

Г. В. МАТВЕЕВА

БОТАНИКА



Г. В. МАТВЕЕВА

БОТАНИКА

*Допущено управлением
руководящих кадров и учебных заведений
Министерства лесного хозяйства РСФСР
в качестве учебника для лесных техникумов*



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ЛЕСНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»
Москва 1968

Ботаника, Г. В. Матвеева, 1967 г., стр. 231.

В учебнике изложены основные отделы ботаники: морфология, анатомия, физиология и систематика растений, указано значение растений в природе и в жизни человека. Описание морфологического и анатомического строения органов дано в связи с их функциями и с их эволюцией, на примерах древесных и других растений, связанных с жизнью леса. Изложение физиологических процессов связано с экологическими факторами и с экологическими свойствами растений. В главе «Систематика растений» кратко описаны отделы низших растений и более подробно — отделы высших растений по филогенетической системе А. А. Гроссгейма, при этом особое внимание уделено растениям, обитающим в лесу.

Иллюстраций — 93, схема — 1.

Официальные рецензенты:

Доктор биологических наук профессор

Н. Н. Киселев

Преподаватели Крапивинского лесного техникума

Н. Л. Гольдин, Г. В. Маратова

ВВЕДЕНИЕ

Ботаника — наука, всесторонне изучающая растения: их внешнее и внутреннее строение, процессы их жизнедеятельности, классификацию, взаимоотношения растений со средой, распространение и закономерности образования растительного покрова.

Растения широко распространены по земному шару: на горах, в равнинах и низинах они образуют леса, луга, степи, болота, живут и в пустынях, заселяют океаны, моря, озера и реки, проникая в них на значительные глубины.

Роль растений в природе и в практической деятельности человека очень велика и разнообразна.

В процессе, свойственном только зеленым растениям, — фотосинтезе — из неорганических веществ (углекислоты и воды) образуются органические вещества, из которых создается тело самих растений. В виде растительной пищи эти органические вещества потребляются животными и человеком, перерабатываются и идут на построение их тела. Одновременно с образованием органических веществ во время фотосинтеза зеленые растения выделяют в воздух кислород, необходимый для дыхания почти всех живых организмов.

В процессе создания органических веществ (при фотосинтезе) зеленые растения связывают солнечную энергию, без чего невозможна органическая жизнь на земле. Эта же энергия, как бы законсервированная в каменном угле, древесине, торфе, нефти, обеспечивает человечеству развитие промышленности и техники.

Человек повседневно пользуется предметами растительного происхождения как в быту, так и на производстве: это и одежда, и мебель, и предметы домашнего обихода и многое другое.

В процессе жизнедеятельности растительные организмы осуществляют круговорот веществ в природе. Зеленые растения создают органические вещества, аккумулируя солнечную энергию. Животные организмы потребляют их, превращают в органические вещества своего тела, не извлекая до конца и

частично освобождая при этом связанную в них энергию. Незеленые растения (бактерии и грибы) в процессе жизнедеятельности (гниения и брожения) разлагают органические вещества до полной минерализации, освобождая при этом энергию и завершая тем самым круговорот веществ и энергии в природе. Как мы видим, значение растений очень велико.

В процессе всестороннего изучения растений возникла необходимость в разделении ботаники на отделы. Каждый из этих отделов рассматривает определенные стороны жизни растений.

Морфология растений занимается изучением внешнего строения и форм органов растений, их образования и изменения в связи с выполняемыми функциями.

Анатомия растений изучает внутреннее строение органов растений и связь этого строения с их функциями и с окружающей средой.

Физиология растений исследует процессы жизнедеятельности, происходящие в растениях: минеральное питание, фотосинтез, дыхание, испарение, рост, развитие, их взаимозависимость и зависимость от внешних факторов.

Систематика растений классифицирует разнообразные формы растений на систематические единицы: виды, роды, семейства, изучает возникновение и развитие растительного мира, восстанавливает пути развития от простейших организмов до наиболее высокоорганизованных.

География растений занята изучением распространения видов растений по земному шару, а также изучением флоры, т. е. видового состава растений отдельных стран, областей.

Геоботаника исследует растительный покров земного шара, закономерности формирования естественных растительных группировок (сообществ) — лесов, лугов, болот, степей, растительность тундр, пустынь, водоемов.

Фитопатология изучает болезни растений, их возбудителей и меры борьбы с ними.

Дендрология изучает только древесные растения, деревья и кустарники: их систематику, биологические особенности, условия произрастания, размножение, распространение.

В настоящем учебнике согласно программе первого курса лесохозяйственных техникумов кратко изложены четыре отдела ботаники: морфология, анатомия, физиология и систематика растений.

Главным объектом деятельности лесоводов является лес. Лес — это не только деревья, но и все другие растения, обитающие в лесу и в большей или меньшей степени принимающие участие в его образовании (кустарники, травы, мхи, грибы и даже бактерии почвы), а также среда, в которой развивается лес.

Ботаника является основной дисциплиной. Изучая названные четыре отдела, студенты знакомятся со всеми обитателями леса, с особенностями их строения, с процессами их жизнедеятельности, с возникновением, развитием и размножением их, т. е. приобретают знания, которые помогут им усвоить специальные лесоводственные дисциплины: дендрологию, лесоводство, лесные культуры, таксацию, фитопатологию.

Развитие народного хозяйства предусматривает повышение продуктивности наших лесов. Выполнение этой задачи требует высокого уровня теоретических знаний.

В Советском Союзе находится $\frac{1}{3}$ площади лесов мира. В этих лесах сосредоточены огромные запасы древесины разнообразных древесных пород. Трудно назвать такую отрасль промышленности, где не потреблялась бы в том или ином виде древесина. Рационально и экономно использовать эти богатства, следить за непрерывным возобновлением лесов — прямая и благородная обязанность будущих лесных специалистов.

Лес влияет на климат, усиливает влажность воздуха и почвы, предохраняет реки от высыхания, задерживает разрушение берегов оврагами, лесозащитные полосы предохраняют поля от засухи, а зеленые зоны вокруг городов улучшают их климат.

Человек начал изучать растения в практических целях очень давно, когда научился отличать дикорастущие и съедобные, несъедобные, вредные, ядовитые, лечебные. По мере познания растений увеличивались и способы их применения: для строительства жилищ, изготовления одежды, для предметов домашнего обихода. Значительно позднее началось выращивание ценных видов.

Самые древние ботанические сведения, дошедшие до наших дней, содержатся в трудах греческого философа и естествоиспытателя Теофраста, написанных в 4—3-м веках до нашей эры. Теофраста называют отцом ботаники.

Дальнейшее развитие ботаники шло в направлении описания растений, имеющих какой-либо практический интерес.

Для систематизации накопленного материала был предложен ряд систем, из которых система Линнея (18-й век), как наиболее удобная и простая, господствовала в науке долгие годы. Она основывалась на существовавших тогда в науке представлениях о неизменности видов и создании их богом. Однако накопленные наукой факты и классификация видов в системы все больше выдвигали идеи изменчивости видов, их развития.

В начале 19-го века Жак Ламарк создал эволюционную теорию, он первый доказал наличие эволюции в природе, но объяснение этого процесса дал малоубедительное, приписав организмам способность целесообразно изменяться в новых условиях.

Чарлз Дарвин (1809—1882 гг.) на основании наблюдений во время кругосветного путешествия и данных селекции домашних животных и культурных растений создал эволюционную теорию развития природы, названную впоследствии дарвинизмом. Он не только доказал эволюцию живых организмов, но и дал материалистическое объяснение этому процессу, как и целесообразности строения растений и животных.

В основе эволюции, по Дарвину, лежат три процесса: изменчивость, наследственность и естественный отбор. В результате свойственной организму изменчивости в потомстве появляются различные отклонения, иногда очень незначительные. Часть из них передается по наследству следующим поколениям, часть не передается. Так как каждый организм образует многочисленное потомство (например, дерево осины — миллионы семян), то в природе возникает борьба за существование и в результате происходит естественный отбор.

Среди изменений, появляющихся в потомстве, имеются отрицательные, безразличные и положительные. Отрицательные изменения, мешающие развитию особи, приводят к ее гибели, а следовательно, в потомстве не повторяются. Безразличные изменения не оказывают влияния на развитие организмов. Положительные изменения дают преимущество в развитии отдельных особей, которые при этом образуют более жизнеспособное потомство. Число таких положительно измененных особей с каждым поколением увеличивается, и со временем из них может возникнуть разновидность, а затем и новый вид.

Эволюционное учение Дарвина в настоящее время является основой всех биологических наук и, в частности, на его основе составляются системы растительного мира.

В 17-м веке была открыта клетка. Это открытие явилось началом развития анатомии растений. В 19-м веке была принята теория клеточного строения организмов, в конце 19-го века от анатомии отделилась и стала самостоятельной наукой цитология — учение о клетке.

Первые сведения по физиологии растений относятся к 17-му веку, дальнейшее развитие ее было связано с развитием химии.

Перечисленные отделы ботаники, развиваясь, дали начало более молодым отделам: географии растений, геоботанике и др.

Систематические научные исследования по естествознанию в России были начаты с открытием Академии наук (1725 г.). Основные работы по ботанике в те времена были направлены на изучение и описание видового состава растений (флоры) России, на установление русской научной терминологии и на составление учебников. В этой работе наибольшую роль сыграли первые русские ботаники С. П. Крашенинников (1711—1755 гг.), П. С. Паллас (1741—1811 гг.), В. Ф. Зуев (1754—1794 гг.).

В дальнейшем ботанические исследования в России расширились, касаясь всех отделов ботанических наук, и открытия многих русских ботаников сделались достоянием мировой науки (их работы упоминаются в тексте в соответствующих разделах).

После Великой Октябрьской социалистической революции при Академии наук СССР были созданы Ботанический институт и Институт физиологии растений, в которых ведутся большие ботанические исследования. Создаются многочисленные ботанические сады, ежегодно организуются экспедиции, изучающие флору и растительность Союза, издается обширная ботаническая литература. Ботаническим институтом Академии наук СССР выпущены многотомные труды: «Флора СССР», «Растительность СССР», «Деревья и кустарники СССР», составлены геоботанические карты.

МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Стебли, листья, корни, цветки и другие органы растений бывают различной формы, величины и окраски. Это придает каждому растению соответствующее внешнее строение.

Морфология, как мы говорили, является наукой, изучающей внешнее строение растений и разнообразие форм их органов.

Вначале морфология занималась описанием форм органов растений и установлением терминов для них. Современная морфология изучает закономерности формообразования органов растений, их возникновение, происхождение, зависимость формы органов от их функций и от окружающей среды.

Знания по морфологии необходимы для изучения систематики растений, анатомии, физиологии, для изучения специальных дисциплин: дендрологии, селекции, лесных культур, лесоводства, таксации, а также для практической работы, например распознавания древесных растений по внешним признакам.

Первые растения на земном шаре, возникшие в отдаленные времена, образовались в воде и долгое время жили только в водной среде. Это были очень мелкие организмы, состоявшие всего из одной клетки. Затем стали появляться более крупные, многоклеточные, имевшие более разнообразную форму в виде шариков, нитей, пластинок, слабо ветвящихся вытянутых лент. Такое строение тела имеют и сейчас водоросли.

И только тогда, когда растения начали переселяться из воды на сушу, сперва на сырые побережья водоемов, а затем и на более сухие места, в процессе длительной эволюции их пластинчатые тела начали расчленяться на органы, которые выполняли определенные функции.

Очевидно, сперва стал формироваться стебель, поднимающий зеленые части растений к свету, затем листья, и только с переходом на еще более сухие условия существования у растений появились корни.

Эти три органа растений — стебель, лист и корень — называются основными (рис. 1). Каждый из этих органов выполняет

определенные функции и внешнее и внутреннее строение их определяется этими функциями и окружающей их средой.

Дальнейшая эволюция растений в связи с изменяющейся средой привела к тому, что основные органы начали выполнять некоторые новые функции и под влиянием этих функций изменялся их внешний вид. Видоизменение основных органов под влиянием новых функций называется метаморфозом. Так образовались у растений различные другие органы: цветки, корневища, усики, колючки, клубни. Каждый из них яв-

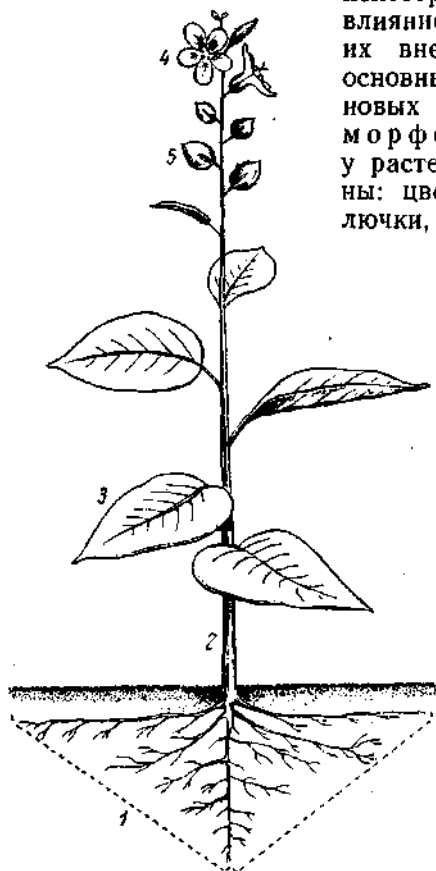


Рис. 1. Схема важнейших органов семенного растения:

1 — корень; 2 — стебель; 3 — лист; 4 — цветок; 5 — плод

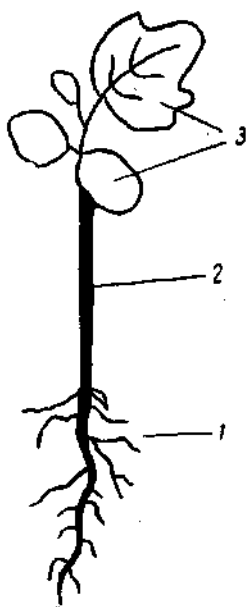


Рис. 2. Всход березы:

1 — корень; 2 — стебель; 3 — листья

ляется метаморфозом одного или нескольких основных органов: корня, стебля, листа.

Зачатки основных органов имеются в зародыше семени. Когда семя начинает прорастать, первым появляется корешок, затем стебель, а на нем листья. Если взять всход древесного растения, например березы (рис. 2), липы, то на нем легко можно

различить эти три основных органа. Изучение морфологии можно начать с любого из них. Поскольку в процессе эволюции первым начал формироваться стебель, с него мы и начнем.

МОРФОЛОГИЯ СТЕБЛЯ, КОРНЯ И ЛИСТА

СТЕБЕЛЬ

МОРФОЛОГИЯ СТЕБЛЯ

Стебель выполняет две основные функции: 1) он образует и несет на себе листья, цветки и плоды и 2) по нему проходит восходящий ток воды и минеральных веществ от корней к листьям и нисходящий ток органических веществ (сахаров) от листьев к корням.

Стебель растет в воздушной среде и ветвится, что обеспечивает лучшее распределение на нем листьев по отношению к свету. В процессе эволюции у этого органа выработались следующие характерные черты:

1. Стебель обладает свойством расти вверх. При прорастании семени появляющийся после корешка стебель всегда растет вверх, даже если проросток повернуть так, чтобы стебель был опущен в землю, через некоторое время он изогнется и будет расти вверх. Это свойство стебля называется отрицательным геотропизмом и объясняется отрицательной реакцией его на силу земного притяжения. Боковые ветви этим свойством не обладают.

2. На вершине стебля находится почка. Самая верхинка стебля называется точкой роста, многократное деление клеток которой приводит к росту стебля в длину. Точка роста, окруженная многочисленными зачатками листьев и чешуек, образует почку.

3. Листья образуются только на стеблях. Когда почка трогается в рост, стебель начинает расти в длину, зачатки листьев, окружающие точку роста в почке, также растут, и молодой стебель покрывается листьями. Следовательно, на других органах листья не могут образоваться, а наличие даже мелких, зачаточных листьев на некоторых органах, например на корневищах, клубнях, колючках, говорит о том, что они являются метаморфозом стебля.

4. Для стебля характерно наружное, или экзогенное, образование боковых ветвей. Каждая боковая ветвь развивается из почки. При закладывании на стебле почки все ткани стебля на месте будущей почки образуют складку-бугорок, из которого и формируется почка, а в дальнейшем боковая ветвь, поэтому такое ветвление называется наружным.

Таковы типичные признаки стебля.

Из зачатка стебля зародыша семени растет главный стебель растения, на нем образуются ветви (побеги) первого порядка, на них — второго порядка и т. д. Совокупность всех ветвей данного растения называется кроной. Особенно хорошо выражена крона у древесных растений.

Молодой стебель с листьями называется побегом. В морфологии различают следующие части побега. Место прикрепления листа к стеблю называется *узлом*, стебель между двумя узлами — *междоузлием*. Лист к стеблю прикрепляется основанием черешка. После опадения листьев осенью в месте прикрепления черешка на коре остается метка, пятно, так называемый *листовой рубец*, а внутри него обычно хорошо заметны небольшие бугорки — *листовые следы*. Это места разрыва жилок, проходящих из листа по черешку в стебель. Форма, размер листовых рубцов и число листовых следов характерны для каждой древесной породы, например у каштана конского очень крупный листовый рубец с пятью-семью листовыми следами, у видов ив — узкий листовый рубец с тремя листовыми следами.

Угол между черешком листа и стеблем называется *пазухой* листа. У древесных растений в пазухе листа всегда находится почка, чаще одна (у клена, березы, дуба), реже две (у ореха) или три сидящие рядом (у ивы) или одна над другой (у жимолости).

Почка является зачатком побега. Центральную часть почки (рис. 3) занимает точка роста стебля, которая окружена и прикрыта многочисленными зачатками листьев, а у основания листьев находятся небольшие — первичные — бугорки, из них во время роста побега также образуются почки.

Самые наружные мелкие листья почек обычно бывают плотными, кожистыми, темными; они превращаются в чешуйки, защищающие нежную внутреннюю часть почки от высыхания. Количество чешуек, их форма и окраска характерны для отдельных видов растений, например у ивы две наружные чешуйки срастаются в колпачок, закрывающий почку, у березы их бывает до шести, у дуба до четырнадцати.

По положению на побеге различают почки *верхушечные*, *боковые* (пазушные) и *придаточные* (адвентивные). Почки, находящиеся на вершине побега не в пазухе листа, называются *верхушечными* (рис. 4). Они хорошо заметны на побегах каштана конского, клена, дуба, сосны, ели. Почки, находящиеся в пазухе листа, называются *боковыми* или *пазушными*. Они хорошо видны на однолетних побегах наших лиственных пород: березы, осины, липы. После опадения листвы их легко можно отличить по листовому рубцу, находящемуся под боковой почкой. Верхушечные и боковые почки закладываются и

формируются в процессе роста побега у древесных растений еще летом или осенью, и зимой побег имеет уже сформировавшиеся почки. При повреждении их или даже целых побегов у многих растений летом возникают вновь почки на стеблях (у дуба), на корнях (у осины), а у некоторых даже на листьях (бегония).

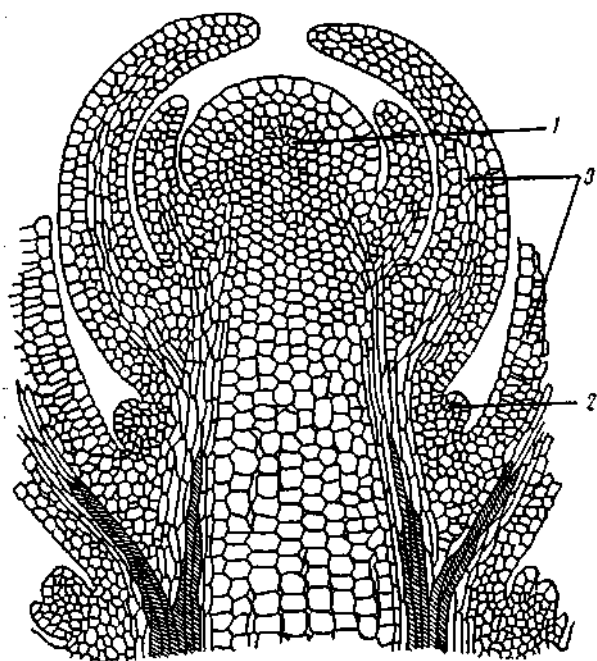


Рис. 3. Продольный разрез почки:

1 — точка роста; 2 — первичный бугорок; 3 — зачатки листьев

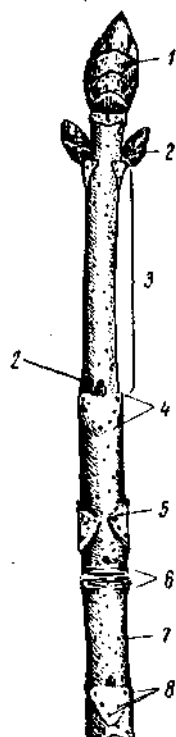


Рис. 4. Побег каштана коковского без листьев:

1 — верхушечная почка; 2 — пазушная почка; 3 — междоузлие; 4 — листовый рубец; 5 — узел; 6 — место прикрепления чешуй почки; 7 — чешуйка; 8 — листовый след

Такие вновь возникающие почки называются придаточными или адвентивными. Благодаря им, например, восстанавливается листва после сплошного уничтожения весной молодых листьев гусеницами, что наблюдается в некоторые годы на деревьях дуба при сильном размножении вредителей.

Следует различать почки и по их состоянию. На концах растущих побегов всегда находится точка роста с активно делящимися клетками, окруженная зачатками листьев, т. е.

почка в состоянии роста, или растущая почка. К осени рост побегов прекращается, на концах их и в пазухах листьев формируются покоящиеся почки, прикрытые чешуей и несущие зачатки листьев, а в их пазухах первичные бугорки (будущие боковые почки). Весной покоящиеся почки становятся растущими и за счет деления клеток их точек роста образуется годичный прирост главного и боковых побегов. Но не все покоящиеся боковые почки на побегах начинают расти в первую же весну. На побегах древесных растений часть боковых почек не



Рис. 5. Типы ветвления древесных растений:
 а — неопределенное, у клена; б — определенное, у вяза (слева — верхняя пазушная почка в разрезе);
 в — ложновильчатое, у сирени (справа — пазушные почки в разрезе, видна неразвившаяся верхушечная почка)

распускается, но и не отмирает. Такие почки задерживаются в росте иногда на десятки лет, не раскрываясь, и только ось их ежегодно удлиняется настолько, насколько утолщается стебель по радиусу, поэтому они всегда остаются почти на поверхности в коре. Эти почки называются спящими. В случае повреждения расположенной выше части побега или почек морозом или вредителями спящие почки начинают расти и образуют новые побеги.

Если в каждом узле побега находится одна почка, побег будет иметь очередное, или спиральное, почкорасположение (у липы, ивы), если в узле находятся две почки одна против другой, почкорасположение называется супротивным (у сирени, клена), если три и больше почек, то мутовчатым (у олеандра). Поскольку боковые почки всегда растут в пазухах листьев, то почко- и листорасположение у одного вида растений всегда одинаково.

Побеги древесных растений имеют три типа ветвления: неопределенное, определенное и ложновильчатое (рис. 5).

Если на вершине побега находится верхушечная почка, за счет роста которой и происходит ежегодное нарастание побега в длину, то ветвление его называется неопределенным или моноподиальным. При этом верхушечная почка и на ветвях и на главном побеге растет сильнее боковых, и у деревьев с таким ветвлением даже в верхней части кроны заметен прямой главный ствол, как у ели, сосны, дуба.

Если на конце побега верхушечная почка прекращает рост, даже не сформировавшись (у осины, вяза), или отмирает за зиму (у березы даже с кусочком стебля), то побег удлиняется ежегодно за счет ближайшей боковой почки, и ветвление его называется определенным или симподиальным. Ежегодный прирост главного ствола при этом также происходит за счет боковой почки, расположенной иногда почти на вершинке, и у таких деревьев прямой главный ствол в верхней части кроны незаметен.

Если почки на побеге расположены супротивно и верхушечная не развивается или отмирает, то побег нарастает в длину за счет двух ближайших боковых почек одновременно, в результате чего образует вилку (у сирени, жимолости). Ветвление таких побегов называется ложновильчатым или ложнодихотомическим. Настоящее дихотомическое ветвление встречается только у споровых растений: плаунов, мхов.

Чтобы определить тип ветвления того или иного дерева, достаточно выяснить, какие почки находятся на концах его побегов — верхушечная или боковые. Иногда на одном дереве побеги могут иметь два типа ветвления: моноподиальный и ложнодихотомический (у ясеня); такое ветвление называется смешанным.

Когда весной почки начинают расти, их чешуйки быстро опадают. На коре побега на месте прикрепления чешуек остаются многочисленные тесно собранные в кольцо листовые рубцы в виде морщинок. По этим кольцам рубцов от чешуек можно легко найти границы годичных приростов на побегах, а подсчитав их, определить возраст побега. Через 8—10 лет кольца морщинок на побегах обычно сглаживаются.

Длина годичного прироста побегов у разных деревьев бывает от 2—3 см до 2,5—3 м. Это зависит от свойств того или иного вида дерева и от окружающих условий. По длине побегов, по степени выраженности на них междоузлий различают удлиненные и укороченные побеги в пределах кроны даже одного дерева. Например, в кроне осины имеются крупные однолетние побеги с хорошо выраженными междоузлиями — удлиненные, а также с очень сближенными листьями и неразличимыми междоузлиями, прирастающими за год на 1—2 см и меньше, — укороченные (рис. 6). Они хорошо видны также у березы, рябины и на них обычно образуются цветки и плоды.

У лиственницы листья-хвоинки расположены на укороченных побегах пучками (до 30 шт.) и только на однолетних удлиненных побегах поодиночке. У сосны все листья-хвоинки расположены на укороченных побегах: у сосны обыкновенной по две хвоинки, у кедра сибирского по пять.

Укороченные побеги бывают и у травянистых растений. Например, у подорожника, одуванчика, моркови, свеклы главный стебель растет очень слабо и поэтому все листья, расположенные на таком укороченном побеге, образуют прикорневую розетку.

На поперечном срезе стебель может иметь разную форму. У большей части растений он округлый, но бывает трехгранный (у осоки), четырехгранный (у мяты, шалфея), мелкоребристый (у хвоща). Округлый полый стебель с утолщениями и перегородками в узлах характерен для злаков (соломина) и для зонтичных.

У большей части растений стебли прямостоячие, так как они настолько прочны, что свободно выдерживают иногда сильно развитую крону. У некоторых видов стебли слабые, гибкие, стелющиеся по земле (у костяники, будры, земляники), у иных стебель поднимает листву к свету, опираясь на окружающие его предметы: цепляющиеся стебли опираются при помощи усиков (у винограда, горошка), выющиеся обвиваются вокруг опор (у хмеля, вьюнков).

Размеры стеблей различны: у травянистых растений от нескольких миллиметров (у подорожника, одуванчика) до 2,5—3 м (у подсолнечника, кукурузы). У древесных растений, например у ели, сосны, ствол достигает в высоту 50 м, у дуба 40 м, а у тропических быстрорастущих эвкалиптов 150 м.

МЕТАМОРФОЗ СТЕБЛЯ

У некоторых видов растений стебель, помимо основных, выполняет ряд дополнительных функций: вегетативного размножения¹, защиты, опоры, накопления питательных веществ.

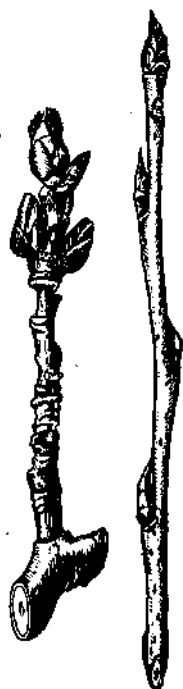


Рис. 6. Побеги сосны: укороченный, с листовыми и цветочными почками (слева) и удлиненный, с листовыми почками (справа)

¹ Размножение частями основных органов: стебля, корня и листа и их метаморфозами (см. стр. 32).

Под влиянием дополнительных функций сильно меняется внешний вид органа и возникает метаморфоз в виде плетей, усов, корневищ, клубней и др.

Плети и усы (рис. 7) — органы вегетативного размножения травянистых растений — стелющиеся по земле стебли с длинными междоузлиями и придаточными корнями. Ими размножаются лютик ползучий, земляника, костяника.

Корневище — подземный стебель, выполняющий функции размножения, перезимовывания и накопления запаса питатель-

ных веществ. Корневища растут в верхних слоях почвы и по внешнему виду больше похожи на корни (см. рис. 7), но наличие на корневищах редуцированных листьев, пазушных и верхушечных почек доказывает их стеблевое происхождение. Из лесных растений такие корневища имеют ландыш, майник, грушанка, вороний глаз, из сорняков — пырей. Иногда корневища слабо рас-

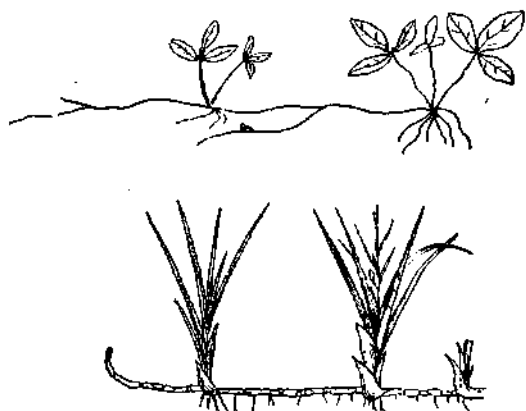


Рис. 7. Метаморфозы стебля: вверху усы земляники, внизу — корневище осоки

тут в длину, мало ветвятся, но зато достигают значительной толщины, например корневища папоротника.

Когда запас питательных веществ (крахмала) откладывается не равномерно по всему корневищу, а местами, отдельными участками, которые при этом сильно утолщаются, образуются клубни, например, у картофеля.

Колючки — орган защиты растений. У одних видов растений в колючки превращаются только концы побегов, например у дикой груши, у крушины слабительной. У других весь побег превращается в колючку, например у боярышника такие колючки достигают 2—3 см в длину, а у гледичии 7—10 см, при этом даже ветвятся и очень тверды. Доказательством того, что эти колючки образовались из стебля, является развитие их из боковых почек: у основания такой колючки всегда бывает лист или листовая рубец.

Усики — орган опоры у растений со слабым главным стеблем.

У некоторых видов стебель выполняет функцию листьев — фотосинтез, а сильно редуцированные листья имеют вид чешуек, пленок, колючек (кактус, спаржа).

Луковица — орган перезимовывания, размножения и отложения запаса питательных веществ. Она является метаморфозом побега. На продольном разрезе через луковицу хорошо виден укороченный стебель — донце, на верхнем конце которого находится точка роста. К донцу прикреплены многочисленные листья и придаточные корни (у лука, лилии).

КОРЕНЬ

МОРФОЛОГИЯ КОРНЯ

Корень выполняет две основные функции: поглощает воду и питательные растворы из почвы, укрепляет растения в почве. Под влиянием этих функций и своеобразной почвенной среды, в которой развиваются корни, в процессе длительной эволюции выработались следующие характерные для этого органа признаки:

1. Корень прорастающего семени растет вертикально вниз, в землю. Если проросток повернуть так, что корешок его будет направлен вверх или вбок, через некоторое время он изогнется и будет продолжать расти вниз. Это свойство корня называется положительным геотропизмом и объясняется влиянием земного притяжения.

2. Рост корня происходит в результате деления клеток точки роста, находящейся на конце корня. В противоположность стеблю точка роста корня прикрыта не почкой, а корневым чехликом. Когда корень растет, кончик его как бы роет землю, продвигаясь в глубь почвы, и корневой чехлик защищает нежные клетки точки роста от механических повреждений. Корневой чехлик состоит из нескольких слоев живых клеток. Клетки наружных слоев повреждаются, отмирают, отслаиваются, а образующиеся в точке роста новые клетки наслаиваются изнутри, поэтому толщина корневого чехлика всегда остается одинаковой.

3. Корню свойственно ветвление, благодаря ему увеличивается поглощающая поверхность корня. Боковые корни закладываются в центральной, внутренней части корня и, выходя на поверхность, разрывают покрывающие их ткани, в том числе и кору. Такое образование боковых корней называется внутренним или эндогенным и свойственно только корням.

4. Каждый корень имеет три хорошо различимые зоны: растущую, всасывающую и проводящую.

Растущая — зона роста — занимает расстояние от 2 до 10 мм в длину на самом кончике корня и непосредственно соприкасается с корневым чехликом (рис. 8). В нижней части этой зоны, в точке роста, происходит многократное деление клеток, увеличивается их число, в верхней части зоны деление клеток

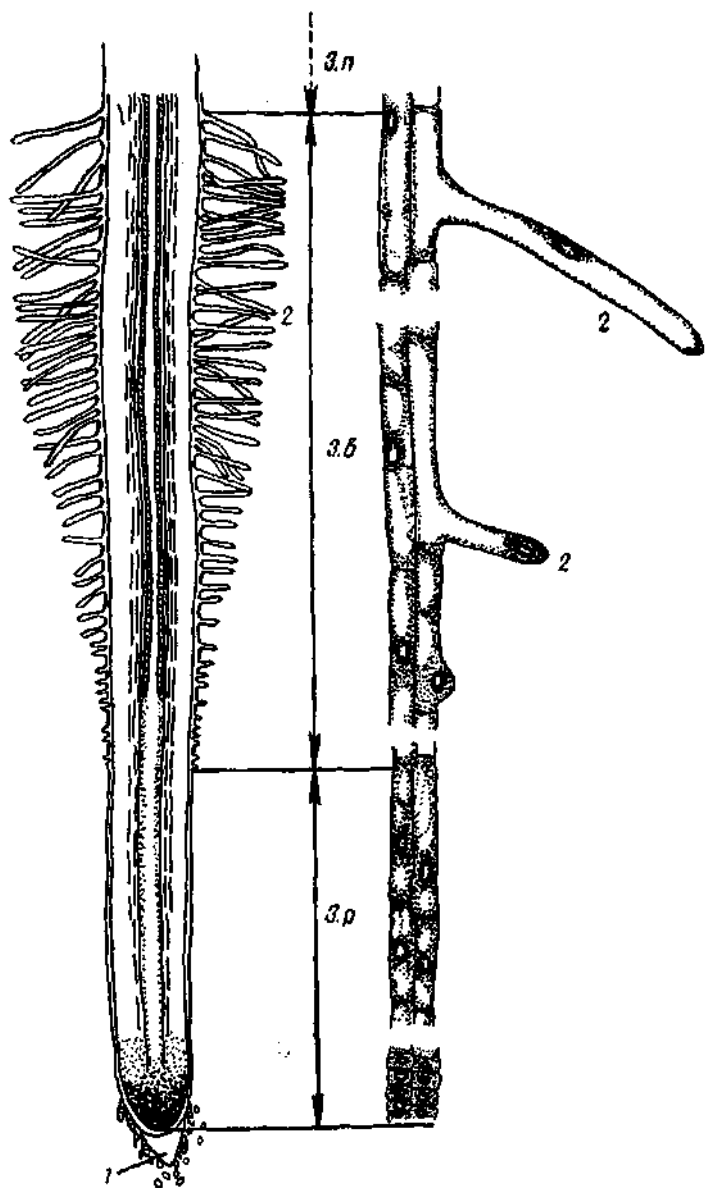


Рис. 8. Молодой корень пшеницы (слева — схема строения корня; справа — периферические клетки отдельных зон, сильно увеличенные):

1 — корневой чехлик; 2 — корневые волоски; 3. р. — растущая зона; 3. в. — всасывающая зона; 3. п. — проводящая зона

прекращается и они растягиваются, разрастаются, увеличиваются в размерах. Следовательно, рост любого, даже старого, корня в длину происходит только в этом небольшом участке корня, находящемся на его кончике.

В той части корня, где клетки прекращают рост, начинается всасывающая зона. Вся поверхность ее густо покрыта мелкими корневыми волосками. Корневые волоски являются выростами оболочек живых клеток, покрывающих корень на протяжении всей всасывающей зоны. Они не отделены перегородкой от материнских клеток, всегда одноклеточны, не ветвятся, имеют протоплазму, ядро и очень тонкую нежную оболочку, через которую легко поглощают влагу и минеральные растворы почвы. Корневые волоски недолговечны, их деятельность продолжается несколько дней.

Так как отмирающие корневые волоски находятся в верхней части зоны, а новые одновременно возникают у нижней границы ее, то всасывающая зона растущего корня все время продвигается по корню за его растущим концом. В результате этого молодые корневые волоски соприкасаются с новыми участками почвы, с неиспользованными запасами минеральных растворов и влаги.

Корневые волоски в среднем достигают 2,5—3 мм длины, но их образуется 300—400 шт. на 1 мм², благодаря чему поглощающая поверхность корней увеличивается в 12—20 раз и больше.

Третья зона корня — проводящая. По ней идет ток влаги и растворов. Она занимает наибольшую часть корня по длине, от всасывающей зоны и до места перехода корня в стебель — до корневой шейки. Поверхность проводящей зоны покрыта в нижней части тонким слоем мертвых клеток, а у более старых корней — корой.

В зародыше семян всегда имеется зачаток корешка. При прорастании семени этот корешок первым прорывает кожуру семени, высвобождается наружу и, разрастаясь, образует главный корень растения. Он обладает положительным геотропизмом и быстро углубляется в почву. Корни, образующиеся на главном, называются боковыми корнями первого порядка, на них образуются боковые корни второго порядка, и т. д. Боковые корни не обладают ярко выраженным положительным геотропизмом и могут расти горизонтально или под разными углами по отношению к главному корню.

У некоторых растений корни могут образоваться на стеблях, например на побегах тополя, ивы, на корневищах (у пырея) и даже на листьях (у бегонии и сердечника). Такие корни называются придаточными.

Совокупность корней растения называется корневой системой. По внешнему виду различают стержневую и

мочковатую корневые системы (рис. 9). У растений с стержневой корневой системой главный корень сильно отличается по длине и толщине от боковых корней, например у дуба, пастушьей сумки, сурепки. При мочковатой корневой системе рост главного корня рано приостанавливается, и у растений образуется масса сравнительно тонких, одинаково развитых боковых и придаточных корешков (мочка). Придаточные корешки обильно образуются на корневой шейке. Мочковатая корневая система характерна для злаков (овес, ячмень), лука, чеснока, ландыша.

Каждый вид растений имеет определенный тип корневой системы, но интенсивность развития и распределение корней в почве в большей степени зависят и от внешних условий, главным образом от влажности и плодородия почвы.

Разросшиеся корневые системы растений достигают больших размеров по длине и диаметру. У молодых растений — сеянцев корневая система обычно развивается быстрее надземной части, что хорошо

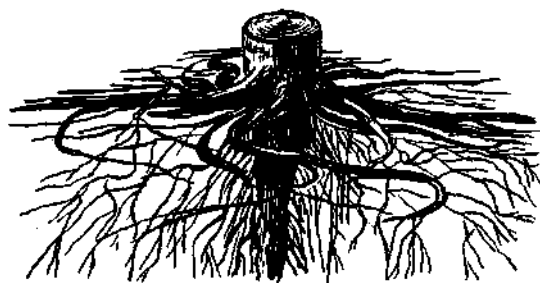


Рис. 9. Типы корневых систем: слева — стержневая (у сосны), справа — мочковатая (у пшеницы)

заметно у древесных растений; например, у однолетнего сеянца дуба корень бывает до 1 м длиной, а стебель всего 15—20 см. У взрослых деревьев корневая система уходит на несколько метров в глубину, в зависимости от плотности грунта, а диаметр ее превышает диаметр кроны, достигая 15—20 м.

МЕТАМОРФОЗ КОРНЯ

Помимо основных функций, корень у некоторых растений выполняет дополнительные функции: накопление питательных веществ, перезимовывание, вегетативное размножение, дыхание.

Под влиянием этих функций возникли следующие метаморфозы корней.

Корнеплоды — главный корень превращается в орган, запасающий питательные вещества. Накапливая большое количество органических веществ, главный корень разрастается и утолщается, как например у свеклы, моркови.

Когда запас питательных веществ откладывается у растений не в основном, а в боковых корнях, они сильно утолщаются и превращаются в **корневые клубни** (у георгин).

У растений-паразитов (омелы, заразихи) корни превращаются в присоски, которые врастают в стебель или корень растения-хозяина и высасывают из него питательные вещества.

У травянистых растений-эпифитов, которые растут на коре ветвей других деревьев, но не являются паразитами, развиваются многочисленные тонкие придаточные корни, свисающие с веток, покрытые слоем мертвых клеток, жадно поглощающих влагу атмосферных осадков (многие виды тропических орхидных). Эти корни называются **воздушными**.

У тропических деревьев, растущих на сильно заболоченных почвах, где корням не хватает кислорода, на корнях, погруженных в почву, появляются ответвления, растущие вертикально и выступающие на поверхность почвы. Эти корни, называемые **дыхательными**, имеют тонкую кору и анатомическое строение их обеспечивает свободный газообмен. Такие корни образуют американский болотный кипарис, мангровые деревья. Сходные корни развиваются и у ивы ломкой, растущей по берегам болотистых рек.

Некоторые растения имеют **втягивающие** корни, которые способны сокращаться по длине. Такие корни встречаются у луковичных растений, например у лука, чеснока, лилий, а также на корневищах поповника. Благодаря их укорачиванию луковицы и корневища таких растений осенью плотнее прижимаются к почве, а иногда частично даже погружаются в нее, что обеспечивает лучшее перезимовывание их.

Имеются растения, у которых корни служат для вегетативного размножения. Они ветвятся слабо или совсем не ветвятся и в виде тонких тяжей тянутся на небольшой глубине в почве, легко образуют придаточные почки и корни. Из придаточных почек таких корней образуются наземные побеги — **корневые отпрыски**, например у осины, акации белой, ольхи серой, иван-чая, ежевики, малины.

МИКОРИЗЫ И КЛУБЕНЬКИ НА КОРНЯХ

Многие лесные растения вступают в своеобразное сожительство (симбиоз) с некоторыми видами грибов. Как известно, грибы образуют в почве множество сильно разветвленных

тонких нитей — гиф, которые составляют грибницу. Эти гифы выполняют у грибов роль корней, интенсивно поглощая из почвы влагу и питательные вещества.

Русский ученый Ф. М. Каменский обнаружил (1881 г.), что кончики корней многих лесных растений бывают густо оплетены нитями грибов, как войлочным футляром, при этом кончики корней сильно ветвятся, слегка утолщены, коротки и на



Рис. 10. Молодой корень сосны без микоризы (а) и с микоризой (б), справа — клубеньки на корнях бобового растения

них не образуются корневые волоски. Такое соединение, сожительство корней зеленого растения и гриба называется микоризой или грибокорнем (рис. 10). Очень тонкие нити гриба имеют большую поглощающую поверхность, они энергично поглощают влагу и питательные растворы почвы, которыми снабжают и зеленые растения, выполняя у них как бы функцию корневых волосков. Взамен нити гриба получают от корней зеленого растения органические вещества, образующиеся в зеленых листьях. Грибы, не имея зеленой окраски, сами создавать их не могут. У некоторых видов, например у дуба, липы, ели, сосны, нити гриба плотно оплетают кончики корней только снаружи; такая микориза называется наружной или экзотрофной. У других растений, например у брусники, черники, вереска, нити гриба проникают внутрь корешков и даже внутрь отдельных клеток; такая микориза называется внутренней или эндотрофной.

Подобное сожительство (симбиоз) выгодно обоим компонентам и привело к образованию особого типа питания лесных растений при помощи микориз — микотрофного.

На корнях травянистых растений (гороха, фасоли, клевера, из лесных — соевника) и древесных (белой и желтой акации), относящихся к семейству бобовых, образуются особые клубеньки, как бы опухоли (см. рис. 10). Русский ученый М. С. Воронин (1838—1903 гг.) выяснил, что эти клубеньки возникают под влиянием особых бактерий, встречающихся в почве (*Bacterium radicola*) и накапливающих азот (подробно об этом см. стр. 136).

Л И С Т

МОРФОЛОГИЯ ЛИСТА

Лист выполняет две основные функции: фотосинтез и транспирацию.

Фотосинтез — процесс образования органических веществ углеводов (сахаров) из неорганических (углекислого газа и воды), происходящий в зеленых клетках листа при наличии солнечного света, обеспечивающего растение необходимой для этого энергией. В процессе фотосинтеза лист поглощает из воздуха углекислый газ, выделяет освобождающийся кислород и связывает солнечную энергию.

Транспирация — испарение растением воды — происходит главным образом через листья. Кроме того, в листе происходит процесс дыхания — окисления, главным образом углеводов, режé жиров и белков. Дыхание свойственно всем живым клеткам, находящимся в любом органе. Но так как лист состоит преимущественно из живых клеток, то этот процесс в нем особенно заметен. При дыхании лист поглощает из воздуха кислород и выделяет образующийся углекислый газ. Освобождающаяся энергия используется для процессов жизнедеятельности.

Для листьев можно отметить следующие характерные признаки:

1. Листья развиваются из зачатков, возникающих в виде складок на поверхности точки роста стебля в почках. Поэтому происхождение листьев экзогенное, или наружное, и возникают они только на стеблях.

2. Лист только первое время, в почках, растет вершиной, а затем основанием, поэтому самой молодой частью взрослого листа является его основание.

3. В отличие от стебля и корня лист растет недолго — несколько дней, затем даже при благоприятных условиях рост его прекращается.

4. Продолжительность жизни листьев невелика; у однолетних растений и многолетних с опадающей листвой — всего один вегетационный период (от начала роста весной и до отмирания

осенью), у вечнозеленых растений — несколько лет: у сосны 2—3 года, у ели 7—10 лет, у брусники 3—4 года.

5. В отличие от корня и стебля лист плоский. Плоская форма листа связана с его функциями, особенно с фотосинтезом, и средой, так как обеспечивает большую поверхность, поглощающую солнечный свет.

Лист — орган пластичный, его форма, окраска, опушение очень разнообразны и в то же время форма листа для каждого

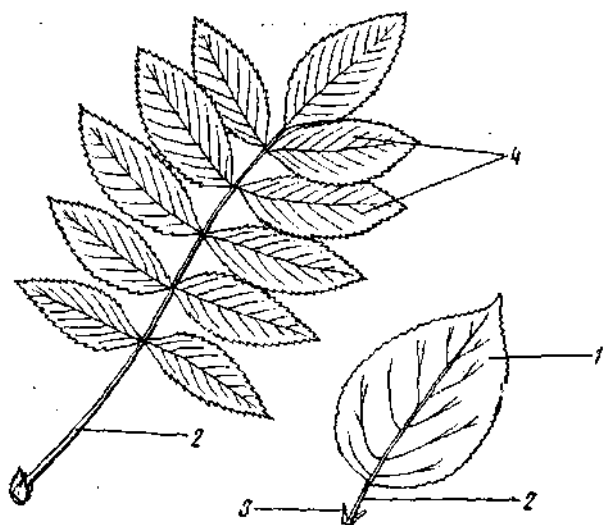


Рис. 11. Сложный лист рябины (слева) и простой лист яблони (справа):

1 — листовая пластинка; 2 — черешок; 3 — прилистники; 4 — листочки сложного листа

вида растений — признак стойкий, постоянный. Распознают и определяют виды растений в большинстве случаев по листьям, поэтому и морфология листьев должна быть изучена более подробно.

Лист состоит из листовой пластинки, черешка и прилистников (рис. 11, лист яблони).

Листовая пластинка — наиболее важная, сильно разрастающаяся часть листа, выполняющая его основные функции.

Черешок прикрепляет пластинку листа к стеблю, способствует наилучшему расположению ее по отношению к свету и смягчает опасность разрыва листа ветром, делая его более подвижным. В большей или меньшей степени расширенное основание черешка называется влагалищем, оно сильно выражено у зонтичных. Если черешок у листа отсутствует и листовая пластинка прикреплена к стеблю основанием, лист назы-

вается сидячим, а при наличии черешка — черешковым. У сидячих листьев, например у злаков, влагалище образуется расширенным основанием листовой пластинки, плотно охватывающим часть стебля.

У основания черешка на побегах многих растений образуются две небольшие зеленые пластинки — прилистники. У некоторых видов, например у березы, липы, дуба, черемухи, они рано опадают, у шиповника, малины, рябины отмирают вместе с листьями. Ранней весной прилистники служат дополнительной защитой почкам, находящимся в пазухе листьев. Прилистники могут иметь вид пленочек, щетинок, у акации белой они превращаются в колючки, расположенные попарно у основания черешка. У видов семейства гречишные прилистники сростаются в виде обертки, образуя раструб. При слабо развитой листовой пластинке, например у гороха, чины, разросшиеся прилистники выполняют ее функции.

От черешка в лист проходят жилки — сосудисто-волокнистые пучки, которые, разветвляясь, пронизывают всю листовую пластинку. По ним идет ток воды и минеральных растворов в ткань листа и отток углеводов (сахаров) от листа. Благодаря большой прочности (наличию механических тканей) жилки служат также опорой листовой пластинке, поддерживая ее в расправленном состоянии и делая более прочной, лучше сопротивляющейся разрыву ветром.

Расположение жилок в листе, или жилкование, бывает разным, что особенно хорошо заметно на нижней стороне листовой пластинки или при рассматривании ее на свет. Различают несколько типов жилкования.

Перистое жилкование — от черешка по листовой пластинке проходит более крупная выделяющаяся главная жилка, образующая боковые, более тонкие ответвления первого, второго и третьего порядка. Если при этом боковые жилки первого порядка доходят до края листа или даже упираются в него, жилкование называется перистокраебежным или перистосовершенным (у дуба, вяза). Если жилки первого порядка, сильно разветвляясь, не доходят до края листа, как бы теряясь, и образуют тонкую сеть из более мелких жилок, жилкование называется перистосетчатым или несовершенноперистым (рис. 12).

Пальчатое жилкование — от черешка кроме главной жилки отходит несколько (две-четыре) одинаково сильно развитых жилок, образующих боковые, более тонкие ответвления второго-третьего порядка. Если эти более крупные жилки доходят до края листа, жилкование будет пальчатокраебежным (у клена, липы), а если, разветвляясь, образуют у края листа тонкую сетку из мелких жилок, — пальчатосетчатым (у копытеня, осины).

Дугонервное жилкование — от черешка отходит несколько одинаково развитых, слабо ветвящихся, дуговидно изогнутых

жилок, сходящихся к вершине листовой пластинки, например у подорожника, ландыша (см. рис. 12), купены.

Параллельное жилкование свойственно сидячим листьям. При этом от основания листа отходит несколько одинаково раз-

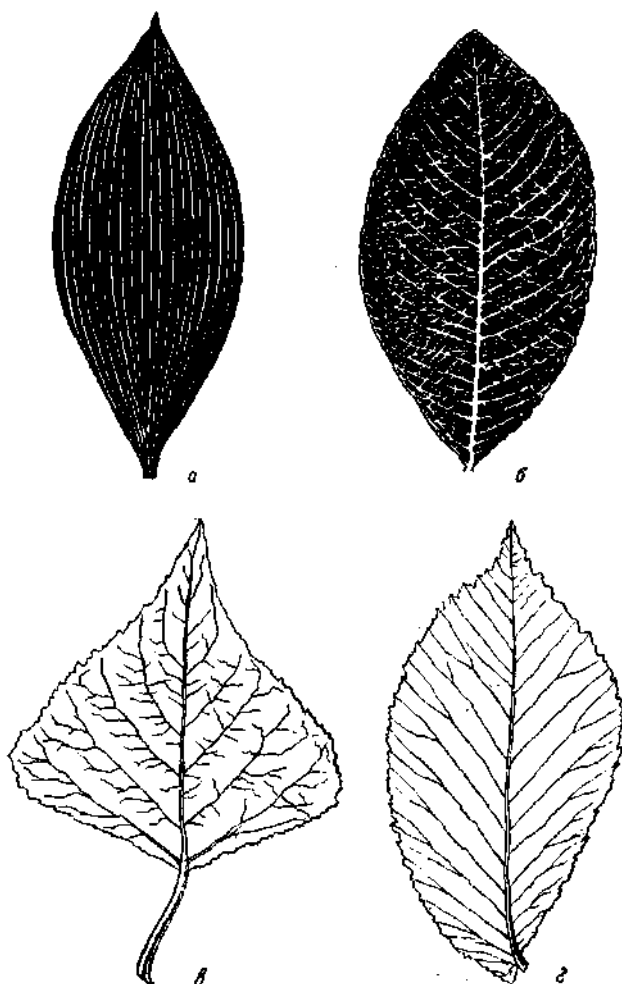


Рис. 12. Жилкование листьев:

а — дуговое, у ландыша; *б* — несоввершенноперистое, у ивы; *в* — несоввершенноперистое, у тополя черного; *г* — совершенноперистое, у ильма

витых жилок, расположенных по листовой пластинке параллельно и сходящихся в вершине. Такое жилкование встречается у злаковых, у осоки, гладиолуса.

Форма листовых пластинок очень разнообразна, и лучше

начинать ее определение с отношения длины к ширине. Если длина листовой пластинки равна ширине или немного превышает ее, то форма листа называется округлой, если длина в 1,5—2 раза больше ширины,— эллиптической, если в 3—4 раза больше,— продолговатой. Во всех этих случаях наибольшая ширина приходится на среднюю часть пластинки (рис. 13, 1—3). Если наиболее широкой является нижняя часть пластинки, то формы называются широкояйцевидной, яйцевидной и ланцетной (рис. 13, 4—6), при наибольшей ширине верхней части пластинки — соответственно обратноширокояйцевидной, обратнояйцевидной и обратноланцетной (рис. 13, 7—9). Если длина во много раз (10 и больше) превышает ширину при значительной величине ее, лист называется мечевидным (у рогоза, ириса). Длинный, но узкий лист злаков и осок называется линейным, цилиндрический, внутри полый лист лука — трубчатым. Сравнительно небольшие, но очень узкие плотные листья хвойных деревьев имеют игловидную форму и называются хвоей.

При описании листовой пластинки различают форму ее верхушки: закругленная, острая, заостренная, остроконечная, а также форму основания: клиновидное, закругленное, сердцевидное, стреловидное и копьевидное (рис. 14).

Край листовой пластинки также может быть разным. Лист, не имеющий по краю выемок и выступов (у ландыша, майника), называется цельнокрайным, лист с небольшими выемками по краю и выступами в виде зубцов,— зубчатым. Если выступы на листе неравнобокие и наклонены в одну сторону, край называется пильчатым, если выступы округлые, а выемки острые,— городчатым, при острых выступах и округлых выемках — выемчатым (рис. 15).

Листья цельнокрайные или с небольшими выемками по краю листа называются цельными (у сирени, березы, липы). Кроме цельных, имеются листья с рассеченными в большей или меньшей степени листовыми пластинками. Различают три степени рассеченности листа. Если вырезы на листе не заходят глубже $\frac{1}{4}$ ширины его пластинки, лист называется лопастным, а выступы лопастями, если вырезы доходят до $\frac{1}{4}$ ширины или несколько глубже,—раздельным, а выступы долями, если вырезы заходят почти до $\frac{1}{2}$ ширины листа, до главной жилки, лист называется рассеченным, а выступы его — сегментами.

У листьев с хорошо развитой главной жилкой и перистым жилкованием лопасти расположены обычно попарно, симметрично вдоль главной жилки. Такой лист называется перистолопастным; соответственно перистораздельным, перисторассеченным (рис. 16). У листьев с пальчатым жилкованием лопасти располагаются веерообразно (по радиусам) от основания листа. Такой лист называется пальчатолопастным, пальчатораздельным, пальчаторассеченным.

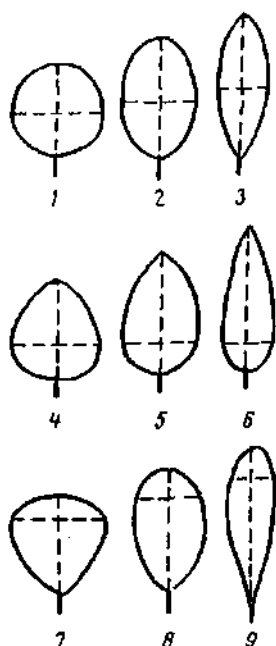


Рис. 13. Формы листовых пластинок по соотношению длины и ширины:

1 — округлая; 2 — эллиптическая; 3 — продолговатая; 4 — широкояйцевидная; 5 — яйцевидная; 6 — ланцетная; 7 — обратноширокояйцевидная; 8 — обратнояйцевидная; 9 — обратноланцетная

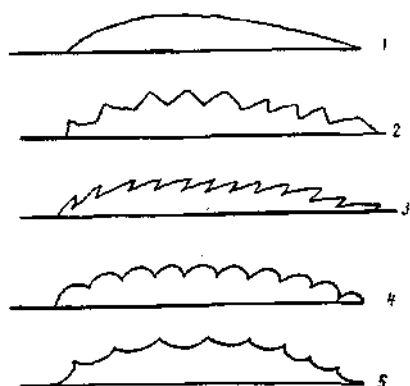


Рис. 15. Формы края листа:

1 — цельнокрайный; 2 — зубчатый; 3 — пильчатый; 4 — городчатый; 5 — выемчатый

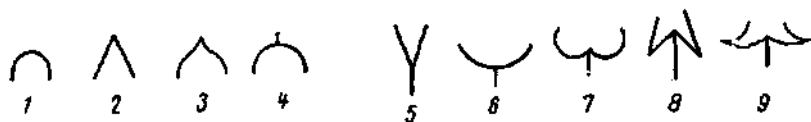


Рис. 14. Формы верхушек и оснований листьев:

верхушки: 1 — закругленная; 2 — острая; 3 — заостренная; 4 — остроконечная; основания: 5 — клиновидное; 6 — закругленное; 7 — сердцевидное; 8 — стреловидное; 9 — копьевидное

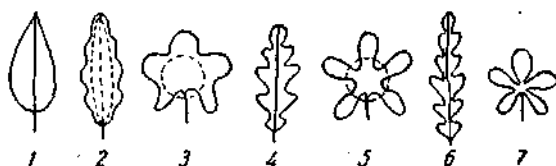


Рис. 16. Степень рассеченности пластинки листа:

1 — цельный; 2 — перистолопастный; 3 — пальчатолапастный; 4 — перистораздельный; 5 — пальчатораздельный; 6 — перисторассеченный; 7 — пальчаторассеченный

Если каждая лопасть листа также имеет вырезы и образует лопасти второго порядка, лист называется дваждылопастным, а если на них еще вырезы, то триждылопастным. Соответственно различают дваждыраздельные и дважды-, триждырас- сеченные листья.

Как бы сильно ни была рассечена листовая пластинка, если осенью части ее отмирают и опадают вместе с черешком, лист называется простым (см. рис. 11 стр. 24). Даже сильно трижды- дырассеченные листья укропа, моркови, тысячелистника счита- ются простыми.

Если черешок несет несколько листовых пластинок-листоч- ков, иногда сидячих, чаще имеющих собственные короткие черешки, сочлененные с главным черешком, лист называется сложным (см. рис. 11, стр. 24). У сложного листа осенью каж- дый листочек опадает отдельно и последним опадает черешок (у акации, ясеня, рябины). Лист, все листочки которого при- креплены в одном месте к черешку и расходятся от него по ра- диусам, называется пальчатосложным (у люпина, каштана кон- ского), если листочки расположены по два друг против друга по главной жилке,—парноперистым сложным (акация желтая). Лист, на верхушке которого имеется один непарный листочек (см. рис. 11), называется непарноперистым сложным (у рябины, ясеня).

Поверхность листа может быть покрыта в большей или мень- шей степени волосками, т. е. опушенной или неопушенной.

Опушение листьев может быть равномерным по всей пла- стинке или неравномерным, только по нижней стороне, по углам жилок, у основания листа.

Величина листьев весьма разнообразна: от нескольких мил- лиметров (чешуевидные листья вереска) до 1 м (у борщевика), а у древесных растений 3—10 см длиной.

У некоторых видов листья одного растения неодинаковы по форме. Так, у пастушьей сумки, короставника нижние первые листья цельные, а выше на побеге все больше и больше рассе- чены. У некоторых древесных растений листья на удлинённых побегах отличаются от листьев укороченных побегов (у тополя серебристого). На порослевых побегах березы, осины, липы листья очень крупные и иной формы, чем на взрослых деревьях. Иногда различие в форме листьев связано со средой. Так, у лю- тика водяного все листья; погруженные в воду,—рассеченные, а находящиеся над водой — цельные. Образование разных по величине и форме листьев на одном растении называется разнолистностью или гетерофилией.

Листорасположение на побегах, как и расположение почек (см. стр. 13), бывает очередное, супротивное и мутовчатое.

На побеге листья двух ближайших узлов никогда не бы- вают расположены непосредственно один под другим; нижний

лист всегда несколько сдвинут по отношению к верхнему, поэтому нижние листья меньше затеняются верхними.

Длина черешков листьев тоже бывает разной — от коротких в верхней части побега до длинных в нижней части. Положение листьев на побегах и разная длина черешков обуславливают такое расположение листьев у растений, которое дает наименьшее затенение нижних листьев верхними и называется листовой мозаикой. Листовая мозаика обеспечивает более полное и равномерное освещение всей листовой поверхности растений и более интенсивный фотосинтез.

МЕТАМОРФОЗ ЛИСТА

Лист, как стебель и корень, подвергается метаморфозу под влиянием некоторых дополнительных функций.

1. Листья всех лукович (лилии, лука, чеснока) превращаются в хранилище питательных веществ. Они теряют при этом зеленую окраску, становятся толстыми, мясистыми. Ту же функцию выполняют листья в кочках капусты, которые сами являются сильно разросшимися почками.

Иногда листья становятся органами, запасующими и воду, и при этом не теряют зеленой окраски, например очень сочные, мясистые листья алоэ, агавы, солянки. Растения с такими сочными зелеными листьями и стеблями называются суккулентами.

Самые первые листья зародыша — семядоли у некоторых видов еще в семени превращаются в органы, запасующие питательные вещества, например семядоли дуба, лещины, ореха, гороха, сильно разрастаясь, становятся мясистыми и содержат много питательных веществ.

2. Листья некоторых растений с лазающими и цепляющимися стеблями становятся органом опоры. Так, у гороха, имеющего сложные листья, верхняя пара листочков превращается в тонкие усики, плотно обвивающие любую опору.

3. У некоторых растений, например у барбариса, часть листьев не развивает листовую пластинку и, видоизменяясь, становится колючками. В пазухе такой колючки всегда находится почка или укороченный побег с листьями. У кактусов все листья становятся колючками, которые защищают от поедания животными сочный зеленый стебель, выполняющий функцию фотосинтеза.

4. Чешуйки почек, являясь их наружными листьями, предохраняют почки от высыхания, от резких колебаний температуры. Такие листья-чешуйки обычно бывают бурого или черного цвета, мелкие, кожистые, они часто покрыты волосками или склеены между собой смолистыми веществами. Сходную функцию выполняют и листья-чешуйки на поверхности лукович.

5. Своеобразную функцию выполняют листья насекомоядных растений. Они превращаются в различной формы ловушки или капканы для ловли насекомых. Растущее на сфагновых болотах насекомоядное растение росянка имеет небольшие, около 1 см в диаметре, округлые листья на длинных черешках. Их листовая пластинка густо покрыта волосками-желёзками, выделяющими на концах капельки жидкости. Насекомое, привлеченное блестящими капельками, садится на лист, прилипает к нему, а волоски, довольно быстро сгибаясь, облепляют насекомое со всех сторон. Выделяемая желёзками жидкость, как желудочный сок животных, переваривает насекомое.

Насекомоядные растения растут на бедных азотом почвах и таким своеобразным способом добывают недостающие им азотистые соединения не корнями, а листьями.

6. Сильно изменяясь, листья превращаются в части цветка: чашелистики, лепестки, тычинки и пестики, выполняющие различные функции. Подробно этот вопрос рассмотрен в разделе «Строение цветка и его функции» (стр. 36).

ГОМОЛОГИЧНЫЕ И АНАЛОГИЧНЫЕ ОРГАНЫ

Из морфологии стебля, корня и листа видно, что каждый из основных органов, выполняя ту или иную дополнительную функцию, изменяет свой внешний вид и превращается в новый орган. Органы, выполняющие разные функции и имеющие разный внешний вид, но одинаковое происхождение, называются гомологичными. Так, корневище пырея, клубень картофеля, усы земляники, усики винограда, колючки боярышника — гомологичные органы, так как все они являются метаморфозом побега. Гомологичными органами считаются также колючки кактуса, усики гороха, чешуи почек, семядоли всхода дуба, потому что все они являются метаморфозом листьев.

Если мы сравним колючки боярышника и барбариса, то увидим, что они выполняют одинаковую функцию — защищают растение от повреждения животными, внешне они сходны, но по происхождению разные. У боярышника колючки — стеблевого происхождения (они растут из пазухи листа, из почки), а у барбариса — листового происхождения (в их пазухе находится почка). Также усики винограда (метаморфоз стебля) и усики гороха (метаморфоз листа) имеют сходный вид и выполняют одинаковую функцию опоры, а происхождение у них разное — стеблевое и листовое. Органы, выполняющие одинаковые функции и имеющие сходный внешний вид, но разное происхождение, называются аналогичными.

РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Основные органы растений — стебель, корень и лист — выполняют необходимые для жизни процессы: питание, дыхание, фотосинтез, транспирацию, обеспечивая существование каждого отдельного растения, жизнь отдельной особи. Эти органы называются вегетативными. Кроме них у растений имеются органы, обеспечивающие семенное размножение, сохранение данного вида в целом, а не жизнь отдельной особи. Эти органы семенного или полового размножения растений называются репродуктивными или генеративными. К ним относятся цветок, плод и семя.

Размножение, так же как дыхание, питание, фотосинтез и рост, является одним из процессов жизнедеятельности растений. Различают размножение половое и бесполое.

При половом размножении всегда происходит слияние двух половых клеток — гамет и образование новой клетки — зиготы, из которой затем развивается новая особь. У высших растений этот процесс происходит в цветке. Так как после него образуются семена, то половое размножение у высших растений называют также семенным размножением. Обеспечивается оно репродуктивными органами: цветками, семенами и плодами.

Бесполом называется размножение без слияния двух клеток и без образования зиготы. У высших растений при бесполом размножении новая особь развивается из части вегетативного органа (стебля, корня, листа), поэтому такое размножение называется вегетативным. Возможно оно благодаря тому, что многие растения способны восстанавливать целый организм из части одного органа (регенерация).

ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

Вегетативное размножение встречается у многих видов деревьев, кустарников и многолетних трав, не бывает его у однолетних и двухлетних травянистых растений. Особенно широко распространено такое размножение у растений, растущих в условиях, неблагоприятных для семенного размножения. Например, в еловых и сосновых лесах мало насекомых-опылителей, вероятность опыления и образования семян там небольшая, условия для развития всходов также часто неблагоприятны из-за густого мохового покрова, поэтому травянистые растения и кустарнички хвойных лесов размножаются главным образом вегетативно. При этом материнское растение образует вблизи себя новые особи, которые в свою очередь образуют новые особи и в итоге возникает группа растений из потомства одного растения. Рост группами или куртинами поэтому и характерен для таких типичных растений хвойного леса, как кислица, сед-

мичник, майник, грушанка, ландыш, черника, брусника, малина. Группами растут и болотные растения: клюква, багульник, осока, которые также размножаются вегетативно. Входы у этих видов в естественных условиях встречаются редко.

