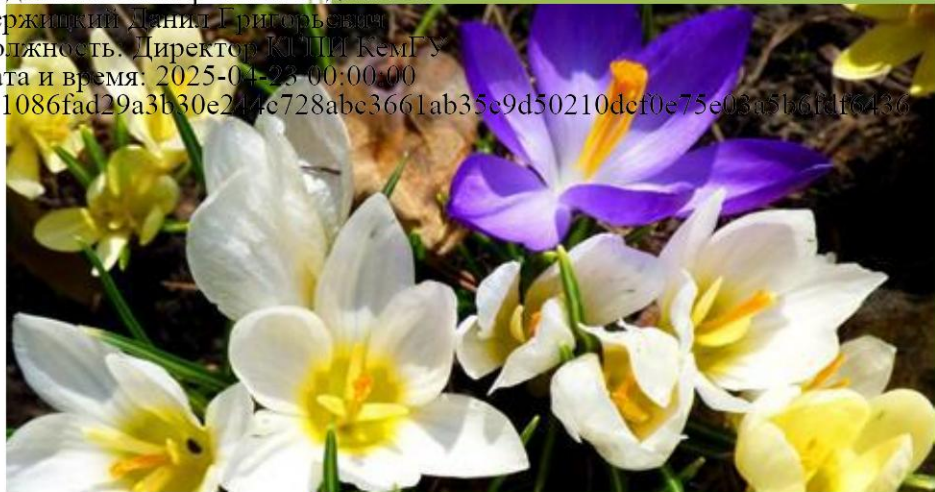


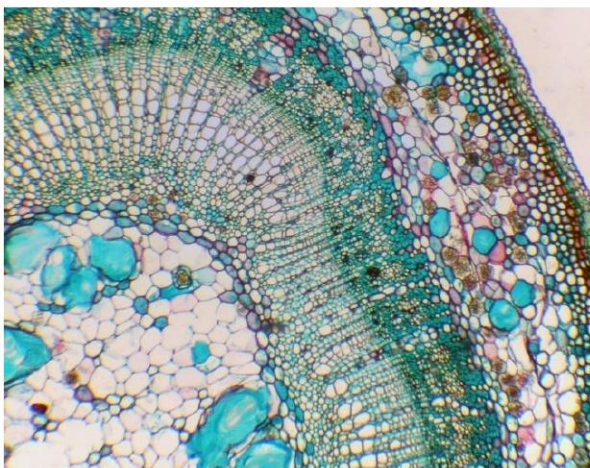
А.В. Климов
Б.В. Прошкин
А.Ф. Гуляева



ПРАКТИЧЕСКИЙ КУРС БОТАНИКИ

Часть I

Анатомия и морфология растений



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Кемеровский государственный университет»
Новокузнецкий институт (филиал)

Кафедра естественнонаучных дисциплин

А.В. Климов, Б.В. Прошкин, А.Ф. Гуляева

ПРАКТИЧЕСКИЙ КУРС БОТАНИКИ

Часть I

Анатомия и морфология растений

Учебное пособие

Новокузнецк
2020

УДК 581.4.8

ББК 28.56

К 71

Климов А.В., Прошкин Б.В., Гуляева А.Ф.

Методические указания по изучению дисциплины «Ботаника» для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) / А.В. Климов, Б.В. Прошкин, А. Ф. Гуляева; Новокузнец. ин-т. (фил.) Кемеров. гос. ун-та. – Новокузнецк: НФИ КемГУ, 2020 - 92с.

В настоящих методических указаниях для студентов-бакалавров направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) представлен теоретический материал и рекомендации по выполнению практических занятий.

Рекомендовано

На заседании кафедры

естественнонаучных дисциплин

протокол № 1 от 6 сентября 2020г.

И.о. заведующего кафедрой

А.Г. Жукова



Утверждено

методической комиссией факультета

физической культуры, естествозна-

ния и природопользования

«5» сентября 2020г.

Председатель комиссии Н.Т. Егорова



УДК 581.4.8

ББК 28.56

К71

© Климов А.В., Прошкин Б.В., Гуляева А.Ф.

