии (Bacteria)	225
Общая характеристика бактерий	225
Роль бактерий в природе и в сельском хозяйстве	229
Гниение и нитрификация	232
Брожения	235
Патогенные бактерии	238
Устранение бактерий с помощью различных средств	239
Выращивание бактерий на желатине	240
3. Слизевики — миксомицеты (Mycophyta)	243
4. Грибы (Fungi)	243
Общая характеристика грибов	247
Низшие грибы	247
I класс — Архимицеты (Archimycetes)	247
II класс — Фикомицеты (Phycomycetes)	251
Высшие грибы	251
III класс — Сумчатые грибы (Ascomycetes)	257
IV класс — Базидиальные грибы (Basidiomycetes)	270
V класс — Несовершенные грибы (Fungi imperfecti)	271
5. Лишайники (Lichenes)	274
6. Мхи (Bryophyta)	284
7. Папоротникообразные (Pteridophyta)	293
8. Голосеменные (Gymnospermae)	301

Глава X. Покрытосеменные растения (Angiospermae) 301

Двудольные растения (Dicotyledonae) 303

Подкласс раздельнолепестные (Choripetalae) и безлепестные (Apetalae) 304

1. Сем. Лютиковые (Ranunculaceae)	304
2. Сем. Барбарисовые (Berberidaceae)	308
3. Сем. Ивовые (Salicaceae)	308
4. Сем. Берёзовые (Betulaceae)	310
5. Сем. Буковые (Fagaceae)	312
6. Сем. Тутовые, или шелковичные (Moraceae)	313
7. Сем. Крапивные (Urticaceae)	313
8. Сем. Гречишные (Polygonaceae)	315
9. Сем. Маревые, или лебедовые (Chenopodiaceae)	317
10. Сем. Гвоздичные (Caryophyllaceae)	322
11. Сем. Маковые (Papaveraceae)	325
12. Сем. Крестоцветные (Cruciferae)	327
Стручковые крестоцветные	327
Стручочковые крестоцветные	332
Орешкоплодные крестоцветные	334
13. Сем. Фиалковые (Violaceae)	334
14. Сем. Лёновые (Linaceae)	335
15. Сем. Гераниевые (Geraniaceae)	336
16. Сем. Рутовые (Rutaceae)	337
17. Сем. Мальвовые (Malvaceae)	338
18. Сем. Липовые (Tiliaceae)	340
19. Сем. Молочайные (Euphorbiaceae)	341
20. Сем. Виноградные (Vitaceae)	342
21. Сем. Розоцветные (Rosaceae)	344
22. Сем. Камнеломковые (Saxifragaceae)	349
23. Сем. Бобовые (Leguminosae)	350
24. Сем. Зонтичные (Umbelliferae)	359

Подкласс сростнолепестные (Sympetalae) 364

25. Сем. Вересковые (Ericaceae)	365
26. Сем. Первоцветные (Primulaceae)	365

27. Сем. Вьюнковые (Convolvulaceae)	366
28. Сем. Бурачниковые (Borraginaceae)	367
29. Сем. Паслёновые (Solanaceae)	368
30. Сем. Поричниковые (Scrophulariaceae)	373
31. Сем. Губоцветные (Labiatae)	374
32. Сем. Мареновые (Rubiaceae)	378
33. Сем. Мауновые (Valerianaceae)	380
34. Сем. Колокольчиковые (Campanulaceae)	380
35. Сем. Тыквенные (Cucurbitaceae)	381
36. Сем. Сложноцветные (Compositae)	383
Однодольные растения (Monocotyledonae)	394
37. Сем. Лилейные (Liliaceae)	396
38. Сем. Злаковые (Gramineae)	400
Колосовые злаки	405
Метельчатые и султанские злаки	413
39. Сем. Осоковые (ситовниковые) (Cyperaceae)	426
40. Сем. Ятрышниковые (Орхидные) (Orchidaceae)	428

Г л а в а XI. География растений 430

I. Элементы ботанической географии 430

1. Экология растений 431
2. Растительные сообщества 435

II. Растительные зоны СССР 437

1. Зона тундр 438
2. Лесная зона 439
 - Растительность лесов 439
 - Растительность болот 441
 - Растительность лугов 442
3. Степная зона 444
 - Лесостепь 444
 - Степь 445
 - Пустынная степь и пустыня 450
4. Растительность южного берега Крыма и Черноморского побережья Кавказа 452