Легко размножаются вегетативно и некоторые кустарники: бересклет, лещина, калина, смородина, а из деревьев — осина, тополь, акация белая, липа, ольха серая, из хвойных пихта и у северной границы распространения — ель.

Все потомство одной особи, полученное при вегетативном размножении, естественном или искусственном, называется клоном. Клоны могут быть большими, например клоны осины в лесу или клоны папоротника орляка на вырубках. При искусственном вегетативном размножении культурных растений клоны достигают огромных размеров, например сорта картофеля, сорта плодовых деревьев, декоративных растений.

Помимо вегетативного размножения, у древесных растений встречается и вегетативное возобновление. Оно заключается в том, что после рубки стволов на пнях некоторых видов деревьев из спящих или придаточных почек появляются побеги и образуется пневая поросль, которая приводит к развитию двух, трех, четырех стволов от одного корня (гнездовое расположение стволов). При этом происходит возобновление дерева от пня без увеличения числа деревьев, при вегетативном же размножении всегда увеличивается число деревьев. Пневой порослью легко возобновляются береза, липа, дуб, клен, ильм, ольха черная.

При вегетативном размножении быстрее образуются новые взрослые растения, но заселение больших площадей тем или иным видом происходит медленнее, чем при семенном размножении. Вегетативное потомство всегда бывает однородно и сходно с материнским растением.

Вегетативное размножение происходит при отделении от материнского растения или части основного органа (части стебля или корня) или целого метаморфизированного органа (клубня, луковицы).

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

Естественное вегетативное размножение возможно стеблевыми отводками, плетями, усами, корневищами, клубнями, луковицами, выводковыми почками, корневыми отпрысками. Особенно часто встречается естественное вегетативное размножение стеблями.

Стеблевые отводки образуются так. Если нижние ветви деревьев и кустарников, наклоняясь, прикасаются к почве, то на этом месте появляются придаточные корни, которые снабжают ветвь дополнительно питательными веществами. Вершина

такой ветви начинает расти вертикально, со временем отделяется от материнского растения и становится самостоятельной особью. Так размножаются пихта, ель, липа, черемуха, рябина, калина.

Размножение плетями и усами наблюдается у трав со стелющимися стеблями, на узлах которых образуются придаточные корни, а из почек появляются побеги, отделяющиеся со временем от материнского растения. Так размножаются лютик ползучий, клевер ползучий, лапчатка, земляника, костяника.

Корневищами — подземными побегами, растущими горизонтально вблизи поверхности почвы, размножаются черника, брусника, ландыш, из сорняков — пырей, мать-и-мачеха, из кустарников — роза. Боковые ветви корневищ выходят на поверхность, развиваются в наземные побеги, которые со временем обособляются и образуют клон.

Размножение стеблевыми клубнями — утолщенными участками корневищ с запасом питательных веществ — происходит следующим образом. Из покоящихся почек-глазков на них вырастают наземные побеги с листьями и подземные побеги-корневища с придаточными корнями. Так размножается вегетативно картофель.

Луковицы — метаморфизированные побеги — образуют пазушные почки в виде дочерних луковичек, которые, отчлениваясь, развиваются в новое растение. Так размножаются чеснок, лук, лилии.

Выводковые почки — почки особого типа, образуются в пазухах листьев некоторых растений, при созревании опадают, в благоприятных условиях образуют придаточные корни и развиваются в новое растение. Такое размножение наблюдается у лилии бульбоносной, у овсяницы живородящей.

Корневые отпрыски — наземные побеги — развиваются у некоторых растений из придаточных почек на корнях и со временем отделяются от материнского растения. Корневыми отпрысками размножаются осина, вишня, акация белая, бересклет, из травянистых растений — иван-чай, шавелек.

Корневые клубни образуются у некоторых растений придаточными и боковыми корнями, например у георгин, чистяка. При отделении таких клубней из них развиваются новые особи.

ИСКУССТВЕННОЕ ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

При вегетативном размножении в потомстве хорошо сохраняются индивидуальные особенности материнского растения — урожайность, быстрота роста, вкусовые свойства, декоративность, которые при семенном размножении не сохраняются. Поэтому вегетативное размножение имеет большое практическое

значение. Оно широко применяется при размножении сортов культурных растений в цветоводстве, плодоводстве, при выращивании декоративных деревьев и кустарников для озеленения. В лесном хозяйстве оно применяется для быстрого размножения сортов и элитных (лучших) деревьев в семеноводстве и при селекционных работах.

При искусственном вегетативном размножении человек использует все те способы вегетативного размножения, которые описаны выше, кроме того, искусственно растения размножают черенкованием и прививками.

Черенкованием называется размножение растений при помощи отрезков побегов — черенков длиной 10—30 см. Черенки высаживают в грунт или в парники, и в благоприятных условиях на нижней их части образуются придаточные корни, а из одной или двух верхних почек развиваются побеги. Различают зимние и летние черенки. Зимними называют черенки, срезанные в период, когда почки на побегах находятся в покоящемся состоянии, — осенью или ранней весной. Таким способом хорошо размножаются многие виды тополей, ивы, смородины. Летние черенки нарезают летом из побегов с листьями длиной 3—4 см, на них оставляют по одному или по два листа, поэтому такие черенки называют зелеными. Высаживают их не в открытый грунт, а в парники, где имеется достаточная влажность воздуха. При размножении растений зелеными черенками широко применяют различные ростовые вещества (гетероауксин и др.), благодаря которым укореняется большая часть видов травянистых и древесных растений, в том числе и хвойные.

Некоторые виды растений размножают корневыми черенками длиной 10—20 см, которые нарезают из боковых корней. В благоприятных условиях на них появляются придаточные почки и побеги. Корневыми черенками размножают осину, вишню, сливу, орешник, малину.

Размножение листовыми черенками естественно происходит редко, искусственно же применяется главным образом в цветоводстве, например для размножения бегонии и глоксинии.

Прививкой называется сращивание частей побега или почки одного растения с другим. Растение, которое прививают, называется привоем, на которое прививают, — подвоем. На месте соприкосновения их срезов образуется особая ткань, благодаря которой и происходит срастание привоя и подвоя.

Применяют различные способы прививки: окулировку, копулировку, прививку врасщеп. Наиболее распространена окулировка — прививка глазком. Привоем при окулировке служит почка, срезанная вместе с частью коры и древесины, так называемый глазок, который закладывают за кору на побеге подвоя. Копулировкой называется прививка черенка на черенок одинакового диаметра. При способе прививки врасщеп подвой

расщепляют и в щель закладывают заостренное основание черенка привоя.

Прививки широко применяются в плодоводстве для размножения сортов яблонь, груш, для восстановления кроны при озеленительных работах. В работах по получению новых сортов плодовых растений прививки широко применял И. В. Мичурин. В лесном хозяйстве используется метод прививок при создании семенных участков. Для получения высококачественных семян на молодые деревья прививают побеги элитных (лучших) деревьев.

МОРФОЛОГИЯ ЦВЕТКОВ, ПЛОДОВ, СЕМЯН И ВСХОДОВ

Ц В Е Т О К

СТРОЕНИЕ ЦВЕТКА И ЕГО ФУНКЦИИ

Цветок возник в результате длительного эволюционного процесса у семенных растений. Он представляет собой сильно укороченный метаморфизированный побег и является органом, обеспечивающим семенное (половое) размножение растений.

В образовании цветка принимают участие стебель и листья. Часть стебля, несущая цветок, называется цветоножкой. У некоторых видов на ней образуются небольшие одиночные листья — прицветники, в пазухе которых и развиваются цветки. Верхняя часть цветоножки — цветоложе, к нему прикреплены все части цветка (рис. 17). У разных видов растений цветоложе имеет разную форму: слегка выпуклую (у мака), коническую (у лютика), плоскую (у земляники), вогнутую (у шиповника).

Как и листья в почке, все части цветка закладываются на поверхности цветоложа в виде складок, развивающихся затем в чашелистики, лепестки, тычинки и пестики, которые являются метаморфозом листьев. Листовое происхождение их доказывается не только сходным возникновением.

Чашелистики сходны с листьями и по форме и по окраске. У роз на чашелистиках иногда заметны слаборазвитые листовые пластинки, как у сложного листа.

Лепестки сходны с листьями по форме. У кувшинки белой хорошо заметен постепенный переход от зеленых чашелистиков к белым лепесткам. У пиона и кувшинки белой можно также наблюдать постепенный переход от лепестков к тычинкам. Превращение большей части тычинок в лепестки приводит к образованию махровых цветков (роза, пион).

Иногда цветок даже прорастает в побег с листьями. В таком цветке нормально развивается чашечка, иногда и венчик, а внут-

ренная часть цветка (цветоложе) вытягивается и превращается в побег, на котором вместо тычинок и пестиков развиваются нормальные листья. Такое явление называют пролификацией, оно встречается у роз, гравилата.

На цветоложе части цветка располагаются или кругами — тогда цветки называются циклическими (круговыми), или по спирали, и в этом случае они являются спиральными. Реже чашелистики и лепестки расположены кругами, а тычинки и пестики по спирали; такой цветок называют смешанным.

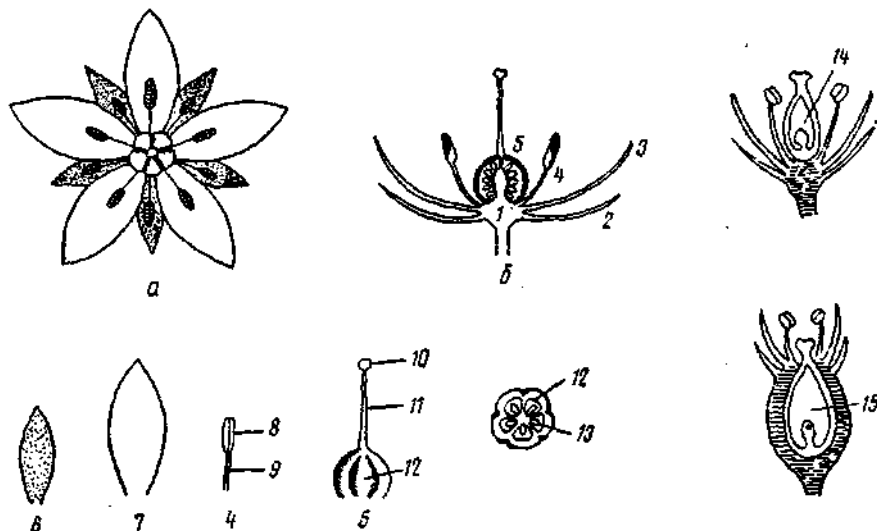


Рис. 17. Строение цветка (схема):

а — чашечка из пяти чашелистиков, венчик из пяти лепестков, десять тычинок и пестик; б — продольное сечение цветка, показывающее взаимное расположение частей; 1 — цветоложе; 2 — чашечка; 3 — венчик; 4 — тычинок; 5 — пестик с завязью; 6 — чашелистик; 7 — лепесток; 8 — пыльник; 9 — тычиночная нить; 10 — рыльце; 11 — столбик; 12 — гнезда завязи; 13 — семязлочки; 14 — верхняя завязь; 15 — нижняя завязь

Самый нижний наружный круг в цветке состоит из чашелистиков, которые образуют чашечку. Она защищает раскрывающийся цветок от высыхания и резких колебаний температуры. Чашелистики имеют форму небольших удлиненных листьев зеленого цвета, обычно меньше лепестков. Иногда они бывают крупные, яркоокрашенные и вместе с лепестками привлекают окраской насекомых. Количество чашелистиков постоянно в пределах вида, рода, даже семейства, колеблется от двух до пяти или кратно этим числам.

Чашелистики могут быть несросшиеся между собой и при отмирании опадают отдельно (чашечка свободная) или сросшимися, тогда об их числе судят по зубчикам или долькам чашечки (чашечка сросшаяся). У некоторых видов чашелистики

оппадают, как только цветок раскроется (у мака), чаще они отмирают вместе с венчиком (у лютика), реже остаются зелеными даже при плодах, когда венчик давно опал (у земляники, малины).

Второй круг в цветке образуется лепестками, которые обычно бывают крупнее чашелистиков и ярче окрашены. Совокупность лепестков в цветке называют венчиком. Венчик, как и чашечка, предохраняет внутреннюю часть цветка от высыхания, от дождя, от резких колебаний температуры. Кроме того, яркий венчик привлекает насекомых, переносящих пыльцу. Число лепестков в цветке обычно равно числу чашелистиков или больше их в 2—3 раза, и в этом случае лепестки расположены не в один, а в два-три круга. Реже встречаются виды с неопределенным числом лепестков в цветке, и в таких случаях лепестки расположены на цветоложе не кругами, а по спирали (например, у купальницы). Венчик цветка может быть раздельнолепестным (у яблони, лютика), несросшимся, и тогда лепестки его опадают по одному, или сростнолепестным (у колокольчика), и тогда он опадает целиком.

Чашечка и венчик цветка называются околоцветником. Если в цветке есть и чашечка и венчик, околоцветник называется двойным (у липы, вишни), если же цветок имеет только венчик (у ландыша, тюльпана) или только чашечку (у вяза, крапивы), околоцветник называется простым. Если все лепестки венчика имеют одинаковую форму и величину, цветок можно разделить несколькими плоскостями на симметричные части. Такой цветок называется правильным (актиноморфным), например у липы, сирени. Если же лепестки венчика имеют разную форму и величину, цветок можно разделить только одной плоскостью на две равные части, и в этом случае его называют неправильным (зигоморфным), например у акации желтой, фиалки. У ветроопыляемых растений околоцветник часто слабо развит или совсем отсутствует, и цветки тогда называют голыми (у осины, березы).

Следующие за венчиком один или два круга в цветке образуются тычинками, совокупность которых составляет андроцей.

Тычинка состоит из тонкой, иногда довольно длинной тычиночной нити, несущей на конце пыльник, в котором образуется пыльца. Число тычинок обычно соответствует числу частей околоцветника или в 2, реже в 3 раза больше, и в таких случаях тычинки расположены не в один, а в два, три круга (у клена, гвоздики). Иногда тычинок много (больше 10 шт.), тогда число их в цветках колеблется и расположены они бывают на цветоложе не кругами, а спирально. Иногда тычинки срастаются своими пыльниками (у подсолнечника) или нитями (у акации желтой), реже нити их прирастают к венчику

и кажутся очень короткими, растущими на лепестках (у примулы).

Пыльник имеет продолговатую форму и разделен перегородкой на две части, каждая из которых имеет две полости — гнезда. В гнездах образуется особая ткань — археспорий, каждая клетка которой, дважды делясь, образует четыре клетки, которые называются пыльцой. Пыльца всегда состоит из одной клетки с двумя оболочками, внутренней тонкой (интина) и наружной, более плотной (экзина), часто имеющей на поверхности бугорки, выемки, иногда даже отверстия в виде пор. По этим неровностям, по форме и величине пыльца разных видов хорошо различается под микроскопом.

При созревании пыльника лопаются, и пыльца разносится насекомыми или ветром на цветки других растений.

В центре цветка находится один или несколько пестиков. Если пестик один, он называется простым, если несколько, — сложным. Нижняя, расширенная, часть пестика (см. рис. 20, стр. 42) называется завязью. В завязи образуются семязачатки. Стенки завязи защищают семязачатки и развивающиеся из них семена от внешних неблагоприятных условий и от механических повреждений. В верхней части завязь переходит в столбик, на вершине которого находится рыльце. Столбик выдвигает рыльце вверх, иногда выставляет даже над венчиком, и этим облегчается попадание на него пыльцы. Рыльце бывает округлое или лопастное, с неровной поверхностью, липкое от выделяющихся на нем сахаристых веществ, что способствует лучшему прикреплению пыльцы.

Пестик образуется из метаморфизированных листьев — плодолистиков, срастающихся краями. Если в цветке один плодолистик, то, срастаясь краями, он образует один простой пестик. Если в цветке несколько плодолистиков и каждый из них, срастаясь краями, образует отдельный пестик, то пестиков в цветке несколько и он называется сложным. Из нескольких плодолистиков в цветке может образоваться и простой пестик, если плодолистики срастаются, образуя одну завязь. Простой пестик может иметь одну завязь и на ней несколько столбиков (два, три, пять). Это бывает, когда плодолистики срастаются только в завязи, а выше не срастаются и образуют отдельные столбики. По их числу легко определить число плодолистиков, образующих завязь (два у ивы, три-пять у колокольчика).

Внутри завязи находится одна или несколько полостей — гнезд, в которых развиваются семязачатки. Число гнезд зависит от числа плодолистиков и от того, как они срастаются.

По положению в цветке различают верхнюю и нижнюю завязь (см. рис. 17). Верхней называется завязь, срастающаяся с цветоложем только своим основанием (ее можно легко отделить, не повреждая цветоложе) и свободно сидящая на

плоском, выпуклом или слегка вогнутом цветоложе. В таких случаях части цветка — тычинки, венчик и чашечка — прикреплены к цветоложу ниже завязи, и цветок называют подпестичным. Верхнюю завязь и подпестичный цветок имеют липа, клен, земляника. Если цветоложе в цветке сильно вогнуто, охватывает кругом завязь и плотно прирастает к ее стенкам, то тычинки, венчик и чашечка оказываются прикрепленными над завязью к верхнему краю цветоложа. Такая завязь называется нижней, а цветок надпестичным (у смородины, огурца).

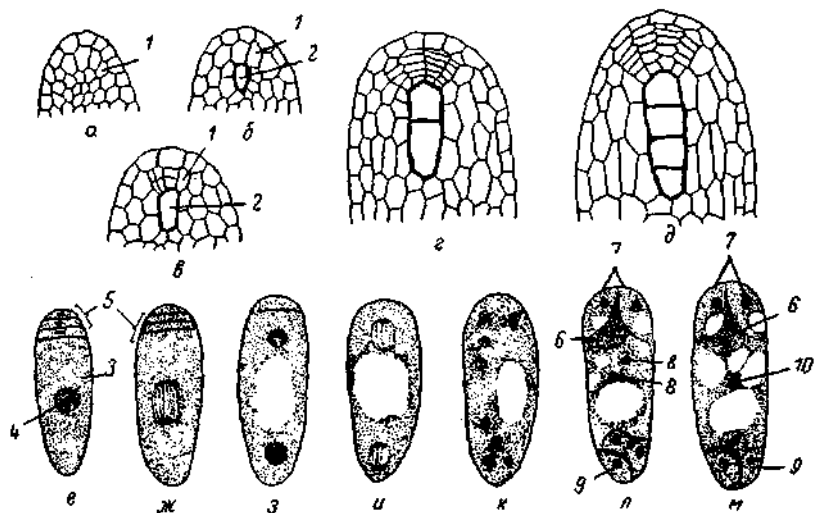


Рис. 18. Развитие зародышевого мешка у покрытосемянных растений:

а-д — возникновение материнской клетки в нуцеллусе; е-д — возникновение в результате редукционного деления четырех клеток — тетрады; е — одна клетка, развиваясь, дает начало зародышевому мешку, а три клетки тетрады отмирают; ж-л — развитие зародышевого мешка и образование яйцеклетки; м — образование вторичного ядра; 1 — нуцеллус; 2 — материнская клетка; 3 — зародышевый мешок; 4 — ядро зародышевого мешка; 5 — три отмирающие клетки тетрады; 6 — яйцеклетка; 7 — синергиды; 8 — два ядра в центре клетки; 9 — антиподы; 10 — вторичное ядро зародышевого мешка

Число семязачек в завязи может быть различным: одна у вишни, ржи, несколько у акации желтой, много у осины, мака. Семязачки — небольшие тела овальной формы, развивающиеся в гнездах завязи и превращающиеся в дальнейшем в семена. Семязачки прикрепляются к стенкам при помощи семяножки (см. рис. 20, стр. 42).

Тело семязачки состоит из многоклеточной ткани — нуцеллуса (рис. 18, а) и покрыто двумя защитными покровами. В верхней части семязачки покровы не срастаются, образуя маленькое отверстие — пылевход (микропиле). Одна из клеток нуцеллуса быстро растет, дважды делится и образует четыре

клетки (рис. 18, б, в, г, д). Три из них отмирают, четвертая, разрастаясь, заполняет внутреннюю часть семязпочки так, что от нуцеллуса остается только несколько наружных слоев клеток. Эта большая клетка называется зародышевым мешком (рис. 18, е). Ее ядро делится на два ядра, которые расходятся к полюсам клетки (рис. 18, ж, з, и), где каждое делится дважды, образуя по четыре ядра (рис. 18, к). По три из них остаются на полюсах, обособляют вокруг себя протоплазму и становятся голыми клетками.

Три голые клетки, расположенные ближе к пыльцевходу, называются яйцевым аппаратом. Из них две одинаковые клетки лежащие рядом, называются спутницами (синергидами), третья

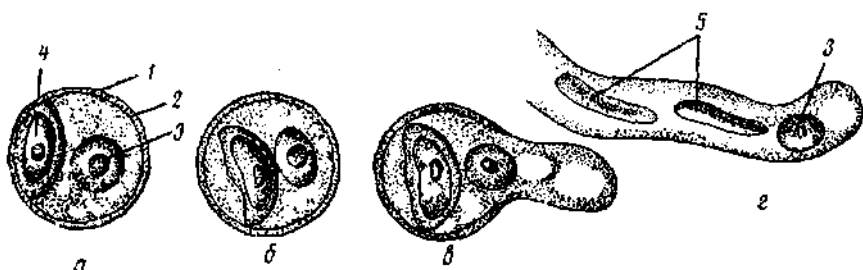


Рис. 19. Строение и развитие пыльца:

а и б — пыльцевое зерно; 1 — наружная оболочка (экзина); 2 — внутренняя оболочка (интина); 3 — вегетативное ядро; 4 — генеративное ядро; в — начало прорастания зерна; г — конец пылевой трубки; д — спермии, образовавшиеся при делении генеративного ядра

клетка, расположенная под ними, несколько большего размера, является яйцеклеткой — женской половой клеткой (рис. 18, к, л, м).

Три одинаковые голые клетки на противоположном полюсе зародышевого мешка называются антиподами (рис. 18, л, 9). Два ядра, по одному от каждого полюса, сближаются в центре зародышевого мешка и сливаются, образуя вторичное ядро зародышевого мешка (рис. 18, л, 8 и м, 10).

К моменту оплодотворения в зародышевом мешке, следовательно, находятся семь ядер: по три ядра голых клеток на каждом полюсе и одно ядро в центре — двойное (рис. 18, м, см. также рис. 20, 1).

На рыльце пестика к этому времени уже находится пыльца (рис. 19). Впитывая сахаристые вещества рыльца, пыльца того же вида растений начинает прорастать, наружная оболочка на ней лопається, а внутренняя вытягивается и образует пылевую трубку (рис. 19, в), которая, прорастая в ткань рыльца и столбика, направляется к пыльцевходу семязпочки. Когда пыльца

начинает прорастать, ядро ее делится на два ядра (рис. 19, б). Одно ядро остается в протоплазме клетки пыльцы, которая теперь называется вегетативной клеткой, а второе ядро, обособляя вокруг себя протоплазму, становится небольшой голой генеративной клеткой, погруженной в протоплазму вегетативной клетки (рис. 19, в).

Ядро вегетативной клетки переносится током протоплазмы в самый кончик пыльцевой трубки, где оно и остается до конца роста трубки, а затем растворяется. Током протоплазмы увлекается в пыльцевую трубку и генеративная клетка, где она делится на две небольшие вытянутые клетки — спермии, являющиеся мужскими половыми клетками (рис. 19, г).

Когда пыльцевая трубка достигает зародышевого мешка, оболочка ее растворяется и содержимое переходит в зародышевый мешок. Затем первый спермий сливается с яйцеклеткой и образуется новая клетка — зигота (с двойным ядром), которая сразу покрывается оболочкой (рис. 20, II). Второй спермий сливается с вторичным ядром зародышевого мешка, а остальные голые клетки (синергиды и антиподы) растворяются.

Этот сложный процесс называется двойным оплодотворением. Он открыт в

конце 19 века русским ботаником С. Г. Навашиным (1857—1930 гг.) и характерен для наиболее высокоорганизованных покрытосемянных растений.

В результате многократного деления зиготы образуется зародыш с зачатками корня, стебля, листьев (рис. 20, III). Одновременно с зиготой многократно делится оплодотворенное вторичное ядро зародышевого мешка, между ядрами возникают

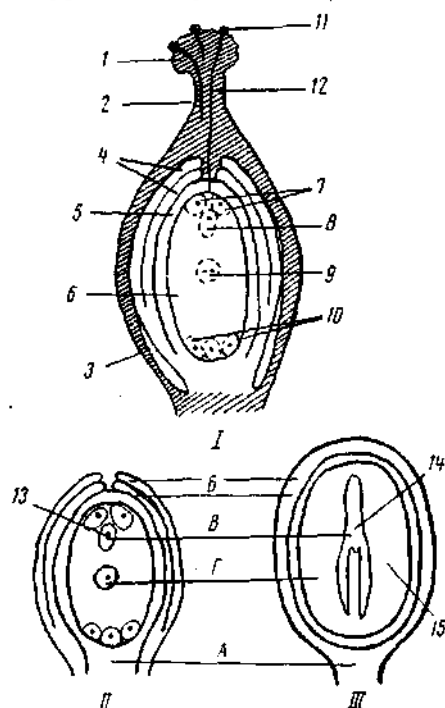


Рис. 20. Строение пестика и развитие семени:

I — пестик: 1 — рыльце; 2 — столбик; 3 — завязь; 4 — покровы семязпочки; 5 — нуцеллус; 6 — зародышевый мешок; 7 — синергиды; 8 — яйцеклетка; 9 — вторичное ядро зародышевого мешка; 10 — антиподы; 11 — пыльца; 12 — пыльцевая трубка; 13 — семязпочка; 14 — зародыш; 15 — вторичный эндосперм; A — из семязпочки образуется семя; B — из покровов семязпочки — кожура семени; B — из зиготы — зародыш; Г — из вторичного ядра зародышевого мешка — вторичный эндосперм

перегородки, и образуется ткань — вторичный эндосперм, в котором откладывается запас питательных веществ.

Во время развития зародыша и эндосперма семязачаток превращается в семя, покровы семязачатка становятся кожурой семени, а завязь превращается в плод.

Для краткого описания цветков в морфологии применяют формулы и диаграммы, при составлении которых пользуются условными обозначениями.

Мужской цветок, в котором развиваются только тычинки, обозначают знаком ♂, женский (развиваются только пестики) ♀, правильный цветок *, неправильный ↗.

Для обозначения частей цветка пользуются первой буквой их латинских названий: простой околоцветник (перигониум) — Р, чашечка (каликс) — К, венчик (королль) — С, тычинки (андроцей — А, плодолистик (гинецей) — G, верхняя завязь $\overline{G}$, нижняя завязь $\underline{G}$.

Число частей цветка в одном кругу обозначают цифрой, а расположение их в двух-трех кругах показывают знаком плюс (3+3). Число частей цветка больше 10 обозначается знаком ~, срастание их между собой — скобками.

Примеры формул цветков:

ландыша: $P_{(6)}, A_6, G_{(3)}$,

лютика: $* K_5, C_5, A_{\sim}, G_{\sim}$;

липы: $* K_5, C_5, A_{\sim}, G_1$;

колокольчика: $K_5, C_{(5)}, A_5, \overline{G}_{(3)}$;

акация желтой: $\nearrow K_{(6)}, C_{(2)+2+1}, A_{(9)-1}, G_1$.

В качестве примера голых цветков с редуцированным околоцветником назовем цветки ивы: мужской ♂ A_2 и женский ♀ $G_{(2)}$.

Диаграммой (см. рис. 86, стр. 210) изображают план расположения частей цветка на плоскости (в проекции), причем чашелистики можно обозначать фигурной скобкой, лепестки — круглой скобкой, тычинки — точками, пестики — кружками, срастание частей цветка — соединением их на диаграмме линией.

СОЦВЕТИЯ

Сравнительно редко встречаются цветки, расположенные одиночно на цветоножке, как у тюльпана, пиона, розы; в таких случаях они обычно бывают крупные и яркие. Чаше побег несет несколько более мелких цветков, образующих соцветие (ландыш, черемуха). Соединение мелких цветков в соцветие делает их более заметными и обеспечивает лучшее опыление насекомыми.

Соцветия по их строению делятся на две группы: неопределенные (моноподиальные) и определенные (симподиальные).

Неопределенные соцветия отличаются тем, что их главная ось имеет на конце точку роста, благодаря которой она может продолжительное время расти. На главной оси находятся боковые оси (иногда очень короткие), заканчивающиеся цветками.

К неопределенным относятся следующие типы соцветий (рис. 21):

кисть — главная ось, растущая вертикально или поникающая, несет боковые оси первого порядка, заканчивающиеся цветками, нижние боковые оси обычно несколько длиннее верхних (у черемухи, смородины, ландыша);

колос — на вертикальной главной оси мелкие цветки расположены на очень коротких боковых осях или они сидячие (у подорожника, каштана съедобного);

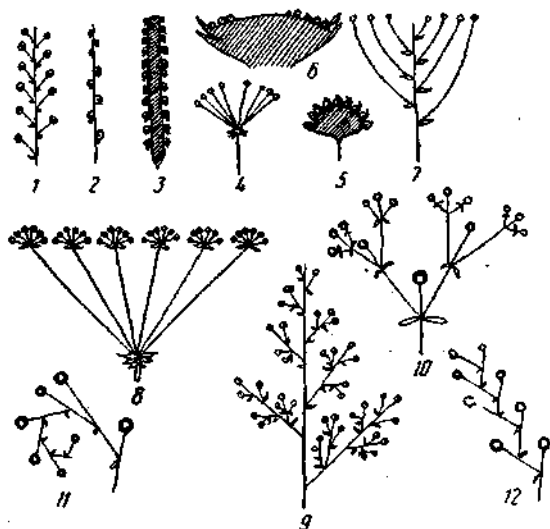


Рис. 21. Типы соцветий:

простые неопределенные: 1 — кисть; 2 — колос; 3 — початок; 4 — зонтик; 5 — головка; 6 — корзинка; 7 — щиток; сложные: 8 — сложный зонтик; 9 — метелка; определенные: 10 — развилка; 11 — завиток; 12 — извилка

сережка — строение такое, как у колоса, но главная ось мягкая, поникающая (тычиночные цветки дуба, березы, осины);

початок — сильно утолщенная вертикальная главная ось несет сидячие мелкие цветки (женское соцветие кукурузы, белокрыльник);

щиток — от главной оси отходят боковые оси разной длины: нижние длинные, верхние короткие, в результате чего все цветки оказываются расположенными в одной плоскости (рябина, калина);

зонтик — от сильно укороченной главной оси отходят боковые оси одинаковой длины (лук, вишня, ясень);

головка — на сильно укороченной главной оси тесно расположены почти сидячие или сидячие мелкие цветки (клевер);

корзинка — сильно расширенная и укороченная главная ось плоской (в виде блюда), вогнутой или выпуклой формы несет много очень мелких сидячих цветков (подсолнечник, василек).

Если боковые оси соцветий заканчиваются не цветками, а соцветиями, то они образуют сложные соцветия, например сложный зонтик укропа, сложный колос ржи, пшеницы, метелка вейника.

Определенные соцветия отличаются тем, что их главная ось оканчивается цветком. Соцветие удлиняется за счет боковой оси первого, а затем второго, третьего порядка, также оканчивающихся цветками.

К определенным принадлежат следующие соцветия (см. рис. 21):

завиток — главная ось заканчивается цветком, на ней развивается боковая ось первого порядка, на которой образуется ось второго порядка и т. д.; все боковые оси развиваются с одной стороны главной оси и в одной плоскости, в результате образуется спирально закручивающееся соцветие (незабудка, медуница);

извилила — главная ось несет боковую ось первого порядка с цветком, на ней боковая ось второго порядка, на ней третьего и т. д.; боковые оси, растущие последовательно в две взаимно противоположные стороны, расположены в одной плоскости (гладиолус, лютик);

развилла — главная ось заканчивается цветком, на ней растут супротивно две боковые оси первого порядка, заканчивающиеся цветком, на них также супротивно растут по две оси третьего порядка и т. д. (липа, звездчатка).

Некоторые виды имеют соцветия, соединяющие в себе признаки разных типов, их называют смешанными. Например, у тысячелистника мелкие корзинки собраны в щиток, у овса и вейника колоски собраны в сложную кисть или метелку.

ОПЫЛЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Процессу оплодотворения в цветке предшествует опыление, заключающееся в переносе пыльцы с пыльника тычинки на рыльце пестика. У растений различают самоопыление и перекрестное опыление.

При самоопылении на рыльце пестика попадает пыльца того же цветка, опыление происходит в пределах одного цветка. При этом материнские и отцовские наследственные свойства очень близки, и потомство из семян, возникшее в результате самоопыления, по наследственным признакам более однородно.

При перекрестном опылении на рыльце пестика переносится пыльца с цветков других растений того же вида. Хотя материнские и отцовские экземпляры при этом и относятся

к одному виду, но имеют индивидуальные отличия, поэтому потомство при перекрестном опылении более разнообразно по наследственным признакам и обычно более жизненно.

Среднее положение между этими формами опыления занимает соседнее опыление, когда пыльца одного цветка переносится на рыльце другого цветка той же особи, например, опыление между двумя цветками одного куста розы, пиона, дерева липы, черемухи, а также между особями одного клона.

По однообразию наследственных признаков в потомстве соседнее опыление близко к самоопылению, но в природе оно широко распространено, в то время как самоопыление встречается сравнительно редко.

У некоторых видов культурных растений самоопыление является даже обязательным, так как оно происходит в закрытых цветках и только после него цветки открываются, например, у гороха, пшеницы, ячменя: Чаше самоопыление является не обязательным и происходит в отдельных случаях у перекрестноопыляемых растений. Так, для сложноцветных, например подсолнечника, характерно перекрестное опыление, но если оно не произошло, то длинные лопасти рыльца загибаются, прикасаются к пыльце своих тычинок и происходит самоопыление.

У некоторых лесных растений — кислицы, фиалки — одновременно с крупными раскрытыми цветками, опыляемыми насекомыми, образуются мелкие, нераскрывающиеся цветки, в которых происходит обязательное самоопыление.

Гораздо чаще встречаются виды, у которых в процессе эволюции выработались приспособления, препятствующие самоопылению.

1. Непрорастание собственной пыльцы (автостерильность). У клевера красного, риса, ржи пыльца, попав на рыльце того же цветка, не прорастает, и самоопыление у них невозможно.

2. Разностолбчатость. У гречихи, медуницы, первоцвета есть особи двух форм: одни имеют цветки с длинными столбиками и короткими тычинками, другие — с длинными тычинками и короткими столбиками. Успешное опыление происходит только между цветками разных форм, благодаря чему исключается самоопыление.

3. Разное время созревания. У ряда видов тычинки и пестики в одном цветке созревают неодновременно. Так, у колокольчиков, у видов семейства гвоздичных пыльца созревает раньше, высыпается и к моменту созревания пестика уносится из цветка, а у укропа, сныти к этому времени тычинки опадают целиком и рыльце опыляется пылью других цветков. У жимолости, подорожника раньше созревают пестики и опыляются пылью других цветков, а к моменту созревания своей пыльцы рыльце увядает.

4. Однодомность растений. Многие древесные породы имеют однополые цветки, причем и мужские и женские образуются на одном дереве. Такие растения называются однодомными. К ним относятся береза, дуб, бук, орех, ольха, из травянистых растений — кукуруза и многие виды осоки. У них исключено самоопыление и возможно соседнее и перекрестное опыление.

5. Двудомность растений. На одной особи образуются только мужские цветки, на другой только женские. Например, ива, осина, тополь, клен ясенелистный; из травянистых — конопля, крапива двудомная. У этих растений возможно только перекрестное опыление.

Кроме опыления пылью того же вида, в природе наблюдается опыление между близко родственными видами — гибридизация, в результате которой образуется гибрид — потомство, соединяющее в себе признаки двух видов: материнского и отцовского. Так, в лесах встречаются естественные гибриды берез, у которых проявляются признаки березы пушистой и березы бородавчатой, выраженные в разной степени. Так же легко образуются естественные гибриды между некоторыми видами ивы, тополя.

Гибриды обладают большим разнообразием наследственных признаков, и в результате естественного отбора некоторые из них могут давать начало разновидностям и видам.

Для получения новых форм культурных растений широко применяется искусственная гибридизация — искусственное опыление рыльца одного вида пылью другого вида растений. В полеводстве, овощеводстве, цветоводстве, плодоводстве путем отбора из гибридов получают ценные сорта культурных растений. У гибридов некоторых древесных пород ускоряется рост; получены гибриды осины и тополя белого, растущие быстрее родительских форм, гибрид тополя пирамидального с лавролистым.

Опыление растений происходит при помощи ветра (анемофилия) или насекомых (энтомофилия), причем в цветках наблюдаются различные приспособления для лучшего опыления тем или иным посредником.

Для ветроопыляемых (анемофильных) растений характерны цветки невзрачные, без ярких околоцветников, часто голые (околоцветник мешает опылению), мелкие, густо собранные в соцветия сережки, метелки, сложные колоски. Тычиночные нити длинные, выдвигающие пыльники из цветка, пыльца образуется в большом количестве, мелкая, сухая. У пестиков крупные, часто лопастные перистые рыльца, также выступающие за пределы околоцветника.

У древесных растений цветение происходит до распускания или одновременно с распусканием их листы, которая мешает опылению ветром. К ветроопыляемым относятся все хвойные

деревья: ель, сосна, пихта, кедр, лиственница, большая часть лиственных пород: дуб, береза, ясень, осина, ольха; из травянистых растений — все злаки, осока, конопля, крапива.

Насекомоопыляемые (энтомофильные) растения имеют крупные цветки с ярким околоцветником или мелкие цветки, собранные в яркие соцветия. Многие виды выделяют эфирные масла, придающие цветкам запах. И яркая окраска и запах привлекают насекомых, которые посещают эти цветки, добывая в них себе пищу. У большей части насекомоопыляемых растений в цветках образуются особые желёзки — нектарники, выделяющие сахаристую жидкость — нектар, который и собирают насекомые. Нектарники расположены в глубине цветка (обычно у основания завязи), нектар выделяется ими очень маленькими дозами, и насекомое, чтобы собрать нужное количество нектара, вынуждено посетить много цветков. Цветки без нектара образуют большое количество пыльцы, также поедаемой насекомыми. Забираясь в глубь цветка за нектаром, насекомые осыпают себя пылью и уносят ее на себе. В следующем цветке, отыскивая нектар, они прикасаются к рыльцам и оставляют на них часть пыльцы, производя опыление. Пыльца таких растений липкая или имеет на поверхности различные выступы, благодаря чему крепко пристает к телу насекомых-опылителей.

У некоторых видов в процессе эволюции выработались сложные приспособления в цветках, обеспечивающие опыление насекомыми. У шалфея лепестки, срастаясь, образуют шлемовидный навес, под которым находятся две длинные тычинки. На нижней части нитей тычинок образуются выросты, закрывающие проход к нектарникам. Направляясь в глубь цветка, пчела головой отодвигает эти отростки, наклоняя при этом, как рычагом, пыльники, которые сверху прикасаются к ее спинке и высыпают на нее пыльцу. На цветках шалфея с созревшими пестиками над входом в цветок наклонено рыльце, и пчела, направляясь к нектарникам, прикасается спинкой к рыльцу, оставляя на нем пыльцу.

У барбариса цветок открытый, с многочисленными тычинками. Насекомое садится на цветок, прикасается лапками к нитям тычинок, которые сгибаются и касаются пыльниками его боков, оставляя на них пыльцу. Перелетая на другой цветок барбариса, насекомое опыляет его.

ПЛОДЫ, СЕМЕНА И ВСХОДЫ

МОРФОЛОГИЯ ПЛОДОВ

После опыления и оплодотворения завязь пестика превращается в плод, внутри которого развиваются семена. Плодолистики, образующие стенки завязи, в это время превращаются

в околоплодник — стенки плода. Плоды имеют большое значение в жизни растений; они защищают семена в период их созревания от внешних неблагоприятных условий, а у некоторых видов — и в период покоя семян (у дуба, липы, лещины). У многих растений плоды способствуют распространению семян.

Если цветок имеет один пестик, то из его завязи образуется один простой плод (мак, вишня), если несколько пестиков, то из каждого образуется плод. Такой плод называется сложным (у пиона, лютика). Сложный плод следует отличать от соплодия: первый образуется всегда из завязей одного цветка, а соплодие — группа плодов, образующихся из группы цветков — соцветия, например початок кукурузы — соцветие, а все плоды данного початка образуют соплодие; плоды в сережке березы тоже являются соплодием.

Плод, образующийся из верхней завязи, только из ее стенок, называется настоящим (липа, орешник). Плод, развивающийся из нижней завязи, называется ложным, так как его стенки образуются из стенок завязи и из сросшегося с ним цветоложа (смородина, яблоня, крыжовник). На верхней части таких плодов обычно виден засохший околоцветник.

При созревании стенки плода могут терять влагу, и тогда образуются сухие плоды (у дуба, вяза), или накапливать влагу, и тогда образуются плоды сочные (у винограда, вишни).

Сухие плоды бывают с одним семенем, нераскрывающиеся или многосемянные, раскрывающиеся при созревании створками, щелью, крышечкой или дырочками, из которых и высыпаются семена. Среди многосемянных встречаются и дробные плоды, которые не раскрываются, а распадаются на части (двусемянка у укропа, тмина).

Различают четыре типа многосемянных сухих плодов (рис. 22):

листовка (наиболее примитивный тип) — плод, образующийся из одного плодолистика; раскрывается по месту срастания краев плодолистика; бывают листовки простые (у живокости) и сложные (у пиона, магнолии);

боб — плод, образующийся также из одного плодолистика, но раскрывающийся по двум швам двумя створками; семена прикреплены к стенкам плода (у акации, гороха, фасоли);

стручок — по внешнему виду очень похож на боб, раскрывается по двум швам двумя створками, но образуется из двух плодолистиков и в середине всегда имеет перегородку, к которой прикреплены семена; при созревании их створки опадают, и семена хорошо видны на оставшейся перегородке (у капусты, сурепки); если плод короткий, его называют стручочком (у пастушьей сумки, ярутки);

коробочка — плод, образующийся из двух или нескольких плодолистиков и раскрывающийся по-разному: створками

(у тополя, бересклета), зубчиками (у гвоздики, звездчатки), дырочками (у мака), крышечкой (у белены).

Типы односемянных сухих плодов:

зерновка — плод с околоплодником, в виде пленки плотно прирастающим к семени; плод зерновка характерен для всех злаков; то, что принято называть семенами ржи, овса, пшеницы, морфологически является плодом;

семянка — плод, образующийся из одного или двух плодolistиков с кожистым околоплодником, не срастающимся с семенем (у березы, ясеня, вяза); примером сборной семянки служат плоды лютика, ветреницы;

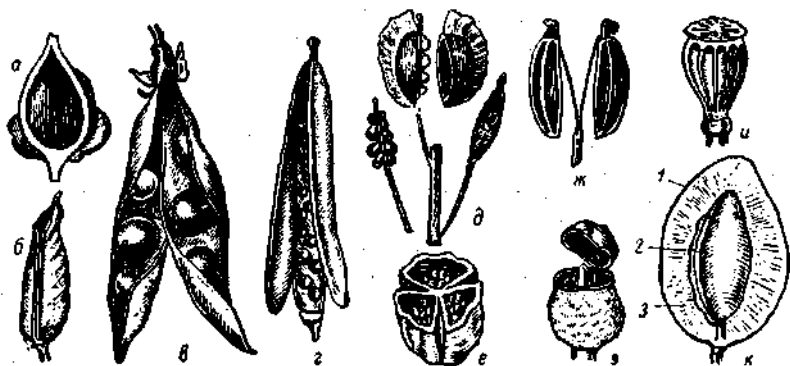


Рис. 22. Типы плодов:

а — семянка гречиш; б — листовка; в — боб; г — стручок; д — крылатый стручок; е — коробочка, раскрывшаяся по швам; ж — двусемянка; з — коробочка с крышечкой; и — коробочка с дырочками; к — костянка с экзокарпием 1, мезокарпием 3 и эндокарпием 2

орех — имеет сходное строение с семянкой, но отличается прочным деревянистым околоплодником, тоже не срастающимся с семенем (у орешника, липы); мелкие плоды такого типа с менее твердым околоплодником называют орешками (у граба);

желудь — сухой нераскрывающийся односемянный плод, образующийся из трех плодolistиков, с плотным кожистым околоплодником; сросшиеся прицветные чешуйки образуют плюску плода, похожую на чашечку (у дуба) или коробочку (у бука и каштана съедобного).

Сочные плоды также делятся на односемянные и многосемянные:

костянка — сочный односемянный плод с хорошо различимыми тремя слоями: наружный, тонкий, в виде окрашенной кожицы; средний, очень сочный или мясистый, содержит сахаристые вещества; внутренний, очень твердый, покрывает самое

семя (у вишни, черемухи); у некоторых видов костянка сборная (у малины, костяники, ежевики);

ягода — многосемянные сочные плоды, у которых сочными становятся средний и внутренний слой и в них находятся семена (у винограда, ландыша, помидора).

Многие из описанных типов плодов могут быть и ложными, — образовываться с участием цветоложа из нижней завязи. Например, ложная коробочка колокольчика, ложная семянка подсолнечника, одуванчика, ложный ягодовидный плод смородины, клюквы, черники, огурца, арбуза; на вершине их видны остатки околоцветника, что указывает на нижнюю завязь.

Ложные плоды яблони, груши, рябины, боярышника выделяют в группу яблоковидных. Стенки завязи у них также плотно срастаются с разрастающимся цветоложем, образуя сочную мякоть плода.

Своеобразно строение плода земляники. При созревании плодов цветоложе у них сильно разрастается, становится сочным, мясистым, окрашенным, и на его поверхности расположены многочисленные мелкие сухие плоды земляники — семянки. Плод земляники — сложная семянка.

МОРФОЛОГИЯ СЕМЯН И ВСХОДОВ

Основной частью семени является зародыш — зачаток нового растения. Семя покрыто кожурой, защищающей его от неблагоприятных внешних воздействий. У некоторых видов семян имеется эндосперм — ткань с запасом питательных веществ. Если зародыш во время развития потребляет эти питательные вещества и откладывает в первые листья, эндосперм растворяется и семена образуются без эндосперма.

В созревших семенах зародыш — маленькое растение, находящееся в состоянии покоя, состоит из зачатка корешка, переходящего в зачаток стебля, на вершине которого находится точка роста, окруженная зачатками листьев, — почечка. Первые листья зародыша называются семядолями, число их бывает разное. По числу семядолей зародыша семена делятся на однодольные, двудольные и многодольные.

У прорастающего зародыша, или всхода, различают еще корневую шейку — место перехода корня в стебель, подсемядольное колено — участок стебля от корневой шейки до семядолей, надсемядольное колено — участок стебля от семядолей до первых нормально развитых листьев.

В качестве примера многодольных семян рассмотрим семена кедрового сибирского, называемые кедровыми орешками. Семя кедрового сибирского имеет овальную форму и покрыто

двойной кожурой (рис. 23, а): наружной — деревянистой и внутренней — тонкой, пленчатой, плотно облегающей белую ткань эндосперма с запасом питательных веществ в виде растительных масел. В середине эндосперма лежит зародыш длиной 2—3 мм, который состоит из зачатков корешка, стебелька и почечки,

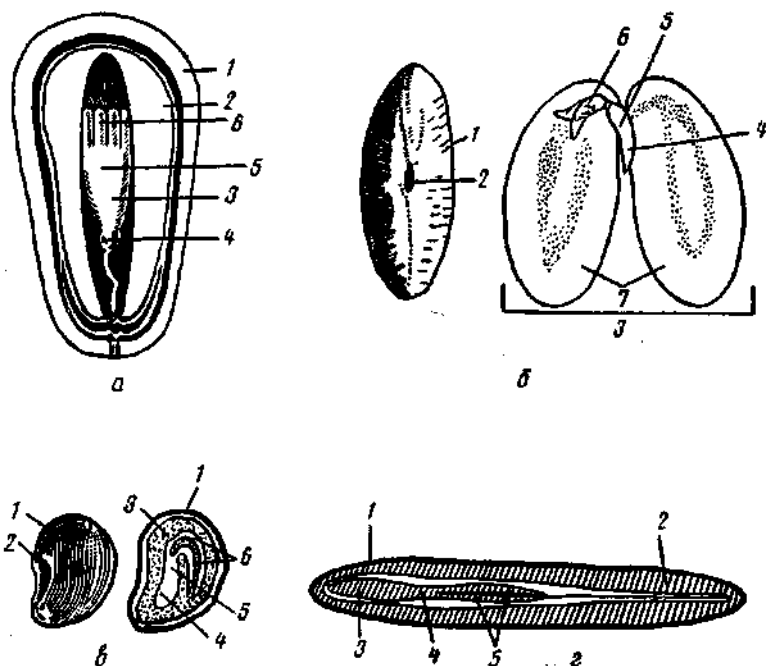


Рис. 23. Строение семян:

а — семя многодольного растения — кедр сибирского: 1 — кожура; 2 — эндосперм; 3 — зародыш; 4 — корешок; 5 — стебелек; 6 — семядоли; б — семя двудольного растения без эндосперма — фасоли: 1 — кожура; 2 — рубчик; 3 — зародыш; 4 — корешок; 5 — стебелек; 6 — листочки; в — семя двудольного растения с эндоспермом — лины: 1 — кожура; 2 — рубчик; 3 — эндосперм; 4 — корешок; 5 — стебелек; 6 — семядоли; г — семя двудольного растения с эндоспермом — ясени: 1 — кожура; 2 — эндосперм; 3 — корешок; 4 — стебелек; 5 — семядоли

окруженной восемью-десятью семядолями в виде маленьких зубчиков.

Когда семя кедр прорастает, первым пробивается корешок, снабжающий в дальнейшем проросток влагой, затем удлинится подсемядольное колено до 2—4 см, и стебелек выносит на свет почечку с позеленевшими семядолями, на которых первое время еще удерживаются остатки эндосперма и кожура семени. Затем кожура спадает и зеленые семядоли становятся первыми хвоинками, выполняя функции листьев. Позже появляются новые хвоинки, и через год семядоли отмирают.

Такое строение семян и всходов имеют все хвойные деревья: у пихты бывает четыре-пять семядолей, у ели и сосны от семи до десяти.

Двудольные семена бывают с эндоспермом и без эндосперма.

Примером двудольных семян с эндоспермом может служить семя липы. Семена липы развиваются в плодах-орешках и покрыты тонкой темной кожурой. Маслянистый эндосперм окружает маленький зародыш, состоящий из зачатка корешка, стебелька и почечки между двумя вытянутыми семядолями (см. рис. 23, в). Прорастание семени начинается с корешка, затем вытягивается на 4—5 см подсемядольное колено, и стебель выносит семядоли на свет. Они разрастаются, становятся пальчатолопастными, зеленеют и выполняют основные функции листьев, но по форме резко отличаются от цельных листьев липы и всегда расположены супротивно. Позже начинает расти почка, нарастает надсемядольное колено стебля и развиваются нормальные цельные листья. Семена с эндоспермом имеет также ясень (см. рис. 23, г), из травянистых — мак, гречиха.

Примером двудольных растений с семенами без эндосперма может служить горох. Крупные семена гороха покрыты плотной кожурой, на которой видны рубчик — место прикрепления семяножки и маленькое отверстие — пылевход (микропиле), через которое прорастает корешок. Под кожурой находится зародыш, состоящий из зачатка корешка, зачатка стебля с двумя семядолями и почечки с зачатками листьев. Запас питательных веществ находится в крупных толстых семядолях, которые совсем непохожи на обычные листья гороха. Когда семя прорастает, первым начинает расти корешок, а затем почечка, за счет которой вытягивается надсемядольное колено стебля и на нем развиваются листья. Подсемядольное колено совсем не растет или вытягивается настолько незначительно, что семядоли остаются лежать под землей или на ее поверхности. Питательные вещества семядолей расходуются на рост зародыша, семядоли постепенно сморщиваются, подсыхают и отмирают.

Такое же строение семян имеют дуб, орешник; у них также не растет подсемядольное колено и семядоли остаются лежать в земле, не освобождаясь от кожуры и даже от стенок плода (рис. 24).

У клена, бука, фасоли (см. рис. 23, б) семена также без эндосперма и запас питательных веществ находится в семядолях, но у их всходов развивается подсемядольное колено, семядоли выносятся на свет, зеленеют и в них некоторое время происходит фотосинтез.

В качестве примера семян однодольных растений возьмем семя пшеницы (рис. 25) или кукурузы. Оно состоит из зародыша и эндосперма, занимающего большую часть семени и

содержащего запасы крахмала; наружные слои эндосперма содержат и белки. Зародыш состоит из зачатка корешка, стебелька, одной крупной семядоли; вторая, неразвитая, семядоля заметна в виде маленькой чешуйки и почечки с зачатками листьев. Семядоля у злаков имеет форму щитка, плотно прикасающегося своей поверхностью к эндосперму. Основная функция ее — растворять и всасывать питательные вещества эндосперма, поэтому поверхность щитка покрыта тонкими всасывающими клетками. Все семя покрыто тоненькой пленчатой

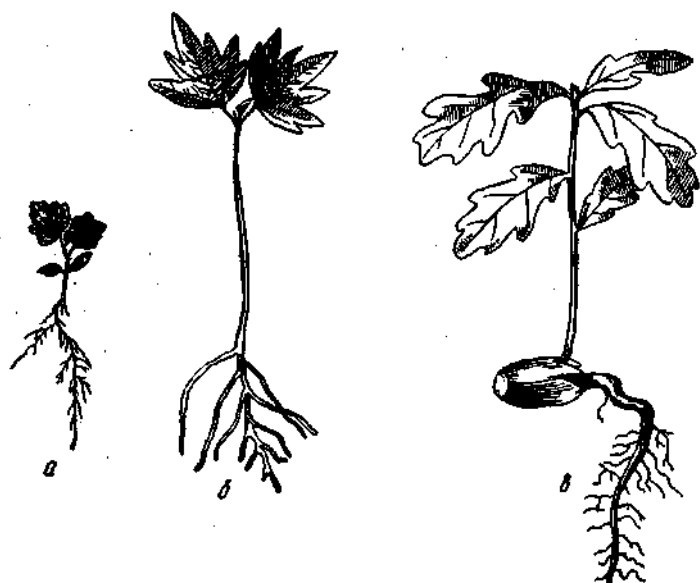


Рис. 24. Всходы древесных пород:

а — березы и б — липы с надземными семядолями; в — дуба с подземными семядолями

кожурой, которая вместе с пленчатым околоплодником плотно прирастает к эндосперму, поэтому плоды злаков — зерновки часто неправильно называют семенами. При прорастании первым появляется корень, затем почечка, прикрытая листьями, и стебелек. Щиток и эндосперм остаются в земле, а питательные вещества переходят в зародыш. Однодольные семена имеют лук, чеснок, лилия, ландыш и все злаки.

Размеры семян очень разнообразны и не связаны с размерами растений. Так, высота ели и кедра одинакова, а семена кедра намного крупнее семян ели. По высоте осина и дуб мало различаются, между тем семя дуба весит около 3 г, а 6000 семян осины весят около 1 г. Самые мелкие семена в наших лесах имеют ночная фиалка и грушанка — в 1 г их насчитывают.

вается около 500 тыс. шт. В таких мелких семенах зародыш состоит всего из нескольких клеток.

У древесных растений иногда образуются плоды без семян. Это явление называется партенокарпией, плоды при этом развиваются без оплодотворения. Такие сорта мандаринов и винограда высоко ценятся в плодоводстве, их размножают вегетативно. Партенокарпичные плоды образуются и у некоторых лесных древесных пород: березы, клена, у ильмовых, осины.

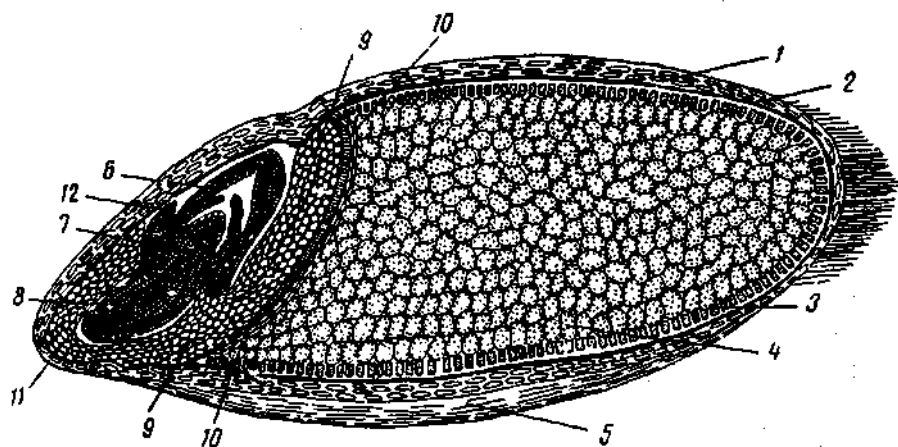


Рис. 25. Строение семени пшеницы (продольный срез):

1 — околоплодник, окружающий семя и на конце покрытый волосками; 2 — кожура семени; 3 — алейроновый слой; 4 — крахмалистая часть эндосперма; 5 — бороздка; 6 — листя зародыша; 7 — стебель зародыша; 8 — корень зародыша; 9 — щиток (семядоля) зародыша; 10 — всасывающая часть щитка; 11 — корневое влагалище; 12 — чешуйка — зачаток второй семядоли

У березы при неблагоприятных погодных условиях во время цветения появляется до 80% плодов без семян.

У лиственницы и у других хвойных могут образоваться семена без зародыша, внешне нормальные, но пустые, что также связано с недостаточным опылением. Такое явление называется партеноспермией. Эти отклонения иногда сильно ухудшают качество семян древесных пород.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛОДОВ И СЕМЯН

После цветения у растений образуется большое число семян, например на одном растении лебеды их насчитывается до 10 тыс., а на дереве березы — до 2 млн. На семенах и плодах, а иногда и на соплодиях имеются различные приспособления, способствующие переносу их на далекие расстояния различными способами, что обеспечивает расселение вида.

Семена и плоды распространяются при помощи ветра, животных и водой. В зависимости от способа распространения выработались соответствующие особенности семян и плодов.

У некоторых растений (любки, грушанки) семена настолько мелки, что уносятся малейшим движением воздуха.

Образование различных выростов в виде волосков, хохолков, парашютиков, волосистых остей увеличивает парусность и лучшее парение семян или плодов в воздухе. Мелкие семена ивы, тополя, осины, хлопчатника окружены волосками, благодаря которым они и разносятся ветром. На семенах иван-чая образуется хохолок из волосков. Плоды осота, чертополоха также имеют хохолки, а плоды одуванчика распространяются при помощи парашютика. Волосистые ости имеются на плодах лопуха и ковыля.

На семенах и плодах некоторых видов растений образуются выросты в виде пленчатых или кожистых крылышек, увеличивающих их парусность. Семена ели, сосны, лиственницы имеют пленчатое крыло. Плоды березы имеют два пленчатых крыла, у ясеня, клена (дробная двусемянка) крыло кожистое. Соплодие липы имеет у основания кожистый листок.

Мелкие гладкие семена мака, колокольчиков разлетаются из раскрытых сухих коробочек при раскачивании их порывами ветра на расстояние до 1 м.

Мелкие гладкие семена и плоды придорожных растений разносятся животными и человеком с землей при ходьбе, например плоды подорожника, птичьей гречихи.

Плоды некоторых растений благодаря выростам (у череды, гравилата) в виде крючочков, зубчиков легко и крепко цепляются за шерсть животных и одежду человека и переносятся на новые места. У лопуха такими крючочками заканчиваются обертки и переносятся целые соплодия.

У некоторых видов семена, богатые питательными веществами, служат пищей для животных. Собирая такие семена и унося в норы и гнезда, животные частично теряют их, способствуя распространению того или иного вида. Иногда растаскиваются сухие плоды, например плоды дуба разносятся сойками, белки собирают плоды дуба, лещины, семена кедра, полевые мыши собирают также зерновки злаков.

Сочность плодов также является приспособлением для распространения семян. Поедая сочные плоды, звери и птицы, теряя их, распространяют семена, но чаще они одновременно поедают и семена, которые не перевариваются у них в желудках, выбрасываются организмом и прорастают (черемуха, рябина, брусника, черника, костяника).

На семенах копытня, чистотела, фиалок образуются особые наросты — присеменники, которые поедают муравьи. Сами семена при этом не съедаются, а лишь растаскиваются. Из дре-

весных растений тис и бересклет имеют присеменники, которые поедаются птицами.

Огромную роль в распространении семян растений играет человек, сознательно распространяя полезные растения по всему земному шару. Вместе с тем нередко он случайно способствует (при переездах, при пересылках грузов) распространению растений, которое становится порой бедствием для той или иной страны. Так, в Европу из Северной Америки была таким образом завезена пахучая ромашка, которая стала сорняком. Из Европы в Северную Америку случайно были завезены подорожник большой, мокрица, пырей ползучий.

Плоды и семена водяных и прибрежных растений имеют рыхлую, наполненную воздухом ткань, благодаря которой не тонут и разносятся течением, например у кувшинки, кубышки, осоки, ольхи черной.

У некоторых видов растений створки плодов раскрываются с такой силой, что семена выбрасываются на расстояние до 3 м. У акации желтой и недотроги створки даже скручиваются. У самшита и кислицы созревшие коробочки, раскрываясь, выталкивают семена.

ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ РАСТЕНИЙ

Растения живут от нескольких недель (пастушья сумка, мятлик однолетний) до нескольких сотен и даже тысяч лет, например дуб — до 1000 лет, тис — до 2000 лет.

По продолжительности жизни, характеру стебля и степени его одревеснения различают жизненные формы растений.

Деревья — растения с хорошо выраженным древеснеющим стволом и разветвленной кроной. Ствол дает ежегодный прирост в длину и толщину. Различают деревья первой величины — от 20 м и выше (ель, сосна, дуб, липа); второй величины — от 10 до 20 м (рябина, черемуха, груша, ольха серая); третьей величины — от 5 до 10 м (яблоня, крушина слабительная, клен татарский). Однако эти размеры в известной мере условны и у разных авторов колеблются в пределах 5 м.

Кустарники — растения с древеснеющим стеблем, который очень рано начинает ветвиться у основания, образуя группу стволиков одинаковой толщины. Высота кустарников бывает от 0,5 до 6 м (орешник, акация желтая).

Лианы — растения с более тонкими древеснеющими вьющимися или лазящими стеблями, до 15 см в диаметре и до 30 м в длину (виноград, плющ, актинидия).

Кустарнички — растения, наземные побеги которых образуют покоящиеся почки и частично одревесневают (черника, брусника, вереск, багульник, голубика, клюква). Они бывают высотой от нескольких сантиметров до 1 м.

Полукустарники — растения, наземные побеги которых не полностью одревесневают и в верхней части за зиму обычно отмирают (некоторые виды полыни).

Многолетние травы — растения с недревеснеющими стеблями, наземная часть их ежегодно отмирает и сохраняется только подземная, т. е. корневища, клубни, луковицы, которые образуют на следующий год новые побеги (одуванчик, осот, сныть, ландыш). Среди них особую группу составляют зимне-зеленые растения с не отмирающими на зиму наземными побегами и даже зелеными листьями; к ним относятся некоторые лесные травы: кислица, грушанка, копытень, зеленчук.

Двухлетние растения — травы, жизненный цикл которых проходит в течение 2 лет. В первый год у них образуется укороченный побег с прикорневой розеткой листьев. На второй год за счет накопленных питательных веществ они образуют удлиненный побег с цветками, плодоносят и отмирают (морковь, редька, капуста).

Однолетние растения — травянистые растения, полное развитие которых (от семени до семени) проходит за один вегетационный период (хлебные злаки, лен, гречиха, мокрица, ярутка, марьянник). Среди злаков различают озимые и яровые. Яровые растения, высеянные весной, успевают за лето образовать листья, побеги, цветки и плоды. Озимые растения проходят полный цикл развития только в том случае, если на их всходы действует низкая температура. Высеянные осенью, они зимуют в виде всходов, а следующим летом нормально растут и плодоносят. Высеянные весной, семена озимых растений тоже прорастают, образуют побеги и листву, но не цветут и не плодоносят. К озимым относятся рожь и некоторые сорта пшеницы.

По плодоношению различают две группы растений: монокарпические и поликарпические. Монокарпическими называют растения, плодоносящие один раз в жизни. К ним относятся все однолетние, двухлетние и некоторые виды многолетних растений, например бамбук, агава, алоэ, которые долгие годы растут, не зацветая, затем один раз цветут, плодоносят и отмирают. Поликарпические растения цветут и плодоносят много раз в течение жизни, к ним относятся большая часть многолетних травянистых и все древесные растения.

АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Анатомия изучает внутреннее строение растений, строение клеток, тканей, органов, связь их строения с функциями и со средой, в которой данные органы развиваются. Лесоведам знание анатомии нужно при изучении физиологии для понимания процессов, происходящих в клетках и тканях живых растений, для понимания эволюции растительного мира и как основа для изучения древесиноведения и подсочки.

КЛЕТОЧНОЕ СТРОЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Впервые растительные клетки были обнаружены в 17-м веке физиком и математиком Робертом Гуком (1635—1703 гг.), который усовершенствовал микроскоп и обнаружил благодаря этому на срезе пробки ячеистое строение — оболочки мертвых клеток. Позже было обнаружено живое содержимое клеток, и только в 19-м веке в итоге длительных исследований было доказано, что все живые организмы состоят из клеток.

Наиболее древние растения (бактерии и некоторые водоросли) состоят из одной клетки, в которой происходят все жизненные процессы: питание, дыхание, рост, размножение.

Существуют и колониальные растения, у которых отдельные клетки собраны слизью в колонии — шарики, пластинки, нити.

Наиболее сложны многоклеточные растения, клетки которых плотно соединены оболочками, образуя единый организм.

СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ

Клетка является основной структурной единицей растительных организмов. Растительная клетка состоит из оболочки и протопласта. Оболочка ограничивает клетку со всех сторон, отделяет ее от соседних клеток. Протопласт — живое содержимое клетки, в состав его входят протоплазма, ядро, пластиды и

хондриосомы (рис. 26, а). Кроме них, в клетке находятся не-
деятельные включения: зерна крахмала, белки, капельки масла,
клеточный сок, кристаллы солей, кислоты, красящие веще-
ства и др.