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» Новокузнецкий институт (филиал), 2020

Текст представлен в авторской редакции

Содержание

Предисловие	6
Введение	7
УСТРОЙСТВО ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА И ПРАВИЛА РАБОТЫ С НИМ. ПРИГОТОВЛЕНИЕ МИКРОПРЕПАРАТОВ	8
РАЗДЕЛ I ОРГАНИЗАЦИЯ ТИПИЧНОЙ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ (ЦИТОЛОГИЯ).....	18
ЗАНЯТИЕ № 1. ФОРМА И СТРОЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ	18
ЗАНЯТИЕ № 2. ПЛАСТИДЫ. ХЛОРОПЛАСТЫ	21
ЗАНЯТИЕ № 3. ХРОМОПЛАСТЫ И ЛЕЙКОПЛАСТЫ	26
ЗАНЯТИЕ № 4. СПОСОБЫ ДЕЛЕНИЯ ЯДРА И КЛЕТКИ	33
ЗАНЯТИЕ № 5. ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ – ЗАПАСНЫЕ ВЕЩЕСТВА.....	38
ЗАНЯТИЕ № 6. ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ – КОНЕЧНЫЕ ПРОДУКТЫ МЕТАБОЛИЗМА	44
РАЗДЕЛ II ГИСТОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ.....	49
ЗАНЯТИЕ № 7. ПЕРВИЧНЫЕ ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ ПОБЕГА	49
ЗАНЯТИЕ № 8. ПЕРВИЧНЫЕ ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ КОРНЯ. ВТОРИЧНЫЕ ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ РАСТЕНИЙ	57
ЗАНЯТИЕ № 9. ОСНОВНЫЕ ТКАНИ.....	63
ЗАНЯТИЕ № 10. МЕХАНИЧЕСКИЕ ТКАНИ	69
ЗАНЯТИЕ № 11. ПРОВОДЯЩИЕ ТКАНИ	74
ЗАНЯТИЕ № 12. ЗАКРЫТЫЕ ПРОВОДЯЩИЕ ПУЧКИ	81
ЗАНЯТИЕ № 13. ОТКРЫТЫЕ ПРОВОДЯЩИЕ ПУЧКИ	87
РАЗДЕЛ III ОРГАНОГРАФИЯ.....	94
ЗАНЯТИЕ № 14. СТРОЕНИЕ СЕМЯН И ПРОРОСТКОВ ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ.....	94
ЗАНЯТИЕ № 15. КОРЕНЬ. ТИПЫ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ	101
ЗАНЯТИЕ № 16. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОРНЯ.....	107
ЗАНЯТИЕ № 17. СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ И МЕТАМОРФОЗЫ КОРНЯ.....	114
ЗАНЯТИЕ № 18. ПОБЕГ, ВЕТВЛЕНИЕ, ПОЧКА	124
ЗАНЯТИЕ № 19. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ВЫСШИХ СПОРОВЫХ РАСТЕНИЙ.....	133

ЗАНЯТИЕ № 20. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ.....	140
ЗАНЯТИЕ № 21. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ДВУДОЛЬНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ.....	162
ЗАНЯТИЕ № 22. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ОДНОДОЛЬНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ.....	168
ЗАНЯТИЕ № 23. МОРФОЛОГИЯ ЛИСТА.....	175
ЗАНЯТИЕ № 24. АНАТОМИЯ ЛИСТА.....	183
РАЗДЕЛ IV РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ	190
ЗАНЯТИЕ № 25. СТРОЕНИЕ ЦВЕТКА. АНДРОЦЕЙ.....	190
ЗАНЯТИЕ № 26. СТРОЕНИЕ ЦВЕТКА. ГИНЕЦЕЙ.....	198
ЗАНЯТИЕ № 27. СТРОЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СОЦВЕТИЙ	207
ЗАНЯТИЕ № 28. СТРОЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛОДОВ	211
ЛИТЕРАТУРА	221

Предисловие

Методические указания к практическим занятиям по учебной дисциплине «Ботаника» подготовлены на основе Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования в соответствии с учебными планами направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)» и рабочей учебной программы по предмету.

Профессиональная подготовка по учебной дисциплине «Ботаника» предполагает усвоение обучающимися сведений с учетом новых педагогических тенденций, обозначившихся в последнее время в сфере образования. В процессе обучения по названному курсу рассматриваются закономерности усвоения знаний, умений и навыков, функциональной подготовки обучающихся к различным видам деятельности, содержание, методы и организационные формы обучения и воспитания, воздействие учебного и воспитательного процессов на его участников.

Формирование знаний по теоретическим и методическим основам ботаники осуществляется в ходе аудиторных занятий, включающих лекционные и практические занятия.

Введение

Анатомия (от гр. *anatome* – рассечение, расчленение) и **морфология** (от гр. *morphe* – форма, *logos* – наука) растений – разделы ботаники, изучающие общие закономерности развития растений, их внешнее и внутреннее строение на клеточном и тканевом уровне.

Настоящий лабораторный практикум составлен на основе рабочей программы по ботанике для студентов 1 курса, обучающихся по профилю «Биология и Химия», «География и Биология» и преследует цель не только ознакомить их с особенностями цитологии и гистологии растений, но и подготовить к предстоящей самостоятельной, творческой педагогической деятельности.