Ч А С Т Ь Т Р Е Т Ь Я

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Г л а в а XII. Химический состав растений 462

1. Элементарный состав растений 462
2. Органические вещества, входящие в состав растений 464
 - Безазотистые соединения 464
 - Углеводы 464
 - Растительные жиры и эфирные масла 467
 - Органические кислоты и дубильные вещества 468
 - Азотистые соединения 469
 - Витамины 472
 - Алкалоиды 473

Г л а в а XIII. Ассимиляция углерода растениями (фотосинтез) 474

1. Общее понятие 474
2. Хлоропласты и хлорофилл 475
 - Разрушение хлорофилла и образование его в растениях 476
 - Спектр хлорофилла 477
3. Газообмен и условия ассимиляции 479
4. Накопление органических веществ при фотосинтезе и продукты фотосинтеза 482
5. Значение процесса фотосинтеза 485
6. Историческая справка о развитии знаний по ассимиляции углерода 487

Глава XIV. Минеральное и азотистое питание растений	488
1. Вещества, поступающие из почвы в корневую систему	488
2. Вегетационный метод исследования растений	489
3. Роль различных элементов, поступающих через корневую систему	493
4. Роль удобрений	494
5. Питание растений азотом	495
Усвоение азота бобовыми растениями	497
Синтетический аммиак и круговорот азота в природе	503
6. Питание паразитов, полупаразитов, сапрофитов и насекомоядных растений. Микоризы на корнях	505
Глава XV. Движение веществ по стеблю. Испарение воды растениями	513
1. Восходящий и нисходящий токи жидкости	513
2. Причины движения веществ по стеблю. Поступление воды в растения	514
3. Транспирация	520
4. Засухоустойчивость растений	522
5. Холодостойкость и зимостойкость растений	524
Глава XVI. Превращение веществ в растениях. Дыхание растений	526
1. Потребление веществ в растениях	526
2. Энзимы и превращение веществ в растениях	527
3. Физиология прорастания семян	530
Набухание семян и роль воды	530
Влияние температуры на прорастание	531
Влияние кислорода воздуха на прорастание	532
Влияние света на прорастание семян	533
4. Дыхание растений	533
Методы изучения дыхания	534
Влияние внутренних и внешних факторов на дыхание	536
5. Интрамолекулярное дыхание и спиртовое брожение	538
Глава XVII. Рост, тропизмы и движения растений	540
1. Рост растений и большой период роста	540
2. Способы измерения скорости роста растений	543
3. Влияние внешних условий на рост растений	544
Влияние влажности воздуха и влажности почвы	544
Свет, как фактор роста растений	544
Температура окружающей среды, как фактор роста растений	545
Роль питательных веществ	546
4. Годичная периодичность роста растений	546
5. Движения и тропизмы растений	548
Фототропизм	549
Геотропизм	551
Гидротропизм и другие тропизмы	554
Движения выходящих и лезящих растений	554
«Сон цветков» и «сон листьев»	556
Движения мимозы	557
Глава XVIII. Теория стадийного развития растений	558
1. Стадии развития	558
2. Яровизация растений	561
3. Световая стадия развития растений	561
Заключение	567
Указатель терминов	572
Указатель родовых названий растений	580

ИСПРАВЛЕНИЯ

Стр. 65, подпись под рис. 16, напечатано «а-друзы»,
следует читать «а-друза».

Стр. 257, 8 строка снизу напечатано «диплондные»,
следует читать «гаплондные».

Редактор *А. В. Черноз*. Технический редактор *Н. М. Хохрина*
Переплет художника *Н. М. Егорова*

Подписано к печати 27/XII 1950 г. Т08889. Тираж 50 000 экз. Формат 60×92 $\frac{1}{2}$ =
37 печ. л. = 18,5 бум. л. = 41,15 над. л. Цена 13 р. 35 к.

Набрано в Первой Образцовой типографии имени А. А. Жданова Главполиграфиздата
при Совете Министров СССР.

Отпечатано в 16-й типографии Главполиграфиздата при Совете Министров СССР.
Москва, Трехпрудный пер., 9. Заназ № 974.