ПРОТОПЛАЗМА

Протоплазма (цитоплазма, плазма) — бесцветное полупро-
зрачное слизистое вещество, по внешнему виду похожее на
сырой белок куриного яйца. В процессе жизнедеятельности она

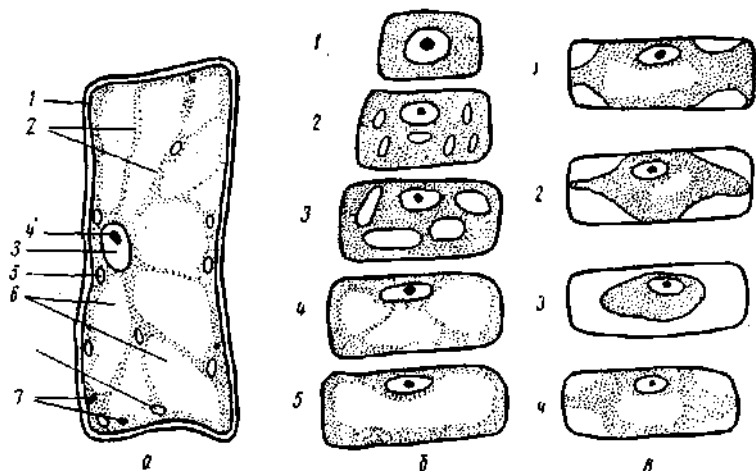


Рис. 26. Строение клетки и плазмолиз:

а — растительная клетка: 1 — оболочка; 2 — протоплазма; 3 — ядро; 4 — яд-
рышко; 5 — пластиды; 6 — вакуоли; 7 — хондриосомы; б — развитие клетки:
1 — молодая клетка; 2—5 — развитие клетки и образование вакуолей; в — плазм-
моллиз: 1 — начало плазмоллиза; 2 и 3 — плазмоллиз; 4 — начало деплазмоллиза

поглощает воду, а в определенные периоды жизни клетки от-
дает ее, поэтому вязкость протоплазмы меняется. В жизнедея-
тельных клетках она более водянистая, жидкая, в покоящихся
клетках она густая, вязкая, а иногда даже твердая.

Химический анализ протоплазмы сделать трудно, так как
для этого надо удалить из нее другие части протопласта и раз-
личные включения. В ее состав входят следующие элементы:
углерод, кислород, азот, водород, сера и фосфор, в малых ко-
личествах — кальций, калий, кремний, магний, хлор, натрий,
алюминий. В среднем в протоплазме содержится около 80%
воды, около 12% белков, 2% нукленновых кислот, 5% жира,
1—2% углеводов.

Итак, протоплазма это — сложная смесь коллоидов,¹ среди
которых основную роль играют белки, являющиеся материаль-

¹ Коллоидами называются вещества, мельчайшие частицы которых нахо-
дятся в окружающем их другом веществе во взвешенном состоянии.

ной основой жизни. Энгельс писал: «Жизнь — это способ существования белковых тел, существенным моментом которого является *постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой*, причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка»¹.

Большую роль в протоплазме играют нуклеиновые кислоты, молекулы которых, как и молекулы белков, очень сложны и крупны.

Протоплазма в клетке пронизана мельчайшими канальцами, благодаря чему при малом объеме ее создается большая поверхность поглощения, что облегчает обмен веществ. В протоплазме происходят все процессы жизнедеятельности: питание, дыхание, рост, размножение. Она поглощает химические соединения, пропускает их через себя, вырабатывает новые. Во взаимодействии с ядром и пластидами она регулирует обмен веществ и другие процессы жизнедеятельности клетки.

Молодые клетки сплошь заполнены протоплазмой, в которую погружены ядро и пластиды. С ростом увеличивается объем клетки, а рост протоплазмы несколько отстает, и в ней образуются полости — вакуоли, заполненные клеточным соком — жидкостью, выделяемой протоплазмой и состоящей из растворов солей, органических кислот, красящих веществ.

Сперва вакуоли очень мелкие, и клеточный сок накапливается в виде мелких капелек. Затем эти капельки начинают увеличиваться, сливаться, и образуются более крупные вакуоли, но в меньшем количестве. В закончивших рост клетках крупная вакуоля занимает большую часть полости клетки, а протоплазма в виде тонкой пленки оттесняется клеточным соком к оболочке (см. рис. 26, б). Часто крупные вакуоли пересекаются тонкими тяжами протоплазмы.

Для живой протоплазмы характерны следующие свойства.

1. Движение. Оно особенно хорошо заметно, когда протоплазма увлекает за собой зеленые пластиды — хлоропласты (см. стр. 64). При поранении клеток или под воздействием тепла и некоторых других факторов движение ускоряется. Различают круговое движение — вдоль стенок клетки и струйчатое — по тяжам протоплазмы. С отмиранием протоплазмы движение ее прекращается.

2. Полупроницаемость. Протоплазма по-разному пропускает через себя различные вещества. Так, она легкопроницаема для воды, менее проницаема для сахаров и некоторых солей и совсем непроницаема для некоторых красящих веществ, например антоциана, который окрашивает клеточный сок корнеплода свеклы в красный цвет и совершенно не окрашивает окружающую его живую протоплазму. Если клетку убить кипячением, то

¹ Ф. Энгельс. Дialectика природы. М., Госполитиздат, 1952, стр. 244.

антоциан свободно проникает в протоплазму и из нее в окружающую воду, что хорошо заметно при варке свеклы.

3. Плазмолиз. Плазмолизом называется способность протоплазмы отходить от стенок клетки. Если поместить живую клетку в крепкий раствор, например сахара, то из менее концентрированного клеточного сока вода будет уходить через протоплазму в окружающий более концентрированный раствор; а растворенные в ней соли будут задерживаться протоплазмой. При этом концентрация клеточного сока начнет увеличиваться, объем его будет уменьшаться, вакуоли сожмутся и протоплазма станет отходить от стенок клетки и собираться в комочек (см. рис. 26, в). Плазмолиз будет продолжаться до тех пор, пока концентрации клеточного сока в клетке и окружающего клетку раствора не сравняются. Если плазмолизированную клетку поместить в чистую воду, то концентрированный клеточный сок начнет притягивать воду, объем вакуолей увеличится и протоплазма снова будет прижата к оболочке клетки, т. е. произойдет деплазмолиз.

Убитая протоплазма свободно пропускает любые растворы, так же как и воду, и поэтому в мертвых клетках плазмолиза не происходит.

Под действием высокой температуры и ядовитых веществ протоплазма свертывается и отмирает.

Оболочки клеток пронизаны тончайшими тяжами протоплазмы — плазмодесмами, через которые происходит контакт протопластов соседних клеток и образуется единый многоклеточный организм.

ЯДРО

Ядро, как и протоплазма, имеет огромное значение в жизни клетки. У большей части растений клетки имеют одно ядро, как исключение, двуклеточные или многоклеточные клетки бывают у некоторых водорослей и простейших грибов. Форма ядра чаще эллиптическая, чечевицеобразная, реже вытянутая, лопастная. Величина его колеблется от 4 до 30 микрон¹ в диаметре. В молодых клетках ядро находится в середине, с развитием вакуолей оттесняется ближе к стенкам клетки или остается в тяжах протоплазмы, но во всех случаях ядра погружены в протоплазму. Они бесцветны и отличаются большей, чем протоплазма, плотностью и вязкостью.

По химическому составу ядра близки к протоплазме, имеют коллоидную природу, основой в них являются белки, но они более богаты нуклеиновыми кислотами и отличаются наличием дизоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

¹ Микрон равен 0,001 мм.

Снаружи ядро покрыто тонкой ядерной оболочкой, внутри которой находится ядерный сок (кариолимфа) — не окрашивающаяся жидкость, а в ней более плотное вещество хроматин, хорошо окрашивающийся краской в препаратах. Обычно в ядре имеется одно или два ядрышка (см. рис. 26, а) — более плотные и интенсивно окрашивающиеся участки ядра. Считают, что они являются местом образования белков в ядре.

В клетке ядро перемещается током протоплазмы или передвигается самостоятельно. Так, ядро передвигается к местам, где происходит рост оболочки в толщину или заживление пораненного места.

Весьма большую роль играют ядра в передаче наследственных свойств организмов. Во время деления клеток в ядрах происходят сложные процессы. Из хроматина образуются палочкообразные мелкие тельца — хромосомы, хорошо видимые при окраске препарата. С помощью электронного микроскопа установлено, что они состоят из пучков спирально скрученных тончайших нитей, основой которых является дезоксирибонуклеиновая кислота. В результате сложных процессов передвижения и расщепления хромосом при делении ядер количество дезоксирибонуклеиновой кислоты в каждой хромосоме остается постоянным. Работы последних лет показали, что эта кислота имеет главное значение в передаче наследуемых свойств организмов, она, очевидно, является материальной основой наследственности.

В молодых клетках ядра не возникают вновь из протоплазмы, а образуются делением ядра материнской клетки. Вне протоплазмы ядра существовать не могут.

ПЛАСТИДЫ

Имеющиеся в растительных клетках пластиды — это мелкие живые тельца, лежащие в протоплазме, по химическому составу близкие к ней, но содержащие больше железа. В клетках животных пластид нет, так же как в клетках бактерий и грибов.

Тело пластид (стромы) покрыто тонкой оболочкой и отличается от протоплазмы большей плотностью и вязкостью.

Форма пластид очень разнообразна, особенно у водорослей. У высших растений они чаще шарообразные или дискообразные. Число пластид в отдельной клетке также различно, у некоторых водорослей в клетке имеется по одной крупной пластиде, у других они мелкие и их много. В зеленых клетках листьев их бывает 20—50 шт. Число это в большой степени зависит от функции, которую выполняет данная клетка.

Величина пластид колеблется от 3 до 10 микрон, в среднем около 5 микрон.

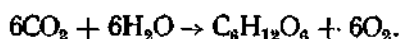
Пластиды способны сами передвигаться в клетке или же передвигаются током протоплазмы. Из протоплазмы вновь они не возникают, а образуются в результате деления имеющихся в клетке пластид, при этом они удлиняются, перетягиваются, и образуются две новые пластиды, которые восстанавливают свою форму и размеры.

В своем теле (строме) пластиды вырабатывают красящие вещества пигменты, придающие им окраску. Различают три типа пластид: хлоропласты, лейкопласты и хромопласты.

Хлоропласты (хлорофилловые зерна) — пластиды, окрашенные в зеленый цвет хлорофиллом. В хлоропластах содержится четыре пигмента: хлорофилл «а» — синевато-зеленый, хлорофилл «б» — желтовато-зеленый, каротин — оранжевый и ксантофилл — желтый. Летом желтые пигменты маскируются зеленым цветом хлорофилла, осенью он разрушается, и листва становится желтого или оранжевого цвета.

В хлоропластах происходит фотосинтез — образование органических веществ (сахаров) из неорганических (воды и углекислоты). Процесс этот происходит только под действием солнечной энергии. При наличии хлорофилла световая энергия солнца связывается в потенциальную энергию химических соединений. Солнечная энергия как бы консервируется в органических соединениях.

При фотосинтезе происходит следующая реакция:



Вода, полученная из почвы корнями, и углекислота воздуха превращаются в хлоропластах в глюкозу, а освобождающийся кислород уходит в атмосферу. В листьях глюкоза превращается в крахмал или оттекает в другие органы. Так, в хлоропластах зеленых растений создаются органические вещества, без которых невозможно построение ни растительных, ни животных организмов.

Хлорофилл образуется при наличии в клетке определенного количества железа и только на солнечном свете.

Хлоропласты обычно имеют дискообразную форму и способны самостоятельно передвигаться. Очень разнообразна их форма у водорослей: спирально скрученная, лентовидная, лопастная, овальная, чашевидная. Передвижение пластид можно наблюдать, изменяя освещение листа. На рассеянном свете хлоропласты в листьях расположены по горизонтальным стенкам клеток и повернуты широкой стороной к свету, чем обеспечивается лучшее освещение их. В полдень, при освещении листа прямыми солнечными лучами, хлоропласты передвигаются к вертикальным стенкам клеток и становятся ребром к поверхности листа, при этом уменьшается их освещенность, так как

под действием прямых солнечных лучей хлорофилл в них начинает разрушаться.

Лейкопласты — бесцветные пластиды, они не содержат пигментов. В лейкопластах глюкоза преобразуется в крахмал, поэтому их бывает особенно много в клетках запасających тканей клубней, корневищ, семян, где накапливаются запасы крахмала. Глюкоза поступает туда из листьев.

Лейкопласты мельче хлоропластов, обычно шаровидной формы, но при образовании крупных зерен крахмала форма их может изменяться. Если запасающий орган оказывается на свету, в лейкопластах начинает вырабатываться хлорофилл, они зеленеют и превращаются в хлоропласты. По этой причине зеленеет клубень картофеля, лежащий на свету.

Хромопласты — пластиды, окрашенные ксантофиллом и каротином в желтый и оранжевый цвета. Встречаются они в лепестках цветков (у лютика) и в плодах (у рябины, помидора), яркая окраска которых привлекает к ним насекомых, птиц, зверей. Реже они встречаются в вегетативных органах, например в корнеплодах моркови, хромопласты которых богаты каротином.

Форма хромопластов разнообразна: овальная, многоугольная, лопастная и даже игловидная, когда в них кристаллизуется каротин. Иногда хромопласты начинают вырабатывать хлорофилл, зеленеют и превращаются в хлоропласты. Так зеленеет верхняя часть корнеплодов моркови на свету. Хлоропласты также могут превращаться в хромопласты, например при созревании плодов шиповника, рябины, апельсина, когда зеленая окраска их кожуры переходит в оранжевую.

ХОНДРИОСОМЫ

Хондриосомы — живые мелкие тельца, всегда погруженные в протоплазму растительных клеток. По химическим и физическим свойствам близки к протоплазме, но более плотные, так как содержат меньше воды. Форма их различна: они имеют вид зернышек, цепочек, палочек. Хондриосомы способны передвигаться в протоплазме, иногда группируются около ядра, делятся, реже сливаются, изменяют величину и форму. Считают, что роль их в жизни клетки велика, они принимают участие в обмене веществ, в образовании различных продуктов жизнедеятельности клетки, а возможно, и превращаются в пластиды.

НЕДЕЯТЕЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ КЛЕТОК

Недеятельные включения растительных клеток образуются в процессе их жизнедеятельности и являются или запасными питательными веществами или конечными продуктами обмена.

КРАХМАЛ

В виде твердых бесцветных зерен крахмал образуется в пластидах растительных клеток. По химическому составу он, как сахарá и клетчатка, относится к углеводам и имеет формулу $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Для крахмала характерны следующие свойства: 1) под действием йода он окрашивается в синий цвет, 2) в холодной воде не растворяется, 3) при нагревании набухает и расплывается в клейкую массу.

Образующиеся в процессе фотосинтеза сахарá (глюкоза и фруктоза) в пластидах клеток листа превращаются в мелкие

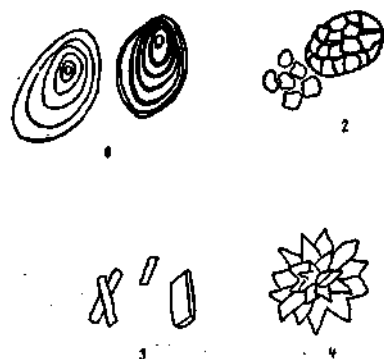


Рис. 27. Недейательные включения:

1 — крахмальные зерна картофеля; 2 — крахмальные зерна овса; 3 — кристаллы; 4 — сросстки кристаллов (друзы)

зерна первичного крахмала. По мере накопления он осаживается в глюкозу и в виде раствора оттекает в другие органы растения, где и потребляется. В запасающих тканях глюкоза вновь превращается в лейкопластах в крахмал, но уже во вторичный, или запасной.

Зерна вторичного крахмала крупные, разнообразной формы и типичны для отдельных видов растений (рис. 27). У некоторых видов в зернах крахмала хорошо заметна слоистость, возникающая вокруг образовательного центра. Она возникает в результате неодинакового

содержания воды в слоях, отложенных днем и ночью. При одинаковой толщине слоистость называется концентрической, при неодинаковой центр сдвигается к краю и слоистость становится эксцентрической. Если в зернах имеется один центр, они называются простыми, если два-три, — сложными. Сложные зерна, имеющие общие слои, называются полусложными.

АЛЕЙРОНОВЫЕ ЗЕРНА

Запасы белков откладываются в растительных клетках в виде бесцветных алейроновых зерен округлой, иногда угловатой формы. Они образуются главным образом в семенах (у злаков, бобовых), при созревании которых содержимое вакуолей, богатых белковыми веществами, затвердевает в зерна. При набухании семян они также набухают, заполняют вакуоли и потребляются растениями. Иногда белки в зернах частично кристаллизуются.

МАСЛА

У некоторых растений запасными питательными веществами служат масла. Особенно богаты ими клетки спор и семян некоторых растений: кедра, ореха грецкого, подсолнечника, льна, конопли, которые потребляются в пищу или служат сырьем для получения растительных масел.

КЛЕТОЧНЫЙ СОК

Как мы говорили, клеточный сок — раствор продуктов жизнедеятельности клетки, собирающийся в вакуолях. В молодых клетках его нет, с возрастом он накапливается, а в старых клетках занимает большую часть объема. Химический состав и концентрация клеточного сока зависят от вида растения, от выполняемой клеткой функции и от ее возраста. В клеточном соке бывают растворены сахара (глюкоза, фруктоза, сахароза), органические кислоты (щавелевая, молочная, лимонная, яблочная и др.), дубильные вещества (сложные безазотистые соединения вяжущего вкуса), алкалоиды (азотистые соли органических кислот — многие применяются в медицине), а также минеральные соли (хлористые, кальциевые, магниевые) и пигменты — красящие вещества.

Наиболее распространен пигмент антоциан, имеющий в кислой среде красный цвет, в щелочной — синий. Им окрашиваются красные лепестки мака и синие василька, красные листья бегонии и свеклы.

Некоторые вещества образуют в вакуолях кристаллы — щавелевокислый кальций, соли кремневой кислоты. Они лежат в клетках по одному или по два-три, а иногда срастаются группами, образуя друзы (см. рис. 27).

ПРОЧИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ КЛЕТОК

Протопласт растительных клеток вырабатывает также ряд особых веществ, имеющих большое значение в жизни растений и в практике человека: ферменты, витамины и антибиотики.

Ферменты (энзимы) — органические вещества, служащие катализаторами (ускорителями) некоторых химических реакций в клетках (дыхания, разложения белков, жиров, перевода крахмала в сахара). Действие их продолжается и вне растительных клеток. Ферменты применяются в виноделии, при изготовлении чая, табака и др.

Витамины — вещества, различные по химическому составу, но сходные по действию на организмы животных и человека. Недостаток их в пище приводит к нарушению обмена веществ и заболеванию организма. В растениях витамины способствуют росту, дыханию, обмену веществ.

Антибиотики — вещества, действующие угнетающе и даже смертельно на другие организмы, особенно микроорганизмы. Они широко применяются в медицине (пенициллин, стрептомицин и др.).

ОБОЛОЧКА КЛЕТКИ

Протопласт растительных клеток покрыт оболочкой, образующейся в результате жизнедеятельности протоплазмы. Оболочка даже после отмирания протопласта во многих случаях имеет существенное значение в жизни всего растения, например защищает от высыхания и служит опорой. В древесине около 95% по весу приходится на долю оболочек мертвых клеток, которые служат проводящими путями для воды и растворенных веществ, а также являются механической опорой.

В молодых клетках оболочка представляет собой чистую клетчатку (целлюлозу), которая образуется на поверхности протоплазмы. Клетчатка — это углевод, имеющий, как и крахмал, формулу $(C_6H_{10}O_5)_n$, но отличающийся более сложным молекулярным строением. В синий цвет йодом она не окрашивается. Это вещество коллоидного характера, способное поглощать воду, набухать, но в воде не растворяется и не изменяется при длительном кипячении даже при температуре 200°.

Клетчатка — химически очень стойкое вещество, не растворяющееся в спирте, эфире, в слабых щелочах и кислотах. Она растворяется только в так называемом швейцеровом растворе (раствор окиси меди в аммиаке), а в концентрированных соляной и серной кислотах осахаривается.

Клетчатка обладает интересным свойством. При набухании льняное волокно, состоящее из клетчатки, увеличивается в ширину на 20%, а в длину на 0,1% от первоначальных размеров. То же явление наблюдается и при испытаниях теплопроводности, сопротивления на разрыв. Это — высокомолекулярное вещество, обладающее тончайшей субмикроскопической структурой, неразличимой под микроскопом.

Наименьшей структурной единицей клетчатки являются мицеллы — цепочки молекул. Сотни мицелл объединяются в мицеллярные ряды, а последние скручиваются в фибриллы. Рентгеновские снимки показали, что фибриллы клетчатки, переплетаясь, образуют объемную трехмерную решетку, состоящую из сети фибрилл и мельчайших ячеек, заполненных в молодых клетках водой. Клетчатка отличается большой прочностью, упругостью и эластичностью.

Современная химия широко использует клетчатку как сырье при получении вискозы (искусственного шелка), нитроклетчатки, целлулоида, глюкозы, этилового спирта, искусственного каучука.

С возрастом клетки оболочки пропитываются различными веществами, и состав ее меняется. Встречаются следующие видоизменения оболочки: одревеснение, пробковение, кутинизация, ослизнение, минерализация.

Одревеснением называется процесс пропитывания оболочки клетки особым веществом — лигнином, который заполняет ячейки между фибриллами клетчатки подобно бетону в железобетонных сооружениях. При этом оболочка становится тверже и прочнее, но менее упругой и менее эластичной. Лигнин вырабатывается протоплазмой клетки, с одревеснением оболочки клетка перестает расти, и протопласт ее со временем отмирает. Одревесневшие клетки придают прочность органу, например стволы деревьев состоят преимущественно из таких клеток. Лигнин повышает также стойкость оболочек против разрушения их бактериями и грибами.

Опробковением называется пропитывание оболочки жироподобным веществом — суберином, — которое вырабатывает протоплазма некоторых клеток и которое делает оболочки непроницаемыми для воды и газов. При этом протопласт их быстро отмирает. Опробковение оболочек происходит в тканях, защищающих растение от высыхания.

Кутинизацией называется пропитывание оболочки воскоподобным веществом кутином, благодаря чему резко сокращается проницаемость ее для воды. Кутин в виде тонкой пленки (кутикулы) покрывает поверхность листьев, защищая их от испарения.

Ослизнение оболочек клеток происходит у семян некоторых растений, поверхностные слои клетчатки которых превращаются в слизь.

Минерализация — пропитывание оболочек клеток солями кремневой кислоты. В результате оболочки становятся жесткими, например в стеблях хвощей или в краях жестких листьев осок и некоторых злаков.

У молодых клеток оболочка состоит из рыхлой сети мицелл клетчатки со слабыми связями, ячейки между ними могут расширяться, и оболочка при этом растягивается. Вновь образующиеся молекулы клетчатки внедряются в эту сеть, прилегают к мицеллам, происходит рост оболочки, и клетка увеличивается в длину и ширину. Этот процесс называется ростом оболочки путем внедрения. Со временем связи между мицеллами клетчатки закрепляются и такой рост, а следовательно, и увеличение объема клетки, прекращается. Рост оболочки в толщину происходит путем наложения — когда вновь образующиеся молекулы клетчатки налагаются на оболочку и толщина ее увеличивается. Если наложение происходит изнутри, то одновременно с утолщением оболочки уменьшается полость клетки, например у волокон льна. В результате такого утолщения в оболочках старых

клеток различают три слоя: первичный — самая старая, наружная, тонкая часть оболочки, вторичный — самая толща оболочки, сильнее всего древеснеющая, и третичный слой — самый молодой, внутренний тонкий слой оболочки, прикасающийся к протоплазме.

Сплошное равномерное утолщение стенок затрудняет обмен веществ между клетками, поэтому в клетках наблюдается неравномерное утолщение оболочек, на стенках всегда имеются участки без вторичного слоя. Оболочка в этих местах — порых состоит только из тонкого первичного слоя, через который растворы легко проникают в клетку. В толще вторичного слоя в этих местах возникают поровые каналы, упирающиеся в первичную оболочку. Такие поры называются простыми (см. рис. 34, стр. 82).

Первичными оболочками клетки соприкасаются между собой и плотно склеиваются особым веществом — пектином, который образует межклетную пластинку. Под воздействием некоторых веществ пектин разрушается, и происходит разъединение клеток — мацерация. Так, при созревании некоторых сортов груш, яблок мякоть их становится зернистой, при разваривании клубней картофеля их клетки рассыпаются. Воздействуя на древесину щелочами и кислотами, вызывают мацерацию ее с целью получения целлюлозы.

ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК И ЯДЕР

Рост растений связан с увеличением числа клеток в них, с делением клеток. Обычно из одной материнской клетки образуются две дочерние и гораздо реже несколько дочерних. Перед каждым делением клетки происходит деление ее ядра. В растительных клетках наблюдается три типа деления ядер: прямое, кариокинетическое и редукционное.

ПРЯМОЕ ДЕЛЕНИЕ ЯДРА (АМИТОЗ)

Прямое деление ядра наблюдается редко и обычно в старых клетках. Ядро при этом слегка вытягивается, в середине появляются перетяжки и образуются два новых ядра. Как правило, в растительных клетках происходят гораздо более сложные деления ядер — кариокинетическое и редукционное.

КАРИОКИНЕТИЧЕСКОЕ ДЕЛЕНИЕ ЯДРА (МИТОЗ)

Развитие ядра в клетке условно разделяют на стадии, или фазы. Между двумя делениями ядро находится в стадии покоя (интерфаза), хотя в это время оно активно участвует в жизни клетки и покой его относительный. В стадии покоя в ядре хо-

рошо заметны оболочка (рис. 28, а), ядрышко, а при окраске — мелкие зернышки или тонкие хроматиновые нити, создающие структуру ядра. Подготовка к делению ядра начинается с некоторого разбухания его, разъединения хроматиновых нитей, участки которых, укорачиваясь и утолщаясь, образуют хорошо заметные при окраске препарата хромосомы — мелкие палочкообразные тельца различной формы.

Для каждого вида растений число хромосом в клетках постоянно. Так, в ядрах клеток сосны имеются 24 хромосомы, осины — 38, яблони — 34. Хромосомы в клетке различаются по форме и величине: они бывают палочковидные, прямые, изогнутые, с загнутым концом, короткие, длинные. Для хромосомы любой формы всегда имеется парная похожая хромосома, поэтому и число их всегда четное. По форме и величине наборы хромосом в разных клетках одного растения одинаковы, так же как и у всех особей одного вида.

Оболочка ядра и ядрышко растворяются, и хромосомы оказываются погруженными в протоплазму (профаза — рис. 28, б), затем они передвигаются в середину клетки и располагаются в одной плоскости, образуя так называемую экваториальную пластинку (метафаза — рис. 28, в). К этому времени в протоплазме образуются более плотные ахроматиновые (не окрашивающиеся) нити, сближенные у полюсов клетки и раздвинутые в середине клетки, составляя фигуру, напоминающую веретено, в широкой экваториальной части которой в одной плоскости и располагаются хромосомы.

Затем наступает очень важный в каркинетическом делении ядра момент — деление хромосом, причем каждая хромосома делится вдоль, как бы расщепляется на две половинки, каждая из которых сохраняет форму и длину материнской хромосомы. В результате такого расщепления хромосом число их удваивается: если вначале в клетке было 24 хромосомы, то после расщепления их становится 48, если было 36 — образуется 72 и т. д. Вновь образовавшиеся лежащие вначале рядом хромосомы начинают отодвигаться одна от другой и по одной из каждой пары расходиться к разным полюсам клетки, скользя по ахроматиновым нитям веретена (анафаза — рис. 28, г, д, е). В итоге на каждом полюсе клетки собираются хромосомы в том же числе и того же состава (в том же наборе), в каком они были в ядре материнской клетки до деления. У полюсов хромосомы сближаются, утончаются, становятся невидимыми, из них образуется клубок тонких хроматиновых нитей, веретено исчезает, появляются оболочка ядра и ядрышко, т. е. начинается телофаза — формирование новых ядер (рис. 28, ж) и новые ядра вступают в период относительного покоя (интерфаза — рис. 28, з). За время формирования на полюсах двух новых ядер в середине клетки протоплазма уплотняется и образуется двойная

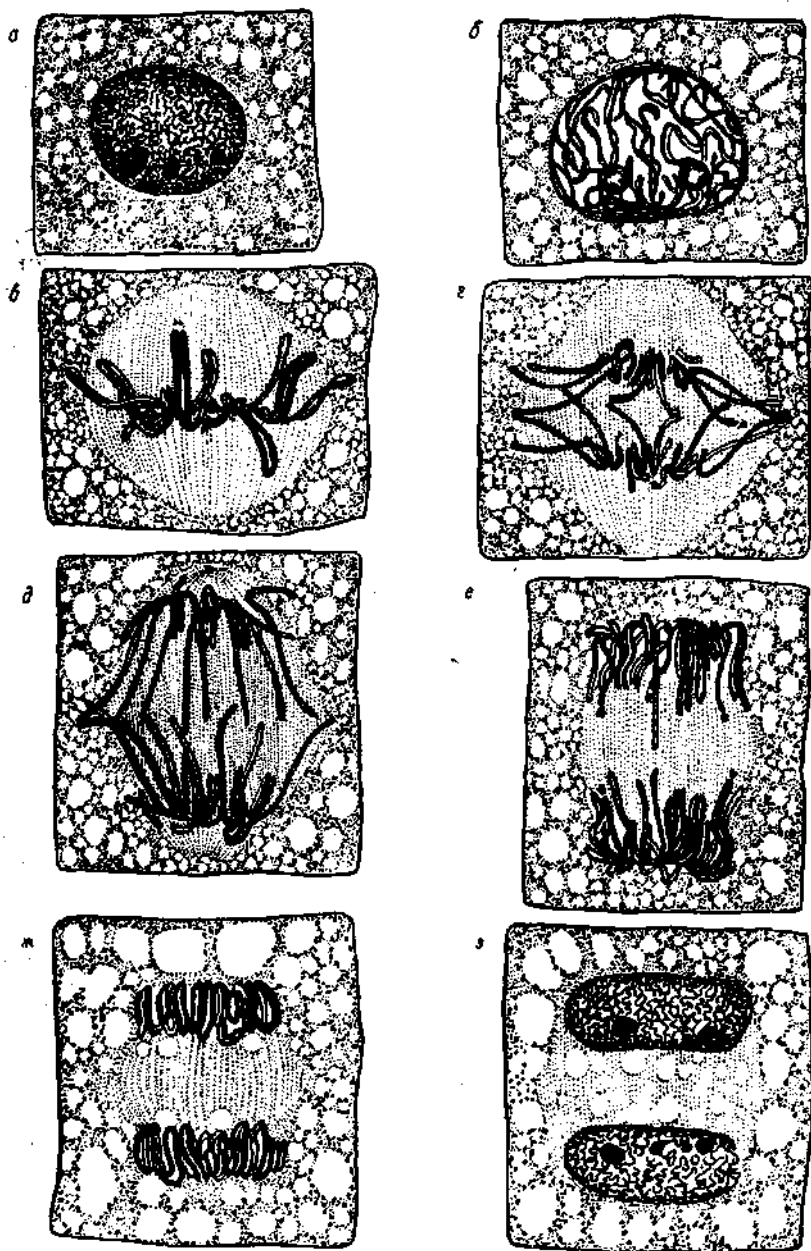


Рис. 28. Кариокинетическое деление ядра в клетках корешка алоэ (по Шафштейну):

а — интерфаза; б — профаза; в — метафаза; г, д, е — анафаза; ж — телофаза; з — переход к интерфазе

перегородка, разделяющая материнскую клетку на две новые, дочерние.

В результате такого сложного кариокинетического деления ядра дочерних клеток имеют одинаковые наборы хромосом, в том же числе и той же формы, как имела исходная материнская клетка. Этот очень сложный процесс деления ядер был открыт русским ученым И. Д. Чистяковым (1843—1877 гг.), основателем науки о клетке — цитологии.

Кариокинетическое деление ядер происходит в клетках точек роста стеблей и корней, во всех случаях роста любого органа как в длину, так и в толщину. Продолжается оно в среднем около 2 часов, но срок этот в большой степени зависит от внешних условий и от вида растений.

РЕДУКЦИОННОЕ ДЕЛЕНИЕ ЯДРА (МЕИОЗ)

Начало редукционного деления ядра сходно с кариокинетическим. Ядро также набухает, при окраске становятся видимыми хроматиновые нити, из которых образуются хромосомы, растворяются оболочка ядра и ядрышко (профаза). Передвигаясь, хромосомы также располагаются в экваториальной плоскости клетки (метафаза) и к этому времени в протоплазме появляются ахроматиновые нити, образующие фигуру веретена. Но при кариокинетическом делении хромосомы располагаются в одной плоскости поодиночке и затем каждая расщепляется, а при редукционном делении они располагаются в экваториальной плоскости клетки парами — длинная вдоль длинной, изогнутая вдоль изогнутой, так как сходятся по две хромосомы одинаковой формы и расщепления их не происходит. Хромосомы каждой пары начинают отодвигаться одна от другой и по одной расходятся к разным полюсам клетки (анафаза). В итоге на каждом полюсе оказывается в 2 раза меньше хромосом, чем в ядре материнской клетки. Сбравшиеся у полюсов клетки хромосомы утончаются, превращаются в хроматиновые нити, которые становятся невидимыми и вокруг них возникает оболочка, формируется ядро с ядрышком (телофаза). Так образуются на полюсах два новых, дочерних, ядра. В это же время в центре клетки возникает двойная перегородка и образуются две дочерние клетки.

Как мы видим, сходны также и процессы формирования новых ядер при кариокинетическом и редукционном делении ядра. Коренное различие этих делений заключается в том, что при редукционном делении хромосомы не расщепляются, число их не удваивается и в результате в новых, дочерних, ядрах число хромосом уменьшается в 2 раза, отсюда и название этого типа деления (редукция означает уменьшение).

Редукционное деление происходит у семенных растений в пыльниках (при образовании пыльцы) и в завязи (при образовании зародышевого мешка), у споровых растений (мхов, папоротников и др.) — при образовании спор. В результате слияния двух половых клеток (гамет) при половом процессе в зиготе число хромосом снова удваивается. Клетки с двойным числом хромосом в ядрах называются диплоидными, а с уменьшенным после редукционного деления ядра числом хромосом — гаплоидными.

Редукционное деление ядер было открыто русским ученым В. И. Беляевым (1855—1911 гг.).

ТКАНИ РАСТЕНИЙ

В процессе эволюции, приспосабливаясь к различным условиям жизни, клетки растений начали специализироваться, выполняя определенные функции. Под влиянием этих функций изменялись формы и размеры клеток и возникли ткани. Тканью называется группа клеток, выполняющих одинаковую функцию и имеющих сходное строение. Так, под влиянием перехода из воды на сушу возникли ткани, защищающие растение от высыхания, проводящие, механические. Строение клеток любой ткани обусловлено их функцией.

Ткани можно классифицировать по разным признакам. По форме клеток различают ткани паренхимные, состоящие из клеток, длина и ширина которых равны или почти равны (округлые, кубические, многогранные), и прозенхимные, состоящие из сильно вытянутых клеток с заостренными концами, длина которых во много раз превышает ширину. Физиологическая классификация делит ткани по их функции и строению на образовательную, покровную, механическую, проводящую, ассимиляционную, всасывающую, запасную, выделительную.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТКАНЬ

У растений рост продолжается в течение всей жизни, у многолетних растений — с перерывами в неблагоприятные времена года (осень, зима). Способность к росту сохраняется в небольших, но многочисленных участках: в точках роста стеблей и корней, где находится особая, образовательная, ткань, функцией которой и является образование новых клеток путем многократного повторного деления.

Образовательная ткань состоит из живых, довольно мелких паренхимных клеток, плотно соединенных между собой, с крупными ядрами, с тонкими целлюлозными оболочками и с очень мелкими вакуолями или совсем без вакуолей.

В первый период развития зародыш семени весь состоит из образовательной ткани. Затем клетки в ней начинают дифференцироваться в другие ткани, теряют способность к делению,

и только в точках роста стеблей и корней остаются участки тканей, клетки которых сохраняют способность к делению, — это первичная образовательная ткань, или первичная меристема (рис. 29). Все ткани, образуемые меристемой, называются первичными.

Под влиянием внешних или внутренних факторов клетки некоторых тканей, выполняющие запасающие или другие функции, иногда вновь приобретают способность к делению, и тогда возникают участки вторичной образовательной ткани — камбия. Благодаря камбию утолщаются стволы и корни (о деятельности камбия сказано далее), зарастают раны, образуются пробка и корка. Все ткани, образующиеся в результате деятельности камбия, называются вторичными.

В меристеме точки роста различают три периода в развитии клеток. В самых наружных слоях меристемы на вершине точки роста происходит деление клеток. Затем наступает период разрастания их. Усиленно растет оболочка, увеличивается объем клеток, а в протоплазме образуются вакуоли. После вытягивания, роста, клеток начинается их дифференциация, и форма клеток меняется в зависимости от их функций. Так образуются первичные ткани.

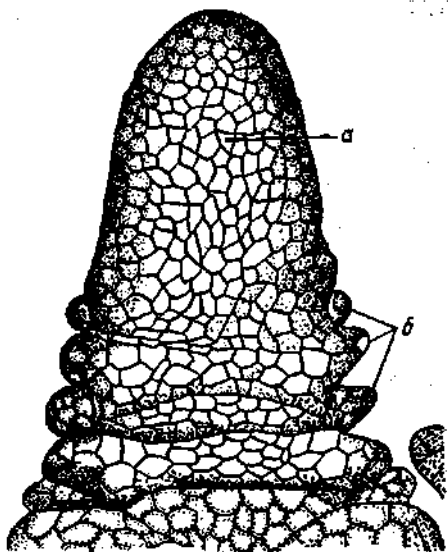


Рис. 29. Строение конуса нарастания стебля (внешний вид):

а — клетки первичной образовательной ткани;
б — зачатки листьев

ПОКРОВНАЯ ТКАНЬ

Покровная ткань предохраняет органы растений от неблагоприятных внешних воздействий: от высыхания, перегрева, резких колебаний температуры, от попадания спор грибов и бактерий. Различают три типа покровной ткани: кожица (эпидермис), перидерма и корка.

КОЖИЦА (ЭПИДЕРМИС)

Кожица — первичная покровная ткань, возникающая из наружного слоя меристемы. Она покрывает все органы однолетних растений и однолетние органы (листья, молодые стебли).

многолетних растений. Кожица состоит из одного слоя живых плоских клеток, не содержащих хлоропласты и плотно соединенных между собой (рис. 30). У некоторых листьев боковые стенки клеток волнистые, а вся клетка лопастная, благодаря чему увеличиваются площадь соприкосновения и прочность срастания, кожица не разрывается даже при сильных изгибах листьев. Наружная стенка клеток кожицы часто бывает утолщена, иногда очень сильно, что увеличивает защитные свойства

ткани. Внутренние и боковые стенки остаются тонкими, так как через них идет обмен веществ между живыми клетками кожицы и внутренними тканями.

Наружная, утолщенная стенка клеток часто бывает пропитана кутином, что сильно уменьшает проницаемость ее для воды. У некоторых видов растений кутин (листья брусники) или воск (плоды сливы, черники) покрывает поверхность кожицы тонкой пленкой. Уменьшают испарение и образующиеся на кожице волоски благодаря скапливанию между ними влажного воздуха.

Для дыхания всех живых тканей необходим кислород, а для фотосинтеза зеленых кле-

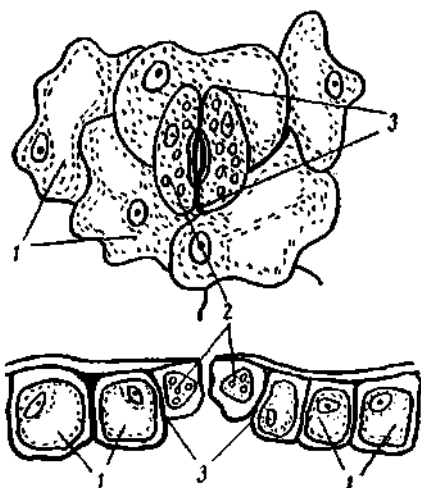


Рис. 30. Схема строения клеток кожицы и устьиц листа (вверху — в плане, внизу — в разрезе):

1 — клетки кожицы; 2 — замыкающие клетки; 3 — устьица

ток — углекислый газ. В кожице имеются особые отверстия — устьица (см. рис. 30), через которые, как через форточки, происходят газообмен и испарение. Ширина этих отверстий изменяется в зависимости от внешних условий, благодаря чему регулируется интенсивность испарения листьев.

Устьица состоят из двух живых, слегка изогнутых замыкающих клеток, соединенных концами так, что между ними образуется овальное отверстие — устьичная щель. Степень изогнутости замыкающих клеток может меняться; чем больше они изогнуты, тем шире становится щель. Этот процесс связан с насыщенностью клеток влагой. В замыкающих клетках всегда имеются хлоропласты. При недостатке влаги в тканях в этих клетках сахара превращаются в крахмал, концентрация клеточного сока падает, насыщенность клетки влагой уменьшается, она слегка подвядает и выпрямляется. При избытке влаги в клетках образуются сахара, концентрация клеточного сока

увеличивается, клетки насасывают воду из соседних тканей, напряженность их увеличивается, и благодаря неравномерному утолщению их стенок замыкающие клетки изгибаются, устьичная щель расширяется и испарение усиливается. У большей части видов растений устьица расположены на нижней стороне листьев, что уменьшает испарение, предохраняет от попадания пыли и дождевой воды.

Размеры устьиц незначительны (длина 20—40 микрон), зато число их велико, в среднем от 100 до 300 шт. на 1 мм^2 , благодаря чему обеспечивается необходимый газообмен в листьях.

ПЕРИДЕРМА

Кожица недолговечна, ее жизнедеятельность продолжается всего одно лето и только на листьях вечнозеленых растений — несколько лет. На молодых стеблях древесных растений к осени кожица сменяется вторичной покровной тканью — перидермой, при этом стебли буреют и одревесневают, как говорят, созревают.

Перидерма образуется так. В середине лета слой клеток, находящийся под кожицей, приобретает способность делиться, и возникает вторичная образовательная ткань — пробковый камбий (феллоген). Он состоит из одного слоя живых плоских клеток, покрывающих под кожицей весь молодой стебель (рис. 31). Эти клетки многократно делятся всегда в одной плоскости — параллельно поверхности стебля. При каждом делении клеток из двух вновь образующихся одна (ближе к поверхности) больше не делится, оболочка ее пропитывается суберином, пробковеет, и содержимое отмирает. Вторая клетка остается клеткой камбия и, продолжая делиться, дает новые клетки. Так снаружи от пробкового камбия образуется многослойная мертвая ткань — пробка (филлема), ближайшие к камбию более молодые слои ее некоторое время состоят из живых клеток. Клетки пробки расположены ровными рядами, плотно соединены между собой и заполнены воздухом, поэтому они мало-теплопроводны. Благодаря многослойности, непроницаемости для воды и малой теплопроводности пробка лучше кожицы защищает побеги от резких колебаний температуры, от испарения и от инфекций. Поэтому молодые стебли, успевшие покрыться к осени пробкой (вызревшие), не страдают от заморозков и от высыхания. У некоторых древесных растений пробка образуется из тонкостенных и толстостенных (слабо пробковеющих) клеток. На границе между ними легко происходит разрыв, пробка отслаивается и отпадает тонкими пластами, например у березы береста. Толщина пробки обычно невелика и только у дуба пробкового достигает 10 см; ее периодически срезают и используют для приготовления бутылочных пробок, спасательных поясов и пр.

Кроме пробки, пробковый камбий откладывает внутрь побега два-три слоя живых паренхимных клеток пробковой паренхимы (феллодермы), часто содержащей хлоропласты.

Таким образом, перидерма состоит из трех тканей: пробки, пробкового камбия и пробковой паренхимы, роль устьиц в ней выполняют чечевички.

На молодых побегах под устьицами перед образованием сплошного слоя пробкового камбия возникают его небольшие

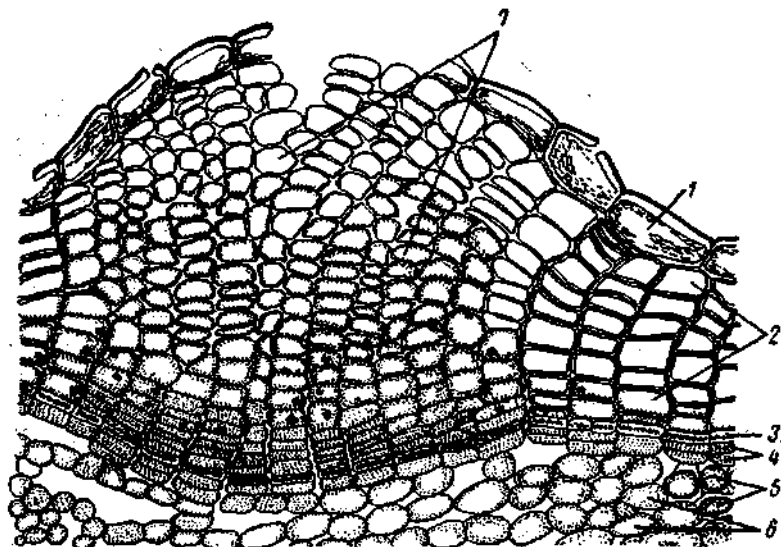


Рис. 31. Строение перидермы и чечевички бузины:

1 — эпидермис; 2 — пробка; 3 — феллоген; 4 — феллодерма; 5 — колленхима; 6 — паренхима первичной коры; 7 — выполняющие клетки

участки, которые, делясь, образуют скопления новых округлых, выполняющих, клеток с большими межклетниками. В местах скопления выполняющих клеток кожа выпячивается, лопается, и на поверхности небольшого бугорка возникает отверстие (см. рис. 31), через которое проникает воздух по межклетникам в глубь побега. Такие бугорки, чечевички, заметны на побегах простым глазом. Образующийся затем сплошной слой пробкового камбия сливается с возникшими раньше его участками, по мере роста и утолщения побега чечевички увеличиваются и меняют форму. У березы они становятся узкими темными полосками, у осины и других видов тополя форма их ромбовидная.

Таким образом, перидерма отличается от кожицы наличием трех тканей, многослойностью, образованием мертвых клеток и чечевичек.

КОРКА

По мере утолщения ствола или ветви покров пробки становится тесным, на нем появляются трещины, а под ними возникают новые участки пробкового камбия и пробки. Со временем они возникают в более глубоких участках тканей, и все клетки, лежащие кнаружи от пробки, отмирают. Так образуется многослойная корка из разнородных отмерших тканей. С годами толщина ее увеличивается, она покрывается глубокими трещинами, форма которых характерна для того или иного вида деревьев. Нижняя часть стволов обычно покрыта коркой, толстый слой которой хорошо защищает дерево от ожогов солнцем и от низовых пожаров, например у сосны.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ТКАНЬ

Механическая ткань обеспечивает прочность органов растений, сопротивляемость их излому и разрыву. Прочность достигается утолщением стенок клеток и рациональным распределением механических тканей в органах. Механическая ткань встречается во всех органах; в быстрорастущих стеблях и корнях клетки ее вытянутые, прозенхимные, в листьях, плодах — паренхимные. Различают три типа механической ткани: колленхиму, склеренхиму и каменные клетки — склеренды.

КОЛЛЕНХИМА

Колленхима состоит из живых паренхимных клеток, содержащих хлоропласты с неравномерно утолщенными стенками и округлыми порами. Оболочки их состоят из клетчатки, не древеснеют и способны растягиваться, поэтому ткани под колленхимой могут некоторое время расти.

Колленхима — всегда первичная механическая ткань, образующаяся из меристемы точек роста. Встречается она в жилках и черешках листьев, реже в стеблях под кожицей, располагаясь двумя-тремя рядами или группами. По утолщению оболочки различают угловую и пластинчатую колленхиму (рис. 32). У первой стенки утолщены только в уголках, остальная часть их тонкая, что обеспечивает обмен веществ между живыми клетками. У пластинчатой колленхимы утолщены наружные и внутренние стенки, а радиальные остаются тонкими.

СКЛЕРЕНХИМА

Склеренхима в органах растений встречается чаще и имеет большое значение. Она состоит из очень сильно вытянутых прозенхимных клеток с толстыми стенками, маленькими полостями

и щелевидными порами (см. рис. 32, в). Стенки их древеснеют, но в разной степени, и протопласт довольно быстро отмирает, так что механическую роль играют мертвые клетки. Склеренхима встречается почти во всех органах в виде тяжей в паренхимных тканях, в виде сплошного цилиндра по периферии стебля или вокруг проводящих тканей. У однолетних растений и в листьях склеренхима первичная, образованная меристемой, у многолетних растений, например в стволах деревьев, она возникает из камбия и является вторичной тканью.

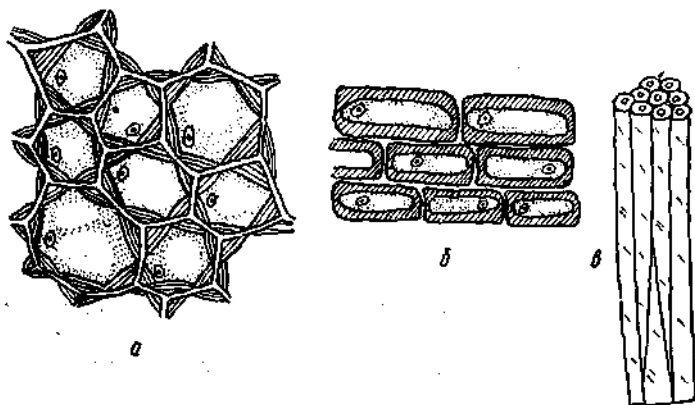


Рис. 32. Схема строения клеток:

а — уголковой колленхимы; б — пластинчатой колленхимы; в — склере-
нхимы (в верхней части видны полости клеток на поперечном раз-
резе)

По местонахождению в стеблях склеренхиму разделяют на волокна: лубяные (в лубе) и древесные (в древесине). Лубяные волокна — очень длинные узкие клетки (у льна до 40 мм, у крапивы до 77 мм), стенки которых настолько утолщены, что полости почти исчезают. Одревесневающие лубяные волокна становятся хрупкими, например у липы. Недревеснеющие волокна льна и конопли идут на приготовление полотна и холста.

Волокна отличаются большой прочностью (выдерживают груз на 1 мм² сечения от 12 до 25 кг, в то время как железо — 13 кг) и гибкостью.

В органах, часто изгибающихся (жилки и черешки листьев, стебли), механическая ткань расположена больше по периферии, а в корнях, сопротивляющихся растяжению, механическая ткань сгруппирована в центре.

КАМЕНИСТЫЕ КЛЕТКИ (СКЛЕРЕИДЫ)

Склереиды — паренхимные клетки неправильной формы, часто с выростами, с очень толстыми одревесневшими стенками и маленькой полостью. Протопласт их быстро отмирает, и меха-

ническую функцию выполняют уже мертвые клетки. Они образуют твердые оболочки плодов (у орехов), семян (у кедра), хорошо заметны в мякоти плодов некоторых сортов груш и айвы в виде твердых комочков.

Каменные клетки бывают первичного и вторичного происхождения.

ПРОВОДЯЩАЯ ТКАНЬ

Проводящая ткань обеспечивает передвижение воды и питательных растворов по растению. Поглощенные корнями из почвы растворы подаются во все органы растения, вода испаряется главным образом листьями, частично в них же используется для фотосинтеза, образующиеся же в листьях углеводы расходятся по всем органам вплоть до растущих кончиков корней. Поэтому у растений существует одновременно два тока раствора: восходящий ток от корней (воды и минеральных растворов) и нисходящий ток от листьев (углеводов). Эти токи у некоторых растений проходят расстояние в 50—60 м (у сосны, пихты).

Для более быстрого продвижения растворов проводящая ткань имеет удлиненную форму клеток, так как частые перегородки задерживают скорость тока, и хорошо проницаемую оболочку в местах прохождения тока (обилие пор, мелких отверстий и даже полное растворение поперечных стенок).

Различают три типа проводящей ткани: сосуды, трахеиды и ситовидные трубки (рис. 33). По сосудам и трахеидам идет восходящий ток; они составляют основную массу древесины (ксилемы). По ситовидным трубкам проходит нисходящий ток; встречаются они только в лубе (флоэме).

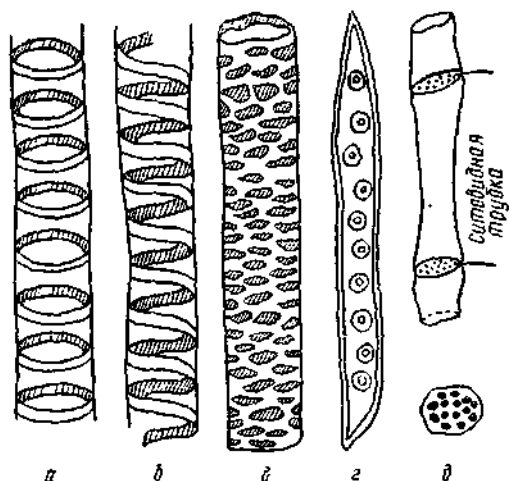


Рис. 33. Проводящие элементы:
а — кольчатый сосуд; б — спиральный сосуд; в — лестничный сосуд; г — трахеида с окаймленными порами (продольный разрез); д — ситовидная трубка и ситечко в плане

СОСУДЫ

Сосуды являются наиболее совершенным типом проводящей ткани. Это — длинные трубочки диаметром около 0,1—0,2 мм, длиной у древесных пород до 10 см, а у дуба даже 2—3 м. Они образуются из ряда живых коротких клеток, поперечные стенки которых довольно быстро растворяются, содержимое отмирает, стенки древеснеют и возникает сосуд, на стенках которого бывают даже заметны остатки растворившихся перегородок.

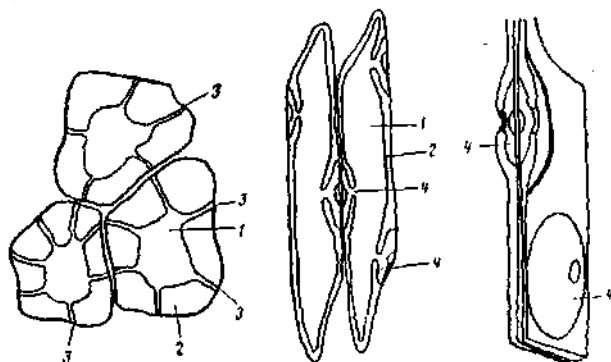


Рис. 34. Типы пор в стенках клетки:

1 — полость клетки; 2 — стенки клетки; 3 — простая пора;
4 — окаймленная пора

Стенки сосудов утолщены, благодаря чему они не сплющиваются под давлением соседних тканей. Неравномерное утолщение их обеспечивает проницаемость боковых стенок. По форме утолщения стенок различают сосуды кольчатые (см. рис. 33), у которых утолщенные участки стенок имеют вид колец (эти сосуды наиболее проницаемые, но менее прочные), спиральные — утолщенные участки имеют вид спиралей, лестничные — на стенках утолщенные участки чередуются с неутолщенными, точечные — стенки утолщены почти сплошь, неутолщенными остаются только поры в виде точек (наименее проницаемые и наиболее прочные).

В клетках проводящих тканей, кроме простых пор, встречаются окаймленные, имеющие более сложное строение (рис. 34). Простые поры в виде прямого цилиндрического канала проходят через вторичную оболочку клетки и упираются в первичную тонкую оболочку. На месте окаймленной поры вторичная оболочка отступает от первичной, образуя навес внутрь клетки в виде свода, в центре которого имеется отверстие, ведущее в клетку. Поэтому в плане окаймленная пора выглядит, как две окружности, из которых большая является основанием выпуклости вторичной оболочки, а меньшая ограничивает отверстие,

ведущее из клетки в пору. На поперечном разрезе видно, что окаймленные поры двух соседних клеток совпадают и совместно образуют на стенке чечевицеобразную выпуклость, полую внутри, перегороденную тонкой межклетной пластинкой. В окаймленной поре сохраняются прочность благодаря утолщенности вторичного слоя оболочки и проницаемость. У хвойных пород на тонкой межклетной пластинке окаймленной поры имеется утолщение — торус. При сильном давлении жидкости эта тонкая пленка изгибается и торус плотно закрывает отверстие окаймленной поры, прекращая боковое движение растворов.

Сосуды, как более совершенные проводящие элементы, появились в процессе эволюции позже трахейд и встречаются только у более высокоорганизованных растений: лиственных древесных пород, кустарников и травянистых растений.

ТРАХЕИДЫ

Трахейды — замкнутые, сильно вытянутые клетки (длиной от 0,5 до 5 мм) с заостренными концами. Стенки их бывают в разной степени утолщены и пропитаны лигнином. После отмирания протопласта трахейды выполняют проводящую функцию. Вклиниваясь заостренными концами между клетками, трахейды образуют плотную ткань, на боковых стенках их имеются многочисленные окаймленные поры, через которые и идет движение растворов значительно медленнее, чем по сосудам. Трахейды более древние и менее совершенные проводящие элементы. У хвойных деревьев сосудов нет, и восходящий ток идет только по трахеидам. У лиственных пород и травянистых растений трахейды встречаются в древесине вместе с сосудами. Продолжительность деятельности этих элементов у отдельных видов разная. С годами соседние живые паренхимные клетки через поры прорастают в их полость, образуя мешковидные выросты (тиллы), и закупоривают их, после чего сосуды и трахейды древесных пород выполняют чисто механическую функцию, придавая прочность стволам.

СИТОВИДНЫЕ ТРУБКИ

Ситовидные (решетчатые) трубки проводят нисходящий ток органических веществ (углеводов) только в лубе. Это живые узкие длинные клетки, до 2 мм длиной, с пористой протоплазмой и большой вакуолью. Стенки их тонкие, недревеснеющие, и живое содержимое предохраняет их от сплющивания соседними клетками. После отмирания ситовидные трубки сплющиваются и становятся бесформенными.

Ситовидные трубки расположены длинными пучками (тяжами) вдоль органов так, что одна как бы является продолжением другой. На поперечных перегородках этих клеток имеются

многочисленные мелкие отверстия, образующие сито (отсюда и произошло название «ситовидные трубки»), через которые органические растворы проникают из клетки в клетку. Такие же сита встречаются и на боковых стенках трубок. На зиму отверстия сит закрываются мозолистым веществом и движение растворов прекращается, весной это вещество растворяется. Через 2—3 года ситовидные трубки остаются закупоренными и весной, отмирают и деятельность их прекращается.

АССИМИЛЯЦИОННАЯ ТКАНЬ

В каждой растительной клетке происходят процессы синтеза при росте протоплазмы, ядра, оболочки, причем используется энергия дыхания. В зеленых клетках, кроме того, происходит особый процесс — фотосинтез (см. стр. 125) — ассимиляция на свету углекислого газа и воды и образование из них глюкозы с выделением кислорода. Ткань, в которой происходят эти процессы, и называется ассимиляционной. Она состоит из живых паренхимных клеток, обязательно содержащих хлоропласты и поэтому окрашенных в зеленый цвет, с тонкими целлюлозными стенками, большой вакуолью и тонким слоем постенной протоплазмы.

Развитие ассимиляционной ткани непосредственно под кожицей листьев и стеблей обеспечивает хорошую освещенность, а рыхлое расположение клеток — поступление углекислого газа по межклетникам (пространство между клетками) к каждой клетке. По близко расположенной проводящей системе поступает к клеткам вода и оттекают углеводы.

Различают три типа ассимиляционной ткани: столбчатую, губчатую и складчатую паренхиму.

Столбчатая (палисадная) паренхима расположена у листьев, растущих на ярком свете, в два-три слоя непосредственно под кожицей, на верхней стороне листа. Слегка вытянутые клетки столбчатой паренхимы лежат перпендикулярно поверхности листа, имеют узкие межклетники и очень богаты хлоропластами, поэтому фотосинтез в ней происходит особенно интенсивно.

Губчатая паренхима расположена в листе под столбчатой тканью, она состоит из округлых клеток с большими межклетниками, хлоропласты в клетках расположены равномерно по всем стенкам и фотосинтез происходит более энергично при рассеянном освещении.

Складчатая паренхима встречается в хвое некоторых хвойных пород, например сосны. Она отличается лопастной формой клеток, стенки их образуют как бы складки, вдающиеся в клетку, что увеличивает их поверхность, а следовательно, улучшает приток газов к хлоропластам.

ВСАСЫВАЮЩАЯ ТКАНЬ (ЭПИБЛЕМА)

Всасывающая ткань (эпиблема) всасывает воду и растворы минеральных и органических веществ. Эпиблема состоит из живых тонкостенных удлинённых клеток (что увеличивает их поверхность) с недревеснеющими оболочками. Эти клетки способны выделять в окружающую среду некоторые кислоты, способствующие растворению минеральных частиц почвы. Эпиблема встречается на всасывающей зоне корней (см. рис. 51, стр. 108), образуется из меристемы и всегда является первичной тканью.

ЗАПАСАЮЩАЯ ТКАНЬ

Запасающая ткань служит для накопления запасов питательных веществ. Состоит из живых тонкостенных паренхимных клеток, богатых обычно лейкопластами. Встречается во всех органах, но особенно сильно развита в запасующих: в клубнях, корневищах, корнеплодах, семенах, плодах. В клетках запасующей паренхимы откладываются различные вещества: крахмал в клубнях картофеля, в семенах злаков, белки в семенах бобовых, тростниковый сахар в корнеплодах свеклы, масла в семенах кедра, подсолнечника.

В запасующей ткани мясистых листьев алоэ и стеблей кактусов накапливается вода.

ВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ ТКАНЬ

В процессе жизнедеятельности в клетках накапливаются некоторые побочные (конечные) продукты, которые растениями не используются или используются частично: некоторые кислоты, соли, эфирные масла, смолы. Эти вещества накапливаются в специальных клетках или просачиваются в межклетники и выделяются из организма.

К выделительной ткани относятся клетки с кристаллами щавелевокислой извести, кремнезёма, железки, выделяющие эфирные масла, железки, выделяющие смолы на липких почках, млечные ходы (млечники многих травянистых растений: одуванчика, чистотела) и смоляные ходы хвойных деревьев. Смоляной ход (рис. 35) состоит из канала — межклетника, окруженного живыми выстилающими клетками — эпителием, в котором образуется живица (канифоль, растворенная в скипидаре). Эпителий, как футляр, окружен слоем мертвых механических клеток, придающих прочность смоляному ходу, а мертвые клетки окружены сопровождающей живой паренхимой. Когда в клетках эпителия накапливается живица, они раздуваются и почти закрывают просвет канала. По мере просачивания живицы в канал клетки опадают, становятся плоскими и начинают вновь накапливать живицу. Вертикальные и горизонтальные смоляные

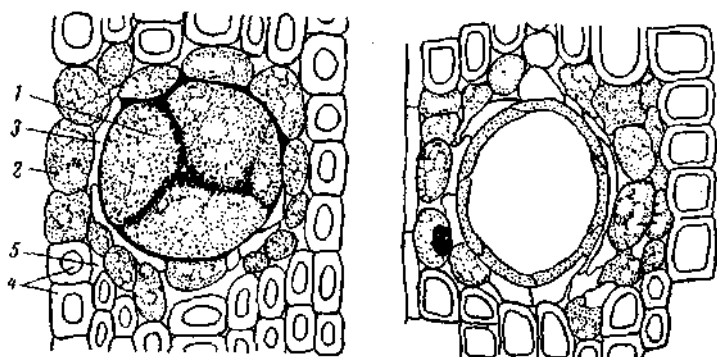


Рис. 35. Поперечный разрез смоляного хода (слева — клетки эпителия заполнены смолой; справа — смоляной ход тотчас после вытекания смолы):

1 — выстилающие клетки эпителия; 2 — сопровождающие клетки; 3 — мертвый слой; 4 — трахеиды; 5 — межклеточки

ходы древесины хвойных пород соединены между собой и при поранении их во время подсочки в нижней части ствола живица начинает собираться со всего дерева. Смоляные ходы встречаются в коре, древесине и хвое хвойных деревьев.

СОСУДИСТО-ВОЛОКНИСТЫЕ ПУЧКИ

В любом органе растений расположение тканей обусловлено выполняемой функцией и средой, в которой он развивается. Порядок расположения тканей (анатомическое строение органа) характерен не только для определенного органа, но и для отдельных групп растений, например строение стебля однодольных, двудольных, хвойных, лиственных. Для стеблей особенно характерно расположение проводящих тканей.

В органах, имеющих первичное строение (все однолетние органы), проводящие ткани собраны в длинные тяжи — проводящие пучки. Часто к проводящим тканям примыкают механические, придавая им большую прочность; такие пучки называются сосудисто-волокнистыми.

Сосуды и трахеиды группируются всегда вместе в древесине пучка и являются ее основными элементами, а ситовидные трубки всегда расположены в лубе пучка, являясь основным элементом луба. На поперечном срезе пучка под микроскопом луб и древесина хорошо различимы. По взаимному расположению луба и древесины различают четыре типа пучков (рис. 36):

бокобочный (коллатеральный) — луб в пучке расположен ближе к периферии, а древесина ближе к центру стебля и они прикасаются друг к другу одной стороной (пучки в стеблях злаков);

двубокобочный (биколлатеральный) — в пучке имеются один тяж древесины и два тяжа луба, расположенных с наружной и внутренней сторон древесины (в стеблях тыквы);

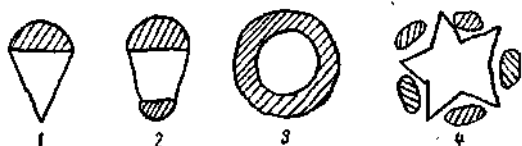


Рис. 36. Типы пучков (заштрихованные участки — луб, чистые — древесина):

1 — бокобочный; 2 — двубокобочный; 3 — концентрический; 4 — радиальный

концентрический — в пучке тяж древесины окружен кольцом луба (корневище папоротника) или луб окружен кольцом древесины (корневище ландыша);

радиальный — в центре пучка расположена древесина, имеющая на поперечном сечении звездообразную форму, а между лучами древесины находятся небольшие тяжи луба (корень ириса).

Различают также открытые и закрытые пучки (рис. 37 и 38). У открытого пучка между древесиной и лубом находится полоска образовательной ткани (камбия), в результате деления клеток которой образуются новые элементы древесины и луба и пучок утолщается, а следовательно, утолщается со временем и стебель (пучки в стебле тыквы). Закрытым называется пучок, в котором нет образовательной ткани, поэтому утолщаться он не может (пучки стеблей злаков).

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ

Стебель связывает между собой два органа, обеспечивающих питание растений: листья и корни, поэтому его основная функция проводящая. Одновременно он является органом опоры, а у многих растений и запасным органом. Эти функции и обуславливают строение стебля преимущественно из проводящих, механических, запасных и образовательных тканей. От неблагоприятных внешних воздействий стебли предохраняются покровными тканями. В зависимости от происхождения тканей различают первичное и вторичное строение стеблей.