Для изучения строения растений необходимо овладеть приемами микротехники и навыками работы с оптическими приборами, научиться готовить микропрепараты и выполнять их зарисовки, так как рисунок – не только способ фиксации результатов наблюдений, но и активный метод исследования.

Все занятия в представленном пособии (за исключением контрольных работ) строятся по единому плану. Вначале в краткой форме освещаются теоретические вопросы, касающиеся рассматриваемой темы, затем указывается цель занятия, перечень необходимых средств обучения, последовательность проведения, требования к оформлению результатов, контрольные вопросы. В конце практикума предложен список рекомендуемой литературы.

УСТРОЙСТВО ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА И ПРАВИЛА РАБОТЫ С НИМ. ПРИГОТОВЛЕНИЕ МИКРОПРЕПАРАТОВ

Микроскоп – оптико-механический прибор, позволяющий увеличивать изучаемый объект и исследовать отдельные его детали размером менее 0,15 мм, недоступные невооруженному глазу даже при хорошем освещении. Микроскоп состоит из двух частей: оптической и механической (рис. 1).

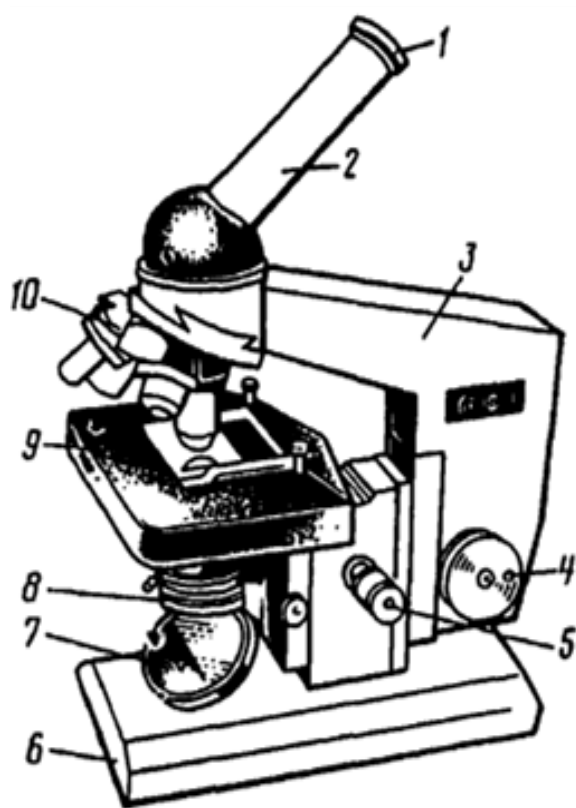


Рис. 1. Устройство микроскопа: 1 – окуляр; 2 – тубус; 3 – тубусодержатель; 4 – макровинт; 5 – микровинт; 6 – основание; 7 – зеркало; 8 – конденсор и ирисовая диафрагма; 9 – предметный столик; 10 – револьвер с объективами.

Механическая часть микроскопа включает основание, тубусодержатель, тубус, револьвер, предметный столик, макровинт (кремальера), микровинт.

Оптическая: объектив, окуляр и осветительная система (конденсор, ирисовая диафрагма, зеркало или осветитель). Объектив состоит из нескольких линз. Наиболее обычны объективы с увеличением 8х (9х), 10х, 20х, 40х. Объектив дает обратное изображение объекта. Окуляр помещается в верхней части тубуса. Он состоит из двух линз: собирающей, обращенной к объекту и глазной, обращенной к глазу. Окуляр увеличивает картину, построенную объективом. Наиболее употребительными являются оку-

ляры с увеличением 7х, 10х, 15х. Общее увеличение объекта исследования определяется произведением увеличения окуляра на увеличение объектива.

Малое увеличение можно получить с помощью комбинации объектива 8х (9х) и окуляра 15х: $8 \times 15 = 120 \times$ или $9 \times 15 = 135 \times$.

Большое увеличение микроскопа можно получить с помощью комбинации объектива 40х и окуляра 15х: $40 \times 15 = 600 \times$.

Правила работы с микроскопом

При работе с микроскопом необходимо соблюдать операции в следующем порядке:

1. Микроскоп переносите двумя руками, поддерживая одной за тубусодержатель, другой за основание;
2. Работать с микроскопом следует сидя;
3. Микроскоп перед работой осмотреть, вытереть от пыли мягкой салфеткой объективы, окуляр, зеркало;
4. Микроскоп установить перед собой, немного слева на 2–3 см от края стола. Во время **работы его не сдвигать**;
5. Открыть полностью диафрагму, поднять конденсор в крайнее верхнее положение;
6. **Работу с микроскопом всегда начинать с малого увеличения**;
7. Опустить объектив 8х (9х) в рабочее положение, т. е. на расстояние 1 см от предметного стекла;
8. Глядя одним глазом в окуляр и пользуясь зеркалом с вогнутой стороной, направить свет от окна в объектив, а затем максимально и равномерно осветить поле зрения;
9. Положить микропрепарат на предметный столик так, чтобы изучаемый объект находился под объективом. Глядя сбоку, опускать объектив при помощи макровинта до тех пор, пока расстояние между нижней линзой объектива и микропрепаратом не станет 4–5 мм;

10. Смотреть одним глазом в окуляр и вращать макровинт на себя, плавно поднимая объектив до положения, при котором хорошо будет видно изображение объекта. **Нельзя смотреть в окуляр и опускать объектив.** Фронтальная линза может раздавить покровное стекло, и на ней появятся царапины;

11. Передвигая препарат рукой, найти нужное место, расположить его в центре поля зрения;

12. Если изображение не появилось, то надо повторить все операции пунктов 7, 8, 9, 10;

13. Для изучения объекта при большом увеличении сначала нужно поставить выбранный участок в центр поля зрения микроскопа при малом увеличении. Затем поменять объектив на 40х, поворачивая револьвер, так чтобы он занял рабочее положение. При помощи микровинта добиться хорошего изображения объекта.

14. По окончании работы с большим увеличением, установить малое увеличение, поднять объектив, снять с рабочего столика препарат, протереть чистой салфеткой все части микроскопа, выключить объективы и поставить микроскоп на место.

Микротехника

Анатомическую структуру растения изучают на микроскопических препаратах, сделанных из срезов его отдельных тканей или органов. Совокупность приемов, используемых для получения микроскопического препарата, называется микроскопической техникой или микротехникой.

На лабораторных занятиях обычно готовят **временные препараты**. При этом изучаемый объект помещают на предметное стекло в каплю воды или глицерина, раствора реактива или красителя и накрывают покровным стеклом. Такой препарат можно использовать в течение нескольких часов. Препараты, которые хранятся более длительный срок, называют постоянными.

Некоторые органы растений, как, например, споры, листья некоторых видов и др., можно рассматривать в микроскоп целиком (*in*

toto), без предварительного изготовления срезов. Однако число объектов, которые можно изучать на тотальных препаратах, невелико. Чаще приходится делать срезы органов, подлежащих изучению. Срезы изготавливают из свежих или фиксированных частей растений. Обычно для фиксации применяют растворы спирта или формалина.

Срезы делают при помощи лезвия. При этом объект зажимают между большим и указательным пальцами левой руки (большой палец должен быть ниже уровня среза). Сначала лезвием выравнивают его поверхность, а затем делают тонкий срез, *ведя лезвие к себе наискось одним плавным быстрым движением (не пилить!)*. При этом объект надо держать *строго вертикально*, а лезвие – *строго горизонтально*. Обе руки должны быть совершенно свободны, не следует ими опираться на стол или прижимать к груди. Делают сразу несколько срезов.

При изготовлении временных препаратов соблюдают следующую последовательность операций.

1. Моют и тщательно вытирают салфеткой предметное и покровное стекла. Чтобы не сломать очень хрупкое покровное стекло, его споласкивают в воде, помещают в складку салфетки между большим и указательным пальцами правой руки и осторожно вытирают круговыми движениями пальцев.

2. Наносят на центр предметного стекла каплю жидкости (воды, глицерина, раствора реактива или красителя).

3. Делают срез изучаемого органа при помощи лезвия.

4. Выбрав самый тонкий срез, кладут его на предметное стекло в каплю жидкости.

5. Закрывают срез покровным стеклом так, чтобы под него не попал воздух. Для этого покровное стекло берут двумя пальцами за грани, подводят нижнюю грань к краю капли жидкости и плавно опускают.

6. Если жидкости много и она вытекает из под покровного стекла, удаляют избыток ее полоской фильтровальной бумаги. Если же

под покровным стеклом остались места, заполненные воздухом, добавляют жидкость, поместив каплю ее рядом с краем покровного стекла.

При необходимости введения какого-либо красящего реактива воду из-под покровного стекла удаляют с помощью фильтровальной бумаги, а капельку реактива наносят с противоположной стороны у края покровного стекла.

Красящими реактивами могут быть следующие вещества:

1. йод, растворенный в йодиде калия (для окрашивания зерен крахмала в клетках);
2. сернокислый анилин (для окрашивания одревесневших оболочек);
3. 1 %-й водный раствор сафранина (для окрашивания одревесневших оболочек);
4. 1 %-й водный раствор метиленового синего (для окрашивания неодревесневших оболочек);
5. ацетокармин (для окрашивания пыльцевых зерен) и др.