Если все ткани стебля образовались от деления клеток меристемы точки роста, строение его является первичным, например у стеблей однолетних растений. Для них характерно наличие сосудисто-волокнистых пучков, поэтому первичное строение также называют пучковым.

При вторичном строении стебля пучки сливаются. Между древесиной и лубом образуется прослойка вторичной образова-

тельной ткани — камбия, в результате деления которого ежегодно образуются новые элементы древесины и луба. Древесина находится внутри кольца камбия и занимает большую часть стебля, луб образует сплошное кольцо снаружи камбия. Ежегодное утолщение стебля происходит за счет камбия, поэтому

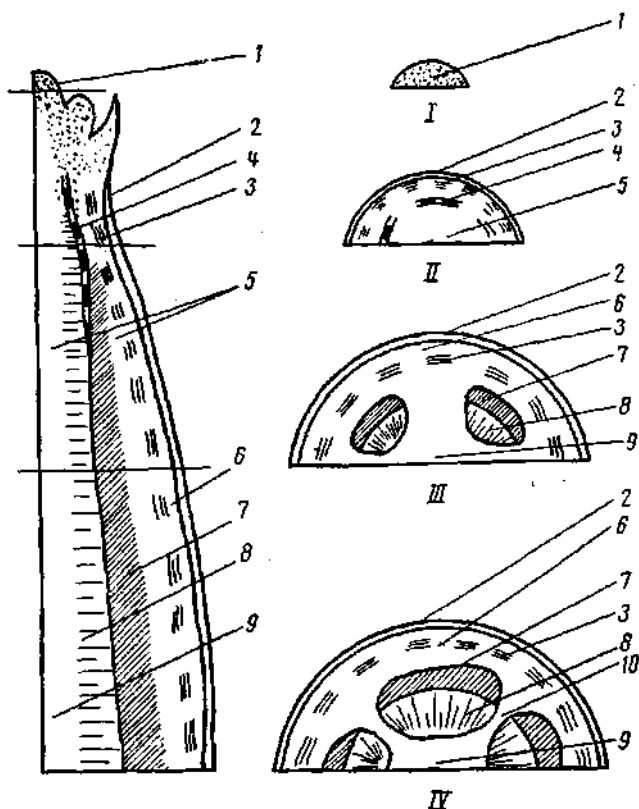


Рис. 37. Схема образования закрытого пучка:

1 — меристема; 2 — эпидермис; 3 — механическая ткань; 4 — прокамбий; 5 — паренхима; 6 — хлорофиллоносная паренхима; 7 — луб; 8 — древесина; 9 — сердцевина; 10 — сердцевинный луч

вторичное строение называется также беспучковым; оно характерно для стеблей многолетних древесных растений.

Рост любого стебля в длину происходит благодаря делению меристемы, поэтому самая молодая часть его находится на вершине, а самая старая у основания. Делая последовательные поперечные (перпендикулярно оси) срезы по длине стебля, можно проследить процесс образования пучкового строения стебля наглядно виден на схеме (рис. 37). Срез I проходит через точку роста и состоит

только из однородных крупных клеток меристемы. Несколько ниже клетки начинают дифференцироваться (срез II). Наружный слой клеток видоизменяется в кожу (эпидермис). Основная масса клеток остается паренхимной, но теряет способность к делению. Часть их ближе к коже начинает видоизменяться

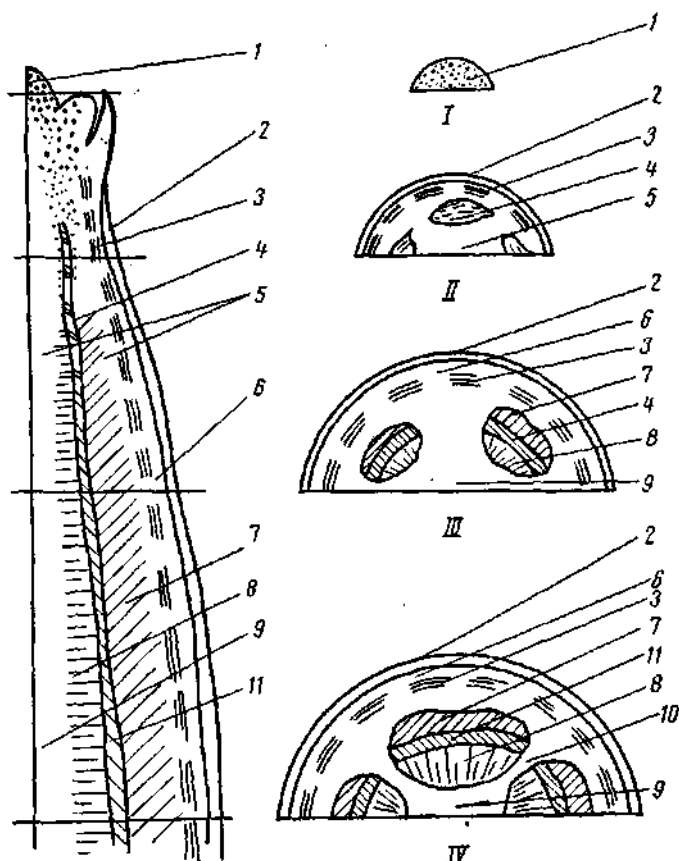


Рис. 38. Схема образования открытого пучка:

1 — меристема; 2 — эпидермис; 3 — механическая ткань; 4 — прокамбий; 5 — паренхимия; 6 — хлорофиллоносная паренхимия; 7 — луб; 8 — древесина; 9 — сердцевина; 10 — сердцевинный луч; 11 — камбий

в механические ткани, а ближе к центру группы клеток меристемы становятся узкими, удлиняются и продолжают делиться. Так возникают тяжи прокамбия. На срезе III, еще более отдаленном от точки роста, видны первичный луб и первичная древесина, возникшие в результате деления прокамбия, т. е. видно образование пучка. Если весь прокамбий расходится на

образование луба и древесины, то пучок будет закрытым и рост стебля в ширину на этом заканчивается (срез IV).

У некоторых видов при формировании пучка прокамбий видоизменяется еще сильнее (клетки его больше удлинняются, сильнее заостряются, сохраняют способность делиться) и превращается в камбий, тогда возникают открытые пучки (рис. 38) с прослойкой камбия между лубом и древесиной, способные к частичному утолщению (срез IV).

Вполне сформировавшийся стебель имеет следующее первичное строение: снаружи он покрыт кожицей, под которой находится несколько слоев хлорофиллоносной паренхимы, придающей стеблю зеленую окраску. За ней расположена механическая ткань (колленхима или склеренхима), обеспечивающая прочность стебля. Механическая ткань образует или сплошное кольцо, или тяжи, заметные на стеблях в виде ребер.

Внутри от механической ткани находится паренхима, клетки которой богаты крахмалом (запасающая ткань). По паренхиме проходят сосудисто-волокнистые пучки от корней к вершинам, дающие ответвления в жилки листьев. Центр стебля заполнен паренхимой или занят воздушной полостью (у злаков). По строению и расположению пучков стебли однодольных и двудольных растений резко различаются.

ПЕРВИЧНОЕ (ПУЧКОВОЕ) СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ

ПЕРВИЧНОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ОДНОДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Характер первичного (пучкового) строения стебля однодольных растений можно проследить на стебле кукурузы, на поперечном срезе которого под микроскопом хорошо видны все ткани (рис. 39).

Поверхность стебля кукурузы сплошь покрыта первичной покровной тканью — кожицей (эпидермисом) с немногочисленными устьицами. Под кожицей находятся один-два слоя хлорофиллоносной паренхимы, состоящей из небольших живых клеток, богатых хлоропластами, придающими стеблю зеленую окраску. Затем сплошным кольцом расположена механическая ткань — склеренхима. Это мертвые толстостенные клетки, плотно соединенные между собой. На поперечном срезе они округлые, сравнительно мелкие, с узкими полостями, на продольном сильно вытянутые, веретенообразные, заостренные концы их вклиниваются между соседними клетками. Местами склеренхимное кольцо подходит к самой кожице. Внутри механического кольца находится паренхима, живые округлые тонкостенные клетки которой богаты крахмальными зернами. Это запасающая ткань.

К центру стебля клетки более крупные и более рыхло соединены между собой. По паренхиме тяжами проходят сосудисто-волокнистые пучки, выделяющиеся на срезе своими крупными сосудами. Большую часть пучка занимает древесина, всегда расположенная во внутренней стороне его, в ней резко выделяются два очень крупных точечных сосуда (на рис. 39 — в виде двух толстостенных крупных колец), между ними меньший по диаметру спиральный сосуд, под ним кольчатый. На поперечном срезе они различаются только по диаметрам и местоположению, на продольном — по характеру утолщения стенок. Кольчатый сосуд (в пучке кукурузы) обычно окружен с трех сторон воздушной полостью — большим межклетником, границы которого образуют мелкие толстостенные клетки склеренхимы. Между сосудами имеются немногочисленные мелкие клетки древесной паренхимы.

Кнаружи от древесины в пучке находится относительно небольшой участок луба. Он состоит из ситовидных трубок, на поперечном срезе образующих сеточку из тонкостенных мелких клеток, среди которых расположены, как бы зажаты ими, очень мелкие клетки-спутницы.

В ситовидных трубках местами на срезе видны пластинки с многочисленными мелкими отверстиями — в тех случаях, когда срез прошел непосредственно над поперечной стенкой клетки с ситечком. Весь пучок окружен, как футляром, кольцом из плотно соединенных нескольких рядов склеренхимы, что придает ему большую прочность.

Центральная часть стебля кукурузы заполнена крупными клетками паренхимы. У большей части злаков в середине стебля (соломины) место паренхимы занимает воздушная полость.

Для стеблей однодольных растений характерны закрытые пучки без камбия, наличие у пучков механического влагаалища, беспорядочное расположение пучков. Такое расположение пучков объясняется тем, что вдоль стебля они проходят не параллельно поверхности, а изгибаясь, местами отдаляясь; в узлах часть из них переходит в жилки листа.

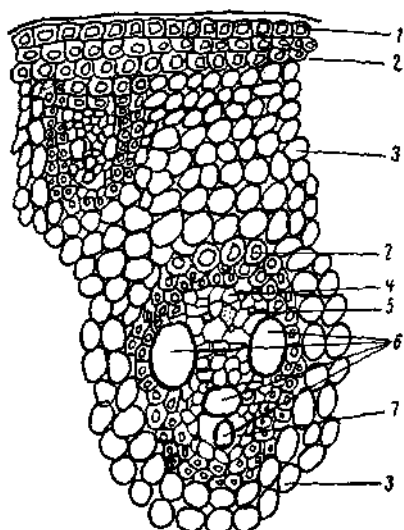


Рис. 39. Строение стебля кукурузы (поперечный срез):

1 — кожа; 2 — склеренхима; 3 — паренхима; 4 и 5 — луб (4 — ситовидные трубки; 5 — клетки-спутницы); 6 — древесина (сосуды); 7 — воздушная полость

ПЕРВИЧНОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Первичное (пучковое) строение стеблей двудольных растений четко видно на стеблях тыквы (рис. 40). Снаружи стебель также покрыт первичной покровной тканью — кожей с редкими волосками. Под кожей находятся участки механической

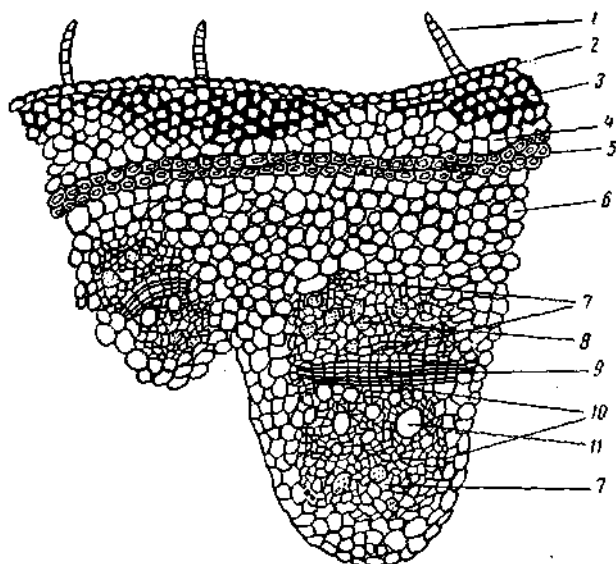


Рис. 40. Строение стебля тыквы (поперечный срез):

1 — волосок; 2 — кожа; 3 — колленхима; 4 — паренхима; 5 — склеренхима; 6 — основная паренхима; 7 — луб; 8 — ситчатки ситовидных трубок; 9 — камбий; 10 — древесина; 11 — крупные сосуды

ткани — уголковой колленхимы, живые клетки которой заполнены протоплазмой и имеют неодревесневшие стенки, утолщенные только в углах (на поперечном срезе в виде четырех-пятиугольников). За колленхимой находится хлорофиллоносная паренхима с живыми не очень крупными округлыми клетками. Между участками колленхимы паренхима прикасается к коже.

С внутренней стороны паренхима ограничивается кольцом механической ткани — склеренхимы, плотно соединенные между собой мертвые толстостенные клетки которой увеличивают прочность стебля. Внутри кольца склеренхимы находится паренхима — запасаящая ткань, живые, крупные, округлые клетки которой богаты зернами крахмала. По паренхиме проходят равномерно расположенные по двум кругам крупные сосудисто-волокнистые пучки, не окруженные механической тканью.

В пучке, ближе к периферии стебля, находится луб, состоящий из ситовидных трубок и мелких сопровождающих клеток (спутниц). Внутреннюю часть пучка занимает древесина, но она не соприкасается с лубом, так как между ними находится прослойка камбия, состоящая из плоских живых клеток с тонкими стенками, расположенных рядами. Благодаря деятельности камбия пучок может частично утолщаться. В древесине выделяются на срезе в виде колец крупные и мелкие сосуды, трахеиды и мелкие клетки древесной паренхимы. С внутренней стороны к древесине примыкает второй небольшой участок луба (ситовидные трубки и клетки-спутницы). Поэтому у тыквы пучки и открытые и двубокобочные. Центр стебля тыквы занят воздушной полостью.

Для первичного строения стебля двудольных растений характерны открытые пучки и равномерное расположение их по одному-двум кругам. У них сосудисто-волокнистые пучки проходят вдоль стебля параллельно поверхности, не приближаясь и не удаляясь от нее, только в узлах образуются ответвления, и поэтому на поперечном срезе они располагаются равномерно по окружности. В этих стеблях хорошо различимы три части: 1) кора — снаружи от пучков, 2) сердцевина — внутри от пучков, 3) участок с пучками, между которыми паренхима образует первичные сердцевинные лучи.

ВТОРИЧНОЕ (БЕСПУЧКОВОЕ) СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ

У древесных растений благодаря ежегодному приросту побегов увеличивается число листьев в кроне, количество испаряемой ими воды и количество продуцируемых ими органических веществ. У них происходит также постоянное увеличение проводящих тканей благодаря ежегодному утолщению стеблей в результате деятельности камбия. Поэтому у стебля с вторичным строением обязательно имеется кольцо камбия, образующего луб и древесину. Молодые стебли древесных растений сравнительно редко имеют пучковое строение: хвойные породы и некоторые лиственные (тополь, липа).

Переход от первичного, пучкового, строения стебля ко вторичному, беспучковому, наглядно можно показать на схеме (рис. 41).

На срезе I, сделанном через молодой стебель с первичным строением, видны расположенные по кругу пучки с камбием, между ними сердцевинные лучи и в центре сердцевина. Затем между прослойками пучкового камбия в сердцевинных лучах полосы клеток паренхимы начинают изменять форму, становятся плоскими, удлиняются, начинают делиться, и образуются полосы межпучкового камбия (срез II). Постепенно участки межпучкового и пучкового камбия сливаются, и образуется

сплошное кольцо камбия (срез III). Со временем он начинает откладывать кольца вторичной древесины, и первичная древесина отодвигается ею к центру, а кнаружи откладывается вторичный луб, который отодвигает участки первичного луба к периферии (срез IV). В это же время кожа сменяется перидермой и стебель приобретает вторичное строение.

У большей части лиственных пород этот процесс проходит проще, так как в молодых стеблях закладываются не тяжи, а сплошное кольцо прокамбия, откладывающего первичные луб

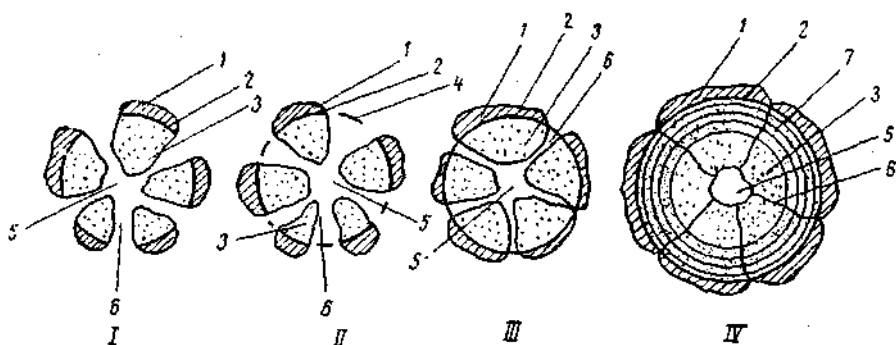


Рис. 41. Схема перехода первичного строения стебля во вторичное на четырех срезах:

1 — луб; 2 — камбий; 3 — первичная древесина; 4 — межпучковый камбий; 5 — сердцевина; 6 — сердцевинные лучи; 7 — вторичная древесина

и древесину. Со временем прокамбий переходит в камбий, образующий ежегодно вторичные древесину и луб.

СТРОЕНИЕ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАМБИЯ

Камбий — живая вторичная образовательная ткань, клетки которой у древесных растений делятся весной и летом десятки, а иногда и сотни лет. Клетки его плоские, длина их в десятки раз больше ширины. Концы клеток односкатно (рис. 42) или двускатно заострены. На поперечном срезе они имеют форму плоского прямоугольника с короткими радиальными стенками, на радиальном срезе — форму удлиненного прямоугольника с узкими поперечными стенками, на тангенциальном — это широкие длинные клетки с заостренными концами. Среди типичных удлиненных клеток местами встречаются группы расположенных цепочкой мелких паренхимных клеток. Они образуются в ре-

¹ В анатомии различают два продольных среза: радиальный — по радиусу и тангенциальный — перпендикулярный радиусу.

результате деления длинных клеток камбия несколькими поперечными перегородками.

Клетки камбия имеют протоплазму, удлиненное ядро и тонкие целлюлозные стенки. У каждого дерева между лубом и древесиной имеется слой камбия, идущий от основания ствола до самой вершины.

Весной с началом сокодвижения и распускания почек камбий начинает делиться, при этом каждая клетка делится тангенциальной продольной перегородкой на две (рис. 43). Одна из них, внутренняя, начинает быстро расти в радиальном направлении и становится одним из элементов древесины, другая, наружная, остается клеткой камбия, дорастает до прежних размеров, вновь делится тангенциальной перегородкой и откладывает новую клетку древесины. После нового деления наружная новая клетка начинает превращаться в луб, а внутренняя (одна из двух клеток) остается клеткой камбия, делится вновь и вновь откладывает древесину.

В результате такой деятельности камбия ежегодно образуются элементы древесины и луба, причем их наиболее молодые клетки находятся у камбия, старые клетки луба — у периферии, старые клетки древесины — ближе к центру стебля.

У деревьев весной клетки камбия начинают раньше делиться на молодых побегах, затем в средней части кроны и позже у основания ствола; сперва начинают образовываться клетки древесины, несколько позже — луба, летом образуются и луб и древесина, а осенью вначале прекращается образование древесины, позже — луба.

Клеток древесины откладывается в несколько раз больше, чем клеток луба, поэтому большая часть ствола состоит из древесины. По мере накопления древесины стебель утолщается и кольцо камбия становится тесным. Расширение кольца камбия, увеличение числа клеток в нем, происходит двумя способами: у лиственных пород клетки камбия делятся продольной радиальной перегородкой, и число клеток увеличивается, у хвойных камбий делится косой перегородкой, заостренные концы молодых клеток удлиняются и вклиниваются между клетками, в результате этого, так называемого скользящего, роста (рис. 44) число клеток в кольце также увеличивается. Новые, образовавшиеся из камбия клетки формируются постепенно, поэтому летом образуется слой из молодых плоских клеток, из которых часть становится лубом, часть древесиной и только один слой

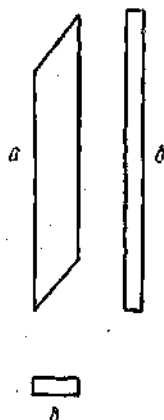


Рис. 42. Форма клеток камбия на тангенциальном (а), радиальном (б) и поперечном (в) срезах

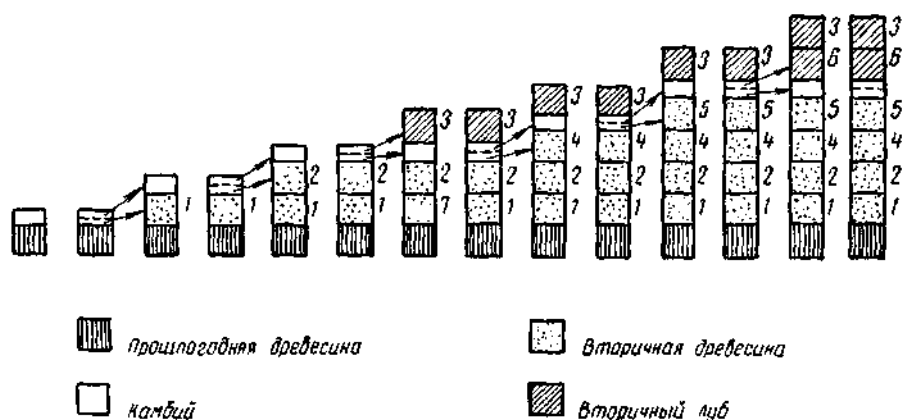


Рис. 43. Схема деления клетки камбия (на поперечном срезе). Цифрами обозначена последовательность образования клеток из камбия

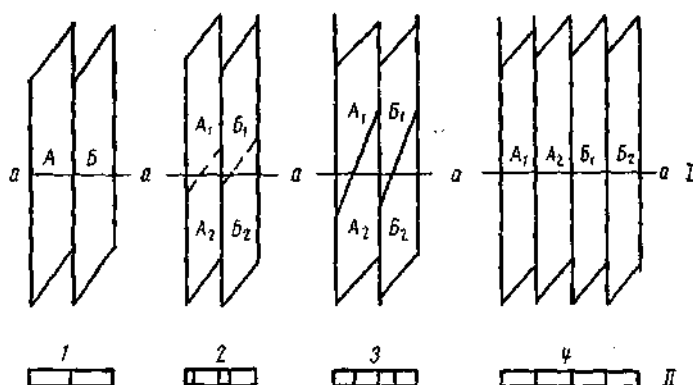


Рис. 44. Скользящий рост клеток камбия на тангенциальном I и поперечном II, по линии $a-a$, срезах:

1 — исходные клетки A, B ; 2 — появление косых перегородок; 3 — скользящий рост молодых клеток; 4 — сформировавшиеся новые клетки A_1, A_2, B_1, B_2

клеток остается камбием; лучше всего он различается на срезах побегов в период зимнего покоя.

Тангенциальное деление цепочек паренхимных клеток камбия приводит к образованию паренхимных клеток сердцевинных лучей, проходящих в виде радиальных полосок по древесине и лубу.

На стебле вторичного строения даже невооруженным глазом хорошо различаются следующие части его (рис. 45). В центре ствола находится сердцевина, ее окружает древесина, разделенная на годичные кольца темными полосками. С периферии древесины ограничена кольцом камбия. Все ткани снаружи от камбия называются корой, в которой различают вторичную кору, или луб, прилегающий непосредственно к камбию, и первичную кору — ткани, лежащие снаружки от луба. По древесине и лубу радиально проходят полоски сердцевинных лучей. По составу древесины и луба стебли вторичного строения хвойных и лиственных пород сильно различаются.

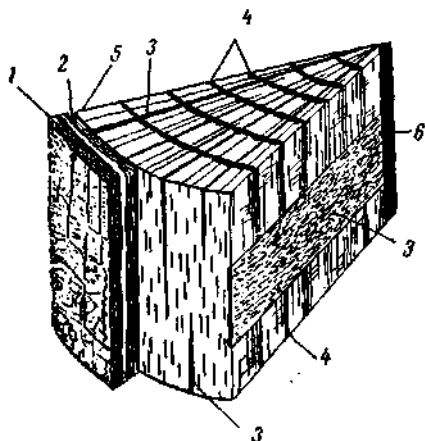


Рис. 45. Схема трех разрезов на одном отрезке ствола. Часть коры удалена и обнаружена тангенциальная поверхность древесины (сверху — поперечная, сбоку — радиальная):

1 — корка; 2 — луб; 3 — широкий сердцевинный луч; 4 — годовое кольцо древесины; 5 — камбий; 6 — сердцевина

ВТОРИЧНОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ХВОЙНЫХ

Для примера разберем вторичное строение стебля сосны. Молодой стебель ее покрыт перидермой, состоящей из многослойной пробки, однослойного пробкового камбия и двух-трех слоев пробковой паренхимы. На перидерме находятся чечевички. С годами она сменяется более толстой, разнородной по составу многослойной коркой. Под покровной тканью находится коровая паренхима, состоящая из живых крупных рыхло расположенных округлых клеток (запасающая ткань). Среди них выделяются крупные вертикальные смоляные ходы, канал которых (на поперечном срезе виден как овальное отверстие) выстлан живыми клетками эпителия. Изнутри к коровой паренхиме примыкает луб, т. е. кончается первичная и начинается вторичная кора.

Луб сосны состоит из ситовидных трубок, лубяной паренхимы и сердцевинных лучей. По ситовидным трубкам идет

нисходящий ток органических веществ. Это узкие вытянутые живые клетки с многочисленными мелкими отверстиями на поперечных стенках (ситечками). На поперечном срезе (рис. 46) они имеют вид мелких овальных клеток, расположенных радиальными рядами, которые с возрастом перекашиваются, сплющиваются. Среди них вкраплены отдельные клетки лубяной паренхимы (на срезе они выделяются благодаря темному содержанию). Это запасаящая ткань, живые клетки которой заполнены крахмальными зернами. В радиальном направлении по лубу проходят сердцевинные лучи, состоящие из цепочек паренхимных живых клеток, также богатых питательными веществами. Они выполняют запасующую и проводящую функции, обеспечивая передвижение веществ и газов в горизонтальном направлении. Более старые сердцевинные лучи пересекают весь луб, более молодые начинаются среди луба, но все лучи обязательно доходят до камбия, так как образуются делением его клеток, как и весь вторичный луб. Механических элементов и смоляных ходов в лубе сосны нет. Все элементы луба функционируют только, пока клетки живые. Через 2—3 года ситовидные трубки закупориваются, отмирают и участок луба прекращает свою деятельность. На смену им приходят новые участки, образованные камбием. Камбий образует границу между лубом и древесиной по всему стволу и боковым побегам. Его строение и деятельность описаны выше.

Древесина сосны состоит из трахеид (на 90—95% по объему), смоляных ходов и сердцевинных лучей, сосуды, как мы уже говорили, у хвойных отсутствуют. Трахеиды сильно вытянуты, с заостренными концами. На их радиальных стенках находятся многочисленные окаймленные поры, обеспечивающие движение восходящего тока из клетки в клетку.

В течение вегетационного периода образуются трахеиды, различающиеся по строению и по функции. Весной и летом формируются трахеиды с тонкими стенками, широкими полостями и многочисленными порами (рис. 47), хорошо обеспечивающие подачу воды молодой, сильно испаряющей хвое. К концу лета интенсивность испарения уменьшается и форма трахеид постепенно меняется. Они становятся толстостенными, с узкой полостью и щелевидными порами (на поперечном срезе — плоские прямоугольники). Их функция механическая и частично запасаящая. Зимой деление камбия прекращается и на срезах стеблей в период покоя камбий всегда примыкает к толстостенным поздним трахеидам. Весной вновь откладываются тонкостенные трахеиды с большими полостями. В результате в радиальном ряду трахеид, образованных одной клеткой камбия (у хвойных эти ряды хорошо заметны), резко выделяется граница между осенними и весенними трахеидами, т. е. то место, где зимой находился камбий, отодвинутый затем за лето к коре.

новыми клетками древесины. В результате такой деятельности камбия в древесине ежегодные приросты хорошо различимы и заметны на поперечных срезах в виде годичных колец. Подсчитав их, можно определить возраст любого побега, а у основания ствола — возраст всего дерева.

В радиальном направлении по древесине проходят полосы паренхимных клеток сердцевинных лучей, образуемых мелкими паренхимными клетками камбия. Большая часть их начинается

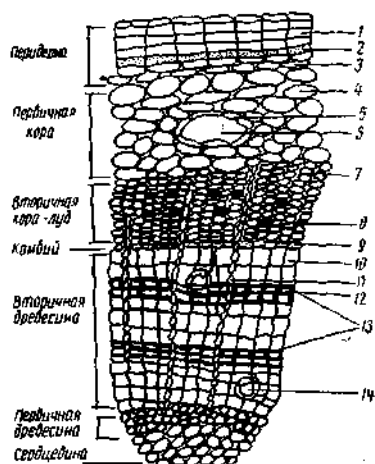


Рис. 46. Схема строения трехлетнего стебля сосны (поперечный срез):

1 — пробка; 2 — пробковый камбий; 3 — пробковая паренхима; 4 — коровая паренхима; 5 — эпителий; 6 — смоляной ход; 7 — ситовидные трубки; 8 — лубяная паренхима; 9 — камбий; 10 — ранняя древесина; 11 — первичный сердцевинный луч; 12 — поздняя древесина; 13 — годичное кольцо; 14 — вертикальный смоляной ход

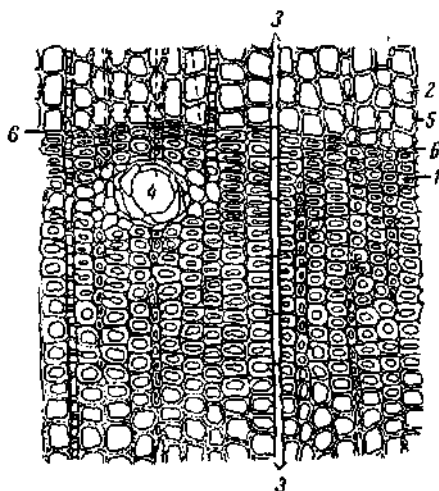


Рис. 47. Древесина сосны (поперечный срез):

1 — поздние трахенды; 2 — ранние трахенды; 3 — сердцевинный луч; 4 — вертикальный смоляной ход; 5 — окаймленная пора (в разрезе); 6 — граница годичного слоя

в различных годичных кольцах древесины и называется вторичными, часть их начинается в первичной древесине и относится к первичным сердцевинным лучам. Как и в лубе, они являются запасными тканями и частично проводящими, обеспечивая продвижение растворов и газов в горизонтальном направлении. По вторичной древесине проходят смоляные ходы: горизонтальные — между клетками сердцевинных лучей, вертикальные сосредоточены в ранней древесине годичных колец. На поперечном срезе (см. рис. 46 и 47) хорошо видны их округлые каналы, окруженные живыми клетками эпителия. Соединяясь между собой, вертикальные и горизонтальные каналы образуют

в древесине сложную сеть. Самая старая вторичная древесина граничит с первичной древесиной, окружающей узким кольцом сердцевину и состоящей из мелких, плотно соединенных толсто-стенных клеток. Крупные тонкостенные мертвые паренхимные клетки сердцевины заполнены воздухом.

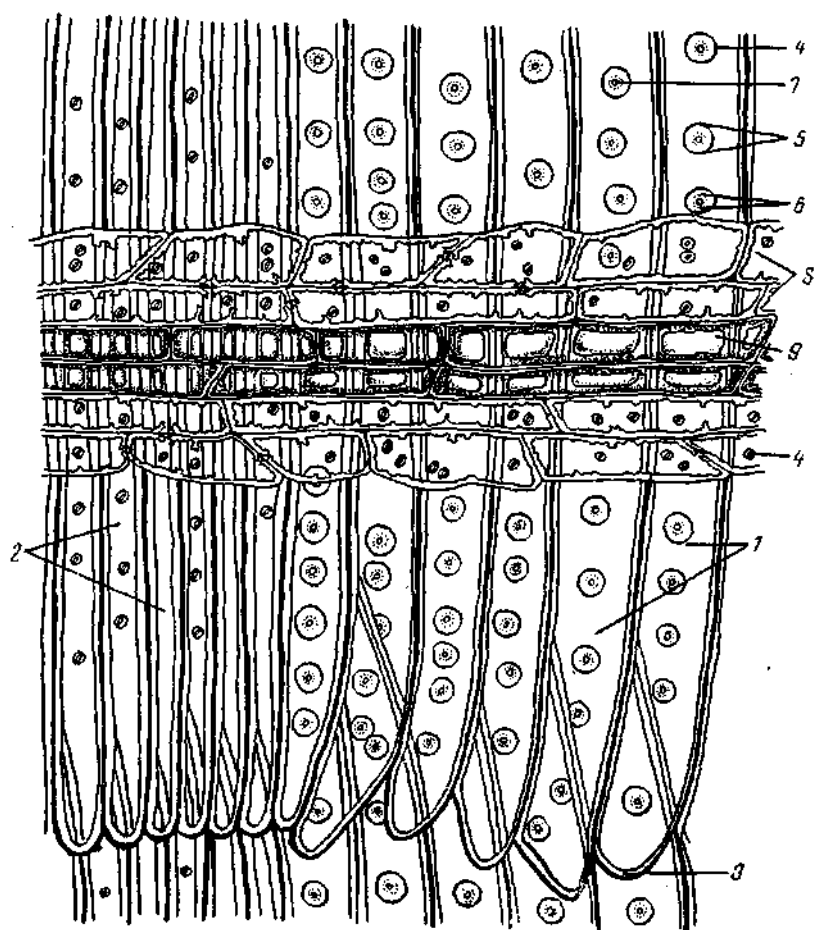


Рис. 48. Древесина сосны (радиальный срез):

1 — ранние трахеиды; 2 — поздние трахеиды; 3 — концы трахеиды; 4 — окаймленные поры; 5 и 6 — окаймленные поры; 7 — канал поры; 8 — лучевые трахеиды; 9 — паренхимные клетки сердцевинного луча

На радиальных и тангенциальных срезах древесина сосны выглядит по-разному (рис. 48 и 49). На радиальном срезе хорошо заметны годовичные кольца, так как в поле зрения попадают и ранние трахеиды с широкими полостями и многочисленными

окаймленными порами на радиальных стенках (в виде двух окружностей, находящихся одна в другой) и поздние толстостенные трахенды с узкими полостями и щелевидными порами, образующие позднюю древесину. Поперек трахенд проходят сердцевинные лучи в виде полосок из нескольких рядов паренхимных

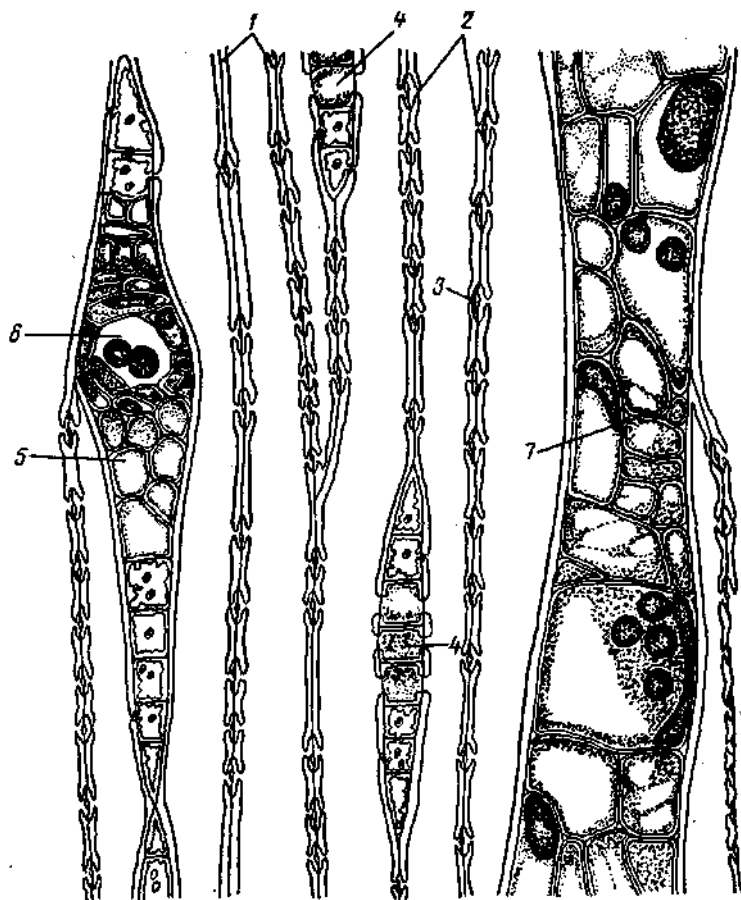


Рис. 49. Древесина сосны (тангенциальный срез):

1 — стенки трахенды; 2 — окаймленная пора; 3 — торус; 4 — однорядный сердцевинный луч; 5 — многорядный сердцевинный луч с горизонтальным смоляным каналом; 6, 7 — разрез вертикального смоляного канала

клеток. У сосны верхний и нижний ряды этих клеток отличаются неровной внутренней поверхностью стенок, по ним проходит ток воды. Внутренние ряды состоят из живых клеток с гладкими стенками, в них часто накапливаются зерна крахмала и по ним идет ток органических веществ. Первичные сердцевинные

лучи обычно начинаются вблизи чечевичек, и по их межклетникам поступает воздух во внутренние ткани стебля.

На тангенциальном срезе (см. рис. 49) радиальные стенки трахеид рассечены и на них видны ряды окаймленных пор в виде утолщений, выступающих в двух смежных трахеидах. При сильном увеличении видно, что это утолщение внутри пустое и перегороджено пленкой из стенок трахеид. Если срез прошел через отверстие пор, то видны выступы вторичной оболочки в виде двух развилин. Сердцевинные лучи, перерезанные поперек, на тангенциальном срезе имеют вид полосок из одного (узкие лучи) или нескольких (широкие лучи) вертикальных рядов паренхимных клеток. В широких сердцевинных лучах часто хорошо видны каналы горизонтальных смоляных ходов, иногда заполненные живицей. Вертикальные смоляные ходы на обоих продольных срезах имеют вид длинных каналов, выстланных паренхимными живыми клетками эпителия. Как на радиальном, так и на тангенциальном срезах хорошо видно, что сердцевинные лучи невысокие, в вертикальном направлении они у сосны имеют не больше 12 рядов клеток.

ВТОРИЧНОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ЛИСТВЕННЫХ

Рассмотрим для примера вторичное строение стебля липы.

Покровной тканью на молодых стеблях липы (рис. 50) служит перидерма (пробка, пробковый камбий и пробковая паренхима), с годами заменяющаяся коркой. Под перидермой находится несколько рядов живой механической ткани — пластинчатой колленхимы, за ней довольно широкий слой коровой паренхимы из живых крупных клеток с тонкими целлюлозными оболочками. В этих клетках часто встречаются друзы щавелевокислого кальция.

На этом кончается первичная и начинается вторичная кора, луб, который примыкает к внутренней части коровой паренхимы. Луб имеет сравнительно сложное строение и состоит из проводящей, запасающей и механической тканей.

Для липы характерно наличие узких и широких сердцевинных лучей, пронизывающих луб на поперечном срезе в виде треугольников, упирающихся вершиной в камбий, а основанием в коровую паренхиму. Между ними находятся группы механических клеток лубяных волокон. Это — мертвые вытянутые клетки склеренхимы, на поперечном срезе имеющие округлую форму и собранные в очень плотные группы с толстыми стенками и очень узкими полостями в виде точек. Они образуют плотные тяжи, тянущиеся вдоль всего стебля параллельно его поверхности и придающие прочность лубу.

Между участками лубяных волокон находится проводящая ткань — ситовидные трубки. Это — живые вытянутые клетки

с тонкими недревеснеющими стенками, имеющие на поперечном срезе неправильную, слегка сплюснутую форму. Ситовидные трубки расположены группами, как и лубяные волокна, но менее многочисленны, они также образуют тяжи вдоль стебля.

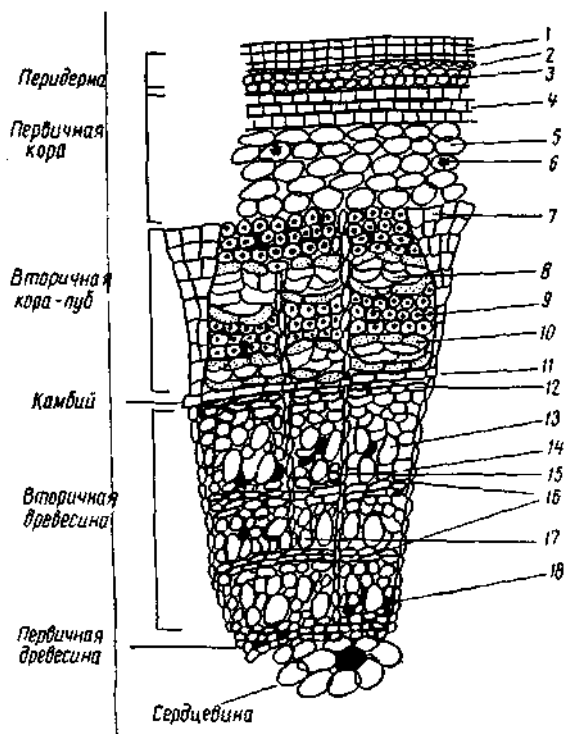


Рис. 50. Строение трехлетнего стебля липы (поперечный срез):

1 — пробка; 2 — пробковый камбий; 3 — пробковая паренхима; 4 — пластинчатая колленхима; 5 — коровая паренхима; 6 — друзы; 7 — широкий сердцевинный луч; 8 — ситовидные трубки; 9 — лубяные волокна; 10 — лубяная паренхима; 11 — камбий; 12 — поздняя древесина; 13 — крупные сосуды; 14 — ранняя древесина; 15 — первичный сердцевинный луч; 16 — годичное кольцо; 17 — вторичный сердцевинный луч; 18 — древесная паренхима

Находящиеся одна над другой клетки в этих тяжах соприкасаются поперечными стенками, через ситечки которых и проходит ток органических веществ. Через 2—3 года эти ситечки закрываются мозолистым веществом, клетки отмирают и перестают функционировать.

Между группами ситовидных трубок и лубяных волокон имеются вытянутые в тангенциальном направлении полоски из лубяной паренхимы, содержащие крахмал. Живые тонкостенные

клетки ее образуют небольшие вертикальные ряды (на поперечном срезе из них видна только одна клетка), крайние клетки которых заострены, так как эти ряды образуются из длинных заостренных клеток, делящихся, как и древесная паренхима, поперек несколькими перегородками.

Сердцевинные лучи в лубе состоят из живых тонкостенных недревеснеющих однородных клеток. Как и у сосны, они делятся на первичные и вторичные и выполняют запасную и проводящую функции.

На границе луба и древесины лежит камбий. Внутри кольца камбия находится вторичная древесина, состоящая из проводящих, механических и запасных тканей и имеющая более сложное строение, чем у сосны.

Проводящими элементами древесины у липы, как и у всех лиственных деревьев, являются сосуды и трахеиды. Наличие сосудов примерно в 5 раз увеличивает водопроводимость древесины лиственных из-за меньшего числа перегородок на пути тока. Сосуды встречаются разных диаметров (крупные, до 0,3 мм в диаметре и мелкие) и с разным утолщением стенок: кольчатые, спиральные, лестничные, точечные. У липы, дуба, ясеня крупные сосуды расположены в ранней древесине, на поперечном срезе они образуют полосу из крупных колец, поэтому их древесину называют кольцесосудистой или кольцепоровой. У березы, осины, ольхи, ивы очень крупных сосудов нет, и сосуды распределены более равномерно по всей ширине годичного кольца, поэтому их древесину называют рассеяннососудистой или рассеянопоровой и годичные кольца в ней менее различимы.

Механическую функцию в древесине липы и всех лиственных деревьев выполняют клетки склеренхимы — либриформ. Это мертвые длиной 1—1,5 мм клетки с толстыми стенками и щелевидными порами, по строению сходные с лубяными волокнами. Стенки их сильно древеснеют, и наличие большего или меньшего количества их в древесине определяет ее твердость и плотность. У липы древесина мягкая, либриформа в ней относительно немного и стенки клеток тонкие, твердая древесина дуба богата толстостенным либриформом. Клетки либриформа сосредоточиваются обычно в поздней части годичного кольца, на поперечном сечении они почти неотличимы от трахеид и узких сосудов, так как все имеют вид небольших толстостенных колец.

Запасной тканью у лиственных служит древесная паренхима, сходная по строению с лубяной паренхимой, но находящаяся обычно около крупных сосудов. На поперечном срезе она заметна в виде мелких одиночных клеток или коротких полосок из нескольких клеток.

Сердцевинные лучи состоят из однородных, слегка вытянутых вдоль луча паренхимных клеток со слабодревеснеющими тонкими стенками. Они, как и в лубе, являются запасными и про-

водящими (радиально) элементами и делятся на первичные и вторичные.

Между вторичной древесиной и сердцевиной проходит узкое кольцо первичной древесины, состоящей преимущественно из плотно соединенных мелких проводящих элементов (кольчатых и спиральных сосудов).

Серцевина, находящаяся в центре, состоит из крупных тонкостенных мертвых паренхимных клеток, заполненных воздухом.

ГОДИЧНЫЕ КОЛЬЦА ДРЕВЕСИНЫ

В результате деятельности камбия происходит ежегодный прирост древесины в размерах годичного кольца (годичного слоя), т. е. обеспечивается накопление запаса древесины (в кубометрах) как отдельного ствола, так и всех деревьев, произрастающих на определенной площади леса. Поэтому изучение деятельности камбия особенно важно для лесоводов.

Каковы же условия, обеспечивающие наиболее интенсивную деятельность камбия? Прежде всего этот процесс зависит от особенностей вида. Одни виды дают большой ежегодный прирост в толщину, например деревья тополя в 50 лет достигают диаметра 45 см. У других видов утолщение ствола идет медленно, например дуб в том же возрасте имеет в 2 раза меньший диаметр.

Большое влияние на деятельность камбия оказывают внешние условия, обеспечивающие питание дерева: свет, влага, плодородие почвы. Разные виды предъявляют разные требования к этим условиям или, как говорят, имеют разные экологические свойства. Различают породы светолюбивые, теневыносливые, влаголюбивые и др. При росте дерева в наиболее благоприятных для него условиях образуются и наиболее широкие годичные кольца древесины. Резкое отклонение климатических условий в данной местности в какой-нибудь год (например, засушливое лето, засуха весной или холодная весна) приводит к образованию узких годичных колец. Если знаешь год спиливания ствола, то по ширине годичных колец на пнях можно определить годы сильных засух, отмечавшихся в данной местности. Ширина годичного кольца резко увеличивается при осушении заболоченной местности, при осветлении ранее затененного дерева выборочной рубкой.

На ширине годичного кольца при прочих равных условиях отражается и возраст дерева. В молодом дереве каждая клетка камбия ежегодно образует больше клеток, чем в старом, но зато число клеток камбия на дереве с возрастом увеличивается.

Не всегда ширина годичного кольца по всей окружности бывает одинаковой. У деревьев на опушке леса наибольшая ширина каждого годичного кольца наблюдается на наиболее

освещенной свободной стороне дерева, а наименьшая ширина — со стороны леса, так как на опушке и листва кроны и корневая система находятся в более благоприятных условиях. У деревьев, растущих на открытом месте, ширина годичных колец больше с южной стороны.

Возраст деревьев не всегда точно совпадает с числом годичных колец ствола. При плохом питании дерева, в сильно засушливые годы, у сильно угнетенных деревьев в лесу, при сильной обрезке кроны в нижней части ствола годичные кольца часто не формируются. Иногда образуются по два кольца за год, например, если молодая листва объедена вредителями или повреждена заморозком, образование годичного кольца весной рано заканчивается, а после распускания новых листьев из спящих почек камбий откладывает второе кольцо — ложное. Чаше ложное кольцо бывает неполным и местами сливается с настоящим кольцом.

ИЗМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНОЙ ДРЕВЕСИНЫ С ВОЗРАСТОМ

С возрастом дерева размеры отдельных элементов древесины, откладываемых камбием, меняются. Размеры трахеид, сосудов, либриформа с возрастом дерева сперва увеличиваются, а затем становятся постоянными: у теневыносливых пород (ель, дуб) к 60—70 годам, у светолюбивых (сосна, береза, осина) к 50—60 годам. Размеры элементов к этому возрасту увеличиваются в 2—3 раза.

В каждом годичном кольце древесины с возрастом происходят изменения: живые клетки сердцевинных лучей и древесной паренхимы отмирают, сосуды закупориваются выростами соседних паренхимных клеток — тиллами, у трахеид хвойных плотно закрываются окаймленные поры, после чего годичное кольцо перестает выполнять проводящую функцию и становится только механической опорой.

Процесс закупорки проводящих элементов древесины у разных пород происходит через разное время, поэтому и число проводящих наружных годичных колец у них разное. У сосны восходящий ток идет по 30—40 наружным кольцам, у ивы по 8—10, у дуба по 9—10 кольцам. Центральная часть древесины, не проводящая воду, у одних пород темнеет от смол, дубильных веществ и называется ядром, поэтому сосна, лиственница, дуб называются ядровыми породами. Наружная древесина, проводящая воду, называется заболонью. У некоторых пород центральная (непроводящая) часть древесины не темнеет, отличается только большой сухостью и называется спелой древесиной. Спелую древесину имеют ель, липа, она заметна только на свежеспиленных деревьях. Породы, у которых непроводящая

центральная часть древесины внешне ничем не отличается от заболони (береза, клен, ольха, тополь), называют заболонными. С возрастом дерева число годичных колец заболони становится относительно меньше. На плодородных почвах у деревьев одного вида заболонной древесины бывает больше, чем на бедных.

Ядровая и спелая древесина обладает лучшими техническими качествами и более устойчива против гниения, так как у хвойных пород она содержит больше смол, а у лиственных пропитывается дубильными веществами.

Под влиянием различных причин деятельность камбия иногда несколько изменяется, что приводит к порокам древесины, изменяющим ее технические свойства и затрудняющим обработку.

При постоянных дующих в одну сторону ветрах, при неравномерно развитой кроне на изогнутых стволах возникает эксцентричность годичных колец. На выпуклой стороне ствола образуется тяговая древесина, испытывающая постоянное растяжение, а на вогнутой — кренивая, испытывающая постоянное сжатие. У хвойных пород тяговая древесина состоит из угловатых, плотно сомкнутых, слабо древеснеющих трахеид, а кренивая — из округлых, сильно древеснеющих, толстостенных трахеид. У лиственных пород тяговая древесина имеет больше либриформа, меньше сосудов и много сердцевинных лучей.

Косослой — порок древесины, возникающий, когда элементы древесины в стволе расположены не прямо, параллельно оси ствола, а косо, под углом. Он встречается часто и хорошо заметен на столбах по спиральным трещинам.

Свилеватость называется неравномерное расположение элементов древесины с сильными изгибами их. На тангенциальных срезах такой древесины (на фанере) образуются красивые рисунки, и поэтому она ценится в столярном деле.

Иногда у березы, осины — заболонных пород — центральная часть древесины ствола также становится бурой под влиянием грибов-паразитов. В этом случае возникает ложное ядро, приводящее к разрушению древесины и образованию дупла.

При поранении ствола начинается процесс, сходный с образованием ядровой древесины: живые клетки отмирают, сосуды и трахеиды закупориваются, в результате появляется защитная древесина, выполняющая защитную и механическую функции. Около раны образуется одновременно раневая древесина из клеток камбия и близлежащей паренхимы, при делении которых возникает валик из нежных паренхимных клеток — каллюс. В нем возникает слой нового камбия, образующего раневую древесину и луб. Постепенно поверхность раны зарастает этими тканями, а камбий каллюса сливается с камбием ствола. Так же зарастают стволы при повреждении камбия морозом или солнечными ожогами. Каллюс и раневая древесина образуются и во время срастания привоя с подвоем в прививках.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОРНЯ

Анатомическое строение корня обуславливается его функциями, поэтому в разных зонах корня оно различно.

Растущая зона — самый кончик корня — состоит из одинаковых крупных нежных меристематических клеток (см. рис. 8, стр. 18) и прикрыт чехликом.

В участке растяжения клетки заметно удлиняются и при переходе во всасывающую зону дифференцируются. Самая молодая, всасывающая, зона, под эпibleмой, имеет паренхимные клетки, в которых закладывается кольцо прокамбия, образующего несколько позже первичную древесину и луб. Большая часть всасывающей зоны корня имеет первичное строение с радиальным пучком. Всасывающей тканью служит эпibleма (рис. 51), под ней — первичная кора, состоящая из экзодермы, коровой паренхимы и эндодермы. Экзодерма состоит из двух-трех слоев плотно соединенных клеток, по мере отмирания эпibleмы экзодерма пробковеет и на время становится покровной тканью корня. Коровая паренхима состоит из крупных, богатых крахмалом клеток с целлюлозными оболочками, которые выполняют запасную функцию. Одновременно по ним проходят растворы в горизонтальном направлении — от корневых волосков в центральный цилиндр. Самый внутренний слой клеток первичной коры

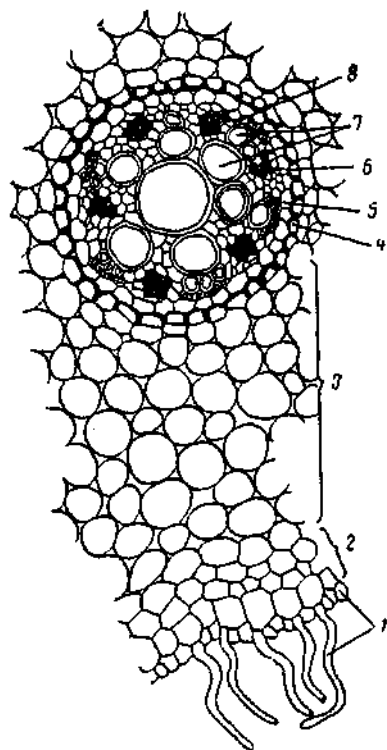


Рис. 51. Строение корня лука (поперечный срез):

1 — эпibleма; 2 — экзодерма; 3 — паренхима коры; 4 — эндодерма; 5 — перицикл; 6 — пучки флоэмы; 7 — пучки ксилемы; 8 — паренхима

называется эндодермой. Стенки клеток эндодермы утолщены и только наружные стенки остаются тонкими.

Эндодерма выполняет механическую функцию. Среди толстостенных клеток в ней встречаются живые тонкостенные, пропускные клетки, через которые проходят растворы в цилиндр корня, начинающийся за эндодермой. Первый слой центрального цилиндра называется перициклом. Он состоит из ряда мелких тонкостенных паренхимных клеток, долго остающихся

живыми; некоторые из них со временем начинают делиться, принимая участие в образовании боковых корней и кольца камбия при переходе во вторичное строение. Внутри кольца перидикла расположен радиальный пучок корня. Центральная часть пучка состоит из древесины. На поперечном срезе первичная древесина имеет форму звездочки, заостренные лучи которой прикасаются к перидиклу. Между лучами древесины находятся группы тонкостенных ситовидных трубок, образующих тяжи луба, проходящие вдоль корня. Между лубом и древесиной находятся мелкие клетки паренхимы. Центр пучка занимает склеренхима или крупные сосуды.

Для первичного строения корня характерен радиальный и закрытый пучок. Такое строение имеют корни однодольных растений и молодые корни многолетних двудольных растений.

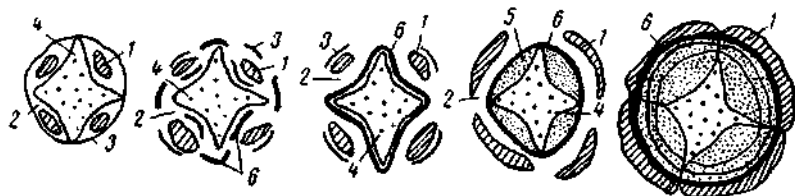


Рис. 52. Схема перехода первичного строения корня во вторичное:
1 — луб; 2 — паренхима; 3 — перидикл; 4 — первичная древесина; 5 — вторичная древесина; 6 — камбий

У последних в связи с ежегодным увеличением кроны увеличивается потребность во влаге, и корни приобретают вторичное строение. При этом между участками луба и древесиной паренхима начинает делиться и образуются полоски камбия (рис. 52). Одновременно между окончаниями лучей древесины и перидиклом также образуются участки камбия. Все они удлиняются, сливаются концами, и появляется сплошная изогнутая полоска камбия, отделяющая весь первичный луб от первичной древесины. В вогнутых участках этой полоски клетки камбия усиленно делятся, образуя внутрь вторичную древесину, и изогнутая полоска выравнивается, становясь кольцом камбия. Как и в стебле, камбий откладывает ежегодно кнаружи вторичный луб, а внутрь годичные кольца вторичной древесины.

Сердцевинные лучи (рис. 53) так же, как и в стебле, пересекают радиально вторичные луб и древесину, но первичные лучи в центре упираются в лучи первичной древесины, имеющей форму звездочки, а в стебле они упираются в кольцо первичной древесины, окружающее сердцевину. В остальном вторичное строение стебля и корня очень сходны.

Во время образования кольца камбия остатки перидикла превращаются в пробковый камбий, откладывающий кнаружи слои пробки, вследствие чего ткани первичной коры отмирают

и отпадают. Покровной тканью проводящей зоны корня становится перидерма, а позже корка.

Во вторичном строении древесины корней деревьев отличается от древесины стволов по составу. В корнях более широкие сердцевинные лучи и их больше (откладывается больший запас). Границы годичных колец менее заметны. Механических

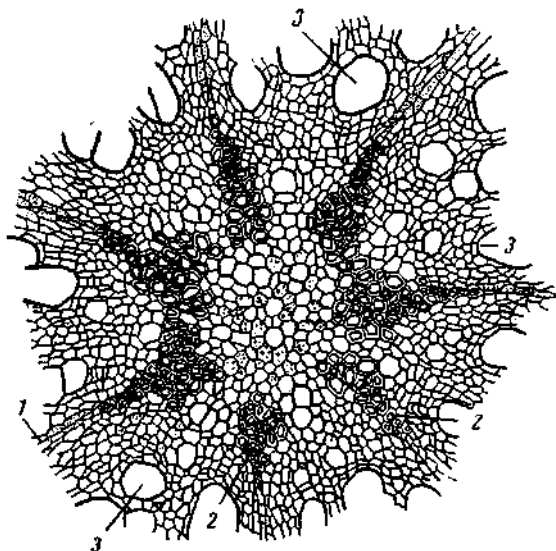


Рис. 53. Строение сердцевины и первичной древесины корня липы (поперечный срез):
1 — сердцевинные лучи; 2 — группы первичной древесины в виде семиконечной звезды; 3 — вторичная древесина

элементов меньше, зато больше запасающих и проводящих тканей, у сосудов стенки тоньше, полости больше, они редко закупориваются тиллами, трахеиды в 2—2,5 раза длиннее, чем в стебле. Ядровая древесина выражена слабо. Ежегодный прирост древесины корня обеспечивает подачу влаги разрастающейся кроне деревьев.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТЬЕВ

По анатомическому строению в листе резко различается мякоть и жилка, выполняющие разные функции. В мякоти листа происходит фотосинтез, дыхание, транспирация, и она состоит главным образом из ассимиляционной ткани. Жилки выполняют механическую и проводящую функции и состоят соответственно из механических и главным образом из проводящих тканей. Верхняя поверхность листа всегда покрыта кожей,

часто с кутикулой, с волосками. Под покровом кожицы расположена столбчатая паренхима из слегка вытянутых клеток, богатых хлорофиллом (рис. 54), в которой наиболее интенсивно идет процесс фотосинтеза. У листьев, растущих на ярком свету, — световых, развивается два-три слоя столбчатой паренхимы, у листьев теневых, растущих в глубине кроны или под кронами деревьев, развивается один слой ее, например у теневыносливых лесных растений: кислицы, седмичника, черники.

Под столбчатой находится губчатая паренхима, между рыхло расположенными клетками которой имеются большие межклетники. Эта ткань, помимо фотосинтеза, играет большую роль в транспирации листа. Снизу лист покрыт кожицей, менее защищенной кутикулой и богатой устьицами. Щель каждого устьица в листе всегда ведет в большой межклетник, из которого воздух по более мелким межклетникам попадает в ассимилирующие ткани, где ими поглощается углекислота и выделяется кислород. Одновременно в межклетниках скопляются пары воды, которые выделяются в атмосферу через устьица.

В центре листа проходит главная жилка, состоящая у некоторых видов из одного большого пучка (у черники) или нескольких мелких пучков (лист георгины). Главная жилка дает боковые ответвления, которые пронизывают мякоть листа, оканчиваясь тоненькими пучками. Главная жилка покрыта сверху кожицей, под которой находится несколько рядов склеренхимы, придающих прочность листу, затем один-два слоя паренхимы, окружающих проводящий пучок. Верхняя часть пучка занята древесиной с сосудами и трахеидами, между которыми проходят сердцевинные лучи. Снизу к древесине примыкают ситовидные трубки луба, которые граничат со склеренхимой. Расположение механической ткани сверху и снизу обеспечивает большую прочность жилки. Под склеренхимой пучка в листе имеется

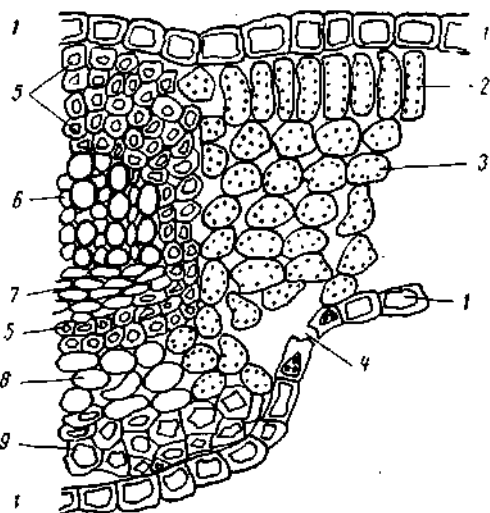


Рис. 54. Строение листа черники (поперечный срез):

1 — кожица (эпидермис); 2 — столбчатая паренхима; 3 — губчатая паренхима; 4 — устьице; 5 — склеренхима; 6 — древесина; 7 — луб; 8 — паренхима; 9 — колленхима

прослойка паренхимы, богатой у черники друзами щавелевокислого кальция. Жилка снизу ограничена участком живой механической ткани (колленхимой) и слоем кожицы. Проводящие пучки в листьях обычно бывают бокобочные и закрытые.

Игольчатые листья хвойных деревьев (хвоя) живут несколько лет. Низкие зимние температуры и отсутствие притока воды из почвы зимой создают опасность высыхания хвои, что отражается на ее форме и строении. Благодаря игловидной форме у хвои резко уменьшается испаряющая поверхность. Особенное

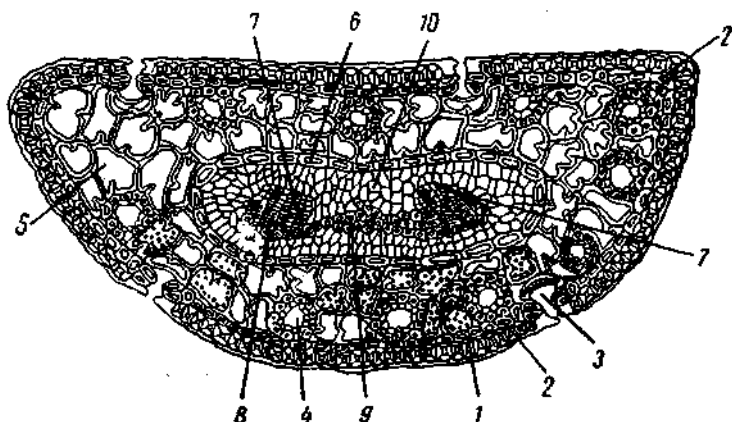


Рис. 55. Строение хвои сосны (поперечный срез):

1 — кожица (эпидермис); 2 — гиподерма; 3 — устьице; 4 — смоляной ход; 5 — складчатая паренхима; 6 — эндодерма; 7 — древесина; 8 — луб; 9 — склеренхима; 10 — трансфузная паренхима

строение имеет и кожица (рис. 55), состоящая из почти квадратных, плотно соединенных между собой клеток с очень толстыми стенками и небольшими полостями. Поверхность кожицы покрыта толстым слоем кутикулы или воска. Устьица расположены в углублениях, в которых скапливается влажный воздух, зимой они иногда заполняются воском. Все это уменьшает испарение хвои.

Под кожицей находится один слой, а в уголках два-три слоя гиподермы из древеснеющих клеток с несколько утолщенными стенками, выполняющих как водозапасающую, так и механическую функции и придающих вместе с толстостенной кожицей прочность хвое. Под гиподермой находится ассимиляционная ткань — складчатая паренхима, живые клетки которой образуют на стенках выросты в виде складок. Это увеличивает их поверхность, а следовательно, улучшает приток углекислоты к хлоропластам, находящимся в большом количестве в клетках, и обеспечивает интенсивный фотосинтез. Среди складчатой паренхимы ближе к кожице расположены смоляные ходы, круп-

ные каналы которых выстланы эпителием и окружены склеренхимой. В центре хвои находится жилка, ограниченная сплошным рядом клеток эндодермы с утолщенными радиальными стенками.

Внутри кольца эндодермы находятся два, реже три проводящих боковых закрытых пучка. Древесина в них расположена ближе к плоской верхней части хвоинки, она состоит из тонкостенных трахеид с узкими полостями. Между трахеидами проходят узкие полоски сердцевинных лучей. Под древесиной, в нижней части пучка, находятся ситовидные трубки луба. Между пучками и под ними расположено некоторое количество механической ткани — склеренхимы. Все остальное пространство между пучками и эндодермой заполнено паренхимой, по которой вода из древесины пучков передвигается к складчатой паренхиме, а от нее углеводы направляются в ситовидные трубки луба. Эта ткань называется трансфузионной паренхимой, некоторые клетки ее имеют крахмальные зерна, так как она выполняет частично и запасающую функцию.

Осенью для уменьшения испаряющей поверхности большая часть лиственных пород сбрасывает листву. У основания черешков перед листопадом образуются прослойки из пробковой ткани, прочность соединения клеток уменьшается и листья легко отделяются, а оставшаяся пробковая прослойка уменьшает испарение с поверхности листового рубца.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Физиология растений изучает процессы жизнедеятельности растительных организмов: фотосинтез, минеральное питание, дыхание, транспирацию, рост, развитие, размножение. Эти процессы в растениях находятся во взаимной зависимости, интенсивность каждого из них зависит от интенсивности других процессов и одновременно в большой степени от влияния внешних условий.

Изучение влияния внешних факторов среды на физиологические процессы растений служит научной основой для повышения урожайности культурных растений. Физиология древесных растений должна служить лесоведам теоретическим обоснованием при решении задачи повышения продуктивности наших лесов.

Основным методом физиологии является опыт: лабораторный — в искусственных условиях и полевой — ближе к естественным условиям. Использование современных методов и техники исследований — метода меченых атомов, самопишущих приборов, аппаратуры на полупроводниках, электронной микроскопии и др. — открывает широкие пути дальнейшего развития физиологии.

ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Основным отличием живой материи от неживой является обмен веществ, с прекращением которого прекращается жизнь. В результате обмена веществ в растительных клетках из простых неорганических соединений создаются сложные органические вещества.

Обмен веществ в клетках связан с деятельностью протоплазмы, так как он проходит или непосредственно в протоплазме, или в ядре и пластидах, в которые все вещества поступают только через протоплазму.

Протоплазма, как мы уже знаем, представляет собой коллоидную систему и имеет очень сложную и изменчивую структуру. В ее состав входит до 80% воды, но величина эта непостоянна; в покоящихся семенах она может снижаться до 12—15%. Протоплазма состоит преимущественно из белков (63%); кроме того в ней имеются жиры и липоиды — 21%, зола — 6,5% к сухому весу. Белки и липоиды содержатся в ней в виде коллоидов (мельчайшие частицы их находятся во взвешенном состоянии). По плотности, проницаемости и составу различают три слоя протоплазмы: плазмолемму — наружный слой в виде тонкой, более плотной пленки, мезоплазму — менее плотный зернистый слой (основная масса протоплазмы), тонопласт — плотный тонкий слой, ограничивающий вакуоли с клеточным соком. Через плазмолемму проходят все вещества, поступающие в клетку и выделяемые ею.

Частицы какого-либо растворенного вещества стремятся равномерно распространиться в растворителе, например в воде, при этом они движутся в сторону менее концентрированного раствора, а частицы воды движутся в сторону более концентрированного раствора. Благодаря такой диффузии концентрация раствора в сосуде уравнивается. Диффузия растворенных веществ через пленку называется осмосом. Осмос наблюдается во всех живых клетках при обмене веществ, где пленкой является протоплазма или ее ограничивающие слои (плазмолемма или тонопласт).

Оболочка молодых клеток состоит из клетчатки и легко проницаема для всех растворов, протоплазма же полупроницаема, через нее свободно проходит вода, а растворенные в ней вещества в большей или меньшей степени задерживаются. Так, для раствора сахаров она сравнительно легко проницаема, а для антоциана (пигмента в клеточном соке) совсем непроницаема. Это свойство называется избирательной способностью протоплазмы.

Если поместить клетку в воду или в слабый раствор сахара, то вследствие разности концентрации клеточного сока и окружающего раствора (концентрация клеточного сока в данном случае больше) вода из окружающего раствора начнет поступать в клетку. При этом объем клеточного сока увеличится и протоплазма в клетке будет прижата к ее оболочке. Давление, развивающееся в клетке при поступлении в нее воды при разности концентрации клеточного сока и окружающего раствора, называется осмотическим. В результате осмотического давления оболочки клеток находятся в состоянии упругого растяжения и вся клетка в состоянии напряжения — тургора. При уменьшении осмотического давления напряженность оболочек уменьшается, тургор в клетках исчезает и ткань становится вялой — растение увядает.

Чем выше концентрация клеточного сока, тем выше осмотическое давление; в паренхимных клетках оно достигает 4—5 атмосфер, в листьях древесных растений 20—30 атмосфер.

В концентрированном растворе сахарозы в живых клетках наступает плазмолиз (см. стр. 62), так как вода из клеточного сока отсосется окружающим раствором и тургора в клетках не будет. При перенесении плазмолизированной клетки в чистую воду клеточный сок ее насосет воду, протоплазма расправится и тургор восстановится. По той же причине брусочки из живой ткани корнеплодов моркови или брюквы, опущенные в крепкий раствор сахара, становятся дряблыми, а в чистой воде восстанавливают тургор и становятся упругими.

Следовательно, в одних случаях в клетках происходит насыщение воды, в других выделение. При увеличении проницаемости протоплазмы она пропускает не только воду, но и некоторые растворенные в ней вещества. Мертвая протоплазма проницаема для любых растворов.

Чем больше осмотическое давление в клетке, тем сильнее протоплазма давит на оболочку, а последняя оказывает ей сопротивление. Давление, которое при этом оказывает оболочка на протоплазму, называется тургорным. Если осмотическое и тургорное давление в клетке равны, то вода в нее не поступает, как бы велика ни была концентрация клеточного сока (клетка насыщена водой). Если осмотическое давление больше тургорного, то клетка насасывает воду. Сила, с которой клетка насасывает воду, называется сосущей силой клетки. Она равна разности между осмотическим и тургорным давлением. Наибольшая сосущая сила в клетке развивается, когда тургорное давление в ней равно нулю (отсутствует), т. е. в плазмолизированных клетках или у завядших растений.

Сосущая сила в клетках непостоянна, она меняется под влиянием внутренних и внешних условий и неодинакова в разных тканях и клетках в разные времена года и в разные периоды развития растения. Чем больше сосущая сила корней растения, тем больше оно берет воды и минеральных растворов из почвы.

Определяют сосущую силу при помощи тщательно измеренных брусочков, вырезанных из ткани растений и погруженных в сосуды с раствором сахарозы возрастающей концентрации. Через полчаса брусочки вынимают из сосудов и вновь тщательно измеряют. Брусочки, которые лежали в растворах с большей сосущей силой, уменьшатся в размерах, так как вода из их клеток частично перейдет в раствор. Брусочки, которые лежали в растворах с меньшей сосущей силой, увеличатся в размерах, так как их клетки насосут воду. И только в одном случае размеры брусочков останутся неизменными — там, где

сосущая сила раствора данной концентрации и сосущая сила ткани окажутся равными.

Величина сосущей силы выражается в атмосферах и находится для различных концентраций сахарозы по особым таблицам.

ВОДНЫЙ РЕЖИМ РАСТЕНИЙ

Вода имеет большое значение в жизни растений: она входит в состав протоплазмы (до 80% общего веса), участвует в биохимических процессах, например в образовании углеводов, необходима как растворитель в процессах обмена веществ, так как газы и питательные вещества проникают в живые клетки и выделяются ими только в растворенном состоянии. Уменьшение влажности тканей резко снижает интенсивность обмена веществ в ней, роста и деления клеток.

Наземная часть растений, окруженная воздушной средой, непрерывно испаряет воду, особенно листья, одновременно вода расходуется и на химические процессы, поэтому влажность в различных органах и тканях все время меняется. Расход воды в них в большей или меньшей степени пополняется за счет всасывания воды корнями из почвы. Совокупность этих процессов и создает водный режим растений, в котором можно выделить три основных момента: поступление воды, передвижение ее по растению и испарение.

Корень поглощает воду из почвы пассивно и активно. Пассивное поступление связано с сосущей силой клеток, которая увеличивается с уменьшением насыщенности клетки водой. Непрерывное уменьшение насыщенности водой корневых волосков происходит благодаря испарению наземной частью растения. Клетки листа, испаряя воду, обезвоживаются, что ведет к увеличению их сосущей силы, и лист насасывает воду из стебля, а стебель в свою очередь из корня. Паренхимные клетки корня отсасывают воду от корневых волосков, в которых при этом также увеличивается сосущая сила, за счет которой и насасывается вода из почвы. Получается как бы цепочка из клеток, разность в сосущей силе которых приводит к непрерывному сосанию ими воды. Самые верхние из них (в листьях) испаряют воду, самые нижние (корневые волоски) поглощают воду. Корень в данном случае является лишь пассивным передатчиком воды.

Если срезать стебель какого-нибудь растения, то на поверхности среза пенька начнет выступать влага, хотя присасывающего влияния листьев и не будет. В данном случае будет проявляться активная деятельность корня, в результате которой вода выдавливается из клеток в полости сосудов и по ним поднимается по стволу.

Выделение влаги из пораненного места называется плачем растения, а сила, которая поднимает эту воду по сосудам на поверхность,— корневым давлением. Вытекающая жидкость — п а с о к а — представляет собой очень слабый раствор минеральных солей.

Весной плач хорошо наблюдать на необлиственных стволах березы и клена, у них пасока выделяется в это время быстро, сравнительно долго ($1\frac{1}{2}$ —2 недели) и обильно (несколько литров). Благодаря содержанию в пасоке сахаров она весной

имеет сладковатый вкус. При большой влажности воздуха и почвы выдавливание капелек воды можно наблюдать на кончиках листьев некоторых растений, где вода выделяется через особые водяные устьица — г и д а т о д ы. Явление это называется г у т т а ц и е й, обычно оно наблюдается рано утром на листьях всходов злаков. Гуттация происходит и у древесных пород: у черемухи, ольхи черной, осины, нвы ломкой.

Величину корневого давления можно измерить, присоединив к пеньку срезанного растения при помощи



Рис. 56. Аппарат для измерения корневого давления (слева) и плач березы весной (справа)

резиновой трубки ртутный манометр (рис. 56). У травянистых растений оно равно 2—3 атмосферам.

Корневое давление связано с деятельностью корня. Это легко доказывается тем, что при создании неблагоприятных условий для активной деятельности корней — при резком снижении температуры почвы, при высыхании почвы или уменьшении доступа кислорода к корням — плач у растений прекращается.

Возникновение корневого давления объясняется следующим образом. В древесине корня около сосудов расположены живые клетки древесной паренхимы. Из-за неодинаковой вязкости протоплазмы и проницаемости ее в разных участках каждой из этих клеток в них развивается и разная сосущая сила. Со стороны всасывающей ткани (корневых волосков) в этих клетках сосущая сила б ó л ь ш а я, и они насасывают воду, со стороны сосудов сосущая сила в клетках паренхимы меньше, и они выталкивают в сосуды воду. Одновременно с водой в сосуды выделяются и некоторые растворенные в ней вещества. У древесных пород

наибольшее корневое давление наблюдается весной, наименьшее летом и зимой.

Не вся вода почвы одинаково доступна для растений. По степени доступности различают капиллярную, коллоидную и пленочную воду почвы. Капиллярной называют воду, находящуюся в капиллярных промежутках между частицами почвы; она легкоподвижна, наиболее свободна и наиболее доступна для растений. Коллоидная вода пропитывает коллоидные растворы почвы (перегной); она более связанная и малоподвижная. Пленочная вода тонкой пленкой покрывает мелкие частицы почвы; она удерживается почвой с большой силой даже при высушивании ее на воздухе.

Растениям доступна только капиллярная вода. Следовательно, чем мельче будут частицы почвы, чем больше в ней коллоидов, тем больше содержится в ней недоступной для растений воды. Количество недоступной воды в почве определяют следующим образом. В небольшом стеклянном сосуде в исследуемой почве выращивают растения при достаточном поливе. Затем полив прекращают, а чтобы сократить испарение, растения притеняют и помещают во влажную атмосферу. Как только доступная вода в почве будет израсходована, растение начнет завядать. Тогда почву из сосудов высушивают при температуре 100—110°, причем она теряет еще некоторое количество влаги, которая недоступна для растений. Количество недоступной для растений воды в почве называется коэффициентом завядания. Иначе говоря, коэффициент завядания — это влажность почвы, при которой наступает длительное завядание. В разных почвах количество недоступной воды неодинаково и коэффициент завядания разный.

Большое значение в водном режиме растений имеет транспирация — испарение воды листьями, которое отличается от испарения воды с любой поверхности тем, что в листьях этот процесс регулируется устьицами и зависит от ряда внутренних условий. При этом для сокращения транспирации устьица должны закрываться, а для процессов фотосинтеза и дыхания они должны быть открытыми. В зависимости от условий замыкающие клетки устьиц и регулируют эти процессы.

Растения тратят на транспирацию большое количество воды. Для увеличения своего веса на 100 г растение расходует на создание органических веществ 55 г воды, а транспирирует ее при этом от 20 до 100 л. Благодаря транспирации ускоряется подача в растения минеральных веществ, которые в почвенных растворах находятся в очень слабых концентрациях. Кроме того, транспирация предохраняет листья от перегрева, так как до 80% поглощенной солнечной энергии они расходуют на транспирацию.

Количество воды, израсходованной растением на транспирацию, можно определить по количеству поглощенной им за это же время воды. Для этого пользуются потометром — стеклянным сосудом с водой, плотно закрываемым пробкой (рис. 57). В сосуд помещают нижнюю часть облиственного побега и закрепляют его плотно пробкой. Через пробку выводят стеклянную капиллярную трубку, изогнутую под прямым углом и заполненную водой, и к ней прикрепляют сантиметровую линейку.

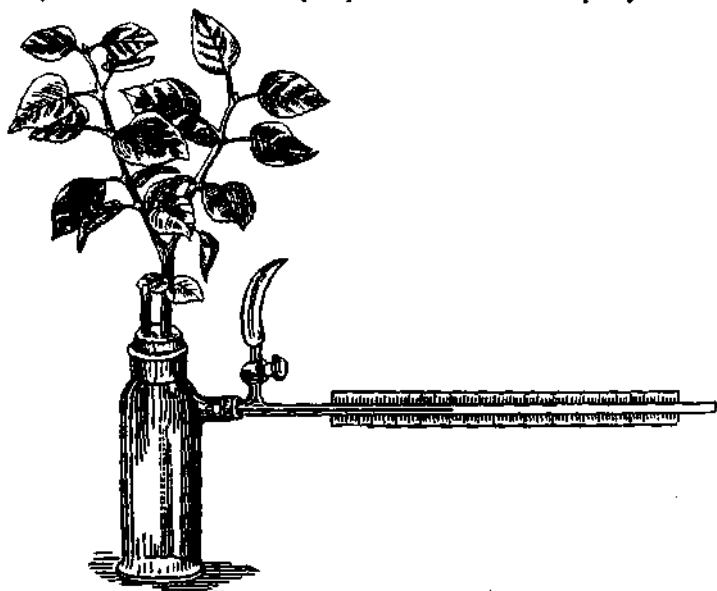


Рис. 57. Определение присасывающего действия листьев с помощью потометра

По мере транспирации побег будет поглощать из сосуда то же количество воды, что и расходовать. Наблюдая движение мениска воды в капиллярной трубке и делая отсчеты по линейке в начале и в конце опыта, можно определить, сколько воды израсходовал побег на транспирацию во время опыта.

Наиболее точно определяется величина транспирации весовым методом. Для этого выращивают растения в стеклянных сосудах с почвой, поверхность которой плотно закрывают, чтобы избежать испарения ею воды. Сосуды периодически взвешивают и по уменьшению в весе судят о количестве израсходованной на транспирацию воды, учитывая при этом изменения в весе при поливе.

Для сравнения быстроты транспирации разных растений вычисляют интенсивность транспирации — количество воды (в граммах), испаренное за 1 час с 1 м² поверхности листьев.

При этом нужно измерить площадь испаряющих листьев опытных растений. У хвойных интенсивность транспирации определяют на 1 кг хвон. В среднем интенсивность транспирации равна у ясеня обыкновенного 54 г, у клена остролистного 25 г, у дуба 24 г, у липы 14 г, у лещины 8 г.

Виды растений различаются также по транспирационному коэффициенту — количеству воды, испаренному растением за время накопления 1 г сухого веса. У однолетних травянистых растений он колеблется от 300 до 900 г. У древесных растений определить транспирационный коэффициент труднее, для них он обычно вычисляется без учета веса корней; у ясеня и клена он колеблется в пределах 280—588 г, у вяза 730—1232 г.

Побитые морозом листья отдают влагу в 2 раза быстрее, чем живые. Следовательно, как и все процессы жизнедеятельности живых тканей, транспирация зависит и от внутренних и от внешних условий.

Поверхность кожицы листа покрыта кутикулой, которая затрудняет испарение, и поэтому оно идет через кожицу очень слабо, составляя, например, у лещины всего $\frac{1}{80}$ часть общего испарения. Основная масса воды испаряется листом через устьица.

Основной испаряющей тканью в листе является губчатая паренхима, меньше испаряет столбчатая. Поверхность клеток той и другой испаряет воду в межклетники, по которым пары ее проникают к устьицам и через них уходят в атмосферу. Если устьица закрываются, в межклетниках скопляются водяные пары и тем самым уменьшается испарение паренхимой. Следовательно, интенсивность транспирации листа регулируется устьицами. Площадь устьичных щелей очень мала, всего $0,005 \text{ мм}^2$, но количество их велико: у дуба от 350—500 шт. на 1 мм^2 , у липы и березы от 100 до 150 шт., у ясеня от 70 до 100 шт., у сосны от 90 до 130 шт., у ели от 20 до 40 шт.

Расположение устьиц на нижней стороне листа способствует уменьшению транспирации, потому что пары воды, скопясь под листом, увеличивают там влажность воздуха. Ткани, богатые водой, испаряют сильнее, чем менее влажные, поэтому лучшая подача воды в листья ведет к большей транспирации. Следовательно, чем гуще сеть жилок в листе, тем сильнее его транспирация.

К внешним факторам, сильно влияющим на транспирацию, прежде всего относятся влажность воздуха, температура, свет и ветер.

С увеличением влажности, естественно, транспирация уменьшается.

С повышением температуры воздуха повышается температура листа, усиливается упругость пара, что приводит к повышению транспирации. Зимой даже при температуре 0°

наблюдается транспирация побегов. При отсутствии подачи воды корнями это приводит часто к иссушению и отмиранию побегов. При низкой температуре почвы подача влаги корнями резко сокращается. Низкая температура почвы поэтому является одной из причин так называемой физиологической сухости почвы, когда корни растений не могут взять в нужном количестве окружающую их в почве воду из-за низкой температуры почвы (на болотах), из-за большой концентрации почвенных растворов (на солонцах) или высокой кислотности растворов (на болотах).

Рассеянный свет на 30—40% повышает транспирацию листа, а прямой еще больше. Это объясняется тем, что около 80% энергии света, поглощенной листьями, тратится на процесс испарения. Ветер повышает транспирацию, удаляя насыщенные парами слои воздуха с нижней поверхности листа.

Совокупность всех внутренних и внешних факторов приводит к суточным изменениям транспирации. Ночью она в 10—12 раз слабее, чем днем, и ночью растение пополняет запасы влаги. Днем во время максимальной транспирации в листьях наблюдается снижение влажности.

Водный ток идет по живым клеткам растения только в начале (в корнях) и в конце (в листьях), основной же путь вода проходит по мертвым сосудам и трахеидам древесины. Как видно из предыдущего текста, движущими силами этого тока являются сосущая сила листьев и корневое давление. В более сухих условиях усиливается действие листьев. При значительной влажности воздуха и почвы усиливается значение корневого давления.

У древесных растений водный ток проходит очень длинный путь — от корневых волосков на концах корней до листьев на вершине кроны. Вода движется главным образом по наружным кольцам древесины; ядро и спелая древесина эту функцию не выполняют. Скорость движения воды зависит от анатомического строения древесины. У кольцесосудистых пород — ясеня, дуба — скорость движения воды 25—27 м в час. В рассеянососудистой древесине липы и бука скорость меньше, от 1 до 3 м в час. У хвойных пород движение воды затрудняется незначительной длиной трахейд и она поднимается всего на несколько сантиметров в час.

Влажность древесины хвойных деревьев выше, чем лиственных. У большей части пород она увеличивается от основания к кроне и от центра к периферии ствола.

Влажность древесины меняется и по временам года: минимальной она бывает к концу вегетации, в августе, после летней усиленной транспирации. За осенние месяцы влажность увеличивается, так как после листопада транспирация резко снижается, а приток влаги продолжается. Максимум влажности

приходится на декабрь — февраль. У хвойных пород интенсивность транспирации зимой снижается по сравнению с летом примерно в 300 раз.

В засушливые годы сокращение транспирации летом достигается завяданием и даже сбрасыванием части листьев, например березой и липой. В жаркие дни снижается влажность листьев, побегов и даже стволов деревьев.

Расход воды лесными насаждениями очень велик, и определить его трудно. Для этого вычисляют транспирацию отдельных средних деревьев каждой породы и полученные данные перемножают на число особей, растущих на той или иной площади. Проведенные наблюдения дали следующие величины. Чистые 30-летние сосновые насаждения расходуют за вегетационный период с 1 га 1935 т воды, 30-летние сосново-березовые насаждения 3712 т (Оренбургская область), 12-летние лиственные насаждения — 3366 т (Воронежская область). С возрастом величина транспирационных потерь также меняется; в 20—40-летних насаждениях она достигает максимума.

Способность переносить значительный недостаток влаги в тканях при сухости воздуха и почвы называется засухоустойчивостью растений.

Обезвоживание живых клеток вызывает в них ряд сложных изменений: уменьшается тургор, увеличиваются сосущая сила клеток и проницаемость протоплазмы, замедляется или совсем прекращается фотосинтез, усиливается распад сложных соединений (углеводов и белков), что может привести к отмиранию клеток.

Все эти процессы у разных видов начинают проявляться при разной степени обезвоженности клеток, поэтому и засухоустойчивость разных видов неодинакова. И для одного растения засухоустойчивость в разные периоды развития бывает разной, например у однодольных до цветения, во время цветения и во время плодоношения. У древесных растений наименее засухоустойчивы сеянцы в начале роста, пока у них слабая корневая система.

У растений, растущих там, где часты засухи, вырабатываются приспособления, обеспечивающие меньший расход или лучшее поглощение воды. К таким приспособлениям относятся большая сосущая сила клеток, уменьшение размеров листьев, опущение их, утолщение кутикулы, свертывание листьев, глубоко проникающая в почву и сильно разветвленная корневая система и др.

Из древесных пород наиболее засухоустойчивы саксаул, акация песчаная, джужгун, в лесной зоне — дуб и сосна; незасухоустойчивы ольха черная, черемуха, пихта и ель.

Избыточная влажность почвы прежде всего сказывается в недостатке кислорода для дыхания корней, что приводит

иногда даже к отмиранию растений. Из древесных пород особенно чувствительна к недостатку кислорода в почве ель. Кроме того, при недостатке кислорода усиливается деятельность группы бактерий, живущих без кислорода, и в почве накапливаются углекислота, органические кислоты и другие вещества, часть которых ядовита для корней. Поэтому на болотных почвах могут расти только приспособленные к этим условиям болотные растения. Из древесных пород лучше всех переносит заболачивание почвы сосна.

При таянии снега весной скопление излишней влаги вызывает повреждение растений — вымокание, сходное с повреждением при заболачивании. Непродолжительное вымокание снижает рост, продолжительное приводит к отмиранию большей части травянистых растений. Древесные породы по-разному переносят временное затопление в половодье: у дуба ни взрослые растения, ни сеянцы не повреждаются, у сосны сеянцы гибнут.

Способность растений переносить влияние отрицательных температур называется морозостойкостью. При отрицательных температурах в межклетниках образуются кристаллы льда, которые оттягивают воду из протоплазмы и клеточного сока. При отдаче воды коллоидами протоплазмы нарушается обмен веществ и клетки отмирают.

Накапливание в клетках сахаров и жиров снижает точку замерзания растворов и повышает этим морозостойкость клеток, как и увеличение в клетках количества коллоидно связанной воды за счет свободной. Вредное действие отрицательных температур усиливается при быстром снижении и при длительном действии их. Быстрая смена отрицательной температуры положительной приводит к быстрому оттаиванию тканей, причем образующаяся в межклетниках из кристаллов льда вода не успевает всасываться клетками, большая часть ее испаряется и ткани отмирают. Морозостойкость различна у разных видов и разных органов растений в разные периоды их развития. Морозостойкие покоящиеся почки при прорастании их могут побиваться даже небольшими морозами, что объясняется повышением влажности их клеток, изменением концентрации клеточного сока и другими процессами, уменьшающими их морозостойкость.

Морозостойкость следует отличать от зимостойкости — способности растений переносить ряд неблагоприятных воздействий в течение зимы, например иссушение молодых побегов ветрами, повреждение их поздними и ранними заморозками, снеголомы (поломка крон под тяжестью выпавшего снега). Лесоводам необходимо учитывать как морозостойкость, так и зимостойкость новых видов древесных растений при введении их в культуру.

ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

УСВОЕНИЕ РАСТЕНИЯМИ УГЛЕРОДА (ВОЗДУШНОЕ ПИТАНИЕ)

Сухое вещество растений на 45—50% состоит из углерода. Он входит как один из главных элементов во все органические соединения: белки, углеводы, жиры. Углерод растение берет из воздуха, что легко доказать простым опытом. Всход любого растения, помещенный в сосуд с дистиллированной водой, в которую внесены необходимые элементы: азот, сера, фосфор, калий, кальций, магний, железо, но нет углерода, растет и накапливает органические вещества, углерод которых он может получить только из воздуха. В состав воздуха входит около 0,03% углекислого газа, из которого растения и ассимилируют углерод. Для этого процесса используется энергия солнечного света, и поэтому он называется фотосинтезом. При образовании одной грамм-молекулы глюкозы в листе происходит следующая реакция:



т. е. из 6 молекул углекислоты и 6 молекул воды при поглощении и связывании 674 ккал солнечной энергии образуется 1 грамм-молекула глюкозы и освобождается 6 молекул кислорода (O_2), который уходит в атмосферу, обеспечивая, таким образом, дыхание живых организмов и процессы горения.

В результате фотосинтеза образуются органические вещества, из которых строится тело растений. Растения употребляются в пищу животными и человеком, и органические вещества их усваиваются и перерабатываются в животных организмах.

Огромное значение имеет фотосинтез и как процесс накопления солнечной энергии. Солнечный свет, попадая на поверхность зеленых растений, точнее, на поверхность хлоропластов, поглощается и, как бы консервируясь, связывается в органических соединениях. Следовательно, только зеленые растения накапливают солнечную энергию на земном шаре.

Процесс фотосинтеза обеспечивает не только жизнь и рост растения, но и жизнь всех живых организмов земного шара образованием органических веществ, накоплением солнечной энергии и свободного кислорода воздуха.

Сущность фотосинтеза была открыта не сразу. Вначале выяснилось, что растения обогащают воздух кислородом. Джозеф Пристли (1733—1804 гг.) обнаружил, что если поместить мышь в закрытый сосуд, она вскоре в нем задохнется из-за недостатка кислорода. Но если в этом же сосуде на свету поместить вместе с мышью зеленое растение, мышь останется живой долгое время, так как растение выделяет кислород.

Позже было обнаружено, что растения поглощают углекислоту, затем, что эти процессы происходят только в зеленых растениях, еще позже выяснили, что при этом необходим солнечный свет, и установили роль солнечной энергии в фотосинтезе. Большое значение в раскрытии сути фотосинтеза имеют работы крупного русского физиолога К. А. Тимирязева (1843—1920 гг.). Своими исследованиями Тимирязев показал: что только поглощаемые хлорофиллом лучи света осуществляют

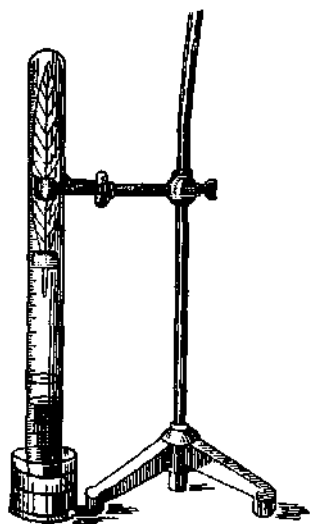


Рис. 58. Изучение фотосинтеза с помощью эвдиометра

процесс фотосинтеза; чем больше поглощает хлорофилл света, тем интенсивнее идет фотосинтез в листе; что наиболее интенсивно фотосинтез происходит в красных и сине-фиолетовых лучах спектра, которые интенсивно поглощаются хлорофиллом. Им же установлено, что коэффициент использования поглощенной растениями солнечной энергии на процесс фотосинтеза сравнительно невелик, всего 1—3%.

Таким образом, Тимирязев показал, что только зеленые растения, имеющие хлорофилл, способны связывать солнечную энергию на Земле и обеспечивают этим возможность жизни не зеленым организмам. Процесс связывания солнечной энергии он назвал космической ролью растений.

Позже выяснилось, что коэффициент использования солнечной энергии у разных видов растений неодинаков, по все же небольшой: у подсолнечника 4,5% и лишь у очень немногих видов, например у одноклеточной водоросли хлореллы, он достигает 40% и больше. В настоящее время продолжается всестороннее изучение этого сложного и очень важного процесса. Для изучения фотосинтеза применяются различные методы.

Изучение процесса фотосинтеза возможно с помощью эвдиометров — широких градуированных стеклянных трубок. В один из них помещают зеленый лист (рис. 58). Трубки опускают открытыми концами в ртуть и отсасывают немного воздуха, после чего отмечают высоту ртутных столбиков. Затем в оба эвдиометра прибавляют одинаковое количество углекислоты, вновь отмечают высоту ртутных столбиков и выставляют приборы на свет на 30—60 мин. За это время объем воздуха как в контрольном, без листа (на рисунке не показан), так и в опытном эвдиометре не изменится, так как количество поглощенной листом углекислоты при фотосинтезе равно количеству выде-

ленистого кислорода, но состав воздуха в эвдиометрах будет разный. Добавленная в эвдиометры щелочь поглотит в контрольном эвдиометре всю введенную в него первоначальную углекислоту, а в опытном (с листом) — только остатки углекислоты. По разности в объеме углекислоты можно судить об интенсивности процесса фотосинтеза.

Можно также использовать метод крахмальной пробы. У большей части растений в результате фотосинтеза в листьях накапливается крахмал. По количеству крахмала в листе можно судить об активности фотосинтеза в нем. Для этого подопытное растение выдерживают некоторое время в темноте, затем один

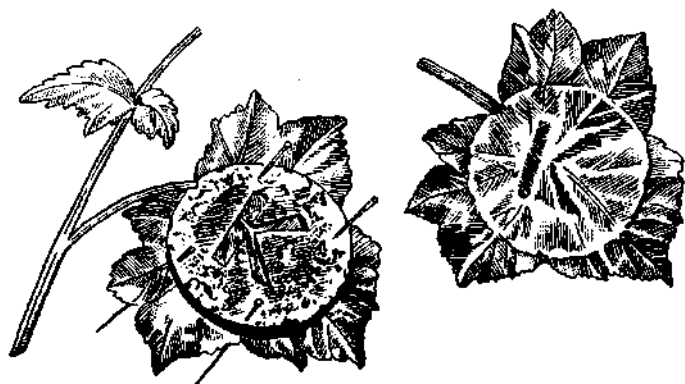


Рис. 59. Определение активности фотосинтеза методом крахмальной пробы

из его листьев плотно закрывают с обеих сторон черной бумагой, на которой сделаны прорезы в виде буквы или любой фигуры (рис. 59). Растение выставляют на свет, при этом под вырезанными на бумаге местами в тканях листа будет происходить фотосинтез и накапливаться крахмал. В затененных бумагой частях листа крахмал не образуется.

Через 1—1½ часа лист срезают с растения и опускают в спирт. При этом растворившийся хлорофилл окрашивает спирт, а лист обесцвечивается. После этого лист опускают в раствор йода, и участок листа с накопленным крахмалом окрашивается в зависимости от количества его в буроватый до металлически черного цвет. Участки листа, затененные во время опыта, остаются светлыми. Этот метод лишь относительно точный, так как первый продукт фотосинтеза — сахара — он не улавливает.

При третьем методе изучения фотосинтеза используют ассимиляционные колбы. Берут две большие (четырёх-шестилитровые) колбы и в одну из них, опытную, помещают зеленый побег. Горло колбы плотно закрывают пробкой или ватой и

оставляют на свету на 15—30 мин. В листьях побега в это время происходит фотосинтез, и они поглощают углекислоту из воздуха колбы. Затем побег вынимают и для определения количества оставшейся углекислоты вводят в колбу некоторое количество барита. Количество поглощенной баритом углекислоты определяют титрованием. Вторая колба — контрольная, в нее не помещают зеленого побега и, определив количество углекислоты в ней, устанавливают исходное количество углекислоты в воздухе обеих колб. Разность между количеством углекислоты в колбе до опыта (контроль) и после опыта и покажет количество ее, поглощенное побегом в процессе фотосинтеза. Этот метод, предложенный проф. Л. А. Ивановым и Н. Л. Коссович, дает возможность определять интенсивность фотосинтеза несрезанных побегов в естественных условиях, а не в лаборатории.

Наконец, существует радиоактивный метод, основанный на применении углекислоты с радиоактивным углеродом. Лист помещают в стеклянную камеру, через которую на свету пропускают ток воздуха с $C^{14}O_2$. Через определенное время лист убивается спиртом и в нем определяют количество радиоактивного углерода при помощи особого прибора — счетчика Гейгера. По количеству связанного радиоактивного углерода определяют интенсивность фотосинтеза. Интенсивностью фотосинтеза называется количество углекислоты в миллиграммах, поглощенной в течение 1 часа на 1 dm^2 поверхности листа или на единицу сырой или сухой массы листа. В среднем интенсивность фотосинтеза равна 5—25 мг углекислоты.

Раньше считали, что при фотосинтезе происходит разьединение углекислоты, углерод которой идет на построение сахаров, а кислород выделяется в воздух. Полив растений водой с радиоактивным кислородом показал, что растение выделяет при фотосинтезе кислород воды, а кислород углекислоты идет на построение углеводов.

Фотосинтез — очень сложный окислительно-восстановительный процесс, при котором разлагается (окисляется) вода, освобождается кислород, а водород идет на восстановление углекислоты. Эти процессы происходят в хлоропластах при поглощении хлорофиллом света и при участии ряда ферментов. Первичным продуктом фотосинтеза являются сахара: глюкоза, фруктоза, сахароза, а затем уже они переводятся в крахмал.

Как все процессы жизнедеятельности, фотосинтез зависит от внутренних и внешних условий.

К первым прежде всего относятся количество и размеры хлоропластов, в которых непосредственно происходит фотосинтез и образуются мелкие зерна первичного крахмала. Хлоропласт состоит из бесцветного вещества тела пластида (стромы) и зеленого пигмента (хлорофилла). В этиолированных (белых)

растениях, выращенных в темноте, пластиды есть, но нет хлорофилла. На свету в таких растениях фотосинтез не происходит до тех пор, пока листья не позеленеют, т. е. пока в них не образуется хлорофилл. Наличие хлорофилла обязательно для фотосинтеза, но вне пластид, вне живых клеток в растворе хлорофилла фотосинтез не происходит.

В среднем в ассимиляционной ткани листьев в клетке находятся 20—30 хлоропластов величиной 4—8 микрон. Эти величины различны у разных видов, в разных условиях произрастания и в разном возрасте той или иной особи.

Хлорофилл легко растворяется в спирту, эфире, бензине, но не растворяется в воде. Если опустить зеленые листья в спирт, они вскоре побелеют. При этом растворенный хлорофилл перейдет в спиртовую вытяжку и она позеленеет. В этой вытяжке будет находиться два вида хлорофилла: хлорофилл «а» ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) синевато-зеленого цвета и хлорофилл «b» ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) желтовато-зеленого цвета. Хлорофилла «а» в листьях обычно бывает раза в 3 больше. Кроме хлорофилла, в спиртовой вытяжке будут находиться желтый пигмент ксантофилл и оранжевый — каротин.

При ярком освещении растений прямыми солнечными лучами хлорофилл в них начинает разрушаться. В этих условиях, как мы говорили, хлоропласты в листьях поворачиваются ребром к прямым солнечным лучам, уменьшая таким образом освещенную поверхность. Без света вырастают этиолированные растения.

Отсутствие в почве необходимого количества солей железа также приводит к развитию **бледных**, не зеленеющих даже на свету растений. Это явление называется **хлорозом**. Железо не входит в состав хлорофилла, но ускоряет процесс его образования.

На быстроту образования хлорофилла влияет и температура воздуха. Так, в проростках злаков он образуется при температуре от 2° до 45°, наиболее же интенсивно при температуре 30°.

В среднем хлорофилла в листе содержится около 1% его сухого веса, но величина эта сильно колеблется: у сосны и ели 10 мг на 1 г сырого веса, у лещины 50 мг. У теневых растений его обычно больше, чем у световых, но прямой зависимости интенсивности фотосинтеза от количества хлорофилла в листьях не наблюдается.

Если пропустить луч света через вытяжку хлорофилла, а затем этот луч разложить при помощи призмы, то на спектре вместо красной и сине-фиолетовой его части появятся черные полосы, так как эти лучи спектра будут поглощены хлорофиллом. Спектр поглощения хлорофилла показывает, что не все лучи света поглощаются им одинаково. Наиболее интенсивно

поглощаются хлорофиллом красные лучи (даже очень слабым его раствором), затем сине-фиолетовые. Оранжевые и зеленые лучи поглощаются только очень крепким раствором, почти не поглощаются темно-красные и часть зеленых лучей. Работы К. А. Тимирязева показали, что фотосинтез наиболее интенсивно происходит в красных лучах, которые особенно энергично поглощаются хлорофиллом.

Углекислота проникает в клетки ассимилирующих тканей только через устьица, следовательно, количество устьиц и степень их раскрытия сильно влияют на фотосинтез. При сухости воздуха устьица закрываются, доступ углерода прекращается и фотосинтез приостанавливается, поэтому во время засух растения испытывают углеродное голодание.

Замедляет фотосинтез и накопление в листе углеводов, отток которых иногда задерживается под влиянием разных причин, например низких ночных температур.

Интенсивность фотосинтеза в большой мере зависит от освещенности, количества углекислоты, температуры, влажности и минерального питания.

Без света фотосинтез не происходит, с увеличением освещения увеличивается и фотосинтез, но до определенного предела, после которого он может даже снизиться. Границы лучшего освещения для разных видов растений неодинаковы. Различают растения открытых мест (светлюбивые) и затененных (теневыносливые). Среди древесных пород к первым относятся лиственница, сосна, береза, осина, акация белая, дуб, ко вторым — пихта, ель, тис, бук, липа, граб и клен. Под пологом леса, при рассеянной солнечной радиации, количество физиологически активных лучей невелико. На открытом месте они составляют почти 50% общей радиации, под пологом дубняков 10—13%, а в хвойных лесах 17—30%.

Фотосинтез происходит и при искусственном освещении. При дополнительном искусственном освещении прирост массы у растений увеличивается.

Углекислоты в воздухе содержится всего 0,03%. В результате фотосинтеза количество ее уменьшается, но быстро пополняется благодаря дыханию живых организмов, процессам горения, из атмосферы и особенно за счет почвенных бактерий, которые в процессе гниения выделяют значительное количество углекислоты. Так, гектар почвы в сутки выделяет от 50 до 150 кг углекислоты. Под пологом леса ночью содержание углекислоты в воздухе над почвой повышается до 0,08%. Увеличение содержания углекислоты вызывает усиление фотосинтеза, но до известного предела. Наибольшие урожаи у некоторых видов получаются при повышении содержания углекислоты в 10 раз, т. е. до 0,3%, повышение до 1% влияет на фотосинтез отрицательно.

При выращивании растений в парниках, теплицах и даже в полевых условиях проводят опыты с подкормкой растений углекислотой и получают повышенные урожаи.

Температурные условия, при которых возможен фотосинтез, колеблются от 2—5° до 45°. Наилучшей является температура 20—35° (для березы 25°, для липы 30°).

Очень большое значение для фотосинтеза имеет влажность воздуха, влияющая на влажность тканей. С уменьшением влажности листа фотосинтез снижается по ряду причин: из-за закрытия устьиц, обезвоживания протоплазмы, замедления деятельности ферментов.

Положительное влияние минерального питания на фотосинтез сказывается в повышении урожая при удобрении почвы. На богатых почвах крупные растения не только имеют большую листовую поверхность, но и интенсивность фотосинтеза у них больше, например у дуба на плодородной почве она на 20% выше, чем на бедной.

Совокупность всех перечисленных факторов влияет на суточный ход фотосинтеза, вызывая в нем многочисленные отклонения. При благоприятных условиях фотосинтез продолжается от восхода до захода солнца, у одних видов с наибольшей интенсивностью в середине дня, у других — до и после полудня (в жаркие часы фотосинтез у них снижается).

Интенсивность фотосинтеза меняется с возрастом листьев и растений. Наиболее высокая она у листьев среднего возраста, например у двухлетней хвои сосны почти в 2 раза больше, чем у однолетней. В листьях у молодых деревьев фотосинтез идет энергичнее, чем в листьях того же возраста у старых деревьев.

При фотосинтезе связывается углерод и накапливаются органические вещества, при дыхании разлагаются органические вещества и освобождается углерод, так же как при гниении, брожении и горении. В итоге этих процессов в природе происходит непрерывный круговорот углерода, обеспечивающий возможность существования живых организмов.

Урожай культурных растений в большой степени зависит не только от фотосинтеза, но и от других процессов. В процессе дыхания разлагается за сутки примерно 20—30% органических веществ, созданных при фотосинтезе. Последний происходит только днем и только в зеленых тканях, а дыхание — во всех живых тканях и круглые сутки. Следовательно, простое определение интенсивности фотосинтеза и дыхания за какой-то промежуток дня не дает правильного представления о приросте массы данного растения.

Применением различных приемов агротехники улучшают условия роста культурных растений, повышают их фотосинтез и увеличивают урожай. В лесу одной из наиболее действенных мер повышения прироста древесины являются рубки ухода,

улучшающие воздушное и почвенное питание оставшихся деревьев и повышающие фотосинтез.

В заключение коснемся еще одного важного процесса — усвоения углерода без участия света, при помощи энергии, освобождающейся при различных окислительных реакциях. Этот процесс называется хемосинтезом и осуществляется некоторыми видами бактерий, например нитрифицирующими бактериями (открыл их русский ученый С. Н. Виноградский). В почве нитрификация производится двумя видами бактерий. Один вид окисляет аммиак в азотистую кислоту, при этом выделяется некоторое количество энергии. Второй вид бактерий окисляет азотистую кислоту в азотную также с выделением энергии. Освобождающаяся в результате окислительных реакций энергия и используется бактериями для построения углеводов. К таким бактериям относятся серобактерии, использующие энергию, освобождающуюся в процессе окисления сероводорода в серу; позже сера окисляется бактериями при участии кислорода воздуха в серную кислоту.

Нитрифицирующие бактерии повышают плодородие почвы, переводя азот из недоступных растениям соединений (аммиака) в легкоусвояемые соединения. Хемосинтезирующие серобактерии очищают от сероводорода водоемы, в которых разлагаются органические остатки.

Растения, создающие органические вещества из неорганических (из углекислоты и воды), называются автотрофными, а питающиеся готовыми органическими веществами — гетеротрофными.

Автотрофные растения в свою очередь делятся на фото-трофные, усваивающие углерод при помощи энергии солнечного света (все зеленые растения, в которых происходит фотосинтез), и хемотрофные — некоторые бактерии, которым свойствен хемосинтез (усвоение углерода при помощи энергии окислительных процессов).

Гетеротрофные растения делятся на паразитов, берущих готовые органические вещества от живых организмов, за счет которых они питаются (все болезнетворные бактерии и грибы), и сапрофитов — растения, питающиеся мертвыми органическими веществами (грибы).

УСВОЕНИЕ ЗОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И АЗОТА (ПОЧВЕННОЕ ПИТАНИЕ)

При сжигании растений сгорают органические вещества и остается зола, почти целиком состоящая из минеральных соединений, взятых растениями из почвы. Количество золы у разных видов неодинаковое и в среднем составляет 5% сухого веса. Количество золы различно в пределах одного растения и зави-

сит от анатомического строения отдельных органов: чем больше в данном органе живых тканей, тем больше остается после его сжигания золы. Так, у 50-летнего дуба содержится золы в древесине 0,35%, в лубе 7,2%, в листьях 3,5%. Древесина, состоящая главным образом из мертвых клеток, бедна золой; заболонная (с живыми клетками) дает больше золы, чем ядровая.

Различные органы растения различаются и по составу золы. Наиболее постоянен состав золы семян и почек, богатых калием и фосфором. Растущие сеянцы накапливают в коре стеблей и в листьях кальций и кремний, в древесине — калий и кальций. У однолетних сеянцев ели, выращенных на бедных и плодородных почвах, в золе содержалось в первом случае фосфорного ангидрида 15%, во втором — 21%, окиси калия соответственно 17% и 22%.

Элементы, встречающиеся в золе, называются зольными, они поглощаются растениями из почвы в виде растворов очень слабой концентрации. Азот также поглощается из почвенных растворов, но при сжигании соединения, в которые входит азот, разлагаются и он в виде газа (окислов азота) улетучивается, как углерод, кислород, водород. Поглощаемые растениями из почвы зольные элементы и азот называются минеральными веществами, а их поглощение, передвижение, использование и накопление в растениях составляют процесс минерального питания растений.

Анализы золы разных видов растений показали, что в них встречаются почти все известные элементы, даже такие ядовитые, как медь и мышьяк, но количество и частота встречаемости элементов разная. В более значительных количествах постоянно встречаются в золе девять элементов: сера, фосфор, хлор, кремний, калий, кальций, натрий, магний и железо. Из них не обязательны для роста растений натрий, хлор и кремний, наличие остальных в растениях обязательно, и каждый из них по-своему влияет на развитие растений.

Режим минерального питания культурных растений является теоретической основой применения удобрений в сельском хозяйстве для повышения урожайности. Изучение режима минерального питания древесных пород имеет большое значение для лесоводов при выращивании посадочного материала на питомниках.

Для изучения минерального питания растений применяется метод водных культур (рис. 60). В одном сосуде (контрольном) в растворе находятся все необходимые элементы, в другом все, кроме азота, в третьем все, кроме железа, и т. д. В сосуды помещают молодые проростки исследуемых растений и наблюдают, как влияет отсутствие отдельных элементов на их рост и развитие. Прибавление в раствор солей с радиоактивными элементами, например изотопа P^{32} , Na^{24} , K^{42} , дает возможность

при помощи счетчика Гейгера проследить быстроту поглощения, движение и места накопления того или иного изотопа в растениях.

Минеральные вещества имеют огромное значение в жизни растений, так как главные процессы жизнедеятельности клеток проходят с их участием.

Азот входит в состав белков протоплазмы, ядра, пластид. При недостатке его растения отстают в росте и имеют бледную окраску.



Рис. 60. Водная культура кукурузы:

1 — с полной питательной смесью (контрольный сосуд); 2 — без фосфора; 3 — без азота; 4 — без калия

Сера содержится во всех белках клетки и в соединениях эфирных масел растений (чеснок, хрен). В больших количествах сера не накапливается, так как в почве она всегда имеется в достаточном количестве.

Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот, нуклеопротеидов (белков) ядра, принимает участие в процессах дыхания и брожения, передвижения и превращения углеводов. Недостаток фосфора снижает плодоношение и задерживает образование семян.

Калий накапливается растениями в точках роста, в клетках, богатых протоплазмой, и в запасующих органах. Протоплазма при этом становится менее вязкой и более проницаемой, способствует процессу превращения углеводов и оттоку их из листьев. Наличие калия повышает засухоустойчивость растений, недостаток замедляет рост стеблей и листьев.

Кальций вызывает уплотнение протоплазмы и уменьшение ее проницаемости. Накапливается он во взрослых органах растений с пониженной жизнедеятельностью. Часто образует в тканях кристаллы щавелевокислой извести или пропитывает оболочки клеток, увеличивая их твердость. Недостаток кальция в почве замедляет рост корневой системы.

Магний входит в состав хлорофилла и необходим всем зеленым растениям. Накапливается, как и калий, в молодых частях растений, влияет на рост. Недостаток магния вызывает пятнистость листьев.

Железо встречается в растениях в малых количествах; без железа не образуется хлорофилл, хотя в состав хлорофилла оно и не входит. При отсутствии железа в листьях развивается хлороз. Если смочить поверхность таких листьев железным купоросом, они позеленеют. Железо входит в состав некоторых ферментов.

Значение веществ, встречающихся в растениях в ничтожно малых количествах (микроэлементы), велико, но пока еще не полностью изучено. Важнейшие из них — марганец, бор, алюминий, цинк, молибден и медь. Отсутствие бора вызывает заболевание свеклы, многих бобовых, а у табака приводит к отмиранию точек роста. Молибден необходим азотфиксирующим бактериям. Марганец способствует ускорению роста. Часть микроэлементов входит в состав ферментов, следовательно, влияет на обмен веществ, меняя проницаемость протоплазмы, оказывает влияние на жизнедеятельность всей клетки.

На построение различных органов растения затрачивают разное количество солей, соответственно и интенсивность поглощения растением разных элементов из почвы в разное время вегетации будет различаться. Однолетние растения наиболее интенсивно поглощают минеральные вещества из почвы во время развития стеблей и листьев, до цветения. Лен в начале развития особенно нуждается в фосфоре, а в конце вегетации фосфорное удобрение для него вредно.

Древесные породы сильно различаются по потреблению минеральных элементов из почвы. Двух-четырёхлетние деревья ели поглощают азот главным образом в первую половину лета, а сосны и лиственницы — во вторую. Потребность в элементах меняется у них и с возрастом. Сосна увеличивает ежегодное потребление солей до 20 лет, ель — до 30 лет, бук — до 40 лет, затем потребление их снижается. Поглощение солей из почвы связано с развитием корневой системы, так как при этом увеличивается площадь поглощения почвенных растворов.

В процессе дыхания корневые окончания выделяют углекислоту, которая растворяется почвенной водой и способствует растворению частиц почвы. Кроме того, корневые окончания выделяют в почву и некоторые органические кислоты,

например яблочную, которая также способствует растворению частиц почвы.

Микроорганизмы почвы, разлагая органические вещества перегноя, способствуют обогащению почвы необходимыми элементами в доступном для зеленых растений виде и прежде всего азотом.

Азот в жизни растений имеет очень большое значение, так как входит в состав всех белков, хлорофилла, витаминов, многих ферментов. Обильно снабженные азотом растения выделяются крупными размерами и сочной темной зеленью. Больше всего азота содержится в органах, богатых живыми тканями; в семенах его содержится до 6%, в почках и листьях — 1,5%, в древесине — 0,5%, в среднем же около 1,5% азота от сухого веса.

По сравнению с животными организмами в растительных организмах азота немного и используется он более рационально: азот не входит в состав оболочек растительных клеток, не выделяется ими в отбросах.

Воздух состоит на 80% из азота, но для зеленых растений он недоступен, они неспособны его поглощать и потреблять. Поэтому растения берут азот из почвы, где он находится главным образом в виде органических соединений и в меньшем количестве в виде аммиачных и азотнокислых солей. Эти соединения появляются в почве только в результате разложения микроорганизмами органических соединений перегноя почвы. Горные породы азота не содержат. Большую роль в этом процессе играют нитрифицирующие бактерии, переводящие аммиак в нитраты.

Как мы знаем, при сжигании растительных и животных организмов азот (в виде окислов) улетучивается в воздух, а азот в растворах нитратов легко вымывается из почвы в реки и моря. Следовательно, количество связанного азота в почве должно постепенно уменьшаться. Обогащение почвы азотом происходит за счет жизнедеятельности особой группы, азотфиксирующих, бактерий. Было замечено, что на почве, ранее занятой клевером, люцерной и другими бобовыми, культурные растения дают повышенный урожай. При изучении этого вопроса выяснилось, что в почве находится особый вид бактерий — бактериум радицикола (*Bacterium radicicola*), клетки которой проникают через корневые волоски бобовых растений в корни. Здесь они находят благоприятные условия и усиленно размножаются. На зараженных этими бактериями корнях образуются выросты в виде клубеньков различной формы, в клетках которых содержатся слизь и масса бактерий. Клубеньковые бактерии используют углеводы корня как материал для дыхания и при помощи освобождающейся при этом энергии они связывают азот воздуха. Образующиеся азотистые соединения потребляются бак-

териями и тканями корней бобовых растений (до 75—80%), некоторое количество выделяется в почву. После отмирания корней связанный азот из клубеньков переходит в почву вместе с бактериями, которые вновь проникают в молодые корни и начинают там связывать азот.

В результате деятельности клубеньковых бактерий после культуры клевера в почве остается до 150 кг связанного азота на 1 га. Оставшаяся в почве после бобовых органическая масса разлагается гнилостными бактериями, а затем азотистые соединения переводятся нитрифицирующими бактериями в нитраты, которые и поглощаются зелеными растениями. Кроме бобовых, азотфиксирующие клубеньки образуются на корнях ольхи черной и серой, лоха и облепихи.

К азотфиксирующим свободно живущим в почве бактериям относится клостридий (*Clostridium pasteurianum*). Этот вид бактерий сбраживает растворимые углеводы почвы и при помощи освобождающейся энергии связывает азот воздуха (С. Н. Виноградский). Этим же свойством обладают живущие в почве подвижные бактерии азотобактер и некоторые сине-зеленые водоросли.

В настоящее время разработаны методы промышленного получения аммиака из азота воздуха, что дает возможность широко применять азотные удобрения в сельском хозяйстве.

В природе происходит непрерывный переход азотистых соединений из одной формы в другую. Зеленые растения поглощают азот с нитратами из почвы, животные получают его в растительной пище, отбросы и трупы животных, остатки растений разлагаются гнилостными бактериями, недоступные растениям азотные соединения почвы перерабатываются нитрифицирующими бактериями, и азот вновь поступает в зеленые растения. При сжигании органических соединений часть азота улетучивается в воздух, а азотфиксирующие бактерии связывают азот воздуха и обогащают им почву. В результате этих сложных процессов происходит так называемый круговорот азота в природе.

Поглощенный растениями азот идет преимущественно на построение белков, которые образуются главным образом в листьях, в корнях, клубнях и семенах.

* * *

При накоплении питательных веществ они из растворимых переводятся в нерастворимую форму: в крахмал, белки, жиры. Во время созревания семян лесного ореха количество жиров в них увеличивается в 20 раз, а количество углеводов уменьшается в 7 раз, у клена содержание жиров увеличивается в 2 раза, содержание углеводов уменьшается в 1,5 раза. При

проращении семян происходит обратный процесс и образующиеся растворимые вещества поступают в растущие части зародыша. Все процессы превращения веществ в клетках всегда происходят в присутствии и при содействии ферментов, которые отличаются большой специализацией — они действуют ускоряюще только на один определенный процесс.

Активная жизнедеятельность в вегетационный период у многолетних растений сменяется периодом покоя. Зимой процессы жизнедеятельности или полностью прекращаются, например фотосинтез, или сильно замедляются, например дыхание. Следовательно, расход органических веществ уменьшается.

Деревья за лето откладывают запасы в тканях ствола, побегов, корней. Весной эти запасы расходуются, а с середины лета вновь пополняются. Запасенный за лето в стволе и побегах крахмал к зиме переводится в сахар, благодаря чему повышается морозостойкость деревьев.

Запасенные вещества растения используют следующей весной для роста побегов и образования листьев. В молодой листве происходит интенсивный процесс фотосинтеза, и образующиеся углеводы идут на утолщение ствола, образование древесины и луба. К середине лета этот процесс заканчивается, и углеводы откладываются в запас. У пород с продолжительным ростом побегов (сосна, ива, тополь) эта закономерность нарушается.

В лесу благодаря листопаду большая часть минеральных веществ ежегодно вновь возвращается в почву (вывозимая из леса древесина содержит небольшое количество их). При выращивании же посадочного материала в лесных питомниках требуется внесение удобрений, но разные древесные породы в разной степени реагируют на удобрения. Очень большое влияние при этом оказывает влажность почвы.

При образовании микоризы древесные растения, как мы говорили, питаются микотрофно, т. е. усваивают минеральные элементы и азот из почвы при помощи нитей грибов. Грибы выделяют некоторые вещества и ферменты в почву, перерабатывают недоступные для зеленых растений соединения и улучшают этим их питание. В свою очередь нити гриба получают от древесных пород углеводы.

Сапрофиты и паразиты (см. стр. 132) неспособны связывать углерод в органические соединения, они получают их в готовом виде. Паразиты при помощи особых выростов-присосок проникают в тело хозяина и сосут из него готовые органические вещества (углеводы и белковые соединения). Так питаются повилка на подсолнечнике и клевере, петров крест на корнях орешника. Сапрофиты разлагают органические вещества, накапливающиеся в почве или в лесной подстилке. К ним относятся многие бактерии и грибы.

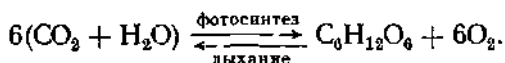
ДЫХАНИЕ И БРОЖЕНИЕ

Живым клеткам растений и животных свойствен процесс дыхания, при котором поглощается кислород воздуха и выделяется углекислота. При дыхании в клетках происходит окисление кислородом ряда веществ (главным образом углеводов) и освобождается энергия, необходимая растениям для роста, движения протоплазмы, передвижения веществ, а в некоторых случаях и самих организмов (подвижных бактерий и водорослей).

Происходящие в растениях реакции, сопровождающиеся выделением энергии, называются энергетическими. К ним относятся дыхание, для которого необходим газообразный кислород (как для горения), и брожение, для которого наличие свободного кислорода не обязательно.

ДЫХАНИЕ

Дыхание — процесс, противоположный фотосинтезу. При фотосинтезе растение поглощает углекислоту и воду и образует сахар. При дыхании сахара окисляются и образуются углекислота и вода:



Для образования одной грамм-молекулы сахара поглощается и химически связывается 674 ккал энергии, при окислении одной грамм-молекулы сахара в процессе дыхания освобождается 674 ккал энергии. Освободившаяся энергия расходуется на разнообразные биохимические и физические процессы: синтез сложных органических веществ, передвижение и поглощение растворов, рост и движение органов. Часть освободившейся при дыхании энергии растение выделяет в виде тепла.

Фотосинтез ведет к образованию и накоплению органических веществ, т. е. является процессом ассимиляции, дыхание ведет к распаду и уменьшению органических веществ — является процессом диссимиляции. В жизнедеятельности растительных клеток проявляется единство этих двух противоположных процессов, связанных между собой и влияющих друг на друга. Без этих процессов жизнь зеленых растений невозможна.

В живых клетках растений дыхание идет непрерывно, и в темноте или в незеленых тканях его легко обнаружить по выделенной углекислоте. В зеленых клетках на свету одновременно с дыханием происходит фотосинтез; часть выделяющейся при дыхании углекислоты тут же поглощается клетками для фотосинтеза, а окисленные сахара заменяются созданными

вновь при фотосинтезе, причем фотосинтез происходит интенсивнее дыхания и как бы маскирует его. Поэтому, несмотря на дыхание, на свету зеленые растения выделяют кислород и поглощают углекислоту.

Одним из наиболее простых методов обнаружения дыхания является проба на горение. Зеленое растение помещают в закрытый сосуд и оставляют в темноте. Через некоторое время в сосуд вводят горящую лучинку, которая быстро гаснет, так как при дыхании растение выделяло углекислый газ.

Быстроту поглощения кислорода при дыхании можно проследить на следующем опыте. На дно стеклянного сосуда наливают раствор едкого калия, над которым помещают прорастающие семена. Верхнее отверстие сосуда закрывают пробкой со стеклянной изогнутой трубкой, второй конец трубки опускают в сосуд с подкрашенной водой. В процессе дыхания семена поглощают кислород и выделяют углекислый газ, который поглощается едким калием, поэтому в сосуде будет уменьшаться объем воздуха, а подкрашенная вода в трубке будет одновременно подниматься.

Количество выделенной за определенное время углекислоты на единицу веса любого органа (листа, семян, почек) характеризует интенсивность дыхания данного органа.

Интенсивность дыхания зависит от внутренних и внешних условий, в разных органах и тканях она неодинакова.

У прорастающих семян интенсивность дыхания близка к интенсивности дыхания человека; за сутки выделяется углекислоты около 1% от их веса. Некоторые бактерии поглощают кислород в 200 раз интенсивнее человека. Поэтому почвы, богатые такими бактериями, особенно лесные, выделяют большое количество углекислоты. За час с 1 га поверхности лесной почвы ее выделяется от 12 до 24 кг.

Особенно энергично дыхание идет в растущих частях растений, в точках роста стебля и корня, в прорастающих семенах и почках, в распускающихся цветках. В листьях дыхание слабее, еще слабее в стеблях. Очень слабо дышат органы в состоянии покоя: клубни, корневища, луковичы, семена. Интенсивность дыхания деятельного камбия в 10 раз больше, чем древесины.

Листья в кроне одного дерева дышат по-разному: световые более энергично, теневые менее энергично, так же как светолюбивые и теневыносливые растения, что связано с интенсивностью накопления сахаров.

Во время дыхания происходит окисление углеводов, реже жиров и еще реже белков. Этот сложный процесс возможен только при наличии в клетках определенных ферментов. Таким образом, количество имеющихся ферментов и сахаров в тканях сказывается на интенсивности их дыхания. Так же влияет и

анатомическое строение. В тканях с слабо развитыми межклетниками (в сочных плодах, в древесине) ограничен доступ кислорода к клеткам, и дыхание их замедленно.

При повышении температуры от 0° до 40° интенсивность дыхания увеличивается в 20—40 раз, дальнейшее повышение до 45° на дыхании не отражается; после 45° дыхание прекращается и растение отмирает.

При отрицательных температурах интенсивность дыхания снижается, но растения дышат в течение всей зимы.

Нормальное дыхание происходит только в достаточно обводненных клетках. В листьях незначительное снижение влажности вызывает усиление дыхания, при дальнейшем снижении влажности дыхание ослабевает. Поэтому в жаркие засушливые дни при ослаблении фотосинтеза и усилении дыхания в листьях происходит интенсивный распад углеводов.

В период покоя в семенах влажность очень низкая и дыхание слабое. При повышении влажности семян дыхание их быстро усиливается. Поэтому семена с повышенной влажностью при хранении теряют в весе и выделяющееся при этом тепло вызывает согревание их.

Свет влияет на дыхание косвенно, повышая количество сахаров в тканях. В темноте интенсивность дыхания зеленых побегов постепенно снижается по мере уменьшения количества сахаров. При перенесении побега из темноты на свет дыхание их усиливается, так как в процессе фотосинтеза образуются сахара. В побеге, перенесенном вторично в темноту, первое время дыхание будет усиленное благодаря достаточному количеству сахаров, затем оно начнет ослабевать. Если же освещать побег в атмосфере, не содержащей углекислоты (без фотосинтеза), дыхание не усилится. Следовательно, свет влияет на дыхание через фотосинтез.

Увеличение количества кислорода в воздухе, так же как и некоторое уменьшение содержания его, на интенсивности дыхания растений не отражается. И лишь уменьшение содержания кислорода в воздухе в 10—20 раз против нормального (меньше 1—2%) ослабляет дыхание.

В природе недостаток в кислороде испытывают корни в очень плотной почве или при избыточном увлажнении ее непроточной водой.

В процессе дыхания низшие организмы способны окислять не только сахара, например грибы способны дышать, окисляя белки, органические кислоты, спирты. Некоторые бактерии окисляют при дыхании даже неорганические, минеральные вещества, например нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак, серобактерии — сероводород, железные — закиси железа. Все они используют освобождающуюся при этом энергию для других процессов.

Для высших растений характерен процесс дыхания, у низших же растений встречаются оба энергетических процесса: дыхание и брожение. Растения, которым необходим свободный кислород для дыхания, называются аэробными, растения, для которых свободный кислород не нужен, называются анаэробными. Для анаэробных растений характерно брожение, и при наличии кислорода они отмирают. Организмы, в которых проходят процессы дыхания и брожения, называются условными анаэробами.

БРОЖЕНИЕ

Брожением называется распад углеводов без поглощения свободного кислорода, в результате чего всегда образуются не полностью окисленные вещества. Это — сложный процесс, происходящий в клетках только при наличии определенных ферментов. По конечным продуктам распада различают несколько типов брожения. При анаэробном спиртовом брожении молекула сахара превращается в две молекулы этилового спирта и две молекулы углекислоты:



При этом освобождается 25 ккал энергии. При молочнокислом брожении молекула сахара расщепляется на две молекулы молочной кислоты, причем освобождается 20 ккал энергии. Происходит молочнокислое брожение и в аэробных и в анаэробных условиях. Маслянокислое анаэробное брожение приводит к образованию масляной кислоты и освобождению 18 ккал.

При окислении того же количества сахара в процессе дыхания, конечными продуктами которого являются вода и углекислота, освобождается 674 ккал. Разность в количестве освобождающейся энергии при дыхании и брожении объясняется тем, что при дыхании освобождается вся энергия, затраченная на образование грамм-молекулы сахара (674 ккал), и конечные продукты этого процесса гореть неспособны. При спиртовом же брожении большая часть энергии, затраченной на образование сахара, остается связанной в молекулах спирта, что подтверждается его горением.

Следовательно, для получения одинакового количества энергии растение разлагает при брожении в 25—40 раз больше сахара, чем при дыхании. Освобождающаяся при этих процессах энергия тратится растениями на образование сложных молекул белков протоплазмы и ядра, на образование молекул целлюлозы, на осмотические и другие процессы.

Спиртовое брожение характерно для некоторых бактерий и грибов. Так, дрожжевые грибы участвуют в спиртовом брожении, которое широко применяется в хлебопечении, виноде-

лии, пивоварении. Молочнокислое и маслянокислое брожение осуществляется многими видами бактерий и имеет большое практическое значение. При маслянокислом брожении некоторые виды бактерий сбраживают клетчатку (оболочки клеток) до масляной кислоты, уксусной кислоты и углекислоты. В процессах брожения и, в частности, разложения клетчатки в больших количествах участвуют почвенные бактерии, обеспечивая этим непрерывный круговорот углерода в природе.

РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

РОСТ И ЕГО ИНТЕНСИВНОСТЬ

В результате обмена веществ в растениях накапливаются органические соединения, необходимые для построения новых клеток его тела, и растение увеличивается в размерах. Необратимый процесс увеличения размера растения или его органов называется ростом. Если мы положим сухое семя в воду, оно набухнет и увеличится в размере, вынутое же из воды подсохнет и примет первоначальные размеры. Такое увеличение размера семени нельзя назвать ростом, так как этот процесс обратимый. Рост растений обуславливается образованием новых клеток, или их растяжением, или обоими этими процессами.

Рост не всегда приводит к увеличению веса растений. Например, клубень картофеля или семя дуба, клена, помещенные в темноту во влажную атмосферу, прорастают, образуя за счет запасных питательных веществ стебелек и корешки. Проростки сильно испаряют воду, в процессе дыхания в них разлагаются углеводы, и общий вес клубня или семени с проростком уменьшится, хотя будет происходить рост проростков, увеличение их размеров.

У высших растений рост продолжается в течение почти всей жизни, у многолетних — с перерывами в периоды зимнего покоя.

У древесных растений в середине лета с прекращением роста на побегах закладываются почки. При этом в точках роста клетки многократно делятся и в почках образуется зачаточный побег с зачатками будущих листьев. Весной, когда раскрываются почки, побег начинает расти и удлиняется за счет разрастания, вытягивания клеток, образовавшихся еще осенью; так же распускаются и листья на побеге.