Оформление результатов наблюдений

Результаты работы оформляются в виде рисунков, сделанных от руки. Кроме того, проводят статистическую обработку данных, полученных при измерении объектов исследования с помощью измерительных приборов.

Рисунок. Для выполнения рисунков, схем необходима тетрадь формата А 4, простой карандаш (ТМ, НВ), мягкая резинка.

Зарисовке ботанических объектов нужно уделять серьезное внимание, так как это не только способ оформления результатов наблюдения, но и метод в эксперименте, позволяющий более детально изучить объект. По образному выражению одного из классиков морфологии растений, Сергея Гавриловича Навашина, «рисунок – это язык морфологии».

Рисунок должен быть четким и пропорциональным, правильно отражать результаты наблюдений, трактовку исследованных структур. Крупные анатомические объекты (вегетативные органы, почки, конус нарастания и т.д.) зарисовывают схематично. Расположение отдельных тканей обозначают условно, соблюдая масштаб. Схему строения органов рисуют при малом, а детальное строение отдельных клеток, тканей при большом увеличении микроскопа. Рисунок должен быть крупным (не более двух на лист).

Каждый рисунок должен возникать как результат вдумчивого изучения препарата. Поэтому бездумное копирование рисунков из книги или иного источника недопустимо.

Измерительные приборы. Микроскопические объекты измеряются с помощью *окуляр-микрометра*. Последний представляет собой круглую стеклянную пластинку со шкалой, имеющей длину 1 см и разделенную на 100 частей. Окуляр-микрометр помещают внутрь окуляра на его диафрагму, для чего предварительно отвинчивают глазную линзу окуляра. В микроскоп виден не только объект, но и деления шкалы окуляр-микрометра. Поворачивая окуляр и передвигая препарат, можно определить размеры микроскопического объекта в делениях шкалы окуляр-микрометра. Для определения размеров объекта в микрометрах следует определить цену деления окуляр-микрометра и умножить на нее соответствующие значения, полученные при измерении объекта.

Следует учесть, что цена одного деления окуляр-микрометра зависит от увеличения объектива и окуляра. Поэтому для каждой комбинации объектива и окуляра определяют свою цену деления и составляют табличку. Для этого служит *объект-микрометр*, на котором вместо объекта помещена шкала длиной в 1 мм, разделенная на 100 частей. Каждое деление равно 10 микрометрам. Помещают объект-микрометр на столик микроскопа и подводят изображение его шкалы к шкале окуляр-микрометра. Затем совмещают эти шкалы. Например, при малом увеличении 100 делений объект-микрометра, сов-

пали с 80 делениями окуляр-микрометра. Цену одного деления окуляр-микрометра вычисляют по формуле:

$$\frac{A \times 10}{B}$$

где A – число делений объект-микрометра; B – число делений окуляр-микрометра; 10 – длина одного деления объект-микрометра, мкм.

Подставив цифры в формулу, получим:

$$\frac{100 \times 10}{80} = 12,5$$

Биологическая статистика. Применение статистических методов в биологии имеет чрезвычайно важное значение, так как биологические явления по своей природе носят в основном массовый характер, т.е. присущи не одной особи или клетке, а их совокупностям. События, происходящие в таких совокупностях оценивают вероятностями, а анализ последних проводят лишь статистическими методами

Статистические методы необходимы и при постановке эксперимента, так как только с их помощью можно установить, зависит ли наблюдаемое различие между опытными и **контрольными параметрами от влияния изучаемых факторов или же оно случайное**, т.е. обуславливается другими, неконтролируемыми факторами.

При морфоанатомических исследованиях наиболее часто применяется математический метод определения **средней арифметической**. Общая формула для определения величины средней арифметической – это отношение суммы значений всех вариантов (x_i) выборки к их числу (объему выборки, n):

$$M = \frac{\sum x_i}{n}$$

Например, если при измерении длины листовых пластинок листьев с одного дерева тополя получили следующие результаты: 80, 83, 80, 86, 76, 81, 71, 90, 67 и 75 мм, то средняя длина, найденная как средняя арифметическая, будет:

$$M = \frac{789}{10} = 78,9 \text{ мм}$$

Средняя арифметическая указывает, какое значение признака наиболее типично для данной совокупности. Но этого еще недостаточно для ее характеристики, так как главной особенностью совокупности является разнообразие ее членов (вариации). Мерой разнообразия входящих в группу объектов является *стандартное отклонение*, оно показывает, насколько в среднем отклоняются варианты от средней арифметической изучаемой совокупности. Величина стандартного отклонения определяется следующей формулой:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - M)^2}{(n - 1)}}$$

В нашем примере с длиной листовой пластинки тополя.