Методы изучения быстроты роста сводятся к измерению прироста побега и корня в длину, толщину или к измерению площади листа. Прирост стебля в высоту измеряют обычной линейкой. Более точные результаты получают, делая ряд фотоснимков растущего органа с фиксированной точки. На отпечатках измеряют изменение положения кончика растущего органа.

Для измерения общего прироста растений в длину пользуются ауксанометрами (рис. 61). К верхушке опытного растения привязывают нить и перебрасывают ее через блок. На второй конец нити подвешивают небольшой груз. По мере роста стебля груз, натягивающий нить, опускается, блок вращается и передвигает стрелку, которая отмечает на шкале прибора величину прироста стебля. Приборы, снабженные самописцами, вычерчивающими кривую роста на вращающемся барабане

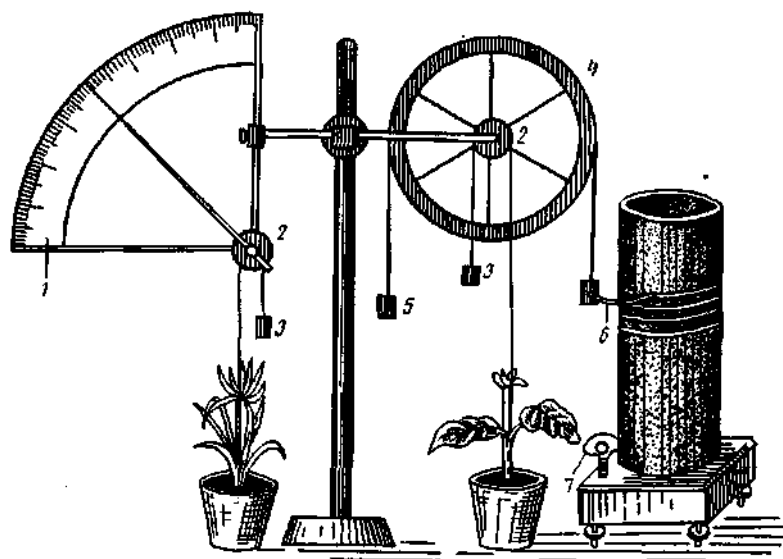


Рис. 61. Приборы для измерения прироста растений (слева — ауксанометр, справа — ауксанограф):
1 — шкала со стрелкой; 2 — малый блок; 3 — груз малого блока; 4 — большой блок; 5 — груз большого блока; 6 — перо, записывающее кривые прироста; 7 — ключ часового механизма

с часовым механизмом, называют ауксанографами. Такой прибор изображен в правой части рис. 61.

Для определения быстроты роста разных участков одного органа, например кончика корня, на нем наносят тушью метки через 1 мм. Через некоторое время становится заметным, что расстояния между метками увеличиваются по-разному. Наибольшая быстрота роста отмечается в зоне растяжения клеток.

Прирост ствола в толщину за длительные сроки определяют при помощи мерной вилки, которой пользуются таксаторы, а за небольшие промежутки времени — измерением ширины последнего кольца древесины, кусочки которого вырезают из растущего дерева.

На интенсивность роста большое влияние оказывают внешние условия: температура, свет, влажность и др.

Разные виды растений растут при разных температурных условиях. Как и для остальных физиологических процессов, для роста различают три температурные границы: минимальная температура, ниже которой рост у данного вида не начинается; оптимальная — наиболее благоприятная для роста; максимальная, — выше которой рост прекращается, но растение не отмирает. Повышение температуры начиная от минимальной вызывает усиление роста, но при повышении ее выше оптимальной прирост начинает снижаться. Оптимальная температура всегда ближе к максимальной. Так, сосна растет при температурах от 7° до 34°, оптимальная же температура ее роста от 25° до 28°.

Растения могут расти и при отсутствии света. Семена, клубни, корневища прорастают и образуют побеги и корни в земле или в темном помещении. Свет даже несколько тормозит рост. Если переносить растение на короткие промежутки времени то в светлое, то в темное помещение, окажется, что на свету оно растет в 2 раза медленнее, чем в темноте.

Свет способствует формированию органов и тканей. Этилированные растения отличаются длинными побегами, слаборазвитыми листьями и слабой дифференциацией в них тканей — механической, проводящей, покровной. При недостаточном освещении в лесу на деревьях отмирают нижние листья и побеги, и ствол быстро очищается от сучьев, например у сосны. На открытом освещенном месте нижние ветви у нее сохраняются долго, образуя ветвистую крону.

Длительная темнота приостанавливает рост, дополнительное освещение удлиняет сроки роста благодаря косвенному влиянию света через фотосинтез.

Сухость воздуха вызывает избыточное испарение, а сухость почвы — недостаточное снабжение растений водой, и в итоге снижается влажность тканей. Рост растений возможен только, когда клетки меристемы в достаточной степени насыщены влагой. Даже при временном обезвоживании точки роста прекращается деление и растяжение ее клеток. Подобно температурным границам роста существуют минимальная, оптимальная и максимальная влажность воздуха и почвы, при которых растения начинают расти, лучше всего растут и прекращают рост. Эти величины различны для разных видов.

У древесных пород рост побегов в большой степени зависит от количества осадков, выпавших за вегетационный период. Весенние засухи резко снижают прирост побега в длину, а прирост в толщину больше зависит от летних осадков. При большой влажности во второй половине лета рост побегов затягивается. На них не успевают сформироваться зимующие почки

и вторичная покровная ткань. В таких случаях побеги часто за зиму отмирают.

Рост растений зависит и от плодородия почвы (см. стр. 134).

В течение суток растения растут неравномерно. Даже весной во время самого интенсивного роста растения или его отдельных органов, например побегов, отмечаются суточные колебания роста. Наиболее интенсивный рост наблюдается ночью, с восходом солнца он замедляется, днем достигает минимума, а к ночи опять усиливается. Но суточная периодичность может быть нарушена при изменении внешних условий, например при низких ночных температурах за день прирост может оказаться больше, чем за ночь.

При одинаковых внешних условиях скорость и продолжительность роста у разных древесных пород различны. Эти свойства характерны для каждого вида и передаются по наследству из поколения в поколение. Лесоводы различают быстрорастущие древесные породы (тополь, ива, береза, лиственница) и медленнорастущие (дуб, тис, самшит). Особенно быстро растут порослевые побеги; у тополей прирост их за сутки составляет 4—5 см.

Рост отдельных органов растения (побегов, корней, листьев) в течение вегетационного периода происходит неравномерно. Весной побег растет медленно, затем приросты за сутки увеличиваются, достигают максимума и снова уменьшаются. Так называемый большой период роста, во время которого образуются максимальные приросты за сутки, хорошо заметен на побегах любого дерева. Например, у основания побега тополя междоузлия более короткие, выше они несколько удлиняются, в средней части побега наиболее длинные, а к вершине опять укорачиваются.

Интенсивность роста у древесных пород меняется с возрастом. Отмечается также возрастной большой период роста, который у сосны бывает в возрасте от 20 до 40 лет, у тополя — с первых лет жизни до 25—30-летнего возраста. В период большого роста образовательные ткани откладывают ежегодно наибольшее количество клеток наибольших размеров, поэтому в таком возрасте деревья, а следовательно, и насаждения в целом образуют наибольшие ежегодные приросты древесины. Лесоводы называют насаждения этого возраста спелыми. В более высоком возрасте деятельность меристемы и камбия замедляется и приросты древесины сокращаются.

Рост растений регулируется особыми веществами — гормонами роста, которые вырабатываются в клетках. Выделен ряд веществ, вызывающих ускорение роста, пробуждение почек, образование придаточных корней. К таким стимуляторам роста относятся ауксин, гетероауксин, индолилмасляная и нафтил-

уксусная кислоты и некоторые другие. Эти вещества ускоряют образование корней у черенков и приживаемость взрослых деревьев при пересадке, поэтому широко внедряются в практику озеленения.

ДВИЖЕНИЯ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ

Среди низших одноклеточных растений встречаются организмы, свободно передвигающиеся в водной среде. Высшие растения в процессе эволюции эту подвижность утратили, но сохранили способность перемещать свои органы в пространстве. Перемещения органов вызываются внешними воздействиями на растения различных факторов и в большинстве случаев связаны с процессом роста живых клеток, реже — с изменением их тургора. Способность отдельных клеток и органов растений реагировать на внешние воздействия называется чувствительностью этих органов к тому или иному воздействию.

Движения, вызванные ростом органа под влиянием одностороннего действия внешнего раздражителя, называются **тропизмом**. В природе широко распространено движение органов под влиянием света — **фототропизм**. Например, соцветия подсолнечника и одуванчика поворачиваются к свету, у комнатных растений к окну изгибается весь побег. Это явление называется **положительным фототропизмом** и объясняется тем, что освещенная сторона стебля растет медленнее, а затененная быстрее. Корень обладает **отрицательным фототропизмом**; если освещать корешок проростка с одной стороны, то он будет расти в противоположную от света сторону.

Изгибы органов под влиянием силы тяжести называются **геотропизмом**. Корешку прорастающего семени свойствен **положительный геотропизм**, поэтому он растет вниз, а стеблю — **отрицательный**, и он растет вертикально вверх. У боковых ветвей это свойство выражено в разной степени.

Верхушки побегов у вьющихся растений и усики у цепляющихся растений производят **круговые движения** — **нутации**, вызываемые неравномерным ростом. При нутациях зоны растяжения клеток вытягиваются неравномерно, то с одной стороны зоны больше, то с другой, а верхушка стебля отклоняется в противоположную сторону.

Тропизм проявляется в растущих органах. В природе наблюдаются также движения органов, закончивших рост, например у одуванчика соцветия открываются на день и закрываются на ночь или в пасмурную погоду; листочки сложного листа кислицы (рис. 62) также способны складываться или выпрямляться в зависимости от времени суток. Эти движения связаны с неодинаковым тургором клеток у основания листочков или венчика. Если тургор на верхней поверхности основания листочка увеличивается больше, чем на нижней, листочек опускается, при

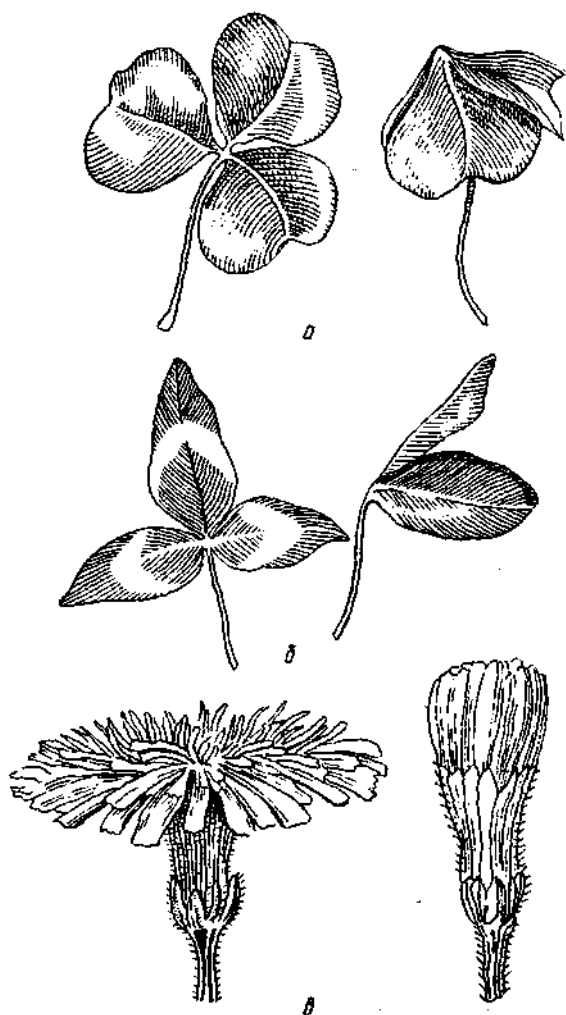


Рис. 62. Дневное (слева) и ночное (справа)
положение листьев и соцветий:
а — кислицы; б — клевера; в — кульбабы

выравнивании тургора выпрямляется. Движениями, связанными с тургором, объясняется и складывание листочков сложного листа акации белой под влиянием легкого удара, причем раздражение передается от вершинки листа к главному черешку.

РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Развитие растений заключается в качественных внутренних изменениях, которые происходят в них в течение жизни. Начиная с прорастания семян, во время развития вегетативных органов, цветения, плодоношения растения проходят различные этапы — стадии. В разные стадии развития растения различаются не только внутренне, физиологически, но могут различаться и морфологически и по требованиям к внешним условиям.

В определенный период развития большое значение для растений имеет сочетание продолжительности дня и ночи. Существуют растения длинного дня, для которых необходимо освещение не меньше 14 часов в сутки; это уроженцы северных областей: рожь, овес, клевер. Растения короткого дня, уроженцы южных областей, требуют освещения не больше 10—12 часов в сутки; это хлопчатник, просо, кукуруза. Пройдя период соответствующего освещения, растения вступают в пору цветения и плодоношения. Сокращая у древесных пород продолжительность освещения затемнением или удлиняя дополнительным освещением, изменяют сроки появления осенней окраски листвы, сроки листопада, сроки вызревания побегов, сроки цветения и плодоношения. Реакция растений на различную продолжительность дня и ночи (чередование света и темноты) называется фотопериодизмом.

СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ

ВВЕДЕНИЕ В СИСТЕМАТИКУ РАСТЕНИЙ

Известно свыше 400 тыс. видов растений, произрастающих на земном шаре. Изучением, описанием видов, установлением родства между отдельными видами и другими систематическими единицами, классификацией их и занимается систематика растений. Она изучает историю развития растительного мира, восстанавливает эволюцию его от простейших до наиболее сложных ее представителей. Созданная на основе истории развития система растительного мира поэтому и называется филогенетической.

Для выполнения перечисленных задач систематика пользуется различными методами:

сравнительно морфологическим, который изучает сходство органов по внешнему виду и дает основание устанавливать степень родства данных растений;

анатомическим, изучающим сходство анатомического строения органов и дающим основание судить о степени родства видов;

палеонтологическим, позволяющим путем сравнительного изучения ископаемых остатков восстанавливать строение вымерших видов, а через них устанавливать родство крупных систематических единиц: отделов, классов, порядков;

географическим, изучающим области распространения отдельных видов (ареалов), что помогает выяснить историю этих видов и степень родства.

При помощи этих и некоторых других методов восстанавливается картина развития растительного мира.

Кроме общего ознакомления с эволюцией растений, систематика знакомит лесоводов с жизнью всех обитателей леса — деревьев, кустарников, травянистых растений, мхов, лишайников, грибов и микроорганизмов, играющих большую роль в процессах, происходящих в лесных почвах.

Систематика — один из самых древних отделов ботаники. Человек с давних пор изучал окружающие его растения, их

внешний вид, возможность использования в пищу и для лечения, степень их ядовитости. С расширением этих знаний появилась необходимость в классификации, объединяющей разнообразные виды растений по каким-то признакам в систему. За долгие годы развития систематики было предложено много систем растительного мира. Вначале это были искусственные системы, классифицирующие растения по какому-то одному признаку, например по строению плодов, по форме венчиков. Из них наиболее совершенной была система, предложенная шведским натуралистом Карлом Линнеем (1707—1778 гг.). Он впервые указал на значение тычинок и пестиков в размножении растений, отметил постоянство в строении цветков и на основе числа тычинок в цветках разделил все виды на 24 класса. Эта система оказалась очень простой, удобной и господствовала в науке долгие годы. Линней ввел в ботанике двойные латинские названия — родовые и видовые, которые и сейчас применяются в ботанике и в зоологии.

Линней понимал, что его система несовершенна, и позднее писал о необходимости создания естественной системы, объединяющей виды на основе не одного какого-то признака, а совокупности многих признаков. Первая естественная система растительного мира была предложена в начале 19-го века французским ботаником А. Л. Жюссье, а несколько позже, более совершенная, — швейцарским ботаником О. П. Деканделем.

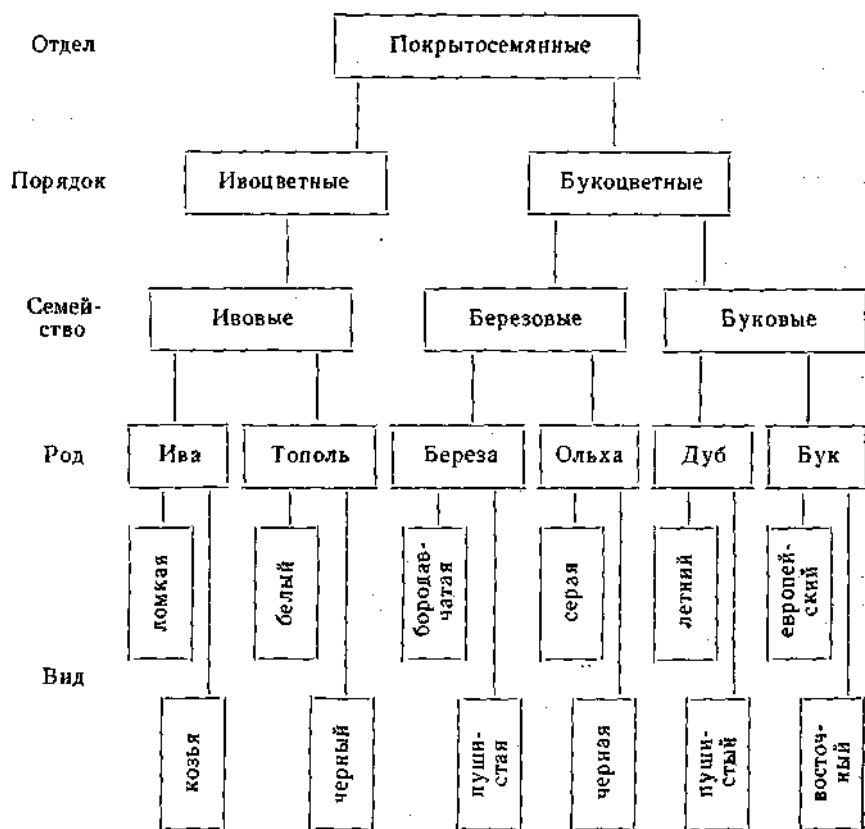
Современные филогенетические системы могли возникнуть только после распространения в биологии эволюционного учения Ч. Дарвина, так как в их основу положено развитие одних видов из других, их родственные связи, происхождение. В то же время эти системы наиболее правильно отражают развитие растений от простейших к высшим формам.

Восстановление картины развития растительного мира — задача очень сложная, многие положения остаются пока спорными. В настоящее время имеется несколько систем: австрийского ботаника Рихарда Ветштейна (1863—1931 гг.), немецкого ботаника А. Энглера (1844—1930 гг.), советских ботаников Н. А. Буша (1869—1941 гг.), А. А. Гроссгейма (1888—1948 гг.), А. Л. Тахтаджяна. Система покрытосемянных растений А. А. Гроссгейма положена в основу этого раздела учебника.

Главной систематической единицей является вид — совокупность подобных друг другу особей, свойства которых передаются по наследству потомству. Дарвин показал, что вид это понятие историческое, он возникает, развивается, меняется, исчезает, но эти процессы происходят в течение длительных периодов.

Вид неразрывно связан со средой, в которой он живет, развивается, которая на него сильно влияет, так же, как и окружающие его другие растительные и животные организмы.

Сходные, близкородственные виды в систематике объединяются в более крупные понятия — роды, близкие роды — в семейства, семейства — в порядки и отделы (см. схему). Отделы — наиболее крупные систематические единицы, виды — наиболее мелкие, с ними практически и работают лесоводы.



В систематике виды называют двойным названием: по-русски и по-латыни: сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), сосна крымская (*Pinus pallasiana*).

В таком двойном названии, например сосна обыкновенная, первое слово указывает на принадлежность растения к роду сосна, обозначается именем существительным и на латинском языке пишется с большой буквы. Второе слово в двойном названии указывает на принадлежность растения к определенному виду, обозначается именем прилагательным и пишется на латинском языке с маленькой буквы. В научной литературе после латинского видового названия растений принято ставить

главную букву фамилии автора, который описал данный вид впервые, например *Pinus silvestris* L. (Линней).

Все растения по древности происхождения, по строению и образу жизни делятся на две большие группы: низшие и высшие.

Для низших характерны водные или влажные условия существования, отсутствие дифференциации их клеток на ткани и отсутствие у них органов. Многоклеточное тело растений, не расчлененное на органы, называется слоевищем. К низшим относятся наиболее древние и наиболее просто устроенные растения, в большинстве случаев не достигающие больших размеров.

Для высших растений характерны наземные условия существования, дифференциация клеток на ткани и наличие органов.

Современные системы делят низшие растения на 10 отделов: бактерии, шесть отделов водорослей, два отдела грибов и лишайники. Мы остановимся подробнее на бактериях, грибах и лишайниках, как на отделах, имеющих более или менее важное значение в жизни леса, и на одном отделе водорослей, в котором особенно наглядно видны этапы эволюции растительного мира.

НИЗШИЕ РАСТЕНИЯ

ОТДЕЛ БАКТЕРИИ (BACTERIA)

Бактерии — большая группа мельчайших организмов, имеющих огромное значение как в природе, так и в жизни человека. Это одни из самых древних организмов земного шара, развившиеся в процессе эволюции в самостоятельную ветвь. До недавнего прошлого бактерии считались самыми мелкими организмами, сейчас открыты еще более мелкие — вирусы, видимые только в электронный микроскоп.

Размеры бактерий колеблются в пределах от 0,2 до 50 микрон. Это одноклеточные организмы или клетки их соединены в колонии (рис. 63). Морфологически различают в основном три формы: кокки — шаровидные клетки, бациллы — цилиндрические или палочковидные, спириллы — извилистые палочки. Между ними встречаются промежуточные формы. Кокки, соединенные слизью попарно, называются диплококками, цепочкой — стрептококками, в виде пакетиков — сарцинами.

Если морфологически бактерии сравнительно однородны, то физиологически, по характеру процессов жизнедеятельности, они очень разнообразны. Неразличимые по внешнему виду палочкообразные бактерии могут относиться к видам полезным для человека (кишечная палочка), безразличным (сенная палочка) и смертельно опасным (возбудитель туберкулеза — палочка Коха).

Бактерии имеют очень тонкую оболочку, которая содержит белки и легко ослизняется снаружи. Протопласт бактерий не дифференцирован, в них долго не могли обнаружить ядра, и только с изобретением электронного микроскопа у некоторых видов его удалось найти. Пластид в клетках нет, и большая часть видов бесцветна. Очень немногие бактерии (пурпурные) образуют красный пигмент. Крахмал в клетках не содержится, питательные вещества откладываются в виде гликогена (веще-

ство, похожее на крахмал, но желтеющее от йода) и жиров.

Многие виды бактерий движутся с помощью жгутиков из протоплазмы (одного, двух или многих) или благодаря змеевидному движению всей клетки.

Размножаются бактерии простым делением клетки: кокки во всех направлениях, палочки — перпендикулярно длине, затем клетки быстро достигают до обычных размеров и делятся вновь. В благоприятных условиях некоторые виды бактерий делятся через каж-

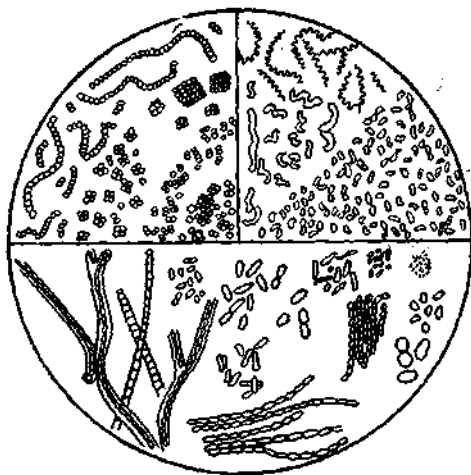


Рис. 63. Различные формы бактерий

дые 20—30 минут. Одна клетка за сутки может образовать миллиарды клеток. Но в природе этот процесс быстро приостанавливается из-за изменяющихся условий, да и вновь образовавшиеся клетки ухудшают среду (возникает недостаток питания, влаги). Некоторые виды бактерий образуют споры, при этом протоплазма их обезвоживается, и ее поверхность покрывается толстой оболочкой. Споры разносятся ветром, водой, ими очень богаты атмосферная пыль, почва, загрязненная вода. Они очень стойко переносят неблагоприятные внешние условия. У некоторых видов споры в сухом виде переносят высокие температуры (до 150°), кипячение в воде в течение нескольких часов, очень низкие температуры (-190°). С наступлением благоприятных условий споры набухают, сбрасывают наружную оболочку и превращаются в жизнедеятельные клетки. Образование спор у бактерий является приспособлением для перенесения неблагоприятных условий, а не размножением, так как каждая клетка образует только одну спору.

Жизнедеятельность бактерий проходит в самых разнообраз-

ных условиях. Так, разные виды бактерий способны развиваться при температуре от -2° до 75° . Средняя же температура для них будет $4-46^{\circ}$. При нагревании до $50-60^{\circ}$ большая часть видов гибнет в течение 30 мин., а при 70° за 5—10 мин.

Все бактерии делятся на аэробные, для дыхания которых необходим кислород, и анаэробные, нормально развивающиеся без кислорода, например на дне глубоких водоемов.

В отношении углеродного питания большая часть видов бактерий относится к группе гетеротрофных организмов. Среди них много паразитов, живущих в теле животных, людей и даже растений. Большая группа бактерий-сапрофитов поглощает нужные им органические вещества, разлагая остатки отмерших организмов. При разложении азотистых веществ бактериями происходит процесс гниения, а при разложении безазотистых органических веществ — углеводов происходит процесс брожения. Бактерии разлагают и используют для питания все встречающиеся в природе органические соединения животного и растительного происхождения, даже такие, которые для других организмов совершенно непригодны, например нефть, керосин, торф, каменный уголь.

Очень немногие виды бактерий относятся к автотрофным организмам, т. е. способны усваивать углерод из углекислоты. Пурпурные бактерии используют для этого энергию света и поэтому являются фототрофными. Наконец, к хемотрофным относятся нитрифицирующие, серные, железные бактерии, которые используют энергию, освобождающуюся во время окислительных реакций, и при помощи ее связывают углерод.

Азотистое питание бактерий также разнообразно. Большая часть видов использует органические азотистые соединения, освобождающиеся при гниении, часть видов использует селитру, аммиак и его соли. Некоторые виды поглощают и связывают свободный азот атмосферы (подробно об этом см. «Усвоение зольных веществ и азота», стр. 132), чего не могут делать остальные растения и животные.

Распространены бактерии от высочайших гор до глубоких океанов. Мало их в полярных странах, в горах выше 4000 м и в горных породах глубже 5 м. Очень много бактерий в почве (в 1 г ее содержатся сотни миллионов их), в загрязненной воде, в воздухе многолюдных помещений. Многие виды живут в теле животных и человека, особенно в полости рта и в кишечнике.

Бактерии осуществляют биологический круговорот веществ в природе. Они разлагают трупы животных и отмершие растения, переводя при этом сложные органические соединения в простые: в воду, углекислоту, аммиак, минеральные соли. Зеленые растения, поглощая эти соединения, строят из них сложные органические вещества своего тела, которые впоследствии будут также разложены бактериями.

В результате разложения бактериями отмерших организмов в почву возвращаются минеральные соли, поглощенные из нее зелеными растениями, восстанавливается плодородие почвы. Вносимые в почву органические удобрения — навоз, компост — обогащают почву только после того, как их сложные органические соединения разложены бактериями. Особенную роль при этом играют нитрифицирующие бактерии, переводящие малодоступные азотистые соединения почвы в легкоусвояемые нитраты.

Поглощение и связывание атмосферного азота бактериями также ведет к обогащению почв азотом, количество которого чаще всего определяет плодородие почвы.

Большое практическое значение имеет процесс брожения — разложение бактериями углеводов. Бактерии молочнокислого брожения используются при изготовлении простокваши, кефира, кумыса, творога. Накопление молочной кислоты при брожении задерживает развитие гнилостных бактерий при квашении капусты и силосовании кормов. Бактерии маслянокислого брожения вызывают порчу масла. Этот вид брожения используется при приготовлении сыра. Уксуснокислое брожение используется при приготовлении виноградного уксуса.

Серобактерии разлагают сероводород, накапливающийся в водоемах, богатых разлагающимися органическими остатками.

Железобактерии, живущие в воде, переводят закисные соли железа в окисные. С деятельностью бактерий связано образование нефти и каменного угля.

Гнилостные бактерии наносят большой ущерб народному хозяйству, вызывая порчу мяса, рыбы, овощей, фруктов. В пищевой промышленности широко применяются меры борьбы с гнилостными бактериями: засолка продуктов, копчение, замораживание, консервирование, квашение, маринование.

Многие виды бактерий, называемые патогенными, являются возбудителями инфекционных болезней: туберкулеза, тифа, холеры, дифтерии, дизентерии. Существует самостоятельная наука бактериология, которая изучает бактерии, их развитие, жизнедеятельность, меры борьбы с опасными видами.

ВОДОРОСЛИ (ALGAE)

Водоросли — большая группа растений, живущих в воде или во влажной среде, тело которых не дифференцировано на ткани и органы, т. е. является слоевищем. Благодаря наличию хлорофилла они ассимилируют углерод и относятся к фототрофным растениям.

Водоросли различаются по строению и величине. Среди них встречаются одноклеточные, колонии, многоклеточные нити неветвящиеся и ветвящиеся, сложно расчлененные, слоевища. Размеры их колеблются от микроскопически малых величин одно-

клеточных до огромных лентовидных слоевищ длиной до 40 м. Есть виды подвижные и неподвижные. Даже по окраске водоросли очень разнообразны, что нашло отражение в названиях отделов: сине-зеленые, зеленые, бурые, красные.

Разнообразны у водорослей и способы размножения.

Бесполое размножение происходит путем деления клеток или отчленения части слоевища и разрастания его до нормальных размеров, а также путем образования спор. Споры у водорослей бывают неподвижные или подвижные. Образуются споры в результате многократного деления внутри одной из клеток в виде многочисленных мелких клеточек, которые через некоторое время дорастают до материнских размеров и образуют новые особи. Подвижные споры — зооспоры имеют один или несколько жгутиков, при помощи которых они свободно движутся в воде некоторое время, затем теряют их и разрастаются в новый организм.

Половое размножение — слияние двух гамет и образование зиготы — у водорослей встречается четырех типов: изогамия, гетерогамия, оогамия, конъюгация.

При изогамии внутри одной из клеток после многократного ее деления образуются многочисленные мелкие подвижные половые клетки — гаметы. Плавая в воде, внешние совершенно одинаковые клетки соединяются попарно, сливаются и образуют зиготу. Зигота покрывается оболочкой и переходит в период покоя, после которого разрастается в новую особь.

При гетерогамии также образуются гаметы, но разной величины и происходит слияние обязательно двух разных по величине гамет: большой и маленькой.

При оогамии гаметы образуются в особых клетках. Одна большая клетка — оогоний, делясь, образует несколько крупных неподвижных женских гамет — яйцеклеток, богатых питательными веществами. В другой клетке — антеридии образуются мелкие многочисленные подвижные мужские гаметы — сперматозоиды. Слияние гамет происходит в оогонии. После периода покоя зигота развивается в новую особь.

По водорослям можно проследить, как шла эволюция этих процессов — от более примитивной изогамии к более сложной оогамии с образованием особых клеток, вместилищ гамет: оогониев и антеридиев. У наиболее сложных водорослей одноклеточный оогоний окружен спирально скрученными нитями, а у высших наземных растений становится многоклеточным органом.

У водорослей встречается еще один своеобразный способ полового размножения — конъюгация (сцепление), когда сливаются две клетки-гаметы, ничем не отличающиеся от остальных клеток тела данного растения; образующаяся затем зигота после периода покоя вырастает в новый организм.

Водоросли встречаются в пресных и соленых водоемах, в реках, озерах, морях и океанах, но некоторые из них приспособились к жизни во влажных условиях на суше. На сырых почвах (до 100 тыс. экземпляров в 1 г почвы), на коре деревьев, на заборах, на камнях, скалах часто появляются зеленые налеты, образованные разными видами одноклеточных водорослей. В сложном сожительстве (симбиозе) с грибами водоросли образуют лишайники.

Значение водорослей велико — они обеспечивают возможность жизни животных в воде. Водоросли создают в воде органические вещества, которые служат пищей для животных, в процессе фотосинтеза они поглощают углекислоту, выдыхаемую животными, и обогащают воду кислородом, необходимым для дыхания животных.

Морские бурые и красные водоросли содержат йод (до 3% веса золь), бром, калий. Из красных водорослей готовят агар-агар — вещество в виде студня, богатое полисахаридами, которое применяют в бактериологии для приготовления питательных сред и в кондитерском деле. Некоторые виды морских водорослей употребляются человеком в пищу, например морская капуста ламинария.

Водоросли разделяются на 10 отделов. Мы остановимся на одном отделе — зеленые водоросли (*Chlorophyceae*), на которых особенно наглядно виден процесс эволюции. Зеленые водоросли являются центральным отделом низших растений, среди них возникли наиболее сложные виды, которые приспособились когда-то к наземному образу жизни и являются предками ныне существующих наземных растений.

Зеленые водоросли окрашены в зеленый цвет. Клетки их имеют значительно более сложное строение, чем клетки бактерий. Протопласт клеток дифференцирован на протоплазму, ядро, пластиды. Очень разнообразные по форме хлоропласты водорослей называются хроматофорами. Оболочка клеток чаще целлюлозная, не содержащая азота.

Бесполое размножение зеленых водорослей происходит отделивающимися кусками нитей или образованием неподвижных спор и зооспор. Половое размножение встречается в форме изогамии, гетерогамии, оогамии и конъюгации. Зеленые водоросли разнообразны по форме и величине.

Отдел зеленые водоросли делится на три класса: собственно зеленые водоросли, сциплянки и харовые.

КЛАСС СОБСТВЕННО ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ

Класс собственно зеленые водоросли представляет особый интерес, так как наиболее богат различными формами. Этот класс является основной ветвью в эволюции низших растений, давшей растения, которые перешли впоследствии к назем-

ному образу жизни. Для класса собственно зеленые водоросли характерно бесполое размножение зооспорами и половое размножение в форме изогамии, гетерогамии или оогамии.

По сложности строения тела и образу жизни собственно зеленые водоросли делятся на четыре порядка: вольвоксовые, протококковые, улотриковые и сифонниковые.

Порядок вольвоксовые

К порядку вольвоксовые относятся одноклеточные организмы и колонии, подвижные в течение всей их жизни; при помощи тонких протоплазматических жгутиков они свободно плавают в воде.

Представителем одноклеточных является хламидомонада (*Chlamidomonas*). Клетка ее имеет округлую форму, на одной стороне на ней находятся два жгутика. Внутри клетки хорошо различимы протоплазма, ядро, пульсирующая вакуоля, чашеобразный хроматофор и красное пятнышко-глазок, при помощи которого клетка реагирует на свет: подплывает к освещенному месту и уплывает от яркого света. Бесполое размножение заключается в быстром делении клетки на 4—8 частей, молодые клетки превращаются во взрослые организмы. Половое размножение происходит в форме изогамии или гетерогамии.

Примером водоросли-колонии может служить вольвокс (*Volvox*). Многочисленные мелкие клетки его имеют такое же строение, как и хламидомонада. Они расположены в один ряд на периферии шаровидных колоний так, что жгутики каждой клетки выставлены наружу. Внутри колония заполнена слизью, клетки связаны между собой тонкими протоплазматическими тяжами. В колонии, кроме мелких зеленых клеток со жгутиками, образуются особые, более крупные неподвижные клетки — для размножения. При бесполом размножении эти клетки, многократно делясь, образуют новые мелкие колонии. Половое размножение происходит в форме оогамии. После зимнего покоя из неподвижной зиготы образуется новая колония.

Хламидомонада и вольвокс живут в лужах и пресных водоемах. Сильно размножаясь в благоприятных условиях, они окрашивают воду в зеленый цвет.

Подвижность водорослей этого порядка указывает на древность их происхождения, на родство их с подвижными одноклеточными животными организмами, с которыми они имели общих предков.

Порядок протококковые

К порядку протококковые относятся неподвижные одноклеточные организмы и колонии. В отличие от предыдущего порядка, жгутиков и красного пигмента у них нет. Бесполое размножение происходит спорами, половое — в форме изогамии.

Представителем порядка протококковые может служить хлорококк (*Chlorococcum*). Это одноклеточная водоросль шаровидной формы, широко распространена, встречается в воде, на сырой земле, на коре деревьев и в лишайниках.

Большой интерес представляет хлорелла (*Chlorella*), широко распространенная в водоемах, на сырой почве, в лишайниках. По интенсивности фотосинтеза и образованию органических веществ эта водоросль превосходит другие виды. Жизнедеятельность ее подробно изучается.

Порядок улотриковые

К порядку улотриковые относятся многоклеточные нитчатые водоросли. В их строении отмечается дальнейшее усложнение — многоклеточность. Делясь в одном направлении,

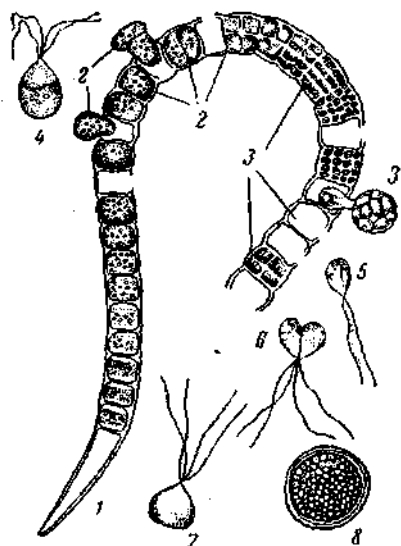


Рис. 64. Улотрикс:

1 — нить с образованием зооспор 2 и гамет 3; 4 — зооспора; 5 — гамета; 6 и 7 — слияние гамет; 8 — зигоспора

клетки остаются соединенными в нити. У более примитивных форм нити не ветвящиеся, например у водорослей рода улотрикс (*Ulothrix*). Дальнейшее усложнение привело к образованию ветвящихся нитей, например у видов рода кладофора (*Cladophora*).

Улотрикс в виде тонких нитей ярко-зеленого цвета растет на подводных предметах вблизи поверхности воды в реках, не ветвящиеся нити его состоят из одинаковых зеленых клеток и только самая нижняя, бесцветная, служит для прикрепления нити. Бесполое размножение — зооспорами, половое — в форме изогамии (рис. 64).

Кладофора — ветвящаяся нитчатая водоросль, достигающая в реках значительных размеров (до 1 м), клетки ее многоклеточные.

Порядок сифонниковые

Порядок сифонниковые отличается неклеточным строением тела. Представителем его может служить вошерия (*Vaucheria*) — слабо ветвящаяся зеленая нить, встречающаяся в воде или на сырой земле среди мхов. Эта нить внутри не делится

на клетки, и вся полость ее заполнена общей протоплазмой с крупной вакуолью. В протоплазме находятся многочисленные хлоропласты в виде зерен и большое количество мелких ядер. Бесполое размножение происходит зооспорами. Половое размножение оогамное.

Сифонниковые не дали более сложных форм и являются как бы боковой ветвью в эволюции водорослей.

КЛАСС СЦЕПЛЯНКИ

К классу сцеплянки относятся одноклеточные и нитчатые многоклеточные водоросли, не образующие зооспор. Половое размножение их происходит в форме конъюгации. Из этого класса очень часто встречается в пресных водоемах спирогира (*Spirogyra*), длинные тонкие нити которой составляют главную массу тины. Нити спирогиры состоят из крупных цилиндрических клеток со спиральным хроматофором. В результате деления клеток нити удлиняются, части их отрываются и вновь удлиняются. При половом размножении на клетках двух рядом лежащих нитей образуются соединяющиеся выросты, через которые содержимое клетки одной нити переливается в клетку другой нити и здесь образуется зигота. Зигота покрывается толстой оболочкой, а после зимнего покоя освобождается от старой оболочки и прорастает в новую нить.

Одноклеточные сцеплянки очень разнообразны и широко распространены в пресных водах, в почве, в торфяных болотах.

КЛАСС ХАРОВЫЕ

Наибольшей сложности строения среди зеленых водорослей достигли харовые. По внешнему виду они похожи на хвощи, имеют как бы стебель и боковые веточки, расположенные мутовками и состоящие из одного ряда крупных клеток. Образуют заросли в прибрежных зонах и достигают высоты 50 см. Споры у них не образуются, половое размножение — в форме оогамии.

ОТДЕЛ ГРИБЫ (FUNGI)

К отделу грибы относится много видов растений, отличающихся от водорослей отсутствием хлорофилла в клетках и наземным образом жизни. Произошли они от нитчатых водорослей и в процессе эволюции образовали большую самостоятельную ветвь. К ним относятся не только широко известные шляпные съедобные и ядовитые грибы, растущие в лесу, но и все мелкие организмы, образующие плесень, и множество видов, паразитирующих на других растениях и на животных. В связи с отсутствием у них зеленой окраски, а следовательно, и фотосинтеза все грибы относятся к сапрофитам или к паразитам.

Грибы отличаются следующими характерными чертами строения. В их клетках не образуются ни хлорофилл, ни пластиды. Запасные питательные вещества откладываются в виде гликогена, крахмал не образуется. Оболочки клеток, состоящие из клетчатки, содержат и азотистые вещества. Тело грибов состоит из тонких, сильно ветвящихся белых нитей — гиф. Совокупность гиф, так называемый мицелий, или грибница, пронизывает субстрат, т. е. питательную среду, на которой растет данный гриб (лесную подстилку, почву, овощи, фрукты). Благодаря сильно разветвленным гифам грибы имеют большую поглощающую поверхность, которая обеспечивает обильное снабжение их минеральными и органическими веществами.

В морфологическом отношении гифы различных видов очень сходны, и по мицелиям их различать трудно. В связи с наземным образом жизни у них усложняется бесполое размножение, возникают новые способы образования спор. У высших грибов образуются особые плодовые тела разнообразной формы в виде шариков, копытообразных наростов, ножек со шляпками и др., в которых созревают споры и по которым виды этих грибов легко различаются.

При половом размножении у грибов, как и у водорослей, наблюдается изогамия, гетерогамия, оогамия и конъюгация с некоторыми изменениями у более высокоорганизованных видов.

По сложности строения и способам размножения отдел грибы делится на два подотдела: низшие и высшие грибы.

Низшие грибы по строению очень сходны с сифонниковыми водорослями и, очевидно, от них и произошли. Это многоядерные организмы неклеточного строения, размножающиеся половым путем в форме конъюгации.

Типичным представителем низших грибов является мукор (Мисог). Он развивается в виде белого пушка на овощах, ягодах, плодах, вызывая их порчу. Споры мукора, попав в благоприятные условия, быстро прорастают и образуют сильно разветвленный белый мицелий с многоядерным общим протопластом, не разделенным на клетки (рис. 65). На мицелии появляются неветвящиеся вертикальные выросты с шарообразными вздутиями на концах. Эти шарики называются спорангиями, в них образуются многочисленные мелкие споры. Когда споры созревают, спорангии лопаются и споры разносятся по воздуху на большие расстояния.

Половое размножение (конъюгация) у мукора происходит при соприкосновении кончиками двух гиф соседних особей. Концы гиф при этом отгораживаются перегородками, содержащее их сливается и образуется зигота, которая покрывается толстой оболочкой. После периода покоя она прорастает в новый гриб.

К низшим грибам относится также и фитофтора, вызывающая болезнь картофеля, так называемую сухую гниль клубней.

К высшим относятся все грибы, имеющие многоклеточные гифы. Сильно замедленный половой процесс у них заканчивается в плодовых телах, после чего происходит быстрое образование спор, так называемое половое спороношение, которое характерно только для высших грибов. По способу полового

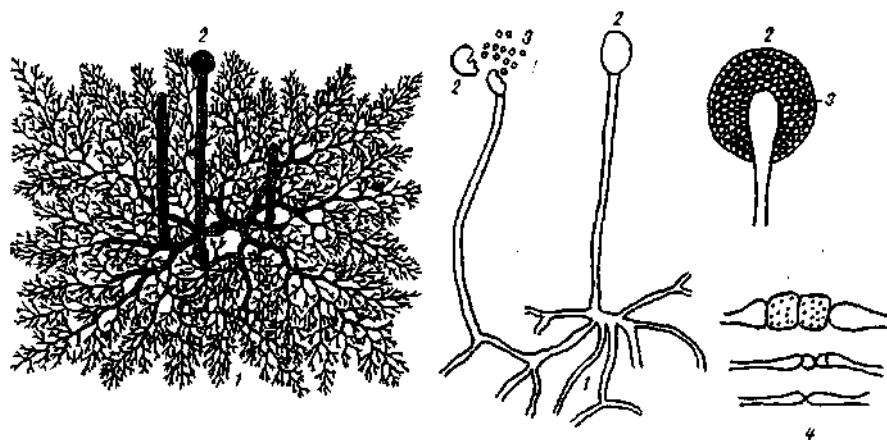


Рис. 65. Мукор:
1 — мицелий; 2 — спорангий; 3 — споры; 4 — конъюгация

спороношения высшие грибы делятся на два класса: сумчатые и базидиальные.

КЛАСС СУМЧАТЫЕ ГРИБЫ

К классу сумчатые грибы (аскомицеты) относятся многие виды мелких грибов, образующие плесень или паразитирующие на травянистых растениях. К видам, образующим крупные съедобные плодовые тела, относятся сморчки (*Morchella*) и строчки (*Gyromitra*).

Рассмотрим развитие и размножение сумчатых грибов, взяв для примера сморчок. Споры сморчка, попав в благоприятные условия, прорастают и образуют в лесной подстилке мицелий. Встречающиеся в почве гифы двух соседних особей соприкасаются и конечные клетки их сливаются, образуя одну клетку с двумя ядрами (дикарион). Двухядерная клетка делится, и образуется ветвящаяся гифа из двухядерных клеток. Разрастаясь, мицелий сморчка образует на поверхности почвы плодовые тела в виде ножки и морщинистой конической шляпки, в которых переплетаются гифы из одноядерных и двухядерных клеток. Поверхность плодового тела сморчка бархатистая, так как на ней,

подобно ворсинкам, выставлены кончики гиф из двуядерных клеток. В конечных клетках этих гиф происходит слияние двух ядер и образование одного диплоидного ядра, т. е. завершается половой процесс. Клетки с диплоидным ядром (сумки, или аски) вытягиваются и в них в результате деления образуются по восемь ядер, которые, будучи окружены протоплазмой и оболочкой, превращаются в споры. Так, на поверхности плодового тела образуются многочисленные сумки с восемью аскоспорами,

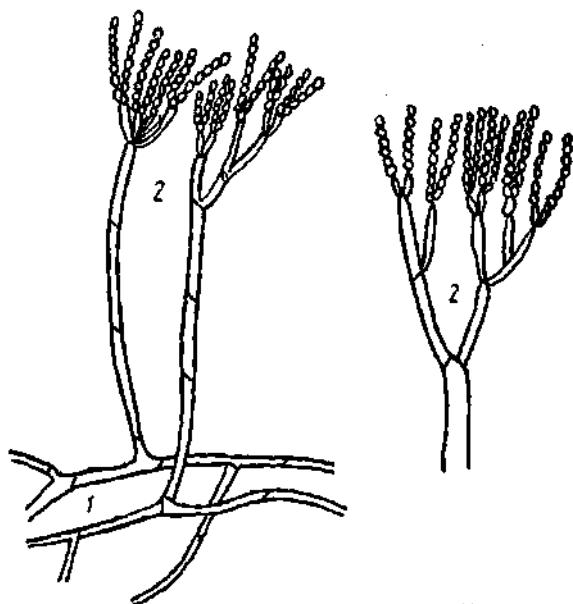


Рис. 66. Пенициллум:
1 — мицелий; 2 — конидии с конидиоспорами

сумки лопаются и споры разносятся током воздуха; попав в благоприятные условия, они прорастают. Процесс образования аскоспор внутри сумок характерен для всех сумчатых грибов. Кроме аскоспор, они размножаются кусками мицелия, которые разрастаются и образуют новые особи.

Из сумчатых большое практическое значение имеют дрожжевые грибы (*Saccharomycetes*). Это одиночные клетки, размножающиеся почкованием. При почковании на поверхности клетки появляются выросты, которые постепенно отшнуровываются от материнской клетки. Половой процесс наблюдается редко, после него образуются внутри клетки споры. Дрожжевые грибы разлагают сахара на этиловый спирт и углекислоту. Прибавленные в тесто дрожжи в процессе брожения выделяют большое количество углекислоты.

На органических продуктах, овощах и фруктах развивается кистевик, или голубая плесень (*Penicillium*). Она имеет вид голубоватого налета и состоит из тонких коротких нитей, прикрепленных нижним концом к субстрату (рис. 66). Ветвящиеся концы этих нитей образуют кисточки — конидии, на концах которых отшнуровываются клетки — конидиоспоры, при помощи которых кистевик быстро размножается. Аскоспоры образуются редко, внутри мелких плодовых тел округлой формы. Некоторые виды кистевика выделяют в окружающую среду особое вещество пенициллин — антибиотик, широко применяемый в медицине при лечении инфекционных болезней.

На травах и древесных растениях паразитирует многочисленное семейство мучнеросных грибов. Их конидии развиваются на поверхности зараженного органа, который становится при этом как будто посыпанным мукой.

КЛАСС БАЗИДИАЛЬНЫЕ ГРИБЫ

К классу базидиальные грибы (базидиомицеты) относятся разнообразные виды, объединенные по типу полового спороношения, в результате которого образуются базидиоспоры.

Схему развития и спорообразования их рассмотрим, взяв для примера белый гриб (*Boletus edulis*). В благоприятных условиях из проросшей споры образуется сильно разветвленный мицелий. При соприкосновении концов гиф двух соседних мицелиев конечные клетки их сливаются (у некоторых видов сливаются клетки особой формы) и образуется клетка с двумя ядрами, как у сумчатых грибов. Из нее развиваются ветвящиеся гифы с двуядерными клетками, которые образуют плодовые тела с ножкой и шляпкой, на нижней стороне которой имеется рыхлый трубчатый слой, пронизанный вертикальными трубочками. Кончики гиф из двуядерных клеток высовываются в трубочках в виде ресничек.

В последней клетке таких ресничек — базидии (рис. 67) два ядра сливаются, образуется одно диплоидное ядро, и половой процесс на этом заканчивается. Новое ядро делится дважды, и образовавшиеся четыре ядра передвигаются в выросты, возникающие на базидиях; образующиеся четыре споры отшнуровываются и выпадают из трубочек. Следовательно, в отличие от аскопор, развивающихся в сумках, базидиоспоры образуются на поверхности клеток-базидий. При попадании спор в благоприятные условия начинается развитие нового гриба. У большей части видов базидиальных грибов мицелий многолетний, поэтому плодовые тела их образуются из года в год на одном и том же месте (так называемые грибные места).

Базидиальные грибы делятся на порядки, из которых особенный интерес представляет порядок гименомицеты.

К гименомицетам относятся виды, у которых базидиоспоры образуются на нижней стороне шляпки в особом рыхлом гимениальном слое. Большая часть видов этого порядка — сапрофиты, растущие на земле и образующие крупные плодовые тела. Некоторые из них вступают в симбиоз с зелеными растениями и образуют на их корнях микоризы. Некоторые виды паразитируют на древесных растениях.

По строению гимениального слоя и некоторым другим признакам различают два семейства: трутовиковые (Polyporaceae),

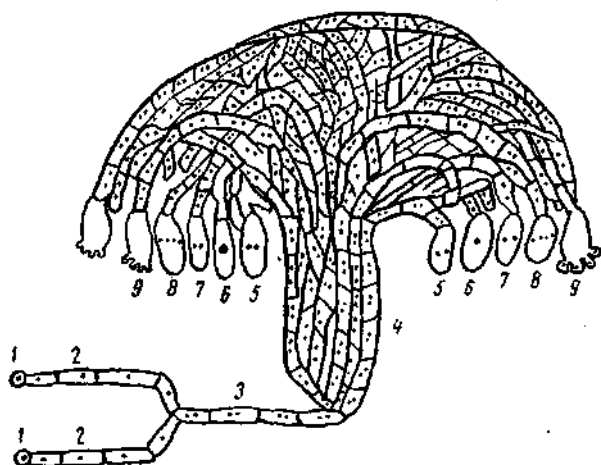


Рис. 67. Схема полового спороношения базидиального гриба:

1 — спора; 2 — гифа; 3 — двуядерная гифа; 4 — гифы в плодовом теле; 5 — базидия с двумя ядрами; 6 — базидия после слияния ядер; 7 — двуядерная базидия после редукционного деления; 8 — четырехъядерная базидия; 9 — образование базидиоспор

с трубчатым гимениальным слоем на нижней стороне шляпки, и пластинчатые (Agaricaceae), гимениальный слой у которых расположен на радиальных пластинках с нижней стороны шляпки.

К семейству трутовиковые относятся самые ценные съедобные грибы: белый гриб, подосиновик, подберезовик, масленок. К этому же семейству относятся виды, паразитирующие на древесных растениях. Их споры, попадая на пораненную кору, образуют в стволе деревьев мицелий, который разрушает древесину, и со временем в стволе возникает дупло. На поверхности стволов гриб образует твердое многолетнее копытообразное плодовое тело, в котором созревают споры. На лиственных деревьях паразитируют ложный трутовик (*Fomes igniarius*) и настоящий трутовик (*Fomes fomentarius*), на хвойных — корневая губка (*Fomes annosus*), сосновая губка (*Trametes pini*) и ело-

ная губка (*Trametes abietis*). К паразитам березы, тополя, дуба относятся также трутовики рода *Polyporus*.

Большой вред приносят домовые грибы родов *Merulius* и *Poria* — сапрофиты, разрушающие деревянные части построек повышенной влажности.

Грибы семейства пластинчатые в большинстве сапрофиты, многие — микоризообразователи и некоторые виды — паразиты. К этому семейству относятся многие съедобные грибы: шампиньоны, сыроежки, грузди, рыжики, лисички, из паразитов — опёнок, из ядовитых — мухомор и бледная поганка.

К базидиальным относится также богатый видами порядок головневые грибы, которые являются паразитами травянистых растений, особенно хлебных злаков. Зараженные колоски к моменту созревания покрываются черными спорами и становятся как бы обожженными.

В самостоятельный порядок ржавчинные грибы выделены паразиты с разнообразными способами образования спор, живущие и на травянистых и на древесных растениях. В момент образования спор они образуют на листьях хозяина ржавые пятна.

* * *

Грибы — малозаметные, но широко распространенные организмы. Как и бактерии, они принимают участие в круговороте веществ в природе, разрушая главным образом древесину, а в ней целлюлозу. Начинают разрушать древесину трутовики — паразиты. Древесина темнеет, трескается, теряет прочность. Упавшие на почву остатки древесины разрушаются плесневыми грибами. При этом в почву возвращаются вещества, взятые корнями деревьев из почвы, плодородие ее повышается. В то же время разрушение древесины приносит большой ущерб народному хозяйству.

Многие виды грибов паразитируют на травянистых растениях, на животных и даже на человеке.

Грибы входят в состав лишайников, широко распространенных в лесах и тундрах.

Наконец, следует остановиться на значении грибов как продукта питания. Они содержат около 30—40% белков, 10—15% углеводов к сухому весу. Белки грибов трудно усваиваются организмом, поэтому грибы имеют больше вкусовое значение.

Среди грибов есть и ядовитые, например бледная поганка, отравление которой приводит к смертельному исходу.

ОТДЕЛ ЛИШАЙНИКИ (LICHENES)

Лишайники — слоевищные растения, образуемые двумя организмами, относящимися к разным отделам: к грибам и водорослям. Тело лишайника состоит из переплетенных нитей —

гиф гриба, среди которых живут одноклеточные водоросли. Грибы, неспособные к фотосинтезу, получают от водорослей готовые углеводы, а взамен доставляют им воду, минеральные растворы и предохраняют от высыхания. Возникшие в результате такого сложного симбиоза, открытого русскими учеными А. С. Фаминцыным (1835—1918 гг.) и О. В. Баранецким (1843—1905 гг.), новые организмы — лишайники приспособились в процессе эволюции к суровым условиям существования. В образовании лишайников принимают участие главным



Рис. 68. Типы слоевища лишайника: слева — листоватые петрарии, справа — кустистые кладонии

образом виды сумчатых грибов, которые настолько приспособились к симбиозу, что самостоятельно, без водорослей, существовать не могут. Из водорослей в состав лишайников входят виды сине-зеленых и зеленых, но они сохранили способность развиваться самостоятельно и без грибов. Если погрузить лишайники на длительное время в воду, грибы отмирают, а водоросли продолжают нормально развиваться. Виды грибов можно выращивать отдельно на питательных средах. Выращивая грибы из спор, полученных с лишайников, и прибавляя в их культуру клетки водорослей, получали лишайники в искусственных условиях.

В этом сложном симбиозе господствуют грибы, они умеренно паразитируют на водорослях, так как не только получают готовые углеводы, но периодически гифы их проникают в отдельные клетки водорослей, разрушают и поглощают их содержимое.

Внешний вид лишайников разнообразен: они имеют вид мелких корочек, гладких или бугристых пластинок с надрезанными в разной степени краями, небольших кустиков, растущих на земле или свисающих с деревьев. Разнообразны они и по ок-

раске: различных оттенков коричневые, почти черные, бурые, беловатые, серые, но не чисто зеленые, так как белые гифы грибов маскируют зеленую окраску водорослей.

По форме лишайники делятся на три группы: накипные (корковые), листоватые и кустистые. Накипные в виде тонкой корочки очень плотно прикрепляются к камням, коре деревьев; листоватые (рис. 68) имеют более крупные слоевища в виде более или менее рассеченной пластинки, сравнительно слабо прикрепленной к почве или коре; у кустистых слоевище в виде сильно разветвленных кустиков.

Слоевище листоватого лишайника имеет следующее анатомическое строение (рис. 69). Сверху оно покрыто корковым слоем из очень плотно переплетенных белых гиф гриба. Ниже гифы образуют более рыхлый гонидиальный слой, в котором находятся зеленые клетки водорослей. Под ними — рыхлый сердцевинный слой без водорослей, только из гиф гриба, а снизу опять корковый слой из очень плотно переплетенных гиф. От нижнего коркового слоя многочисленные гифы (ризиды) врастают в почву. Они прикрепляют лишайники к почве и снабжают их питательными растворами и водой.

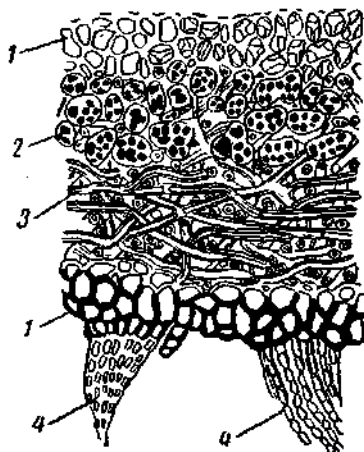


Рис. 69. Анатомическое строение слоевища лишайника:

1 — корковый слой; 2 — гонидиальный слой; 3 — сердцевинный слой; 4 — ризиды

Размножаются лишайники кусками слоевищ или особыми органами — соредиями и изидиями. Когда образуются соредии, водоросли начинают усиленно делиться и переплетаются кусочками гиф. В этих местах корковый слой лопается, и содержимое в виде мелкой пыли разносится ветром. В благоприятных условиях нити грибов разрастаются и вместе с водорослями образуют новый лишайник. Скопления водорослей и нитей грибов могут образовать выступы — бородавки на поверхности лишайников (изидии), которые со временем отделяются и прорастают в новые особи. В изидиях имеются уже готовые корковый и другие слои лишайника.

Грибы, входящие в состав лишайников, могут размножаться и самостоятельно, образуя споры, а водоросли — делением клеток.

Лишайники содержат особый углевод лихенин (близкий к крахмалу), жиры, белки, минеральные соли, органические кислоты и пигменты. К внешним условиям они очень нетребовательны. Влагу поглощают всей поверхностью, увеличиваясь

при этом в весе в 3 раза. Лишайники выносят длительное высушивание, становясь очень хрупкими. Они довольствуются скудным минеральным питанием, используя для этого даже атмосферную пыль. Для усиления минерального питания лишайники выделяют щавелевую кислоту, которая способствует растворению камней и горных пород, на которых они растут. В результате слабого питания у лишайников наблюдается очень медленный рост; накипные лишайники прирастают в год на 8—10 мм, кустистые на 3—5 мм. Все лишайники плохо переносят задымление воздуха, наличие в нем копоти и сернистого газа.

Распространены лишайники широко: в холодных областях тундры, в лесотундре, высоко в горах и в полярных странах до крайних пределов растительности. Они заселяют места, где нет конкурентов из других видов растительности, на камнях, скалах, на бедных песчаных и тяжелых холодных глинистых почвах. Лишайники в этих условиях являются пионерами в образовании почвы, они содействуют разрушению горных пород, накоплению в трещинах и ямках органических остатков, обеспечивая этим возможность поселения более требовательных видов.

В Советском Союзе лишайниками покрыты огромные площади в тундре и лесотундре, а также в сосновых борах на сухих песчаных почвах (сосняки лишайниковые). Поселяясь на коре ослабленных деревьев, лишайники не паразитируют на них, но оказывают отрицательное действие, так как дают приют вредным насекомым и грибам-паразитам. Кроме того, разрастаясь на стволах, они затрудняют их дыхание.

Главное практическое значение лишайников заключается в том, что ими питаются в тундре олени, пища которых на 75% состоит из лишайников, а зимой это их единственный корм. Из лишайников, кроме того, можно получать медицинскую глюкозу, спирт, лакмус, витамин С.

В лесном покрове наиболее часто встречается цетрария, или исландский мох (*Cetraria islandica* Ach.) — невысокие кустики сероватого или темно-бурого цвета. Концы лентовидных ветвящихся слоевищ у них часто загнуты в трубочки. В лесах исландский мох образует пятна или сплошные ковры.

Распространена также кладония, или олений мох, небольшие кустики из мелко разветвленного трубчатого слоевища серо-зеленого цвета, образующие рыхлые подушки или сплошные ковры. В лесах встречаются вместе три вида: кладония лесная (*Cladonia silvatica* Hoffm.), кладония рангиферина (*Cladonia rangiferina* Web.), кладония альпийская (*Cladonia alpestris* Radenh.).

Все перечисленные виды растут на бедных сухих песчаных почвах.

На коре ветвей, чаще на старых елях, поселяется уснея (*Usnea barbata* L.) — кустистый лишайник, длинные тонкие серые веточки которого свисают с деревьев, как борода.

Ярко-желтая или оранжевая ксантория париедина (*Xanthoria parietina* Fr.) поселяется в виде небольших пластинок на камнях и коре многих деревьев, особенно часто на коре осины.

ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ

Для высших растений характерны наземный образ жизни, наличие тканей, расчленение тела на органы и образование многоклеточного архегония, в котором развивается яйцеклетка.

Переход к наземному образу жизни происходил у растений медленно и вызвал большие осложнения в строении их тела. Первые наземные растения образовались из водорослей, прибрежные заросли которых во время отливов оставались временно на суше, а во время приливов погружались в воду. В этих условиях росли виды, строение которых допускало периодическое подсыхание. При повышении по тем или иным причинам плоских сырых берегов прибрежные водоросли оказывались на суше, большинство их погибало, часть же, возможно, единицы, имевшие в строении тела какие-то отклонения, обеспечивающие возможность жизни в новых условиях, сохранилась. В процессе длительного естественного отбора произошло дальнейшее усложнение строения тела их потомства, давшее им возможность заселять все более сухие места обитания.

Для защиты от высыхания у растений выработалась покровная ткань, для обеспечения прочности — механическая. Поглощение воды сосредоточилось во всасывающей ткани, а для подачи влаги в другие части растений возникла проводящая ткань. Усиливающаяся специализация тканей привела к образованию органов: стебля, листа, корня.

Одновременно шло усложнение органа, защищающего яйцеклетку. Вместо одноклеточного оогония водорослей у наземных растений образовался многоклеточный орган — архегоний, имеющий форму колбочки с вытянутой шейкой и расширенным основанием, в котором развивается яйцеклетка.

Так возникли высшие наземные растения, но какие формы водорослей были их непосредственными предками, остается неясным. Очевидно, родоначальниками были разные водоросли: от одних возникли мхи, от других папоротникообразные, из которых в дальнейшем возникли семенные растения.

Все высшие растения делятся по способу их размножения и сложности строения на высшие споровые (архегониаты), размножающиеся спорами, и семенные, размножающиеся семенами. Высшие споровые в свою очередь делятся на два резко различающихся отдела: мохообразные и папоротникообразные.

ОТДЕЛ МОХООБРАЗНЫЕ (BRYOPHYTES)

Растения этого отдела отличаются небольшими размерами (в среднем 15—30 см, максимум 50 см) и сравнительно простым строением. У примитивных мхов тело имеет форму слабо-разветвленной пластинки — слоевища, у более высокоорганизованных имеются стебель и мелкие листья. Корней у мхов нет, вместо них на нижней стороне слоевища или на концах стеблей развиваются тонкие многоклеточные нити — ризоиды, выполняющие функцию корней.

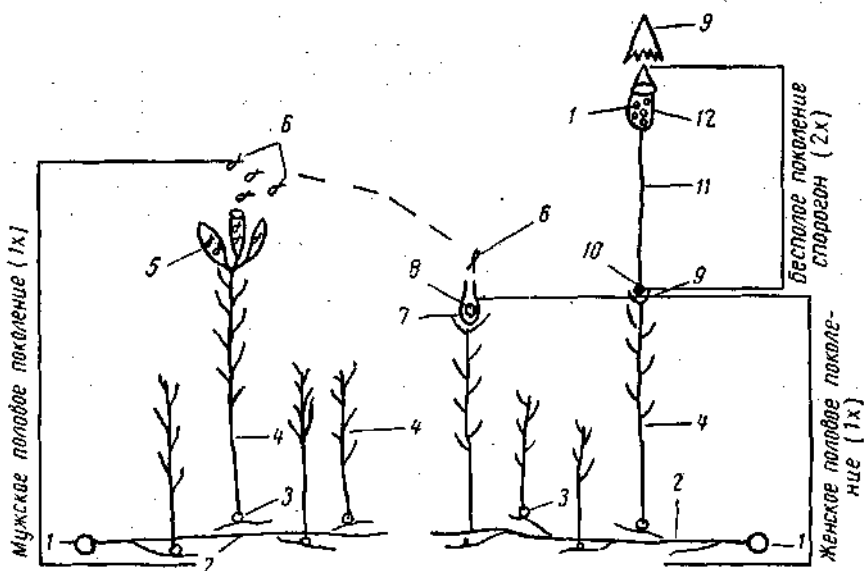


Рис. 70. Схема развития мхов:

1 — спора; 2 — предросток; 3 — почки; 4 — листостебельное растение; 5 — антеридий; 6 — сперматозоиды; 7 — архегоний; 8 — яйцеклетка; 9 — остатки архегония; 10 — зигота; 11 — ножка спорогона; 12 — коробочка; половое поколение имеет гаплоидные клетки (1x), бесполое поколение — диплоидные (2x).

Для мохообразных характерен цикл развития (рис. 70), который рассмотрим на конкретном примере развития кукушкина льна (*Polytrichum commune* L.).

Споры кукушкина льна состоят из одной клетки, покрытой двумя оболочками. В благоприятных условиях спора набухает, наружная, толстая, оболочка лопается, а внутренняя, тонкая, вытягивается в трубочку, клетка делится и из нее вырастает тонкая зеленая ветвящаяся нить — предросток (протонема). Предросток разрастается и на нем возникают почки, каждая из которых в дальнейшем вырастает в побег. Поэтому побеги кукушкина льна растут всегда группами — подушками, являющимися клоном. Побеги обычно выше 30 см не поднимаются,

но по земле стелются в виде корневищ длиной 50—60 см. Наземные побеги живут 6—8 лет, затем отмирают, а из корневищ образуются новые. В них намечаются ткани: кожица, затем толстый слой паренхимы, а в центре толстостенные удлинённые клетки, выполняющие функции проводящих и механических тканей. В нижней части стебель несет многочисленные ризоиды. Ланцетные листья спирально расположены на стеблях и сверху покрыты, как волосками, тонкими выростами ассимиляционной ткани.

Стебли кукушкина льна (рис. 71) многолетние, весной после таяния снега на их вершинках появляются органы полового размножения. На стеблях одних клонов — мужских образуются розетки красноватых листочков, среди которых развиваются антеридии — вытянутые мешочки на небольших ножках (см. рис. 70), внутри которых образуются многочисленные мелкие сперматозонды (мужские гаметы), состоящие из одной маленькой клетки с двумя жгутиками. При созревании антеридии лопаются, и сперматозонды при наличии хотя бы тоненькой пленки капельной воды двигаются в ней. После этого антеридий отмирает, а побеги мужских экземпляров продолжают расти, удлинняясь на 3—5 см в год.

На стебельках женских особей весной образуются как бы почки из обычных зеленых листьев, среди которых на самой вершинке развивается несколько архегониев в виде бутылочек, в расширенных основаниях которых находятся яйцеклетки (женские гаметы).

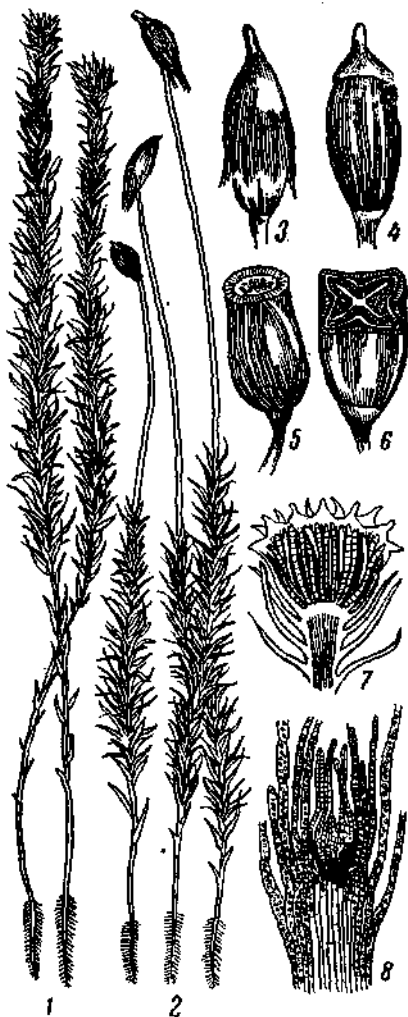


Рис. 71. Кукушкин лен:

1 — мужские экземпляры; 2 — женские экземпляры; 3 — коробочка споронга с колпачком; 4 — коробочка с крышечкой; 5 — коробочка без крышечки; 6 — коробочка в разрезе; 7 — продольный разрез верхушки мужского экземпляра с антеридиями; 8 — продольный разрез верхушки женского экземпляра с архегониями

Развитие мужских и женских особей мха приводит к образованию половых клеток — гамет, поэтому мужские и женские особи мха являются гаметофитом или половым поколением мха.

Оплодотворение происходит только при наличии воды, по которой сперматозоиды переплывают к архегониям после дождя или при сильной утренней росе. После слияния двух гамет образуется зигота — клетка с диплоидным ядром (с двойным набором хромосом). Она не соответствует клеткам ни женского, ни мужского полового поколения и дает начало новому, бесполому поколению мха. Зигота делится, и образуется многоклеточная ткань, которая разрывает отстающий в росте архегоний. Из этой ткани с диплоидными ядрами вырастает ножка длиной 5—7 см. Основание ножки погружено в нижнюю половину разорванного архегония, вторая половина которого в виде бурого волосистого колпачка остается на вершине ножки. Под колпачком на конце ножки образуется коробочка, а в ней в виде мешка — спорангий, в котором находится особая ткань — археспорий.

Все, что развивается из зиготы, — ножка, коробочка спорангия и ткань археспория, — имеет в клетках диплоидные ядра, называется спорогоном и относится к бесполому поколению мха. В клетках археспория происходит редукционное деление (с уменьшением числа хромосом), затем кариокинетическое, и из каждой клетки образуются четыре гаплоидные клетки-споры. Таким образом, развитие бесполого поколения заканчивается образованием спор, поэтому его называют спорофитом в отличие от полового — гаметофита, развитие которого приводит к образованию гамет. Спора — гаплоидная клетка, попав в благоприятные условия, прорастает, образует проросток, а на нем побеги с антеридиями или архегониями. Начиная со споры, все растение относится к половому поколению, клетки которого имеют гаплоидные ядра, до момента слияния двух гамет и образования диплоидной зиготы, которая дает начало бесполому поколению.

Так в цикле развития мхов происходит постоянное чередование поколений. Половое поколение (само растение) дает начало бесполому (зигота, ножка, коробочка, спорангий, археспорий), а бесполое поколение дает начало половому (спора, проросток, листостебельное растение, антеридии со сперматозоидами, архегонии с яйцеклетками), причем более развитым, господствующим у мхов, является половое поколение.

Поэтому к морфологической характеристике мохообразных (небольшие размеры и отсутствие корней) следует прибавить и типичное для их развития чередование двух поколений, полового и бесполого, с явно господствующим половым поколе-

нием и более простым бесполом поколением, развивающимся на половом.

Отдел мохообразные делится на два класса: печеночные и листостебельные мхи.

КЛАСС ПЕЧЕНОЧНЫЕ МХИ (HEPATICAЕ)

К печеночным относятся мхи, тело которых имеет вид слоевища, например у маршанции (*Marchantia*) в виде слабо разветвленной темно-зеленой плотной пластинки длиной 6—8 см, плотно прикрепленной ризоидами к почве. Встречается маршанция в лесу на обнаженной сырой почве и на кострищах.

КЛАСС ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ (MUSCI)

Виды листостебельных мхов имеют более сложное строение, у них хорошо развиты стебли и листья, у некоторых видов они как мелкие чешуи, у некоторых довольно крупные (до 1 см). К этому классу относится большая часть видов мхов, встречающихся в лесах и на болотах. Листостебельные мхи делятся на два порядка: зеленые мхи, с ярко-зеленой окраской, и сфагновые мхи, с беловатой окраской (у них многие клетки заполнены воздухом).

Порядок зеленые мхи (Bryales)

К зеленым мхам относятся многие виды, живущие в лесах, большая часть их обитает в определенных типах почвенно-грунтовых условий, поэтому лесоводы по моховому покрову судят о почвах той или иной территории.

В хвойных лесах наиболее часто встречаются плеуроциум (*Pleurozium Schreberi* Mitt.), хилокомиум (*Hylocomium proliferum* Lindb.) и ритидиадельфус (*Rhytidiadelphus triquetrus* Warnst.). Они растут на хорошо увлажненной и богатой питательными веществами почве, образуя иногда рыхлый, легкопроницаемый покров, не мешающий газообмену почвы, проникновению в нее воды и возобновлению леса. Лесоводы называют эти мхи зелеными или блестящими за блестящие шелковистые листья, а леса, в которых они обильно разрастаются, называют зеленомошниками.

На более бедных сухих песчаных почвах в виде небольших рыхлых подушек растут более мелкие слабоветвящиеся мхи: дикранум (*Dicranum*) и политрихум юниперинум (*Polytrichum juniperinum* Hodw.).

На избыточно увлажненных проточной водой богатых почвах образуются редкие рыхлые заросли из мелких мхов: мниума (*Mnium*), родобриума (*Rhodobrium roseum* Limpr.), климациума (*Climacium dendroides* Web.).

На бедных минеральными веществами, но избыточно застойноувлажненных почвах, растет кукушкин лен (*Polytrichum commune* L.), образуя местами плотный сплошной ковер. Низины на этом ковре занимают пятна сфагноума. Эти плотные ковры задерживают воду, мешают газообмену почвы, затрудняют возобновление древесных пород. Леса с таким моховым покровом лесоводы называют долгомошниками.

Порядок сфагновые мхи (*Sphagnales*)

К порядку сфагновые мхи относится один род сфагнум (*Sphagnum*). Это мхи с тонким слабоветвящимся стеблем, на вершине которого имеется пучок боковых веточек. Ризоиды у сфагноума не образуются, и влагу он поглощает всей поверхностью. Веточки густо покрыты очень мелкими чешуйчатыми листьями, состоящими из двух типов клеток: очень узких живых хлорофиллоносных и крупных мертвых клеток, поглощающих воду и медленно ее отдающих. Сильное разрастание сфагноума способствует заболачиванию почвы и ухудшению роста древесных растений.

На верховых сфагновых болотах господствующими становятся различные виды сфагноума. Стебли их непрерывно нарастают сверху, а снизу постепенно отмирают, образуя слой органических остатков — торфа. Он очень слабо разлагается, так как в толще сфагноума условия неблагоприятны для деятельности гнилостных бактерий и грибов: низкая температура, кислая среда и недостаток кислорода из-за избыточного застойного увлажнения. В сфагновых болотах накапливается торф иногда в несколько метров толщиной.

Торф используется как топливо, а сфагнум употребляется для термозащиты и как подстилка скоту. Во время войны сфагнум употребляется вместо ваты как перевязочный материал.

ОТДЕЛ ПАПОРОТНИКООБРАЗНЫЕ (*PTERIDOPHYTES*)

Для растений отдела папоротникообразные характерно резко выраженное чередование поколений и самостоятельное развитие полового и бесполого поколения, отдельно друг от друга. Половое поколение отличается простотой строения: оно имеет вид слоевищ — заростков, на которых развиваются половые органы. Заростки прикрепляются к почве ризоидами. Бесполое поколение имеет сложное строение и достигает значительных размеров. Оно состоит из стебля, многочисленных мелких или немногочисленных крупных листьев и корней, обеспечивающих снабжение всего растения влагой и надежное прикрепление его к почве.

Папоротникообразные делятся на ряд классов. Для нас интересны три класса: плауновые, хвощевые и папоротники, так как их виды часто растут в лесах и в то же время по ним можно проследить эволюцию форм растений.

Цикл развития видов этого отдела рассмотрим на щитовнике мужском — папоротнике, часто растущем в лесах.

Щитовник мужской (*Dryopteris filix mas* Schott.) имеет голстое черно-бурого цвета корневище, растущее в земле и покрытое многочисленными придаточными корнями. Каждую весну на конце корневища развивается пучок листьев. Молодые листья свернуты спирально и покрыты коричневыми чешуйками. Дважды перисторассеченные крупные листья (рис. 72) достигают длины 130 см. В середине лета на нижней стороне их появляются коричневые бугорки — сорусы. Это группы мелких коробочек — спорангиев на коротких ножках, прикрытых сверху небольшой пленкой — покрывальцем. Спорангий — округлая коробочка из одного слоя тонкостенных клеток, и лишь посередине гребнем проходит полукольцо из толстостенных клеток. При созревании спор в сухую жаркую погоду эти клетки сильно высыхают и, стремясь выпрямиться, разрывают спорангий, выбрасывая при этом споры. Как и у мхов, споры образуются в спорангиях после редукционного деления клеток археспория.

Все растение папоротника, на котором образуются споры, является спорофитом — бесполом поколением его (с диплоидными клетками) и только после редукционного деления клеток археспория с момента образования спор (гаплоидных клеток) начинается развитие полового поколения.

Попав в благоприятные условия, спора делится и из нее вырастает маленькое (около 5 мм длиной) зеленое слоевище — заросток. Это — сердцевидной формы пластинка, на нижней стороне которой среди ризондов развиваются антеридии и архегонии. Антеридий имеет вид бугорка, в котором развиваются многочисленные мелкие сперматозоиды — маленькие спирально закрученные клетки с пучком жгутиков. Расширенное основание архегонии погружено в ткань заростка, так что наружу выставлена только шейка. В архегонии развивается яйцеклетка. Развитие заростка заканчивается образованием гамет, следовательно, он является гаметофитом — половым поколением папоротника (с гаплоидными клетками). При наличии воды созревшие сперматозоиды переплывают к архегониям, сливаются с яйцеклеткой, и образуется зигота — диплоидная клетка, дающая начало новому, бесполому, поколению папоротника. Из зиготы вырастает маленький зародыш, который питается первое время за счет заростка. Когда в зародыше сформируется стебелек, листок и корешок, заросток отмирает, а зародыш вырастает во взрослое растение папоротника, на листьях которого образуются

споры, т. е. в новое бесполое поколение — спорофит. Так в цикле развития папоротников происходит чередование поколений — полового и бесполого, причем каждое из них разви-

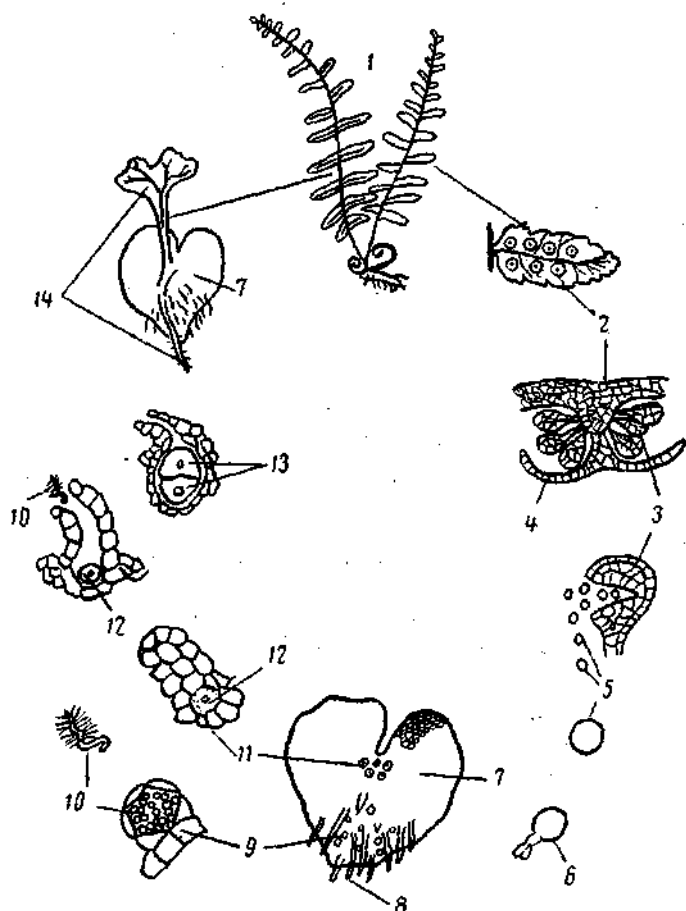


Рис. 72. Схема развития папоротника:

1 — листостебельное растение; 2 — сорусы; 3 — спорангий; 4 — покрывальце; 5 — спора; 6 — проросшая спора; 7 — заросток; 8 — ризонды; 9 — антеридий; 10 — сперматозоид; 11 — архегоний; 12 — яйцеклетка; 13 — делящаяся зигота; 14 — зародыш

вается самостоятельно на почве. Из них более сложным, господствующим является бесполое поколение, менее развитым — половое поколение в противоположность мхам, у которых господствует половое поколение. Такое неодинаковое развитие поколений объясняется средой, в которой развивались мхи и папоротники.

Мхи — обитатели сырых мест, где более обеспечено передвижение сперматозоидов по воде к архегониям. Небольшая высота побегов мхов способствует попаданию сперматозоидов в архегоний. Если когда-нибудь, при самых благоприятных условиях, и вырастали очень крупные побеги мхов, то развивающиеся на их вершинах яйцеклетки не могли быть оплодотворены из-за невозможности попадания к ним сперматозоидов, поэтому такие особи не могли дать потомства.

Папоротникообразные приспосабливались к более сухим условиям существования, где уменьшение размеров полового поколения, тесное соприкосновение его с поверхностью почвы способствовало лучшему передвижению сперматозоидов и образованию зигот. Усложнение бесполого поколения (самого растения) и увеличение его размеров связано с лучшим рассеиванием при этом спор ветром, заселением больших площадей. Папоротникообразные могли заселять места обитания и достигать крупных размеров благодаря одновременному развитию у них корней, обеспечивающих подачу воды из глубоких слоев почвы и надежное прикрепление к почве.

КЛАСС ПЛАУНОВЫЕ (LYCOPODIINAE)

К классу плауновые принадлежат растения с длинными стелющимися стеблями, на которых образуются придаточные корни. Вильчато ветвящиеся побеги густо покрыты мелкими узкими листьями, на концах приподнимаются и растут вверх (рис. 73). Летом на побегах развиваются колоски. На чешуйках колосков (споролистиках) образуются спорангии, в которых созревают споры. Следовательно, плаун является спорофитом, бесполом поколением (с диплоидными клетками). Перед образованием спор клетки археспория в спорангиях делятся редуционно, поэтому споры являются гаплоидными клетками и с них начинается развитие полового поколения — заростка. Заросток имеет вид клубочка, растущего в земле, на нем образуются антеридии с сперматозоидами и архегонии с яйцеклетками. С образования зиготы (диплоидной клетки) начинается развитие нового, бесполого поколения плауна.

По форме спор плауновые делятся на порядки: равноспоровые и разноспоровые плауны.

Порядок равноспоровые плауны (Lycopodiales)

Это растения, жесткие стелющиеся побеги которых достигают в длину 3 м, часто встречаются в лесах. В спорангиях у них образуются одинаковые по величине и форме споры, из

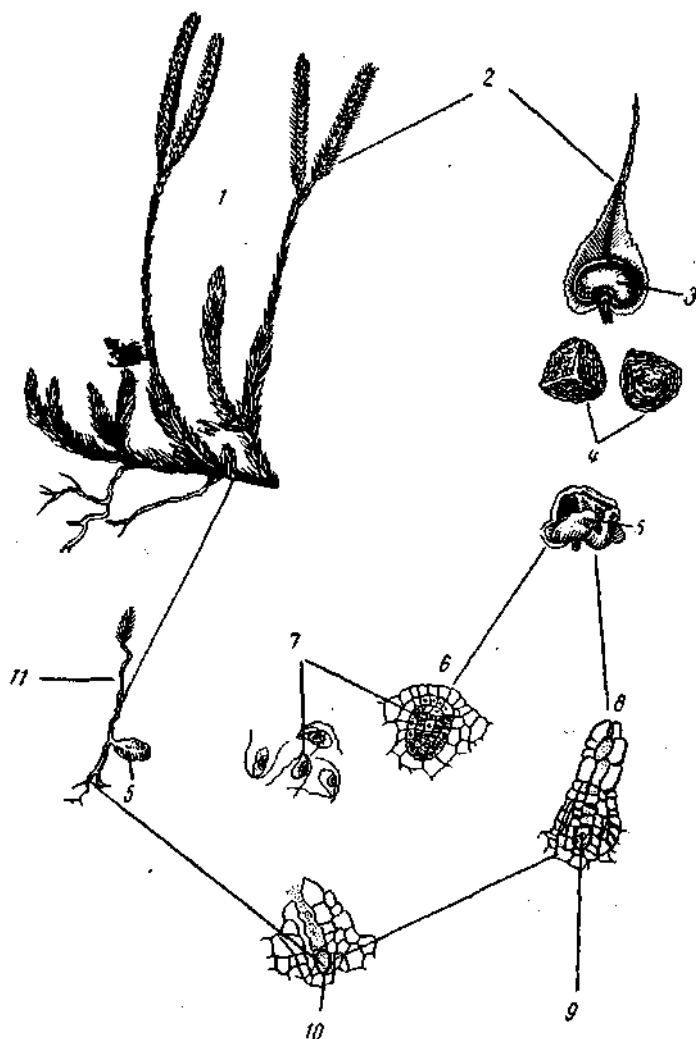


Рис. 73. Схема развития плауна:

1 — взрослое растение с колосками; 2 — споролистий; 3 — спорангий;
 4 — спора с двух сторон; 5 — заросток; 6 — антеридий; 7 — сперматозонды; 8 — архегоний; 9 — яйцеклетка; 10 — зигота; 11 — зародыш

которых развиваются заростки, несущие антеридии и архегонии на одном слоевище.

В хвойных лесах на сравнительно бедных среднеувлажненных почвах встречаются плаун булавовидный (*Lycopodium clavatum* L.), плаун годовалый (*Lycopodium annotinum* L.), плаун сплюснутый (*Lycopodium apseps* Wall.). Споры их применяются в медицине для пересыпки пилуль и как детская присыпка.

Порядок разноспоровые плауны (*Selaginellales*)

Разноспоровые плауны распространены в Советском Союзе мало — в горах Кавказа, Урала. Часто культивируются в оранжереях. К ним относится селлагинелла (*Selaginella*) — небольшое растение с тонкими вильчато ветвящимися побегами и нежными мелкими листьями (рис. 74). В их колосках образуются разны́е по величине и окраске спорангии и споры. На вершине колосков в микроспорангиях возникают микроспоры, из которых вырастают мужские заростки. Заростки настолько малы, что полностью помещаются в оболочке споры. В заростке в одноклеточной антеридии созревают сперматозоиды.

В том же колоске находятся макроспорангии; в них созревают макроспоры. При благоприятных условиях почвы в макроспоре, попавшей в нее, образуется ткань женского заростка, которая разрывает оболочку споры и слегка выпячивается. В ткани заростка развиваются архегонии с яйцеклетками. После слияния гамет из зиготы вырастает зародыш и новое растение. Следовательно, для разноспоровых плаунов, кроме разнóй величины спор, характерны однополость заростков, очень маленькие размеры их и примитивность строения (мужские заростки состоят всего из нескольких клеток).

КЛАСС ХВОЩЕВЫЕ (*EQUISETINAE*)

К классу хвощевые относятся виды, имеющие зеленые наземные побеги с характерным мутовчатым ветвлением. Побеги полые внутри, с перегородками в узлах. Очень мелкие листья на них расположены также мутовками: срастаясь основаниями, они образуют листовое влагалище, окружающее побег в виде кольца. Степень ветвистости побегов, как и количество листьев в мутовках, у разных видов различные.

Цикл развития и размножение можно проследить на хвоще полевом. Ранней весной на его корневищах образуются невысокие неветвящиеся беловато-желтые побеги, несущие на вершине колоски, на чешуйках которых образуются спорангии, а в них споры (рис. 75). Следовательно, все растение (корневище и наземные побеги) является спорофитом — бесполом

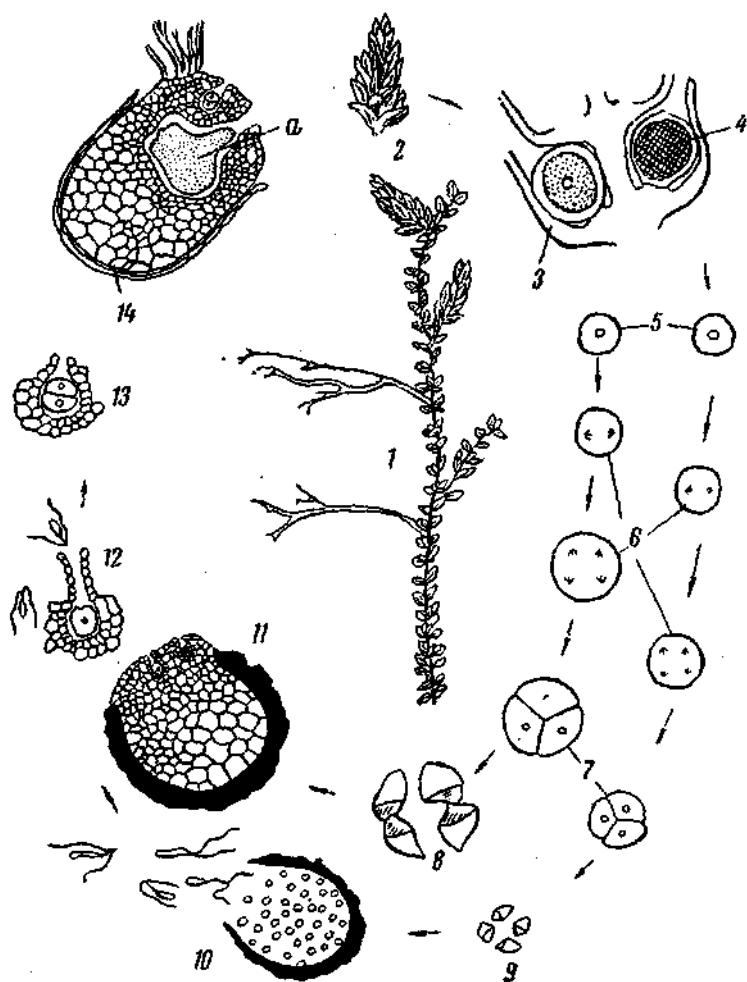


Рис. 74. Чередование поколений у селагинеллы:

1 — взрослое растение селагинеллы; 2 — спороносный колосок; 3 — макро-
спораангий; 4 — микроспораангий; 5 — материнские клетки макроспор и микро-
спор; 6 — образование макроспор и микроспор в результате редукционного
деления; 7 — тетрады макроспор и микроспор; 8 — макроспоры; 9 —
микроспоры; 10 — мужской заросток с антеридием и сперматозоидами;
11 — женский заросток с архегониями; 12 — архегоний с яйцеклеткой;
13 — деление зиготы; 14 — заросток с развивающимся зародышем а

поколением (с диплоидными клетками). В спорангиях после редукционного деления археспория образуются споры (гаплоидные клетки), с которых начинается развитие гаметофита — полового поколения хвоща. После высыпания спор спороносные побеги быстро отмирают и вместо них на корневищах появляются зеленые ветвящиеся побеги, которые путем фотосинтеза накапливают в течение лета в корневищах питательные вещества.

Споры хвощей имеют три оболочки. К моменту созревания наружная оболочка лопается и в виде четырех ленточек остается прикрепленной в одном месте к споре. При изменении влажности воздуха эти ленточки благодаря гигроскопичности то скручиваются, то распрямляются и цепляют одну за другую, соединяют споры в хлопья, которые разносятся ветром.

По внешнему виду споры хвощей одинаковы, но из одних образуются мужские заростки — небольшие слабо разветвленные слоевища с антеридиями, из других женские заростки — более крупные глубоко расчлененные слоевища с длинными лопастями, у основания которых находятся архегонии. Так как споры разносятся не поодиночке, а группами, заростки развиваются вблизи один от другого на поверхности почвы, что делает более возможным процесс оплодотворения. После слияния гамет образовавшаяся зигота дает начало новому, бесполому поколению — спорофиту (с диплоидными клетками). Сперва вырастает зародыш, затем все взрослое растение, на котором образуются споры.

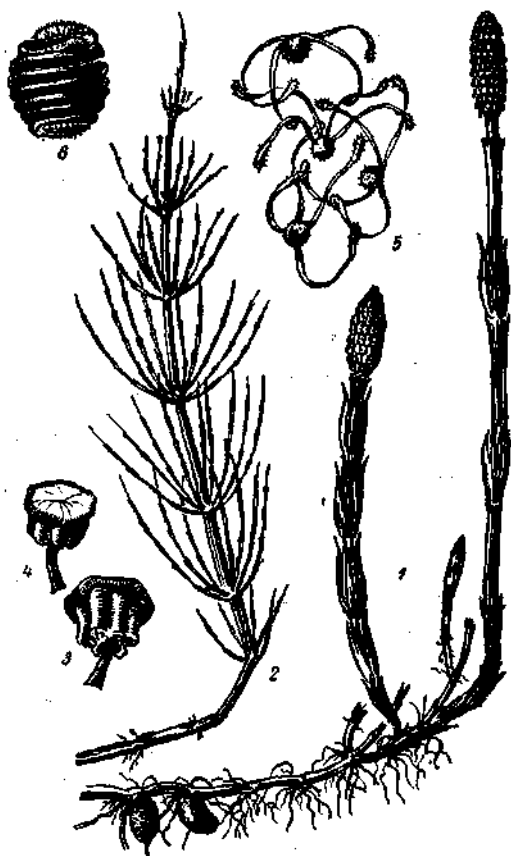


Рис. 75. Хвощ полевой:

1 — весенние спороносные побеги и корневище; 2 — летние вегетирующие побеги; 3, 4 — спорангий со спорангиями; 5 — споры с развернутыми лентами; 6 — спора с наружной оболочкой из спиральных лент

Наиболее распространен хвощ лесной (*Equisetum silvaticum* L.), растущий на богатых влажных почвах и имеющий сильно разветвленные нежные тонкие побеги. В тех же условиях встречается хвощ луговой (*Equisetum pratense* Ehrh.), с более грубыми горизонтально расположенными ветвями. На бедных почвах по полям (как сорняк) и на лугах растет хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.). По краям болот и водоемов растет хвощ зимующий (*Equisetum hiemale* L.), не ветвящийся стебель которого достигает 1 м в высоту и на зиму не отмирает.

КЛАСС ПАПОРОТНИКИ (FILICINAE)

Виды класса папоротники часто встречаются в лесах, по берегам водоемов. Отличаются они от предыдущих классов подземным стеблем — корневищем, редко образующим наземные побеги, и крупными, в большей или меньшей степени рассеченными листьями, которые осенью отмирают. Цикл их развития описан выше.

Наиболее широко распространены в лесах следующие виды папоротников. На богатых, хорошо увлажненных почвах растут щитовник мужской (*Dryopteris filix mas* Schott.), щитовник буковый (*Dryopteris phegopteris* Crist.), кочедыжник женский (*Athyrium filix femina* Roth.) и страусник (*Struthiopteris filicastum* All.). На средних по плодородию и увлажнению почвах поселяются щитовник игольчатый (*Dryopteris spinulosa* O. Ktze.) и щитовник Линнея (*Dryopteris Linnaeana* Christ.). Наименее требователен к почвам орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* Kuhn.), который может расти и на бедных сухих песчаных почвах.

* * *

Мощного развития папоротникообразные достигли в каменноугольный период, когда на Земле был теплый и очень влажный климат. Стволы их достигали 30 м в высоту, имели большую раскидистую крону из крупных листьев. Древовидные формы папоротников, среди которых были и лианы, хвощей (каламиты) и плаунов (сигиллярии), образовывали на заболоченных низинных участках суши густые заросли. Резкое изменение климата вызвало массовое отмирание их. Падавшие в воду стволы из-за недостатка кислорода разлагались очень медленно, и в результате накопились огромные количества органических остатков, которые превратились постепенно в залежи каменного угля, имеющего большое значение в практической деятельности человека. В настоящее время папоротникообразные утратили господствующее положение, большое число видов вымерло, а древовидные формы сохранились только в Австралии и Новой Зеландии. Практическое значение имеют некоторые виды, используемые в медицине.

СЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

Следующим большим этапом в эволюции растительного мира было появление семенных растений, которые наиболее хорошо приспособились к современным условиям существования и в настоящую геологическую эпоху господствуют на земном шаре. Формы их чрезвычайно разнообразны — от однолетних мелких трав до огромных деревьев, живущих несколько тысяч лет. Благодаря такому разнообразию форм семенные растения растут в самых несходных условиях: в горах, в долинах, в пустынях, болотах и даже в водоемах. Главным отличием их от высших споровых является образование нового органа размножения — семени. Одновременно с образованием семени в цикле их развития произошло дальнейшее усложнение бесполого поколения и упрощение полового, которое развивается на бесполом поколении.

У разноспоровых плаунов примитивные заростки развиваются внутри спор. У семенных растений женское половое поколение — заросток — развивается внутри споры, которая не покидает спорангия, а остается в нем на материнском растении. Там же в заростке образуются архегоний, яйцеклетка, происходит слияние гамет и образование зиготы, из которой развивается маленький зародыш. В это время спорангий превращается в семя и отделяется от материнского растения вместе с зародышем и запасом питательных веществ, становясь органом размножения.

Как орган размножения семя по сравнению со спорами имеет следующие преимущества. От материнского растения отделяется не одна клетка — спора, а многоклеточный орган, хорошо защищающий зародыш от неблагоприятных внешних условий. На первое время самостоятельного развития зародыша в семени имеется запас питательных веществ, чего нет у спор. Развитие женского заростка на материнском растении обеспечивает ему защиту от высыхания и повреждений, достаточное снабжение водой и питательными веществами, благодаря чему уменьшается процент гибели заростков. При развитии женских заростков на материнском растении оплодотворению предшествует опыление — перенос ветром или насекомыми пыльцы с мужскими заростками к женским заросткам. Благодаря этому у семенных растений процесс оплодотворения не зависит от наличия в почве слоя жидкой воды, необходимой для движения сперматозоидов у всех высших споровых. Все эти особенности дали возможность семенным растениям широко расселиться по земному шару, вплоть до очень сухих местообитаний, и занять господствующее положение среди растений.

Семенные растения делятся на два отдела: голосеянные и покрытосеянные.

ОТДЕЛ ГОЛОСЕМЯННЫЕ (GYMNOSPERMAE)

Голосемянные отличаются от покрытосемянных главным образом тем, что семена у них развиваются открыто — на поверхности семенных чешуй. Все голосемянные являются древесными растениями.

Среди древовидных папоротников возникли семенные папоротники, давшие начало всему отделу голосемянных. Этот отдел делится на ряд классов, из которых самым древним является класс семенные папоротники, виды которого вымерли. По палеонтологическим данным, они имели прямые не ветвящиеся стволы с розеткой крупных листьев на вершине. На особых листьях развивались спорангии, которые затем превращались в семена с маленькими зародышами будущих растений. Очень древним является и класс гинкговые. Среди голосемянных наибольшее число видов имеет класс хвойные.

КЛАСС ГИНКГОВЫЕ (GINKGOINEA)

От этого класса сохранился только один вид гинкго билоба (*Ginkgo biloba* L.), культивируемый в Китае, Японии и в ботанических садах.

КЛАСС ХВОЙНЫЕ (CONIFERAE)

Хвойные широко распространены по всему земному шару, особенно в умеренной зоне. 75% лесов Советского Союза состоят из хвойных пород.

Для всех хвойных характерно моноподиальное (неопределенное) ветвление, вторичное утолщение стебля, наличие в древесине из проводящих элементов только трахейд, игольчатая или чешуевидная форма листьев. Все они — вечнозеленые растения, за исключением рода лиственница, виды которого сбрасывают хвою на зиму.

О цикле развития хвойных можно судить по развитию сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.). Растущая на свободе сосна зацветает с 15 лет, в лесу цветение начинается после 40 лет.

Мужские и женские соцветия — шишечки образуются в середине или конце мая на одном дереве (сосна — однодомное растение), но на разных ветвях (рис. 76). Мелкие (длиной около 5 мм) желтые мужские шишечки собраны в колосок длиной 3—5 см у основания молодого побега. Каждая шишечка состоит из короткой оси с густо расположенными на ней удлиненными чешуйками; на нижней стороне их находятся по два овальных пыльника, в которых образуется пыльца. Каждая чешуйка с пыльниками является тычинкой сосны, совокупность которых образует мужскую шишечку.

Внутри пыльников находится ткань археспория, клетки которой, как и в спорангиях папоротника, делятся редуционно, затем карокинетически, после чего образуются четыре гаплоидные клетки — пыльца сосны. Каждая пылинка состоит из одной клетки с двумя оболочками, причем верхняя оболочка в двух местах отступает от нижней, образуя воздушные мешки, что уменьшает удельный вес пыльцы и облегчает перенос ее ветром на большие расстояния. При созревании пыльцы пыльники лопаются, пыльца высыпается и разносится ветром.

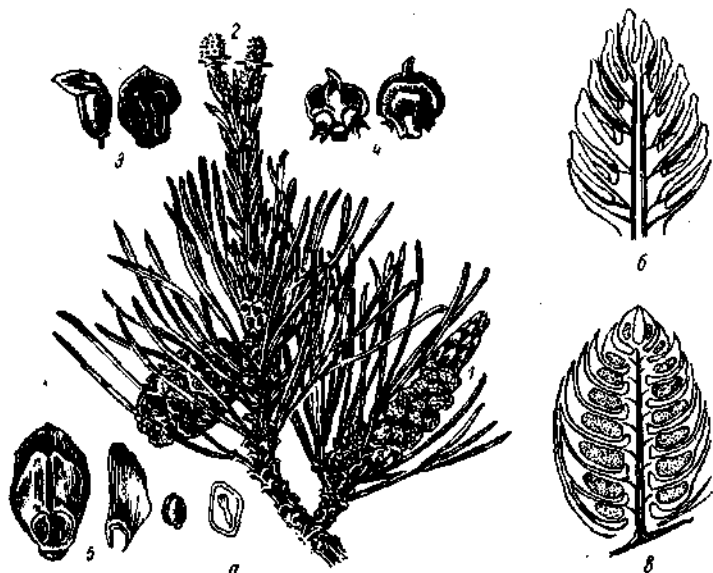


Рис. 76. Сосна обыкновенная:

а — побег; 1 — группа мужских колосков; 2 — два женских колоска на верхушке молодой части побега; слева женский колосок предшествующего года, превращающийся в шишку; 3 — микроспоростик с микроспорангиями (тычинка с пыльниками); 4 — семенная чешуйка с двумя семяпочками и кроющей чешуйкой; 5 — чешуйка шишки с семенами, отдельно — крыло семени, семя и оно же в разрезе; 6 — продольный разрез женского колоска; 7 — продольный разрез мужского колоска

Дальнейшее развитие пыльцы происходит при попадании ее на поверхность семяпочки. Ядро пыльцы тогда делится на два (рис. 77); одно остается ядром самой пыльцы, называемой теперь вегетативной клеткой. Второе ядро делится дважды, около получившихся четырех ядер обособляется протоплазма, и внутри вегетативной клетки образуются четыре маленькие клетки, соединенные в короткую нить. Нижняя из них, несколько более крупная, называется антеридиальной. За время образования этих клеток пыльца прорастает. Наружная оболочка ее лопается, а внутренняя вытягивается в пыльцевую трубочку, в которую направляются протоплазма и ядро

вегетативной клетки. В это же время антеридиальная клетка отделяется от нити, делится, и образуются два спермия — мужские гаметы (генеративные клетки), увлекаемые током прото-

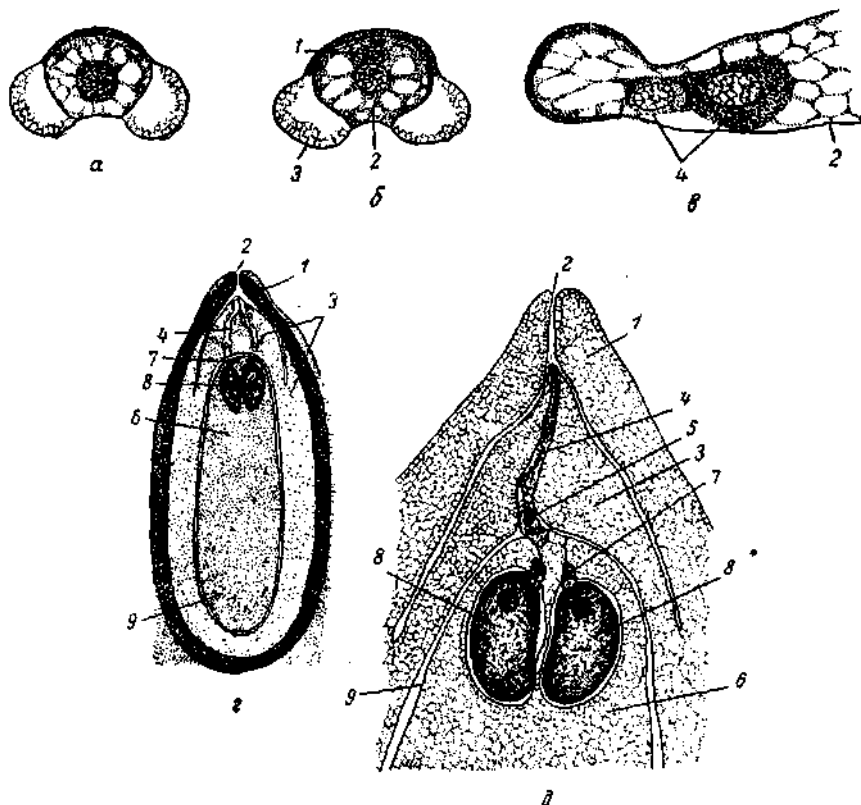


Рис. 77. Схема развития полового поколения у сосны: вверху — пыльца (микроспора); а — сформировавшаяся пыльца; б — пыльца во время выпадения из пыльника; в — конец пыльцевой трубки перед оплодотворением, антеридиальная клетка разделилась на две генеративные клетки; 1 — антеридиальная клетка; 2 — вегетативная клетка; 3 — воздушный мешок; 4 — генеративные клетки; внизу — строение семечки: г — продольный разрез; д — продольный разрез верхушки семечки во время оплодотворения; 1 — покров семечки; 2 — пыльцевход (микропиле); 3 — нуцеллус; 4 — пыльцевая трубка; 5 — генеративные клетки; 6 — эндосперм; 7 — шейка архегония; 8 — яйцеклетка; 9 — зародышевый мешок

плазмы в пыльцевую трубочку; самостоятельно передвигаться они не могут.

Очень мелкие, длиной 3—4 мм, женские шишечки сосны образуются на коротких ножках по 2—3 шт. на вершине молодых побегов (рис. 78). Они также имеют главную ось, на которой спирально расположены чешуйки, первое время прижатые

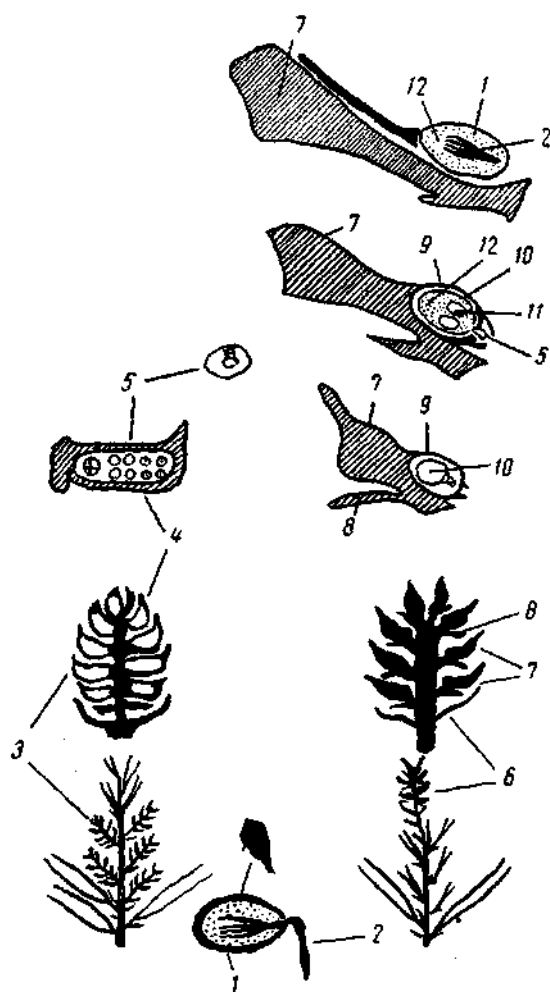


Рис. 78. Схема развития голосемянных растений:

1 — семя; 2 — зародыш; 3 — мужской колосок; 4 — пыльник; 5 — пыльца; 6 — женская шишечка; 7 — семенная чешуйка; 8 — кроющая чешуйка; 9 — семяпочка; 10 — зародышевый мешок; 11 — яйцеклетка; 12 — эндосперм

плотно к оси. Часть из них, очень маленькие, называются кроющими. В пазухе кроющих чешуек находятся более крупные семенные чешуйки, у основания которых с внутренней стороны развиваются по два овальных тельца — семязпочки.

Семязпочки имеют сложное строение. Сверху они покрыты особой тканью — покровом, — края которой на вершинке семязпочки не смыкаются, образуя узкое отверстие — пыльцевход (см. рис. 77). Под покровом находится многоклеточное тело семязпочки — нуцеллус. Одна из клеток нуцеллуса быстро растет и дважды делится, сперва редукционно, потом кариокинетически, образуя четыре гаплоидные клетки, лежащие одна над другой. Три верхние клетки растворяются, четвертая, разрастаясь, заполняет внутреннюю часть семязпочки (от нуцеллуса остается только тонкий слой под покровом). Эта большая гаплоидная клетка называется зародышевым мешком. Ее ядро многократно делится, а между ядрами в протоплазме возникают перегородки, и полость зародышевого мешка заполняется тканью — эндоспермом. Затем в верхней части эндосперма формируются две более крупные клетки — яйцеклетки (женские гаметы) и над каждой из них по восемь мелких клеток образуют как бы канал, ведущий к яйцеклетке. На этом заканчивается развитие семязпочки сосны перед оплодотворением.

Чешуйки женской шишки к этому времени раздвигаются, отгибаются, и пыльца заносится ветром на поверхность семязпочки в пыльцевход. У сосны пыльца лежит там, не прорастая, целый год и только на следующую весну прорастает, у остальных хвойных она прорастает сразу.

Проросшая через год пыльца сосны образует пыльцевую трубочку, растущую к яйцеклетке. Ядро вегетативной клетки в это время растворяется, содержимое пыльцевой трубки переливается в яйцеклетку, и первый спермий сливается с ядром яйцеклетки, а второй спермий растворяется. Оплодотворенная яйцеклетка становится зиготой и покрывается оболочкой, а вторая яйцеклетка растворяется.

Зигота делится, и из нее образуется зародыш с зачатками корешка (см. рис. 78), стебелька и с шестью-восемью семядолями, после чего он прекращает рост и переходит в состояние покоя. К этому времени в эндосперме откладывается запас питательных веществ, покров семязпочки превращается в кожуру семени, а вся семязпочка становится семенем. У большей части хвойных семена созревают в течение года, а у сосны от начала цветения женской шишечки до созревания в ней семян проходит 18 месяцев. За это время женские шишки увеличиваются в размерах, семенные чешуйки деревенеют, на семенах образуется пленчатое крылышко. У созревших шишек чешуйки отгибаются, семена выпадают и разносятся ветром. Из зародыша

прорастающего семени вырастает всход, развивающийся затем в дерево, и цикл развития начинается снова.

Размножение семенных растений было изучено гораздо раньше, чем высших споровых, и репродуктивным органам их были даны названия: тычинка, пыльник, пыльца, семязпочка, зародышевый мешок. Позже был изучен цикл развития высших споровых и были обнаружены заростки, антеридии, архегонии.

В строении мужской шишечки сосны и колоска плауна много сходного: имеется главная ось, чешуйки и на них спорангии, которым у сосны соответствуют пыльники. В пыльниках, как и в спорангиях, развивается археспорий, клетки которого и у сосны и у плаунов делятся дважды — сперва редукционно, затем кариокинетически, образуя четыре гаплоидные клетки, которые называются у разноспоровых плаунов микроспорами, у сосны пыльцой. Образованием гаплоидных клеток микроспоры или пыльцы у плаунов и у сосны заканчивается развитие бесполого поколения и начинается развитие полового поколения — гаметофита. У разноспоровых плаунов внутри микроспоры развивается маленький мужской заросток, а в нем — антеридий с сперматозоидами.

У сосны в пыльце (соответственно в микроспоре) развивается вегетативная клетка и нить — примитивный мужской заросток, а в нем антеридиальная клетка (соответствующая антеридию), образуются два спермия (гаметы), отличающихся от сперматозондов только неподвижностью. На этом кончается развитие гаметофита — мужского полового поколения плауна и сосны.

Женская шишечка сосны также очень похожа по строению на колосок плауна: имеется ось, чешуйки и на них спорангии, которым у сосны соответствуют семязпочки. В семязпочках после редукционного, а потом кариокинетического деления ядер образуются гаплоидные клетки, у плаунов — макроспоры, только у плаунов их несколько, у сосны из четырех сохраняется одна клетка — зародышевый мешок. У сосны, как и у разноспоровых плаунов, в макроспоре (зародышевом мешке) образуется ткань женского заростка — эндосперм и в нем две яйцеклетки с остатками архегония в виде восьми мелких клеток. На этом заканчивается развитие женского полового поколения — гаметофита и у плауна и у сосны.

При слиянии гамет и образовании зиготы (диплоидной клетки) начинается развитие и у плаунов и у сосны бесполого поколения, зародыша, затем взрослого растения с корнями, стеблями и листьями. Все эти органы у сосны имеют диплоидные клетки, и только при редукционном делении клеток в пыльниках и семязпочках, при образовании пыльцы (микроспоры) и зародышевого мешка (макроспоры) начинается развитие

полового поколения сосны, которое имеет очень примитивное строение. Мужское половое поколение сосны состоит из пыльцы (микроспоры), вегетативной клетки и нити в ней (мужской заросток), антеридиальной клетки (антеридия) и двух спермиев (соответствующих сперматозоидам). Женское половое поколение сосны развивается на материнском растении в семяпочках (макроспорангиях) и состоит из зародышевого мешка (макроспоры), эндосперма (женского заростка) и двух яйцеклеток с восемью мелкими клетками (остатки архегониев). Слияние гамет приводит к образованию диплоидной зиготы и развитию нового бесполого поколения.

Таким образом, и у хвойных происходит чередование двух поколений — полового и бесполого. Господствующим у них является бесполое поколение, и женское половое поколение развивается на бесполом поколении.

Различия между голосеянными и папоротникообразными состоят в следующем:

у голосеянных женское половое поколение развивается на бесполом, у папоротникообразных отдельно на почве;

у голосеянных мужское половое поколение сильно упрощено и образует неподвижные спермии, у папоротникообразных — подвижные сперматозоиды;

у голосеянных отделяется от материнского растения и служит для размножения семя (разросшийся спорангий с заростком и зародышем), а у папоротников — спора;

у голосеянных стадия покоя проходит в семени, а у папоротникообразных — в споре;

у голосеянных по внешнему виду различаются макро- и микроспоры, спорангии и даже мужские и женские шишечки, у большей части папоротникообразных спорангии и споры не различаются по внешнему виду.

В Советском Союзе встречаются три семейства хвойных: сосновые (*Pinaceae*), тисовые (*Taxaceae*) и кипарисовые (*Cupressaceae*).

К наиболее распространенному семейству сосновые относятся:

сосна (*Pinus*); длинная жесткая хвоя растет только на укороченных побегах по две хвоинки (сосна обыкновенная, крымская) или по пять хвоинок (сосна сибирская, веймутова);

лиственница (*Larix*); мягкие хвоинки растут пучками на укороченных побегах и на зиму опадают (лиственница европейская, сибирская, даурская, Сукачева);

ель (*Picea*); жесткая короткая хвоя растет только на удлиненных побегах поодиночке (ель обыкновенная, сибирская);

пихта (*Abies*); мягкая плоская тупая хвоя расположена поодиночке только на удлиненных побегах; при созревании шишки распадаются (пихта европейская, кавказская).

К семейству тисовые относятся тис (*Taxus*), небольшие деревья которого растут на Кавказе и в Крыму; он отличается очень медленным и продолжительным ростом.

К семейству кипарисовые относятся можжевельник и арча (*Juniperus*), кипарис (*Cupressus*) и туя (*Thuja*).

ОТДЕЛ ПОКРЫТОСЕМЯННЫЕ (ANGIOSPERMAE)

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКРЫТОСЕМЯННЫХ

Развитие покрытосемянных является новым этапом в эволюции растительного мира. Это самый молодой из всех отделов, отличается он большим разнообразием видов и широким распространением. Больше половины видов, растущих на земном шаре, принадлежит к покрытосемянным растениям.

Для покрытосемянных характерны следующие особенности в строении и развитии.

1. Возникновение нового органа — пестика, под защитой которого внутри завязи развиваются семязпочки.

2. При созревании семян из завязи образуется плод, защищающий семена от внешних воздействий.

3. Дальнейшее упрощение полового поколения привело к почти полной редукции женского заростка, мужской заросток представлен двумя клетками.

4. Новый процесс двойного оплодотворения приводит к образованию одновременно с зародышем вторичного эндосперма.

5. Возникновение околоцветника обеспечило лучшую защиту пыльцы в тычинках и семязпочек в завязи и способствовало развитию опыления насекомыми.

6. Усложнение в строении древесины привело к образованию новых проводящих элементов — сосудов.

7. Большая изменчивость вегетативных органов способствовала возникновению формового разнообразия их.

Развитие покрытосемянных от семени до семени происходит следующим образом.

Из зародыша семени вырастает растение (с корнями, стеблями, листьями), на котором в период цветения образуются цветки. Самой существенной частью цветка являются тычинки и пестики. Околоцветник (чашелистики и лепестки) защищает их от высыхания, от избыточной влаги во время дождя и росы и привлекает насекомых-опылителей.

В пыльниках тычинок находится ткань археспорий, клетки которой делятся редукционно, затем кариокINETически, и из каждой материнской клетки археспория образуются четыре гаплоидные клетки пыльцы (см. рис. 19, стр. 41). Дальнейшее развитие их происходит уже на поверхности рыльца, где ядро

пыльцы делится и образуются два ядра, одно остается ядром большой, так называемой вегетативной, клетки пыльцы, второе становится ядром маленькой голой антеридиальной клетки, погруженной в протоплазму большой клетки. Пыльца прорастает, и протоплазма вегетативной клетки вместе с ядром перетекает в пыльцевую трубочку, увлекая за собой антеридиальную клетку, которая делится и образует два удлинённых неподвижных спермия (мужские гаметы).

Семяпочка состоит из многоклеточного нуцеллуса, покрытого двумя покровами, образующими пыльцевход. Одна из клеток нуцеллуса разрастается, делится редукционно, затем каринкинетически и образует четыре гаплоидные клетки, из которых три отмирают, четвертая увеличивается в размерах и превращается в зародышевый мешок (см. рис. 18, стр. 40). В результате трехкратного деления его ядра образуются восемь ядер, вокруг шести из них обособляется протоплазма и возникают голые клетки, два ядра сходятся в центре, сливаются и превращаются в диплоидное вторичное ядро зародышевого мешка. Три гаплоидные клетки, располагающиеся в зародышевом мешке ближе к пыльцевходу, образуют яйцевой аппарат, состоящий из двух синергид и одной, более крупной, яйцеклетки. В противоположной части зародышевого мешка находятся три гаплоидные клетки — антиподы.

При типичном для покрытосемянных двойном оплодотворении содержимое пыльцевой трубки попадает в зародышевый мешок и первый спермий сливается с яйцеклеткой, образуя зиготу (диплоидную), которая развивается в зародыш. Вторым спермий сливается с вторичным ядром зародышевого мешка, и после деления нового, триплоидного, ядра (с тройным набором хромосом) образуется ткань вторичного эндосперма с запасом питательных веществ (см. рис. 20, стр. 42). Во время формирования зародыша семяпочка превращается в семя, а завязь — в плод.

В цикле развития покрытосемянных (рис. 79) происходит также чередование двух поколений: полового и бесполого. Пыльца, образующаяся, как и у голосемянных, после редукционного деления археспория в пыльниках, соответствует микроспоре (гаплоидной клетке), и с нее начинается развитие мужского полового поколения.

Мужской гаметофит состоит из двух клеток: вегетативной клетки — примитивного мужского заростка — и антеридиальной клетки, являющейся антеридием. Спермии соответствуют сперматозоидам (гаметам), но отличаются неподвижностью.

Развитие женского полового поколения начинается с редукционного деления одной из клеток нуцеллуса и образования гаплоидной клетки (зародышевого мешка), являющейся макроспорой покрытосемянных. В макроспоре (зародышевом мешке)

женский заросток состоит всего из трех клеток-антиподов, а яйцевой аппарат является остатками архегония, от которого у покрытосемянных остались только две клетки-синергиды и яйцеклетка (гамета). При слиянии спермия с яйцеклеткой развитие полового поколения (гаметофита) заканчивается и образованием зиготы (диплоидной клетки) начинается развитие нового,

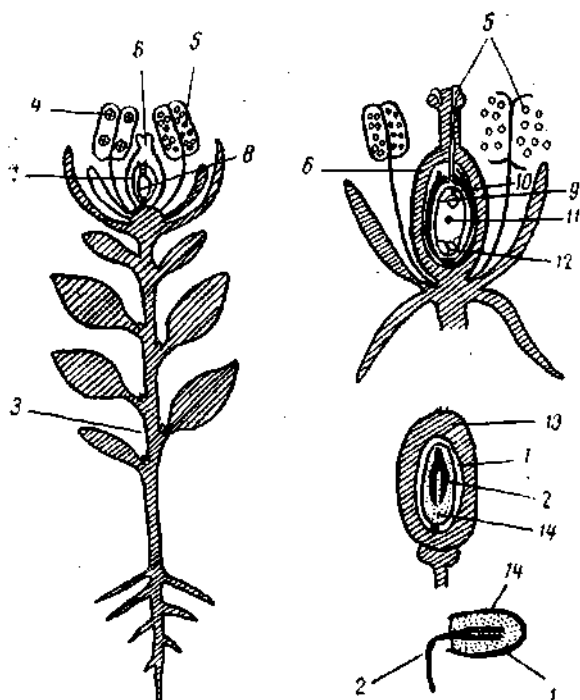


Рис. 79. Схема развития покрытосемянных растений:
1 — семя; 2 — зародыш; 3 — взрослое растение; 4 — пыльник; 5 — пыльца; 6 — пестик; 7 — семязачаток; 8 — зародышевый мешок; 9 — яйцеклетка; 10 — синергида; 11 — вторичное ядро зародышевого мешка; 12 — антиподы; 13 — плод; 14 — эндосперм (вторичный)

бесполого поколения — спорофита, сперва зародыша, затем всего растения, все органы которого (стебли, корни, листья, цветки) имеют диплоидные клетки. В пыльниках и семязачатках цветков после редукционного деления снова начинается развитие полового поколения.

Таким образом, у покрытосемянных господствующим является бесполое поколение, и половое поколение развивается на бесполом.

Вторичный эндосперм, клетки которого имеют ядра с тройным набором хромосом, нельзя отнести ни к спорофиту, ни

к гаметофиту. Эта своеобразная ткань свойственна только покрытосемянным.

До сих пор не ясно, какие формы были предками цветковых растений. Они появились в начале мелового периода, причем, по данным палеонтологии, очень быстро заселили большие пространства и среди них появились разнообразные представители ныне живущих семейств (магнолиевых, лавровых, буковых, ивовых).

В этот период на земном шаре произошло резкое изменение климата, уменьшилась влажность, увеличились освещенность и сухость воздуха. Большая часть голосемянных, господствовавших в то время, не смогла приспособиться к новым условиям, главным образом к сухости, и вымерла за исключением хвойных, которые благодаря небольшой листовой поверхности сохранились. Покрытосемянные, более пластичные, с большим разнообразием форм и лучше приспособленные к новым условиям, быстро заняли господствующее положение.

Самые древние формы покрытосемянных были древесными растениями с небольшими стволами, разветвленными на немногочисленные толстые ветви, имевшие моноподиальное ветвление. От них произошли более крупные формы с сильно разветвленной кроной и симподиальным ветвлением, позже появились кустарники, кустарнички, многолетние травы и позднее всех однолетние травы.

При сравнении циклов развития высших споровых и семенных растений видно, что всем им свойственна непрерывная смена поколений: полового поколения бесполом, а бесполого поколения половым. Эти поколения различаются по сложности строения, по размерам, образованию на половом поколении гамет, на бесполом спор и по числу хромосом в ядрах их клеток (гаплоидные или диплоидные). Переход одного поколения в другое осуществляется двумя процессами: слиянием гамет, ведущим к образованию диплоидной клетки — зиготы, и редукционным делением, ведущим к образованию гаплоидных спор. Эти процессы определяют границы поколений и приводят к возникновению в первом случае диплоидного бесполого поколения, во втором гаплоидного полового поколения.

Чередование поколений хорошо выражено во всех отделах высших растений, но господство и степень развития этих поколений в разных отделах разное, что в большой степени связано с условиями их жизни.

У мхов господствующим является половое поколение (само растение), на нем развиваются половые органы с гаметами, процесс оплодотворения их происходит только при наличии воды и растут мхи главным образом в сырых условиях. Периодически их заросли бывают насыщены водой, по которой спер-

матозоиды и передвигаются к яйцеклеткам. Бесполое поколение мхов (ножка и коробочка) развивается на половом.

У папоротникообразных господствует бесполое поколение. Оно растет самостоятельно, достигает значительной сложности и больших размеров, что способствует распространению спор ветром. Папоротникообразные заселяют преимущественно более сухие условия, чем мхи, и половое поколение их небольших размеров (не больше 5—10 мм) прижато к почве, что облегчает передвижение сперматозоидов по воде и увеличивает вероятность оплодотворения.

У голосемянных господствует бесполое поколение (само дерево), оно достигает большой сложности и значительных размеров. Все развитие микроскопического женского полового поколения происходит на бесполом поколении под защитой семяпочки, а опыление ветром способствует перенесению пыльцы и обеспечивает возможность оплодотворения. Образование семян и опыление ветром способствуют расселению голосемянных в более разнообразных условиях.

У покрытосемянных также господствует бесполое поколение, отличающееся большей сложностью и разнообразием строения (само растение). Микроскопическое женское половое поколение полностью развивается на бесполом поколении под защитой пестика.

Опыление ветром и насекомыми еще более надежно обеспечивает перенос пыльцы, а следовательно, и оплодотворение яйцеклеток. Разнообразие в строении вегетативных органов, образование семян и плодов способствовали расселению покрытосемянных в самые различные условия обитания. Бурное развитие покрытосемянных растений изменило облик растительности земного шара. Однообразные и однотипные заросли папоротникообразных и голосемянных сменились яркой и разнообразной по окраске листвы, цветков и плодов растительностью.

Покрытосемянные растения имели большое значение и в развитии животного мира как источник питания. Одновременно с развитием покрытосемянных растений шло развитие некоторых порядков насекомых, что привело к большой взаимной приспособленности цветков некоторых видов растений и насекомых-опылителей.

В жизни человека покрытосемянные растения также имеют огромное значение, так как обеспечивают его продуктами питания и материалами растительного происхождения. Использование человеком покрытосемянных разнообразно, но число видов, используемых человеком, сравнительно невелико, и по мере всестороннего изучения их оно будет увеличиваться.

Эволюция покрытосемянных привела к образованию многочисленных форм растений, объединенных ботаническими системами в виды, роды, семейства, порядки. Среди них есть более

примитивные древние и с более сложным строением молодые. Какие формы покрытосемянных следует считать более примитивными и какие более сложно организованными? По каким признакам можно судить о сложности строения видов? В основу филогенетических систем положено строение цветка — органа, характерного для покрытосемянных, строение которого в пределах вида, рода и семейства остается типичным.

Как мы знаем из морфологии, цветок является метаморфизованным побегом, на укороченном стебле (цветоложе) которого расположены листья, видоизмененные в части цветка. Наиболее древними являются крупные цветки с выпуклым цветоложем, на котором расположены многочисленные чашелистики, лепестки, тычинки и пестики. Такое строение цветков имеет порядок многоплодниковые¹, древность происхождения которого подтверждается и палеонтологией.

Эволюция цветков покрытосемянных шла и идет в различных направлениях. Усиление защиты семяпочки привело к переходу от верхней к нижней завязи. Приспособления к опылению насекомыми привели к срастанию частей цветка и образованию неправильных цветков. Приспособления к опылению ветром обусловили редукцию околоцветника и образование голых цветков. Общее направление эволюции заключалось в экономии материала, в уменьшении частей цветка до пяти, трех, двух, а тычинок и пестиков даже до одного в цветке и уменьшении размеров цветка. Одновременно с уменьшением размеров произошел переход от одиночных цветков к соцветиям, размеры и яркость которых привлекают насекомых. Появление однодомности и двудомности у ветроопыляемых растений обеспечило перекрестное опыление.

Степень изменчивости всех этих признаков у разных групп растений различная, поэтому цветки отдельных родов или семейств по одним признакам могут иметь сложное строение, по другим примитивное. Например, в семействе крестоцветные четырехчленный цветок имеет один пестик — признак высокой организации, но завязь у них всегда верхняя, что является признаком примитивности строения. Поэтому положение в системе любого семейства определяется не одним признаком, а совокупностью их.

Большая часть систем делит отдел покрытосемянные на два класса: двудольные и однодольные. К классу двудольные относятся растения, у которых зародыш семени имеет две семядоли, листья с перистым жилкованием, первичное строение стебля характеризуется открытыми сосудисто-волокнистыми пучками,

¹ Иногда в порядок многоплодниковые объединяют лютикоцветные и магнолиецветные.

расположенными кругами, корень стержневой, цветок четырех-пятичленный.

К классу однодольные относятся растения, у которых зародыш семени имеет одну семядолю, листья с дугонервным или параллельнонервным жилкованием, стебель в первичном строении содержит закрытые сосудисто-волокнистые пучки, корень мочковатый, цветки трехчленные.

Наиболее древними являются двудольные растения, от примитивных форм которых когда-то отделилась ветвь однодольных, достигшая в своей эволюции не менее сложных форм, чем двудольные.

Описание семейств покрытосемянных дано по системе академика А. А. Гроссгейма. В своей системе он не придерживается деления покрытосемянных на классы однодольные и двудольные.

Приведены только те семейства, главным образом травянистые, виды которых растут в лесу, на вырубках, на болотах, лесных полянах, являются сорняками лесных питомников или имеют особенно большое практическое значение.

Порядок лютикоцветные

Порядок лютикоцветные является наиболее древним, к нему относятся семейства лютиковые, кувшинковые и барбарисовые.

Семейство лютиковые (Ranunculaceae)

Многолетние травы, реже лианы. Листья очередные, простые, рассеченные или раздельные. Цветки крупные, одиночные или в редком соцветии, правильные, реже неправильные, спиральные или смешанные. Околоцветник двойной или простой (венчиковидный). Тычинок много, пестиков много (реже один-два). Завязь верхняя, всегда из одного плодолистика. Плод — сборная листовка или семянка, редко ягода.

Некоторые виды ядовиты. В лесах встречаются ветреница, перелеска, лютик, аконит, прострел, воронец; на сырых лугах лютик ползучий, калужница, купальница. Культивируются как декоративные пион, водосбор, аконит.

Лютик едкий (*Ranunculus acris* L.). Листья пальчатораздельные, цветки золотистые. Растет на лугах, на вырубках, в изреженных лесах.