$$S = \sqrt{\frac{(80 - 78,9)^2 + (83 - 78,9)^2 + \dots + (75 - 78,9)^2}{10 - 1}} = \sqrt{\frac{424,9}{9}} = 6,87$$

Стандартное отклонение – величина именованная, поэтому с ее помощью можно сравнивать характер варьирования лишь одних и тех же признаков. Чтобы сопоставить изменчивость разнородных признаков, выраженных в различных единицах измерения, а также нивелировать влияние масштаба измерений, используют так называемый *коэффициент вариации (CV)*, безразмерную величину, отношение выборочной оценки S к собственной средней M :

$$CV = \frac{S}{M} \times 100 \%$$

В нашем примере

$$CV = \frac{6,87}{78,9} \times 100 \% = 8,7 \%$$

Коэффициент вариации позволяет оценивать и сравнивать уровни изменчивости различных морфологических признаков растений. Для этих целей применяют эмпирическую шкалу С.А. Мамаева:

очень низкий $CV < 7 \%$

низкий CV = 8–12 %
средний CV = 13–20 %
повышенный CV = 21–30 %
высокий CV = 31–40 %
очень высокий CV > 40 %.

Измерив длину листовой пластинки 10 листьев тополя с одного дерева и рассчитав средний показатель данного признака мы, тем не менее, не можем утверждать, что он абсолютно верен. Поскольку по части никогда не удастся полностью охарактеризовать целое, всегда остается вероятность того, что оценка совокупности на основе выборочных данных недостаточно точна, имеет некоторую большую или меньшую ошибку. Такие ошибки называются ошибками репрезентативности (репрезентативность – степень соответствия выборочных показателей генеральным параметрам).

Ошибку репрезентативности имеют все статистические параметры, рассчитанные по выборке: средняя, стандартное отклонение, коэффициент вариации и др. При проведении биологических исследований важнейшей является ошибка средней.

$$m_M = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

В нашем случае

$$m_M = \frac{6,87}{\sqrt{10}} = 2,17$$

Как следует из конструкции расчетной формулы, величина ошибки тем больше, чем больше варьирование признака (S) и чем меньше выборка (n). При увеличении объема выборки ошибки репрезентативности стремятся к нулю.

Статистическая ошибка позволяет судить о надежности полученных результатов, т. е. о том, достаточное ли количество случаев при данной величине изменчивости было получено, чтобы по части характеризовать целое. В практике биометрического анализа используется относительная ошибка измерений – "показатель точности опыта"

или "показатель точности оценки параметров" – отношение ошибки средней к самой средней арифметической, выраженное в процентах:

$$\varepsilon = \frac{m}{M} \times 100 \%$$

Чем точнее определена средняя, тем меньше будет ε , и наоборот. Точность считается хорошей, если ε меньше 3 %, и удовлетворительной при $3 \% < \varepsilon < 5 \%$. Если относительная ошибка превышает 5 %, полученные данные следует уточнить (повторить опыт, собрать дополнительный материал и т. д.).

В разобранный выше примере определения средней длины листовой пластинки показатель точности составил $\varepsilon = (2,17 / 78,9) 100 = 2,75 \%$, что говорит о достаточной надежности выборочной оценки.

РАЗДЕЛ I

ОРГАНИЗАЦИЯ ТИПИЧНОЙ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ (ЦИТОЛОГИЯ)

ЗАНЯТИЕ № 1. ФОРМА И СТРОЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Клетка – элементарная биологическая система, основная структурно-функциональная единица живых существ.

Клетке свойственны все проявления жизни: способность к самообновлению, самовоспроизведению и развитию. Она может существовать как отдельный организм – одноклеточные организмы, либо в составе многоклеточных организмов, грибов, растений и животных.

Растительные клетки имеют размеры в среднем от 10 до 100 мкм. По форме они очень разнообразны, но выделяют два основных типа:

Паренхимные – более или менее изодиаметричные, т.е. их длина, ширина и высота примерно одинаковы.

Прозенхимные клетки – вытянуты в длину, которая превышает ширину в 5–6 раз.

Клетка растений состоит из трех основных компонентов: протопласта, жесткой оболочки и вакуоли.

Протопласт – это живое содержимое клетки, включает в себя две структурные системы – цитоплазму и ядро. От оболочки он ограничен мембраной – плазмалеммой, от вакуоли другой мембраной – тонопластом. В протопласте протекают все процессы клеточного метаболизма. Оболочка и вакуоль являются производными протопласта, т.е. продуктами его жизнедеятельности.

Цитоплазма – часть протопласта, за исключением ядра. В ней можно выделить три слоя: 1 – плазмолемма, 2 – мезоплазма, 3 – тонопласт. Плазмолемма и тонопласт мембраны, мезоплазма – состоит из основного вещества – гиалоплазмы и органоидов.