Ветреница дубравная (*Anemone nemorosa* L.). Листья пальчатораздельные (рис. 80). Цветочный стебель имеет под цветком мутовку из трех листьев. Цветки белые. Растет в лесах на средней и более богатой почвах.

Ветреница лютиковая (*Anemone ranunculoides* L.). Листья, как у предыдущего вида, образуют мутовку. Цветки желтые. Растет в хвойно-широколиственных и хвойных лесах на более богатых почвах.

Перелеска синяя (*Hepatica nobilis* Schreb.). Листья прикорневые, трехлопастные (см. рис. 80). Цветки голубые, одиночные. Растет в лиственных лесах.

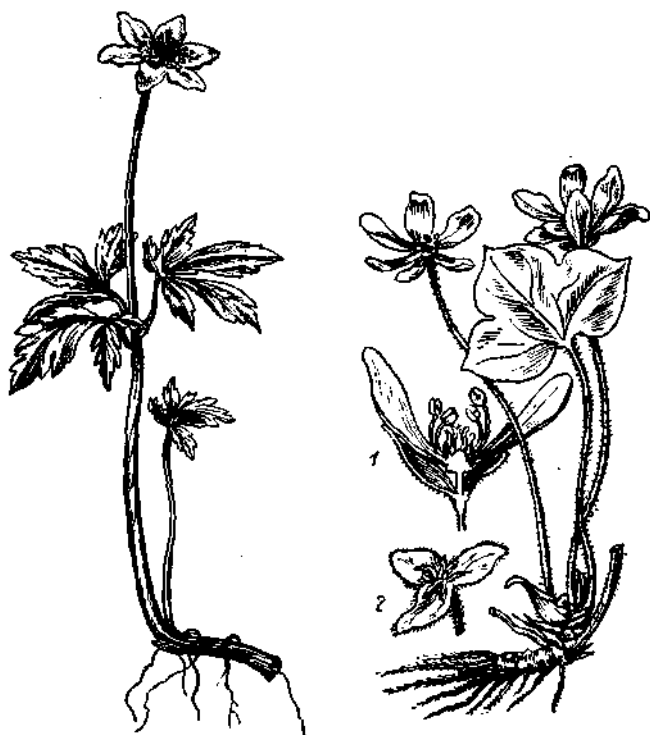


Рис. 80. Ветреница дубравная (слева) и перелеска синяя (справа):

1 — цветок в разрезе; 2 — плод, сложная семянка

Прострел, сон-трава (*Pulsatilla patens* L.). Листья сильно рассеченные. Цветки крупные, одиночные, лиловые. Растет в сосновых лесах на песчаной почве и в степи.

Аконит високий, борец (*Aconitum excelsum* Rechb.). Листья пальчаторассеченные. Цветки крупные, неправильные, лиловые, в соцветиях. Растение ядовитое, растет в лесах на влажных богатых почвах.

Воронец колосистый (*Actaea spicata* L.). Листья дважды-раздельные. Цветки мелкие. Плод — черная ягода. Растет

в хвойных и хвойно-широколиственных лесах на богатых почвах.

Калужница болотная (*Caltha palustris* L.). Листья почковидные, блестящие. Цветки крупные, желтые. Растет на травяных болотах, по сырым лугам.

Пион тонколистный (*Paeonia tenuifolia* L.). Многолетник с корневыми клубнями. Цветки одиночные, крупные. Махровые формы культивируются как декоративные.

Порядок розанноцветные

Розанноцветные близко родственны лютикоцветным. К этому порядку относятся семейства камнеломковые (смородина, крыжовник, дикий жасмин) и розоцветные.

Семейство розоцветные (Rosaceae)

Деревья, кустарники, многолетние травы. Листья очередные, простые или сложные, с прилистниками. Цветки правильные, круговые, одиночные или в соцветиях. Околоцветник двойной, пятичленный, несросшийся, чашечка двойная. Тычинок много, пестик один, несколько или много, завязь верхняя, полунижняя или нижняя. Плоды — семянка, орешек, костянка, листовка, ложные, ягодообразные, яблоковидные.

Признаки, общие с лютикоцветными: много тычинок и пестиков. Признаки более высокой организации: нижняя завязь, пятичленный венчик.

Розоцветные имеют большое практическое значение, многие виды культивируются (плодовые, ягодные), богаты эфирными маслами, витаминами, ценны в декоративном озеленении. Это большое семейство делится на четыре подсемейства. Для нас наибольший интерес представляют виды подсемейства розанные, яблоневые и сливовые.

Подсемейство розанные

Многолетние травы и кустарники. Листья сложные. Пестиков один-пять или много. Плоды — сложные костянки, семянки и ложные, богаты витаминами.

Таволга вязолистная, лабазник (*Filipendula ulmaria* L.). Крупные многолетние травы. Листья перистые. Цветки мелкие, белые, в крупных соцветиях. Растет по сырым лесам и полянам с проточной водой на богатых почвах.

Костяника (*Rubus saxatilis* L.). Многолетнее травянистое растение, размножающееся побегами — усами. Листья тройчатые. Цветки белые. Плод — сложная костянка. Растет в лесах на сравнительно богатых почвах.

Морошка (*Rubus chamaemorus* L.). Листья почковидные. Цветки темно-розовые. Плод — желтая сборная костянка, съедобна. Растет на сфагновых болотах.

Малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.). Колючий полукустарник. Листья сложные, с тремя-семью листочками. Цветки белые. Плод — красная, реже бледно-желтая сборная костянка, съедобен. Растет в лесах на средних и богатых почвах, на вырубках образует заросли. Культивируется как ягодное растение.

Земляника лесная (*Fragaria vesca* L.). Многолетник с укореняющимися побегами-усами. Листья тройчатые. Цветки белые, в редких соцветиях. Разросшееся цветоложе становится сочным, красным, сладким и образует ложный плод — ягодообразную сложную семянку, съедобную. Растет в лесах, на вырубках, на средних и богатых почвах. Крупноплодные сорта культивируются.

Лапчатка калган (*Potentilla tormentilla* Neck.). Многолетник с толстым коротким корневищем. Листья тройчатые. Цветки желтые, четырехчленные. Плод — сборная семянка. Растет в лесах и на лугах. Содержит дубильные вещества. Лекарственное растение.

Гравилат речной (*Geum rivale* L.). Многолетник с коротким корневищем. Листья крупные, отдельные. Цветки бледно-розовые, поникшие. Растет в сырых лесах и на лугах на богатых почвах с проточным увлажнением.

Роза иглистая, шиповник иглистый (*Rosa acicularis* Lindl.). Небольшой кустарник с тонкими шипами на побегах. Листья перистосложные. Цветки розовые. Плод ложный, ягодовидный. Растет в лесах северных районов.

Роза коричная, шиповник коричный (*Rosa cinnamomea* L.). У основания черешка парные согнутые шипы. Растет там же, где и предыдущий вид.

Роза собачья, шиповник обыкновенный (*Rosa canina* L.). Растет в более южных районах.

Подсемейство яблоневые

Деревья и кустарники. Цветоложе вогнутое, завязь нижняя, из двух-пяти плодолистиков. Плод мясистый, ложный, яблоковидный.

Яблоня лесная (*Malus silvestris* Mill.). Небольшое дерево. Листья простые (рис. 81). Цветки розовые. Плод яблоковидный. Растет в широколиственных лесах европейской части Союза.

Яблоня домашняя (*Malus domestica* Borkh.). Широко культивируются многочисленные сорта ее.

Груша обыкновенная (*Pyrus communis* L.). Побеги дерева заканчиваются колючкой. Листья простые, округлые. Цветки белые, в соцветиях. Растет в широколиственных лесах европейской части Союза.



Рис. 81. Яблоня:

1 — соцветие; 2 — цветок в разрезе; 3 и 4 — ложный плод, его продольный и поперечный разрез

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.). Деревья с непарноперистыми сложными листьями. Цветки мелкие, в соцветиях-щитках. Плоды яблоковидные, оранжевые.

Подсемейство сливовые

Небольшие деревья или кустарники с простыми листьями. Пестик один. Завязь верхняя. Плод — костянка. К подсемейству относятся слива, вишня, черемуха, а также абрикос, персик и миндаль.

Слива домашняя (*Prunus domestica* L.). Дерево, встречающееся только в культуре. Костянки удлиненные.

Вишня обыкновенная (*Cerasus vulgaris* Mill.). Дерево или кустарник. Цветки и плоды на длинных цветоножках. Плод — шаровидная костянка.

Черемуха обыкновенная (*Padus racemosa* Gillb.). Небольшое дерево. Цветки мелкие, белые, душистые, собраны в кисть. Плод — мелкая черная шаровидная костянка. Растет по опушкам леса и в приречных лесах.

Порядок бобовоцветные

Растения, близкородственные розанноцветным. К этому порядку относится одно семейство бобовые.

Семейство бобовые (Leguminosae)

Семейство бобовые включает много видов древесных и кустарниковых растений, на корнях которых развиваются азотфиксирующие бактерии, повышающие плодородие почвы. Семейство бобовые разделяется на три подсемейства: мимозовые, цезальпиниевые и мотыльковые. Мы остановимся на подсемействе мотыльковые, имеющем большое практическое значение.

Подсемейство мотыльковые

Деревья, кустарники, травы, лианы. Листья сложные, перистые, пальчатые, тройчатые. Цветки неправильные, пятичленные. Чашечка сросшаяся. Венчик мотылькового типа (один лепесток образует парус, два — лодочку и два — весла). Тычинок десять, срастаются нитями в трубочку. Пестик один. Завязь верхняя. Плод — боб. Наибольший интерес для лесного хозяйства представляют желтая и белая акация. Из травянистых видов этого подсемейства большое значение имеют горох, боб, фасоль, соя, клевер, люцерна, вика, декоративный душистый горошек. В лесах встречаются сочевичник и горошек мышиный.



Рис. 82. Сочевичник весенний

Акация желтая, карагана (*Caragana arborescens* Lam.). Кустарник, дико растущий в Сибири и широко распространенный в культуре. Листья сложные, парноперистые. Цветки желтые, в кистях.

Акация белая (*Robinia pseudo-acacia* L.). Дерево с колючими побегами (родина — Северная Аме-

рика). Листья непарноперистые. Цветки белые, душистые, в крупных соцветиях — кистях. Растет быстро, засухоустойчива, декоративна. Широко культивируется, применяется в полезном лесоразведении.

Сочевичник весенний (*Orobus vernalis* L.). Многолетнее растение с крупными парноперистыми листьями (рис. 82). Цветки

пурпурные, позже синие, по два-пять в соцветиях. Типичный лесной вид. Растет в широколиственных и хвойных лесах на богатых почвах.

Горошек мышиный (*Vicia cracca* L.). Однолетнее травянистое растение с цепляющимися побегами. Листья кончатся усиками. Цветки в густой кисти. Встречается в лесах и на вырубках.

Порядок зонтикоцветные

К порядку зонтикоцветные относятся семейства деренные, аралиевые и зонтичные.

Семейство зонтичные (*Umbelliferae*)

Многолетние, двухлетние и однолетние травы. Стебли полые, с перегородками в узлах. Листья перисторассеченные, с влагалищами. Цветки мелкие, пятичленные, с пятью тычинками и одним пестиком из двух плодолистиков. Завязь нижняя. Соцветие — сложный зонтик. Плод — дробная двусемянка. Зонтичные содержат эфирные масла. Многочисленные виды растут в различных условиях. Как пищевые культивируются морковь, укроп, тмин, петрушка, сельдерей. Типичные лесные виды: сныть, купырь, дудник. Некоторые виды ядовиты: болиголов (*Conium maculatum* L.) и цикута, или вех (*Cicuta virosa* L.).

Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.). Многолетник. Листья дваждытройчатые, с крупными долями листа (рис. 83). Растет в лесах на богатых почвах, иногда в виде сплошных зарослей.

Купырь лесной (*Anthriscus silvestris* L.). Многолетник. Листья дважды-триждыперисторассеченные, с узкими долями. Растет в лесу на богатых почвах.



Рис. 83. Сныть:

1 — мужской цветок; 2 — женский цветок;
3 — плод; 4 — диаграмма цветка

Дудник лесной (*Angelica silvestris* L.). Крупный многолетник, высотой до 2 м. Листья дважды-трижды перисторассеченные, с удлинненными долями. Растет на богатых почвах с избыточным проточным увлажнением.

Порядок букоцветные

К этому порядку принадлежат два семейства: березовые и буковые.

Семейство березовые (*Betulaceae*)

Деревья или кустарники. Листья простые, очередные, с рано опадающими прилистниками. Цветки очень мелкие, голые или с простым околоцветником, однополые. Мужские цветки по



Рис. 84. Береза бородавчатая (слева) и ольха черная (справа):
1 — женские сережки; 2 — мужские сережки; 3 — мужские цветки; 4 — женские цветки; 5 — соплодия; 6 — плоды

два-три в пазухах кроющих чешуек, сростаются с ними. Тычинок две-четыре. Соцветие сережковидное. Женские цветки сидят по два-три в пазухе чешуек или в плюске. Пестик из двух плодолистиков. Завязь верхняя. Соцветие колосовидное или головчатое. Ветроопыляемые. Плод — семянка или орех.

Береза бородавчатая (*Betula verrucosa* Ehrh.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.). Основные образователи лесов. Крупные деревья с белой корой. Мужские и женские цветки

образуются по три в пазухе чешуек (рис. 84). Плоды — крылатые семянки. Соплодия при созревании распадаются на крылатые семянки и трехлопастные чешуйки. У березы бородавчатой молодые побеги с бородавочками на коре, у березы пушистой — опушенные.

Ольха серая (*Alnus incana* Moench.), ольха черная (*Alnus glutinosa* Gaertn.). Женские цветки образуются по два в пазухе чешуй. Соплодие (см. рис. 84) не распадается и долго висит на дереве в виде темных шишечек. Ольха серая — небольшое дерево или кустарник, растет на вырубках и опушках, ольха черная — большое дерево, растет на избыточно увлажненных проточной водой местах.

Лещина обыкновенная, орешник (*Corylus avellana* L.). Крупный кустарник. Мужские цветки в сережках, зимуют открыто, женские по одному, по два, по три зимуют в почках. Плоды — орехи, съедобны. В широколиственных лесах растет как подлесок.

Семейство буковые (Fagaceae)

Деревья с простыми, иногда лопастными листьями. Околоцветник у мужских цветков простой, сросшийся, четырех-восьмичленный, у женских редуцирован. Тычинок четыре или много. Пестик один, из трех плодолистиков. Мужские соцветия — сережки, женские редкоцветные, колосовидные. Плод — желудь, находящийся в плюске в виде чашечки или корбочки.

Дуб летний (*Quercus robur* L.). Листья лопастные (рис. 85). Желуди — в чашечковидной плюске. Образователь широколиственных лесов в европейской части СССР. Дает ценную древесину.

Бук лесной, европейский (*Fagus silvatica* L.). Дерево с гладкой корой. Листья цельные, эллиптические. Желуди трехгранные, остроребристые, в плюске в виде коробочки. Образователь лесов в Западной Украине, на Кавказе и в Крыму.

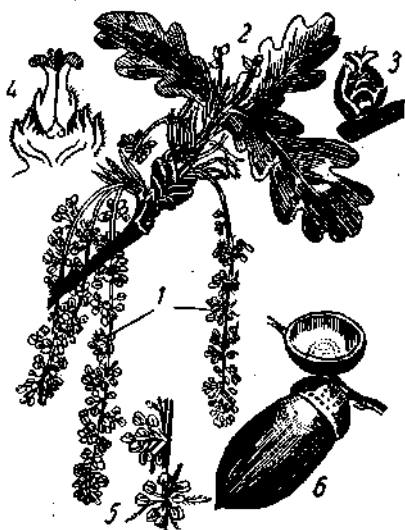


Рис. 85. Дуб летний:

1 — мужские соцветия; 2 — женские соцветия; 3 — женский цветок; 4 — женский цветок в разрезе; 5 — мужские цветки; 6 — плод

Порядок трубкоцветные

К трубкоцветным принадлежат семейства пасленовые, бурачниковые, норичниковые и губоцветные.

Семейство пасленовые (Solanaceae)

Травы, реже кустарники. Листья без прилистников. Цветки крупные, правильные, пятичленные, венчик сростнолепестный. Тычинок пять, пестик один, из двух плодолостиков. Завязь верхняя. Цветки одиночные или в редких кистях. Плод — ягода или коробочка. Широко культивируются картофель, помидор, табак, махорка. Сорняки: паслен черный, белена, дурман. Два последних вида ядовиты, применяются в медицине, как и белладонна.

Семейство бурачниковые (Borraginaceae)

Многолетние и однолетние травы с ребристыми стеблями. Листья цельные, простые, очередные, опушенные. Цветки правильные, пятичленные. Пестик один. Завязь верхняя. Плод дробный, распадающийся на четыре орешка.

Медуница лекарственная (*Pulmonaria obscura* Dumort.). Многолетник с яйцевидноудлиненными шершавыми листьями. Цветки розовые, позже синие. Встречается в лиственных и хвойных лесах на богатых почвах.

Незабудка болотная (*Myostis palustris* Lam.). Листья опушенные. Цветки голубые. Растет в редком сыром лесу и на сырых лугах. Многолетник.

Незабудка полевая (*Myostis arvensis* L.). Сорняк многолетний или однолетний.

Семейство норичниковые (Scrophulariaceae)

Травы. Листья цельные, очередные, реже супротивные, цветки неправильные. Околоцветник четырех-пятичленный, иногда двугубый, сростнолепестный. Тычинок две-четыре. Пестик один. Завязь верхняя. Плод — коробочка. Некоторые виды ведут полупаразитический образ жизни. К ним относятся марьянник (*Melampyrum*), погребок (*Alectorolophus*), растущий на лугах, и мытник (*Pedicularis*), встречающийся на сырых лугах, в западинах.

Вероника дубравная (*Veronica chamaedrys* L.). Травы с супротивными листьями, Цветки голубые, с глубоко рассеченным четырехчленным венчиком. Тычинок две. Опушение вдоль стебля двумя полосками. Растет в изреженных лесах, на полянах и вырубках.

Марьянник лесной (*Melampyrum silvaticum* L.). Однолетние травы с узкими супротивными листьями. Цветок двугубый, темно-желтый. Полупаразит. Растет в еловых и смешанных лесах, особенно обильно при изреживании и на вырубках, присасывается к корням кустарников и деревьев.

Марьянник луговой (*Melampyrum pratense* L.). Отличается бледно-желтым венчиком. Образ жизни тот же, что и у предыдущего вида.

Петров крест чешуйчатый (*Lathraea squamaria* L.). Сочный желтоватый стебель покрыт бесхлорофилльными чешуйчатыми листьями. Цветки красные, собраны в кисть. Паразитирует в лесу на корнях деревьев.

Льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris* Mill.). Многолетний сорняк. Сильно разветвляющиеся корневища образуют многочисленные наземные побеги. Листья узкие, линейные. Цветки двугубые, ярко-желтые, с острым шпорцем.

Семейство губоцветные (Labiatae)

Травы с четырехгранными стеблями и супротивными листьями. Цветки собраны в мутовки в пазухах листьев. Околоцветник пятичленный, двугубый, сростнолепестный. Тычинок две-четыре, прирастают к венчику. Пестик один, из двух плодолистиков. Завязь верхняя, четырехгнездная. Плод дробный, распадается на четыре орешка. Растения покрыты железистыми волосками, выделяющими эфирные масла. В качестве эфирносов используются мята (*Mentha*) и шалфей (*Salvia*).

Зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.). Многолетник с пятичленными зимующими листьями. Цветки желтые. Растет в лесах на богатых почвах.

Яснотка белая (*Lamium album* L.). Цветки белые. Сорняк.

Будра плющевидная (*Glechoma hederacea* L.). Цветки голубые. Побеги стелющиеся. Сорняк.

Порядок макоцветные

Макоцветные близкородственны с лютикоцветными, развились в самостоятельную боковую ветвь. К ним принадлежат семейства маковые и крестоцветные.

Семейство крестоцветные (Cruciferae)

Однолетние, двухлетние и многолетние травы. Листья главным образом в прикорневой розетке, цельные, лопастные или перистораздельные. Цветки правильные, четырехчленные (рис. 86), околоцветник двойной, несросшийся, желтого, белого или

фиолетового цвета. Тычинок шесть, две короткие. Пестик один, из двух плодолистиков. Завязь верхняя. Плод — стручок. Многие виды богаты эфирными маслами. Культивируются как пищевые растения капуста, брюква, репа, редис, редька, хрен. К масличным относятся горчица, рапс, рыжик, сурепка, к декоративным — левкой, к сорнякам — сумочник (*Capsella*), ярутка (*Thlaspi*), сурепка (*Barbarea*).

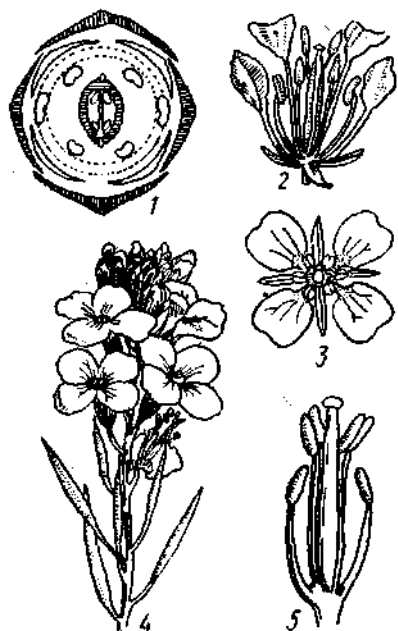


Рис. 86. Крестоцветные:

1 — диаграмма цветка; 2 — общий вид цветка; 3 — схема цветка на плоскости; 4 — соцветие калусты; 5 — андроей и гинецей цветка капусты

Порядок сложноцветные

К порядку сложноцветные относится одно семейство того же названия.

Семейство сложноцветные (*Compositae*)

Многолетние и однолетние травы. Листья простые, очередные, редко супротивные, с разнообразной формой пластинок. Имеют типичное строение цветков и соцветий. Цветки мелкие, пятичленные, чашечка в виде зубчиков, волосков или редуцирована, венчик сростнолистный, правильный или неправильный, образует трубочку, оканчивающуюся наверху зубчиками или вытянутую в язычок, у некоторых видов воронковидный. Тычинок

пять, срастающихся пыльниками в трубочку, через которую проходит столбик. Пестик один, образуется из двух плодолистиков. Завязь нижняя. Плод ложный, семянковидный. Соцветие — корзинка, в которой собраны или только трубчатые, или только язычковые цветки, или в центре трубчатые, по краям язычковые или воронковидные. У некоторых видов мелкие корзинки собраны в сложные кисти или в щитки.

Это семейство содержит большое число видов, широко распространенных по всему земному шару и растущих в самых разнообразных условиях. Практически используются как пищевые подсолнечник, земляная груша, салат-латук. К каучуконосам относится казахстанский одуванчик кок-сагыз. Сорняки: осот, одуванчик, бодяк, лопух, мать-и-мачеха, ромашка, василек полевой. Культивируются как декоративные: георгины, хризантемы, астры, маргаритки, ноготки, цинерарии, рудбекия.

Единственный из семейства типичный лесной вид — золотарник обыкновенный. На вырубках часто встречаются виды ястребники (*Hieracium*), кошачья лапка (*Antennaria dioica* L.), виды мелколестника (*Erigeron*), на лугах: поповник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), василек луговой (*Centaurea jacea* L.).



Рис. 87. Сложноцветные: слева — золотарник, справа — тысячелистник

Золотарник обыкновенный (*Solidago virga aurea* L.). Многолетник с прикорневой розеткой крупных листьев. Цветки желтые. Корзинки собраны в метелку (рис. 87).

Порядок верескоцветные

К порядку верескоцветные относятся семейства грушанковые, вересковые, водяниковые.

Семейство вересковые (*Ericaceae*)

Небольшие деревья, кустарники и кустарнички, обычно с вечнозелеными кожистыми листьями. Цветки правильные, венчик сростнолистный, иногда глубокораздельный, четырех-

пятичленный. Тычинок четыре, пять или восемь-десять. Пестик один, с верхней или нижней завязью. Плод — ягода или коробочка.

Багульник болотный (*Ledum palustre* L.). Вечнозеленый кустарничек с узкими листьями (рис. 88, а), с нижней стороны покрытыми бурыми волосками. Цветки белые, собраны в щитковидное соцветие, с сильным запахом. Растет на сфагновых болотах.

Толокнянка обыкновенная (*Arctostaphylos uva-ursi* L.). Вечнозеленый кустарничек со стелющимися побегами. Листья обратнойцевидные (рис. 88, б). Плод — ягода. Растет в сосновых лесах на песчаных почвах.

Подбел (*Andromeda pelifolia* L.). Вечнозеленый кустарничек. Листья мелкие, узкие (рис. 88, в), с нижней стороны белые. Плод — коробочка. Растет на сфагновых болотах.

Вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* L.). Вечнозеленый кустарничек с чешуевидными очень мелкими листьями (рис. 88, г). Цветки лиловые, мелкие. Плод — коробочка. Растет на сфагновых болотах и в сосновых лесах на песчаной почве.

Черника (*Vaccinium myrtillus* L.). Кустарничек с опадающими тонкими листьями. Побеги ребристые. Цветки зеленоватые, одиночные (рис. 88, д). Плоды — черные ягоды, съедобны. Растет в хвойных лесах, на более влажных почвах образует заросли.

Брусника (*Vaccinium vitis idaea* L.). Вечнозеленый кустарничек с кожистыми блестящими листьями. Цветки розовые, в однобоких кистях (рис. 88, е). Плоды — красные ягоды, съедобны. Растет в хвойных лесах, на более сухих почвах образует заросли.

Голубика, гонобобель (*Vaccinium uliginosum* L.). Кустарничек с опадающими листьями. Цветки бледно-розовые, одиночные. Плоды — черные ягоды, съедобные.

Клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.). Вечнозеленый кустарничек с тонкими стелющимися побегами. Листья мелкие, с нижней стороны белые. Цветки розовые, на длинных цветоножках. Плоды — красные ягоды, съедобны, богаты витаминами. Ценное ягодное растение. Растет на сфагновых болотах.

Порядок центросемянные

К порядку центросемянные относятся два семейства: гвоздичные и маревые.

Семейство гвоздичные (Caryophyllaceae)

Многолетние и однолетние травы, полукустарники. Листья цельные, супротивные. Цветки правильные, околоцветник двойной, пятичленный. Тычинок от пяти до десяти. Пестик один,



Рис. 88. Вересковые:

а — багульник; б — толокнянка; в — подбел; г — вереск; д — черника; е — брусника

столбиков два-пять. Завязь верхняя, из двух-пяти плодолистиков. Плод — коробочка или орешек. В лесу растут звездчатка, дрема. На лугах растут гвоздика травянка (*Dianthus deltoides* L.), смолка обыкновенная (*Viscaria viscosa* Aschers.), кукушкин цвет (*Lychnis flos cuculi* L.). Культивируется как декоративное растение гвоздика душистая (*Dianthus fragrans* Adams.).

Звездчатка лесная (*Stellaria nemorum* L.). Многолетник со слабым приподнимающимся стеблем. Нижние листья черешковые, верхние сидячие. Цветки белые. Растет в лесах на влажных средней плодородности и богатых почвах.

Звездчатка лапцетолистная (*Stellaria holostea* L.). Многолетник со слабыми стеблями. Листья узколанцетные. Растет там же, где и предыдущий вид.

Дрема лесная (*Melandrium silvaticum* L.). Двухлетник. Цветки ярко-розовые. Растет в лесу на средних и более богатых почвах.

Семейство маревые (*Chenopodiaceae*)

Однолетние, двухлетние и многолетние травы, кустарники и небольшие деревья с очередными или супротивными листьями. Цветки часто очень мелкие, правильные, обоеполые или однополые, пятичленные. Околоцветник простой. Тычинок две-пять. Пестик один из двух-пяти плодолистиков. Завязь верхняя. Плод — орешек. Культивируются как пищевые растения свекла, шпинат. Некоторые роды имеют большое значение в растительности солончаков в полупустынях, например солянки. В среднеазиатских пустынях растет саксаул (*Haloxylon*) — дерево с редуцированными листьями; молодые стебли его ассимилируют. Весьма распространен сорняк — лебеда, или марь белая (*Chenopodium album* L.).

Порядок гречихоцветные

К порядку гречихоцветные относится семейство гречишные.

Семейство гречишные (*Polygonaceae*)

Однолетние и многолетние травы. Листья очередные, простые, со сросшимися в виде раструба прилистниками. Цветки мелкие, правильные, однополые или обоеполые. Венчик трехшестиленный. Тычинок от шести до восемнадцати. Пестик один, из двух-трех плодолистиков. Завязь верхняя. Плод — орешек.

Щавель обыкновенный (*Rumex acetosa* L.). Многолетник. Цветки обоеполые, розовые, в узкой метелке. Листья употребляются в пищу. Растет на лугах, в редких лиственных лесах.

Щавелек (*Rumex acetosella* L.). Многолетник с копьевид-

ными листьями. Цветки однополые. Растет на песчаных почвах по посевам, в питомниках — сорняк.

Щавель конский (*Rumex confertus* Willd.). Крупный многолетник с большими листьями. Растет на лугах, на лесных полянах, в изреженном лесу.

Горец птичий (*Polygonum aviculare* L.). Однолетник с мелкими листьями. Цветки мелкие, бледно-розовые. Сорняк. Растет вдоль дорог.

Горец змеинный, раковые шейки (*Polygonum bistorta* L.). Многолетник с сизоватыми с нижней стороны листьями. Цветки розовые, собраны в плотный колос. Растет по сырым лугам, полянам, опушкам, на торфянистой почве.

Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench.). Ценный медонос. Культивируется как пищевое растение.

Порядок лилиецветные

К порядку лилиецветные относятся семейства лилейные, ситниковые, амариллисовые (нарцисс, агава) и касатиковые (ирис, гладиолус).

Семейство лилейные (*Liliaceae*)

Многолетние травы с луковицами или корневищами. Листья линейные или эллиптические, цельные. Цветки с простым венчиковидным околоцветником, свободным или сросшимся, трехчленные. Тычинок шесть. Пестик один, из трех плодolistиков. Завязь верхняя. Богатое видами широкораспространенное семейство. Некоторые виды разводят как декоративные растения, например тюльпаны, лилии. Тюльпаны растут также естественно в степях и пустынях.

Гусиный лук (*Gagea lutea* L.). Небольшое растение. Один линейный прикорневой лист и два коротких на стебле. Цветки зеленовато-желтые. Соцветие зонтиковидное. Растет в лесах на сравнительно богатой почве.

Пролеска синяя (*Scilla sibirica* And.). Небольшое луковичное растение с широколинейными листьями. Цветки синие, поникающие. Растет в широколиственных лесах.

Майник двулистный (*Majanthemum bifolium* L.). Многолетник с длинным тонким корневищем. Листья стеблевые, яйцевидные. Цветки белые, очень мелкие, четырехчленные. Плод — красная ягода. Растет в хвойных лесах, на богатых почвах образует заросли.

Ландыш майский (*Convallaria majalis* L.). Многолетнее растение с длинным ветвистым корневищем. Листья удлинено-эллиптические, крупные (рис. 89). Цветки белые, душистые, в однобокой кисти. Плод — красная ягода. Растет в редких

лесах, на опушках, полянах, по кустарниковым зарослям, на сравнительно богатых почвах.

Вороний глаз (*Paris quadrifolia* L.). Корневищное растение. Стебель несет мутовку из четырех крупных листьев (см. рис. 89). Цветок одиночный, крупный, четырехчленный. Венчик желтоватый. Плод — черная ягода. Растет в лесах, на сравнительно богатых почвах. Ядовит.



Рис. 89. Ландыш (слева; отдельно — плод и цветок в разрезе) и вороний глаз (справа; отдельно — плод и диаграмма цветка)

Купена лекарственная (*Polygonatum officinalis* All.). Корневищное растение с дуговидно изогнутым стеблем. Листья крупные, направлены вверх. Цветки шестичленные, беловатые. Плод — синевато-черная ягода. Растет в лесах, на богатой почве.

Черемша (*Allium victorialis* L.). Стебель несет два-три широкоэллиптических листа. Растение с чесночным запахом. Растет в лесах Кавказа, Сибири, Дальнего Востока.

Лук медвежий (*Allium ursinum* L.). Близкий к предыдущему вид. Съедобен. Противоцинготное средство. Растет в лесах и на лугах в европейской части Союза.

Лук резанец (*Allium schoenoprasum* L.). Листья трубчатые. Растет на лугах, иногда культивируется. Съедобен.

Чеснок (*Allium sativum* L.), **лук репчатый** (*Allium cepa* L.). Культивируются как пищевые растения. Богаты фитонцидами — веществами, убивающими некоторые болезнетворные бактерии.

Лилия белая (*Lilium candidum* L.), **лилия тигровая** (*Lilium tigrinum* Ker., Gawl.). Используются как декоративные культуры.

Порядок осокоцветные

К порядку осокоцветные относится одно семейство осоковые.

Семейство осоковые (Cyperaceae)

Корневищные многолетние травы, чаще с трехгранным стеблем. Листья линейные, расположены в три ряда. Цветки очень мелкие, однополые и обоеполые, в колосовидных, головчатых, метельчатых или зонтиковидных соцветиях (рис. 90). Каждый цветок находится в пазухе цветковой чешуйки. Вместо околоцветника волоски или мешочки. Тычинок три. Пестик один, из трех плодolistиков. Завязь верхняя. Ветроопыляемые. Плод — орешек. Широко распространены разные виды осок (*Carex*) на болотах, сырых лугах, по берегам рек и водоемов, реже на сухих почвах. Встречаются в лесах.

Камыш лесной (*Scirpus silvaticus* L.). Стебли трехгранные, оlistвенные. Листья широкие. Соцветие зонтиковидное. Растет на влажных лугах, в лесу, по берегам канав и водоемов.

Пушица узколистая (*Eriophorum angustifolium* Roth.). Образует рыхлую дернину. Листья узкие. Цветки обоеполые, собраны в трех-семиколосковые соцветия. Околоцветник в виде щетинок, при плодах образует белые пушистые хохолки.

Пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.). Образует плотную дернину. На стебле один колосок. Как и предыдущий вид, растет на сфагновых болотах, по берегам стоячих водоемов, в заболоченных лесах, на торфянистых болотах и является торфообразователем.



Рис. 90. Осока вздутая

Порядок злакоцветные

К порядку злакоцветные относится одно семейство с большим числом видов. Они очень широко распространены и занимают сплошным травостоем большие площади в степях, на лугах.

Семейство злаковые (Gramineae)

Многолетние и однолетние травы, лишь один род бамбук относится к древовидным злакам и достигает высоты 30 м. Стебель внутри полый, с перегородками в узлах (соломина). Многие виды корневищные. Листья линейные, с влагалищем и параллельным жилкованием, расположены по стеблю в два ряда. Цветки очень мелкие, собраны в колоски, а колоски — в метелку или сложный колос, у кукурузы — початок. Каждый колосок может содержать от одного до десяти цветков, которые прикрыты двумя колосковыми чешуйками. Цветки обоеполые (у кукурузы однополые), прикрыты двумя цветковыми чешуйками. Околоцветник редуцирован до двух маленьких пленочек. Тычинок три (у риса и бамбука шесть, у душистого колоска две). Пестик один, из двух плодolistиков, с двухлопастным перистым рыльцем. Завязь верхняя. Плод — зерновка. К злаковым относятся многочисленные виды, растущие на лугах и в степи: ковыль, душистый колосок, лисохвост, полевица, молиния, трясунка, мятлик, овсяница. Злаки являются существенным источником питания травоядных животных. Широко культивируются хлебные злаки: пшеница, кукуруза, рис, рожь, овес, ячмень, просо. Типичных лесных злаков сравнительно немного.

Вейник лесной (*Calamagrostis arundinacea* Roth.). Многолетник. Образует плотную дернину. Листья широколинейные, с нижней стороны ярко-зеленые, шершавые. Метелка длиной до 25 см, узкая, колоски лиловые. Сильно разрастается в изреженных лесах и на вырубках. Корм грубый. Задернение мешает развитию всходов древесных пород.

Вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* L.). Многолетник с длинным ползучим корневищем. Листья широкие, сизо-зеленые. Метелка длиной до 30 см, густая. Растет на опушках леса, чаще на песчаной почве. При изреживании леса и на вырубках сильно разрастается.

Вейник ланцетный (*Calamagrostis lanceolata* Roth.). Многолетник с длинными корневищами. Стебель шершавый только наверху. Листья узколинейные. Метелка длиной 10—15 см, редкая. Растет на сырых и болотистых лугах, в поймах, в сырых лесах, при изреживании леса разрастается. Корм среднего качества.

Луговик извилистый (*Deschampsia flexuosa* L.). Многолетник, образующий рыхлую дернину. Листья щетиновидные, мягкие. Метелка редкая, с фиолетовым оттенком. Растет на более сухих

почвах на лугах, в лесу при изреживании и на вырубках образует рыхлые заросли. Корм среднего качества.

Луговик дернистый (*Deschampsia caespitosa* L.). Многолетник, образующий очень плотные дернины. Листья узколинейные, жесткие. Метелки раскидистые, пирамидальные. Растет на бедных и среднего плодородия почвах на лугах, содействует заболачиванию их. Корм грубый.

Тростник обыкновенный (*Phragmites communis* Trin.). Многолетник с длинным толстым корневищем. Самый крупный (до 4 м) из злаков, растущих в нашей стране. Листья жесткие, сизо-зеленые. Метелка длиной до 30 см. Растет по болотам, по берегам рек и озер, образует густые заросли, иногда на песчаных почвах. В лесу на избыточно увлажненных почвах с другими злаками образует травяной покров.

Перловник поникающий (*Melica nutans* L.). Рыхлокустовой многолетник. Соцветие — узкая однобокая редкая метелка. Растет на достаточно богатых почвах только в лесу.

Ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.). Многолетник. Образует густую дернину. Листья широколинейные, мягкие. Соцветие метельчато-лопастное. Растет на пойменных, реже суходольных лугах, в редких лесах. Корм хороший.

Овсяница овечья (*Festuca ovina* L.). Многолетник, образующий густую, но мягкую дернину. Растет на песчаной сухой почве на лугах и в сосновых лесах. Росту самосева не мешает. Корм среднего качества.

Пырей ползучий (*Agropyrum repens* L.). Многолетник с сильно ветвистым длинным корневищем, образующим многочисленные наземные побеги (рис. 91). Листья относительно широкие, с верхней стороны острошершавые. Соцветие — сложный колос длиной до 15 см. Растет на лугах, пашнях, на обнаженной песчаной почве. На питомниках — опасный сорняк.

Костер безостый (*Bromus inermis* Leyss.). Многолетник с длинными корневищами. Листья широколинейные. Метелка крупная, раскидистая. Растет особенно хорошо на песчаной почве на лугах и полях. Корм среднего качества.



Рис. 91. Пырей ползучий:
1 — корневище; 2 — соцветие;
3 — колосок; 4 — цветок; 5 —
нижняя цветочная чешуя

Белоус торчащий (*Nardus stricta* L.). Многолетник, образующий очень плотные твердые дернинки. Соцветие — односторонний мелкий редкий сложный колос. Листья щетиновидные, жесткие, шершавые. Растет на бедных подзолистых и торфяных почвах на лугах, засоряет суходольные пастбища.

Порядок ивоцветные

К порядку ивоцветные относится одно семейство ивовые.

Семейство ивовые (*Salicaceae*)

Двудомные деревья и кустарники. Листья очередные, цельные, реже лопастные. Соцветие — сережка. Цветки с прицветником и редуцированным околоцветником. Тычинок две — пять или много. Пестик один, из двух плодолистиков. Завязь верхняя. Плод — коробочка. Семена очень мелкие, с волосками. Семейство состоит из двух больших родов — ива, и тополь, — представленных многочисленными видами, из которых многие растут в Советском Союзе.



Рис. 92. Осина:

1 — лист; 2 — побег с мужским соцветием; 3 — побег с женским соцветием; 4 — мужской цветок; 5 — женский цветок; 6 — раскрывшийся плод

Ива белая (*Salix alba* L.). Крупные деревья с побегами, опушенными шелковистыми волосками.

Ива ломкая (*Salix fragilis* L.). Крупное дерево с блестящими голыми листьями. Как и предыдущий вид, растет по берегам рек и водоемов. И-

спользуется в защитном лесоразведении и как декоративное растение.

Ива козья (*Salix caprea* L.). Небольшое дерево с широкими, с нижней стороны войлочноопушенными листьями. Растет в лесах.

Ива корзиночная (*Salix viminalis* L.). Кустарник с длинными узкими листьями, опушенными с нижней стороны. Растет по берегам рек. Часто разводится искусственно для получения прутьев.

Осина, тополь дрожащий (*Populus tremula* L.). Осина (рис. 92) легко размножается корневыми отпрысками. Дает древе-

сину для спичечного, целлюлозно-бумажного и фанерного производства. Наряду с березой является образователем мелколиственных лесов.

Тополь белый (*Populus alba* L.). Листья лопастные, сильно опушенные с нижней стороны.

Тополь черный, осокорь (*Populus nigra* L.). Листья треугольные, блестящие.

Тополь лавролистный (*Populus laurifolia* Ldb.). Листья ланцетные.

Эти виды естественно растут по берегам рек и широко культивируются как быстрорастущие декоративные деревья. В Советском Союзе искусственно выращивают многочисленные сорта тополя, отличающиеся быстрым ростом и декоративностью.

СИСТЕМА ПОКРЫТОСЕМЯННЫХ ГРОССГЕЙМА

Все перечисленные выше семейства объединены в порядки, которые в большей или меньшей степени находятся между собой в родстве. Филогенетические системы растительного мира обычно изображают в виде родословного дерева, на котором отдельные направления эволюции растений — ветви эволюции показаны как боковые ветви родословного дерева.

Академик А. А. Гроссгейм свою систему покрытосемянных изобразил также в виде кроны дерева, показав это дерево в плане (рис. 93). В этой схеме самые древние порядки, являющиеся родоначальниками остальных покрытосемянных, находятся в центре. Это порядок лютикоцветные, представленный главным образом травянистыми растениями и давший в дальнейшем многочисленные боковые ветви эволюции, и порядок магнолиецветные, представленный только древесными растениями, от которого в дальнейшем образовались немногочисленные ветви. На схеме порядки изображены окружностями, величина которых приближенно отражает размер отдела. Порядки, в которые входят древесные породы, отмечены черным кружком.

А. А. Гроссгейм различает три ступени в развитии цветка покрытосемянных и границы этих ступеней на схеме отмечает двумя окружностями.

К первой ступени развития отнесены порядки с наиболее просто устроенными цветками: с неопределенным числом частей цветка, со спиральным их расположением, с многочисленными пестиками, развившимися из одного плодolistика, с верхними завязями. Эти порядки помещены внутри меньшей окружности, что подчеркивает их близость к древним формам.

Ко второй ступени развития отнесены порядки с более сложным строением цветка. В цветках уменьшается число частей до трех-пяти, расположены они чаще кругами. Пестик чаще образован несколькими плодolistиками, иногда с нижней завязью.

Эти порядки в схеме расположены между внутренней и внешней окружностями.

К третьей ступени развития отнесены порядки с ярко выраженной приспособленностью цветков к определенному типу опыления, что отразилось на сложности их строения. Растения группы

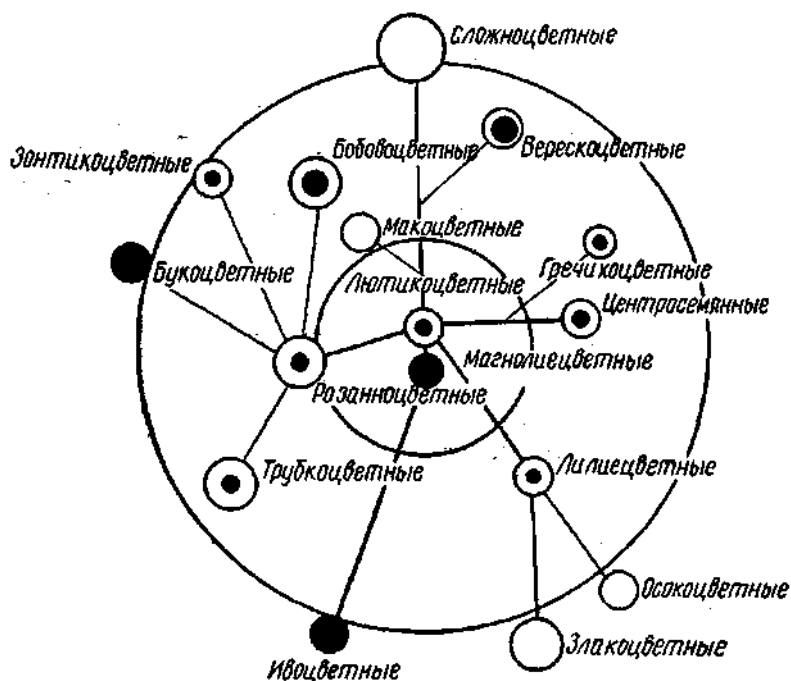


Рис. 93. Филогенетическая система А. А. Гроссгейма

насекомоопыляемых имеют цветки с наиболее сложным строением, сросшийся неправильный венчик, нижнюю завязь. Ветроопыляемые отличаются вторичным упрощением цветка — редукция венчика, верхняя завязь. Эти порядки в схеме расположены за пределами второй окружности.

Схема Гроссгейма нами приводится в упрощенном виде: на ней показаны только 16 порядков, упомянутых в тексте.

От порядка лютиковых берет начало несколько линий развития, в большей или меньшей степени разветвленных в дальнейшем. Влево ведет линия развития к порядку розантовых, имеющему, как и лютиковые, много тычинок и пестиков, часто пестик образован из одного плодолостика с верхней завязью. В то же время в этом порядке наблюдаются и усложнения в виде перехода к одному пестику и нижней завязи.

Порядок розанноцветные очень разнообразен, и от разных его представителей берут начало несколько направлений в эволюции. Среди них крупный порядок бобовоцветные, в котором усложнение шло по линии уменьшения числа тычинок до десяти, пестиков — до одного, частичного срастания частей цветка, неправильности околоцветника, но образование пестика из одного плодолистика роднит его с розанноцветными.

От розанноцветных ветвь эволюции привела к порядку зонтикоцветные, у которых усложнение цветка выразилось в переходе к нижней завязи, в уменьшении частей цветка и в сильной рассеченности пластинки простого листа.

В направлении развития древесных форм от розанноцветных эволюция шла в сторону порядка букоцветные (семейства березовые и буковые) с переходом у них к простому листу, ветроопыляемости, полной редукции околоцветника.

От розанноцветных же родственные связи ведут к большому порядку трубкоцветные (семейства пасленовые, бурачниковые, норичниковые и губоцветные), в пределах которого наблюдается переход к супротивному листорасположению, к неправильному околоцветнику, к срастанию венчика, уменьшению числа тычинок до двух, но завязь остается во всем порядке верхней.

От лютикоцветных по отдельной линии эволюции заметен переход к порядку макоцветные (семейства маковые и крестоцветные), у которых наблюдается уменьшение числа тычинок от большого к определенному небольшому, уменьшение частей околоцветника и образование одного пестика из нескольких плодолистиков.

По этому же ряду находится порядок верескоцветные, который характеризуется простыми листьями, переходом к сросшемуся венчику, к нижней завязи и четырех-пятичленному цветку.

Заканчивает эту линию развития в схеме порядок сложноцветные, наиболее молодой по происхождению. Этот большой порядок резко отличается типом соцветия — корзинкой, состоящей из мелких цветков, окруженных оберткой. Наблюдается редукция чашечки, срастание венчика, срастание пяти тычинок пыльниками, образование одного пестика из двух плодолистиков с нижней завязью.

Следующая линия развития от лютикоцветных привела к порядкам Centrospermae (семейства гвоздичные и маревые) и гречихоцветные (семейство гречишные), которые характеризуются переходом к супротивным листьям и срастанию частей околоцветника, числом тычинок, равным числу частей околоцветника или удвоенным, трех-пятичленным цветком. Наряду с насекомоопыляемыми появляются и ветроопыляемые виды.

От лютикоцветных же идет линия развития, давшая однодольные травянистые растения; к ним относятся порядки лилиецветные, осокоцветные и злакоцветные. Они существенно

отличаются строением вегетативных органов. Все виды относятся к травам. Листья линейные или ланцетные с параллельным или дугонервным жилкованием, цветки трехчленные, с двойным, простым или совсем редуцированным околоцветником, тычинок три-шесть, пестик один. В этом ряду наблюдается переход от насекомоопыления у лилиецветных, к ветроопылению у осокоцветных и злакоцветных.

Порядок ивоцветные занимает особое положение. Он берет свое начало от магнолиецветных, представлен только древесными растениями с простыми листьями, все виды строго двудомные. Цветки с редуцированным околоцветником. В пределах семейства наблюдается уменьшение числа тычинок до двух. Очень мелкие семена снабжены волосками.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автостерильность 46
 Алейроновые зерна 66
 Амитоз 70
 Анафаза 71, 72, 73
 Анаэробы условные 142
 Андроей 38
 Анемофилия 47
 Антеридий 157, 172, 173
 Антибиотики 67, 68, 165
 Антиподы 40, 41
 Антоциан 61, 62, 67
 Археогонаты 171
 Археогоний 171, 172, 173
 Археспорий 39, 174
 Аск 164
 Аскомицеты 163
 Аскоспоры 164
 Ассимиляция 84, 139
 Ахроматиновые нити 71, 73
- Базидиальные грибы 163, 165—167
 Базидиомицеты 165
 Базидиоспоры 165, 166
 Базидия 165, 166
 Бактерии 59, 132, 153—156
 — азотфиксирующие 135, 136, 137
 — клубеньковые 136
 — нитрифицирующие 132, 137, 155
 — патогенные 156
 — пурпурные 154, 155
 Бациллы 153
 Березовые 206
 Бесполое поколение 174
 — размножение 157
 Беспучковое строение стебля 87, 93, 97
 Боб 49
 Бобовоцветные 204
 Бобовые 204
 Брожение 134, 139, 142, 143, 155, 156
 Буковые 206, 207
 Букоцветные 206
 Бурачниковые 208
- Вакуоля 61
 Вегетативное возобновление 33
 — размножение 32
 Вегетативные органы 16, 32
 Венчик 36, 37, 38
 Вересковые 211
 Верескоцветные 211
 Ветвление дихотомическое 14
 — ложновилчатое 13, 14
 — ложнодихотомическое 14
 — моноподиальное 14
 — неопределенное 13, 14
 — определенное 13, 14
 — симподиальное 14
 — смешанное 14
 Вид 151, 152
 Витамины 67
 Влагалище листа 24
 Водоросли 59, 156—161
 Волокна древесные 80
 — лубяные 80
 Волоски 29
 — корневые 19
 Вольфовские 159
 Выход 51
 Вымоканье растений 124
- Газообмен 77
 Гаметофит 174
 Гаметы 32, 157
 Гвоздичные 212
 Геотропизм 147
 — отрицательный 10, 147
 — положительный 17, 147
 Гетероауксин 35, 146
 Гетерогамия 157
 Гетерофилия 29
 Гибридизация 47
 Гидатоды 118
 Гименальный слой 166
 Гименомицеты 165
 Гинцей 43
 Гинкговые 186

- Гилотерма 112
- Гифы 162
- Гликоген 154, 162
- Глюкоза 64
- Гниение 155
- Годичное кольцо 99, 105
- — ложное 106
- Головневые грибы 167
- Голосеменные 185, 186
- Гречихоцветные 214
- Гречишные 214
- Грибница 22, 162
- Грибикорей 22
- Грибы 132, 153, 161—167
- Губоцветные 209
- Гуттация 118
- Деление клетки 70
- хромосом 71
- ядра 70
- — кариокинетическое 70, 72, 73
- — прямое 70
- — редукционное 70, 73, 74
- Деплазмозис 62
- Деревья 57
- Диаграмма цветка 43, 205, 210, 216
- Дикарион 163
- Диплококки 153
- Диссимилиация 139
- Древесина 93
- вторичная 94, 106
- защитная 107
- кольцеспоровая 104
- кольцесосудистая 104
- хреновая 107
- первичная 94
- поздняя 101, 103
- раневая 107
- ранняя 103, 104
- рассеяноспоровая 104
- рассеяннососудистая 104
- спелая 106
- тяговая 107
- ядровая 107
- Дрожжевые грибы 164
- Друзы 66, 67
- Дыхание растений 23, 131, 139—142
- Желудь 50
- Живца 85
- Жилкование листьев 25, 26
- Заболонь 106
- Завязь 37, 39
- верхняя 37, 39
- нижняя 37, 39
- Зародыш 51
- Зародышевый мешок 40, 41
- Заросток 176
- Зерновка 50
- Зигота 32, 42, 157
- Злаковые 218
- Злакоцветные 218
- Зонтикоцветные 205
- Зонтичные 205
- Зооспора 157
- Ивовые 220
- Ивоцветные 220
- Изидии 169
- Изогамия 157
- Интерфаза 70, 71, 72
- Каллюс 107
- Камбий 75
- пробковый 77, 78
- строение 94
- Кариокинетическое (сложное) деление ядра 70, 72, 73
- Кариолимфа 63
- Каротин 64, 129
- Кипарисовые 192
- Класс 150, 158
- Клетка 59
- антеридиальная 187, 188
- вегетативная 42
- генеративная 42
- сосущая сила 116
- строение 76, 80
- Клетки выполняющие 78
- выстилающие 86
- гаплоидные 74
- диплоидные 74
- замыкающие 76
- каменные 79, 80, 81
- паренхимные 79
- прозенхимные 79
- пропускные 108
- сопровождающие (спутницы) 86, 93
- Клеточная оболочка 59, 68
- Клеточный сок 61, 67
- Клетчатка 68
- Клон 33
- Клубеньки 22, 23
- Клубни 9, 16
- корневые 21, 34
- стеблевые 34
- Кожица 75
- Кокки 153
- Коллеяxima 78, 79
- пластинчатая 79, 80
- уголкообразная 79, 80, 92
- Колочки 9, 16
- Конидиоспоры 165
- Конидий 165
- Конъюгация 157
- Копулировка 35

Кора 93, 97
— вторичная 97
— первичная 97
Корень, 8, 9, 108
— главный 19
— зоны роста 17, 18, 19
— функции 17
Корка 75, 79
Корневая система 19
— — мочковатая 20
— — стержневая 19, 20
Корневая шейка 19
Корневище 9, 16, 34
Корневое давление 118
Корневой чехлик 17
Корневые волоски 19
— клубни 21, 34
— отпрыски 21, 34
Корнеплоды 21
Корни боковые 19
— воздушные 21
— второго порядка 19
— втягивающие 21
— дыхательные 21
— первого порядка 19
— придаточные 19
Коробочка 49
Косослой 107
Костянка 50
Крахмал 64, 66
Крестоцветные 209
Крона 11
Ксантофилл 64, 129
Ксилема 81
Кустарники 57
Кустарнички 57
Кутикула 69
Кутин 69, 76
Кутинизация 69

Лейкопласты 64, 65
Лепестки 36, 37
Лианы 57
Либриформ 104
Лигнин 69
Лилейные 215
Лилиецветные 215
Лист 8, 9, 23, 24
— строение 110
Листовая мозаика 30
— пластинка 24—29
Листовка 49
Листовой рубец 11, 12
Листовые следы 11, 12
Листорасположение 13, 29
Листочки 29
Листья лопастные 27
— простые 29

Листья раздельные 27
— рассеченные 27
— сложные 29
— цельные 27
Лишайники 153, 167—171
Ложное кольцо 106
— ядро 107
Луб 81, 94, 97
— вторичный 94
— первичный 94
Луковица 17, 34
Лютиковые 199
Лютикоцветные 199

Макоцветные 209
Макроспора 181
Макроспорангий 181
Маревые 214
Мацерация 70
Междоузлие 11, 12
Межклетная пластинка 70, 83
Межклетник 78, 84, 86
Мезоплазма 115
Мейоз 73
Меристема 75
Метаморфоз 9, 15, 16, 20, 21, 30
Метафаза 71, 72, 73
Микориза 22
Микотрофное питание 22
Микропиле 40
Микроспора 181
Микроспорангий 181
Микроэлементы 135
Минерализация оболочки клетки 69
Митоз 70
Мицелий 162
Мицеллы 68
Млечные ходы 85
Мохообразные 171, 172
Мхи зеленые 175
— листостебельные 175
— печеночные 175
— сфагновые 175, 176

Надсемядольное колено 51
Нектарники 48
Норичниковые 208
Нутация 147
Нуцеллус 40

Оболочка клетки 59, 68
— ядра 63
Одревеснение оболочки клетки 69
Околоплодник 49
Околоцветник 38
Окулярровка 35
Оогамия 157
Оогоний 157
Оплодотворение 185

Оплодотворение двойное 42
 Опробковение оболочки клетки 69
 Опушение 29
 Опыление 45
 — перекрестное 45
 — соседнее 46
 Органы растений 8, 9
 — аналогичные 31
 — вегетативные 32
 — генеративные 32
 — гомологичные 31
 — репродуктивные 32
 Орех 50
 Орешек 50
 Ослизнение оболочки клетки 69
 Осмос 115
 Осмотическое давление 115
 Осоковые 217
 Осокоцветные 217
 Отводки 33
 Отдел 152

Пазуха листа 11
 Папоротники 177, 184
 Папоротникообразные 171, 176, 177, 178, 179, 184
 Паразиты 132, 138
 Паренхима 78
 — губчатая 84
 — древесная 104
 — запасающая 85
 — коровая 97
 — лубяная 97, 98
 — палисадная 84
 — пробковая 78
 — складчатая 84
 — столбчатая 84
 — трансфузионная 113
 Партенокарпия 55
 Партеноспермия 55
 Пасленовые 208
 Пасока 118
 Пектин 70
 Первичные бугорки 11, 12, 13
 Перидерма 75, 77, 78
 Перицикл 108
 Пестик 37, 39
 Пигменты 64
 Плазма 60
 Плазмодесмы 62
 Плазмолемма 115
 Плазмолиз 62, 116
 Пластиды 59, 63
 Пластинчатые грибы 166
 Плауновые 177, 179
 Плач растений 118
 Плетя 16, 34
 Плод 32, 48

Плод, типы 49, 50, 51
 Плодовое тело 162
 Плодолистики 39
 Побег 11
 — второго порядка 11
 — первого порядка 11
 — удлинённый 14, 15
 — укороченный 14, 15
 Подвой 35
 Подсемядольное колено 51
 Покрывальце 177, 178
 Покрытосеменные 185, 193
 Половое поколение 174
 — размножение 157
 — спороношение 163
 Полукустарники 58
 Пороки древесины 107
 Поры 70
 — окаймленные 82, 83, 98
 — простые 82
 Порядок 152
 Потометр 120
 Почка 11
 Почки адвентивные 11, 12
 — боковые 11
 — верхушечные 11, 12
 — выводковые 34
 — пазушные 11, 12
 — покоящиеся 13
 — придаточные 11, 12
 — растущие 13
 — спящие 13
 Почкование 164
 Почкорасположение 13
 Проросток 172
 Прививка 35
 Привой 35
 Прилистники 24, 25
 Присемянники 56
 Присоски 21
 Прицветники 36
 Пробка 77, 78
 Прокамбий 88, 89
 Проллификация 37
 Протококковые 159
 Протонема 172
 Протоплазма 59
 — избирательная способность 115
 Протопласт 59
 Профаза 71, 72, 73
 Пучки 86
 — бокобочные 86, 87
 — биколлатеральные 87
 — двубокобочные 87
 — закрытые 87, 88
 — коллатеральные 86
 — концентрические 87
 — открытые 87, 89
 — проводящие 86

- Пучки радиальные 87
- сосудисто-волокнистые 86
- Пыльник 37, 39
- Пыльца 39, 41
- Пыльцевая трубка 41
- Пыльцевход 40
- Разнолистность 29
- Разностолчатость 46
- Растения автотрофные 132
 - анаэробные 142
 - анемофильные 47
 - аэробные 142
 - ветроопыляемые 47
 - вечнозеленые 186
 - высшие 153, 171
 - гетеротрофные 132
 - двудольные 53
 - двудомные 47
 - монокарпические 58
 - насекомоопыляемые 48
 - насекомоядные 31
 - низшие 153
 - однодольные 53
 - однодомные 47
 - поликарпические 58
 - семенные 171, 185
 - фототрофные 132
 - хемотрофные 132
 - энтомофильные 48
 - этиолированные 128, 145
- Регенерация 32
- Редукционное деление ядра 70, 73, 74
- Ржавчинные грибы 167
- Ризоиды 169, 172
- Род 152
- Розанццветные 201
- Розовцветные 201
- Рубчик 53
- Рыльце 37, 39
- Самоопыление 45
- Салпрофиты 132, 138
- Сарцины 153
- Свилеватость 107
- Семейство 152
- Семя 32, 51, 52
- Семядоля 51, 52
- Семянка 50
- Семяножка 40
- Семяпочка 39, 40
- Сердцевина 88, 89, 93
- Сердцевинные лучи 88, 89, 93, 97
- Симбиоз 21
- Синергиды 40, 41
- Система естественная 151
 - искусственная 151
 - филогенетическая 150, 151, 221
- Сифонниковые 159, 160
- Склеренды 79, 80
- Склеренхима 79
- Скользкий рост 95, 96
- Слоевнище 153
- Сложноцветные 210
- Слой годичный 105
- Смола 85
- Смоляные ходы 85, 86, 97
- Сок клеточный 61, 67
 - ядерный 63
- Соплодие 49
- Соредий 169
- Сорус 177
- Сосновые 192
- Сосуды 81, 82
 - кольчатые 81, 82
 - лестничные 81, 82
 - спиральные 81, 82
 - точечные 82
- Сосущая сила клетки 116
- Соцветие 43—45
- Сперматозоид 157
- Спермий 41, 42
- Спириллы 153
- Спора 154, 157
- Спорангий 162
- Спорогон 172, 174
- Спорофит 174
- Стебель 8, 9, 10
 - строение 86, 87, 88
 - вторичное (беспучковое) 87, 93, 97
 - первичное (пучковое) 87, 90, 92
- Столбик 37, 39
- Стрептококки 153
- Строма 63
- Стручок 49
- Стручочек 49
- Суберин 69
- Суккуленты 30
- Сумчатые грибы 163, 164
- Сцеплянки 158, 161
- Телофаза 71, 72, 73
- Тиллы 83
- Тисовые 192
- Ткань 74
 - ассимиляционная 74, 84
 - всасывающая 74, 85
 - вторичная 75, 77
 - выделительная 74, 85
 - запасающая 74, 85
 - механическая 74, 79
 - образовательная 74, 75
 - паренхимная 74
 - первичная 75, 79
 - покровная 74, 75
 - проводящая 74, 81

Ткань прозенхимная 74
— столбчатая 84
Ток восходящий 10, 81
— нисходящий 10, 81
Тонопласт 115
Торус 83, 101
Точка роста 10, 12
Транспирация 23, 119—123
Тропизм 147
Трахеиды 81, 83, 86, 98
Трубки решетчатые 83
— ситовидные 81, 83, 84
Трубоцветные 208
Трутовиковые 166, 167
Тургор 115
Тургорное давление 116
Тычинки 37, 38
Тяжи 83

Узел побега 11, 12
Улотриковые 159, 160
Усики 9, 16
Устьица 76, 77
Устьичная щель 76, 77, 121
Усы 16, 34

Феллоген 77, 78
Феллодерма 78
Ферменты 67, 138
Фибриллы 68
Филлема 77
Флоэма 81
Формула цветка 43
Фотопериодизм 149
Фотосинтез 23, 64, 84, 125—132
Фототропизм 147

Харовые 159, 161
Хвойные 186
Хвощевые 177, 181
Хемосинтез 132
Хлороз 129, 135
Хлоропласты 61, 64
Хлорофилл 64, 65
Хлорофилловые зерна 64
Хондриосомы 60, 65
Хроматин 63
Хроматиновые нити 71, 73
Хроматофор 158
Хромoplastы 64, 65
Хромосомы 63, 71

Цветок 32, 36
— актиноморфный 38
— голый 38

Цветок зигоморфный 38
— круговой 37
— падпестичный 40
— неправильный 38
— подпестичный 40
— правильный 38
— смешанный 37
— спиральный 37
— циклический 37
Цветки, условные обозначения 43
Цветоложе 36, 37
Цветоножка 36
Целлюлоза 68
Центросомы 212
Цитоплазма 60
Цитология 73

Чашелистики 36, 37
Чашечка 36, 37
Чередование поколений 174, 176, 178,
182, 192, 194
Черенки 35
Черешок 24
Чечевичка 12, 78
Чешуйка кроющая 190
— семенная 190
Чешуйки 11

Эвдиометр 126, 127
Экзогенное происхождение ветвей 10
Экзодерма 108
Эксцентричность годичных колец 107
Эндогенное происхождение корня 17
Эндодерма 108
Эндосперм 51, 52
— вторичный 42, 43
Энзимы 67
Энтомофилия 47
Эпibleма 85, 108
Эпидермис 75, 78
Эпителий 85
Эпифиты 21

Ягода 51
Ядерный сок 63
Ядро 40, 59, 62
— вторичное 40
— гаплоидное 74
— деление 70
— диплоидное 74
— древесины 106
— ложное 107
— стадия покоя 70
Ядрышко 60, 63
Яйцевой аппарат 41
Яйцеклетка 40, 157

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Морфология растений	8
Общие понятия	8
Морфология стебля, корня и листа	10
Гомологичные и аналогичные органы	31
Размножение растений	32
Морфология цветков, плодов, семян и всходов	36
Жизненные формы растений	57
Анатомия растений	59
Общие понятия	59
Клеточное строение растений	59
Ткани растений	74
Анатомическое строение стебля	87
Анатомическое строение корня	108
Анатомическое строение листьев	110
Физиология растений	114
Общие понятия	114
Основы физиологии растительной клетки	114
Водный режим растений	117
Питание растений	125
Дыхание и брожение	139
Рост и развитие растений	143
Систематика растений	150
Введение в систематику растений	150
Низшие растения	153
Высшие растения	171
Семенные растения	185
Предметный указатель	225

Галина Владимировна Матвеева

БОТАНИКА

Редактор издательства К. С. Арнольдова
Технический редактор В. М. Аколова
Корректор Е. Н. Соколова
Переплет художника В. Д. Петухова

Сдано в производство 27/V 1967 г. Подписано к печати
31/X 1967 г. Бумага 60×90¹/₁₆ типогр. № 2. Печ. л. 14,5.
Уч.-изд. л. 14,38. Тираж 23.000 экз. Издат. № 261/66.
Цена 57 коп. Зак. 1692.

Тематический план 1967 г. № 97

Издательство «Лесная промышленность»,
Москва, Центр, ул. Кирова, 40а.

Ленинградская типография № 4 Главполиграфпрома Коми-
тета по печати при Совете Министров СССР, Социалисти-
ческая, 14.