Гиалоплазма – сложная, бесцветная оптически прозрачная, коллоидная система, представляет собой трехмерную решетку – микро-

трабекулярную решетку построенную из белковых тяжей, на которой прикреплены органоиды. Главная функция гиалоплазмы взаимосвязь и внутриклеточный транспорт.

Органоиды – это структурно-функциональные единицы цитоплазмы. Их можно разделить на три группы:

1. органоиды, окруженные одной мембраной – эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, лизосомы;
2. органоиды, окруженные двойной мембраной – митохондрии и пластиды;
3. немембранные – рибосомы.

Ядро – структурный компонент протопласта. Оно несет наследственную генетическую информацию, определяющую свойства данной клетки и всего организма в целом, и передает ее во времени и пространстве. Ядро служит также центром управления обменом веществ и почти всех процессов, происходящих в клетке.

Вакуоль – полости в цитоплазме растительных клеток ограниченные мембраной тонопластом и заполненные водянистым содержимым – клеточным соком.

Клеточная оболочка – это структурное образование, располагающиеся за пределами плазмалеммы, придающие клетке прочность, сохраняющее ее форму и защищающее протопласт.

• **Цель работы:** выявить особенности строения растительной клетки

• **Средства обучения:** листья мха мниума остроконечного – *Mnium cuspidatum* Hedw., лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Клеточное строение листа мха мниума остроконечного *Mnium cuspidatum* Hedw.

Ход работы

1. Оторвать пинцетом лист мха, положить на предметное стекло в каплю воды и накрыть покровным стеклом.

2. Зарисовать лист, отметив паренхимные клетки пластинки, прозенхимные клетки краев и жилки; указать степень увеличения препарата.

3. При большом увеличении последовательно рассмотреть паренхимные клетки пластинки листа, затем прозенхимные клетки жилки и края листа (рис. 2).

4. Зарисовать небольшой участок (5–6 клеток) каждого типа клеток. Отметить клеточную оболочку, хлоропласты; указать степень увеличения препарата.

5. Подсчитать количество хлоропластов в 10 клетках, рассчитать M , m , S , CV .

6. Сравнить особенности строения клеток в разных частях листа.

7. Внести результаты наблюдений в таблицу 1.

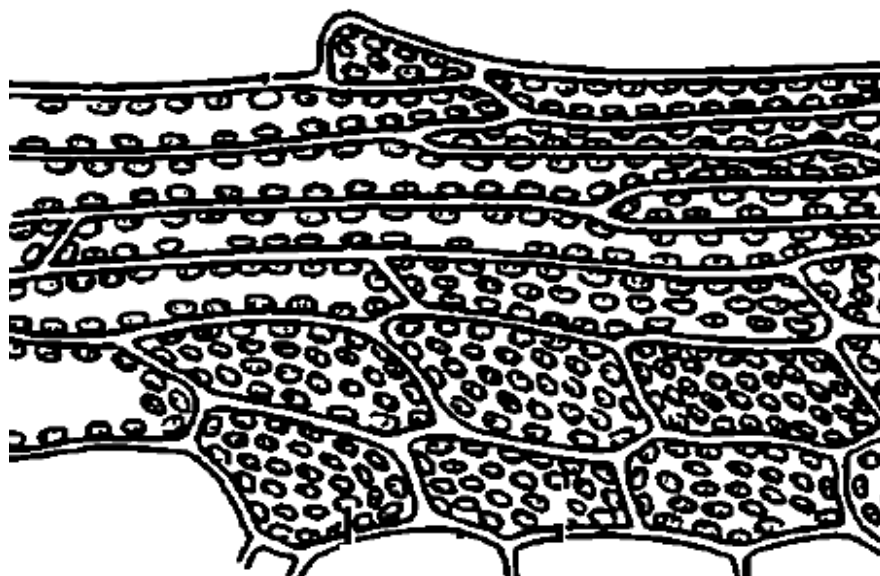


Рис. 2. Лист мха *Mnium cuspidatum* Hedw. при большом увеличении (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

Пояснение к препарату

Пластинка листа в основном состоит из одного слоя паренхимных клеток. Несколько рядов клеток по краям листа и клетки средней жилки имеют удлинённую форму. Это прозенхимные клетки. В жилке

листа клетки расположены в несколько рядов в толщину и выполняют проводящую функцию. По краям заметны одноклеточные зубчики.

Таблица 1.

Клеточное строение листа мха мниума остроконечного

Часть листа	Клетки					
	Форма	Характер окончания (округлое, заостренное)	$M \pm m$	S	CV	Функции
Пластинка						
Край						
Жилка						

Вопросы и задания

1. Из каких компонентов состоит типичная растительная клетка?
2. В чем заключаются отличия строения растительной клетки от клетки грибов и животных, чем они обусловлены?
3. В чем особенности строения паренхимных и прозенхимных клеток растений?
4. Какие органоиды клетки, можно рассмотреть в микроскоп не окрашивая клетку?

ЗАНЯТИЕ № 2. ПЛАСТИДЫ. ХЛОРОПЛАСТЫ

Пластиды (греч. *plastides* – создающий, образующий, от *plastos* – оформленный) – органоиды, содержащиеся только в растительной клетке.

Термин «пластиды» ввел немецкий ботаник Андреас Шимпер, он же предложил их классификацию. Каждая пластида ограничена двумя мембранами; для многих характерна более или менее сложная система внутренних мембран, погруженных в гомогенное (однородное по своему составу и происхождению) вещество – строму. Пластиды в клетке не возникают заново (*de novo*), они размножаются исключительно путем деления предшествующих пластид, при этом происходит перешнуровка органеллы с помощью центральной сократительной кольцевой зоны. Они обладают генетической непрерывностью за счет собственной генетической информации в форме пластидной ДНК (плДНК или хлДНК). Однако, как и у митохондрий, собственная ДНК пластид не может полностью кодировать все необходимые белки. Гены для более 90 % этих белков локализованы в ядре. Пластиды классифицируют по окраске, различают пластиды зеленые – хлоропласты, желто-оранжевые или красные – хромопласты и бесцветные – лейкопласты.

Хлоропласты (греч. *chloros* – зеленый и *plastos*) – органоиды, в которых протекает процесс фотосинтеза. Однако хлоропласты доставляют энергию для метаболизма только в дневные часы, ночью они прекращают синтез высокоэнергетических метаболитов и в это время суток растения получают АТФ в результате деятельности митохондрий. Физиологическое значение хлоропластов – **фотосинтез**, т.е. преобразование энергии света в химическую энергию органических веществ.

Основными пигментами хлоропластов являются хлорофиллы. В настоящее время различают пять форм хлорофиллов – *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Наиболее широко распространены хлорофилл *a* – сине-зеленый пигмент и хлорофилл *b* – желто-зеленый. Хлорофилл *a* – обнаружен у всех зеленых растений, форма *b* присутствует в хлоропластах всех высших растений, но отсутствует у многих водорослей. Кроме хлорофиллов хлоропласты содержат каротиноиды: оранжево-красные **каротины** (углеводороды) и желтые, реже красные **ксантофиллы** (окисленные каротины). В зеленых листьях они маскируются хлоро-

филлом и становятся заметными при его разрушении (осенью, при заболеваниях).

Хлоропласты обычно имеют форму линзы. В цитоплазме они располагаются параллельно клеточной оболочке (рис. 3).



Рис. 3. Строение хлоропластов. Справа – электронная фотография

Хлоропласты обладают высокопроницаемой наружной мембраной и гораздо менее проницаемой внутренней, в которую встроены специальные транспортные белки, и эти две мембраны разделены узким **межмембранным пространством** – это первый компартмент хлоропласта. Внутренняя мембрана окружает большую центральную область – т.н. **строму**, содержащую ферменты, рибосомы, ДНК и РНК. Строма второй компартмент хлоропласта.

Внутренняя мембрана хлоропластов, в отличие от таковой у митохондрий не образует крист и не содержит в себе цепи переноса электронов. Она является преимущественно местом синтеза липидов в растительной клетке. Фотосинтезирующая поглощающая свет система находится в третьей мембране, образующей группу уплощенных дисковидных мешочков – **тилакоидов**. В мембране тилакоидов локализованы пигменты: основной – хлорофилл и вспомогательные каротиноиды. Тилакоиды образуют единую систему, их внутренние полости сообщаются между собой, образуя третий внутренний компартмент хлоропласта – **тилакоидное пространство**. Это пространство отделено от стромы тилакоидной мембраной.

Как правило, тилакоиды собраны в стопки – *граны*, напоминающие стопки монет. Тилакоиды отдельных гран связаны между собой *тилакоидами стромы*, или *фретами* (ламеллами).

•**Цель работы:** познакомиться с важнейшим типом пластид – хлоропластами. Рассмотреть движение цитоплазмы; выявить условия, влияющие на этот процесс. Изучить явление плазмолиза.

•**Средства обучения:** комплект таблиц, живые листья элодеи канадской, 10 % – раствор NaCl, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Хлоропласты в клетках листа элодеи канадской

***Elodea canadensis* Michx.**

Ход работы

1. Пинцетом снять лист с побега элодеи, положить его нижней стороной на предметное стекло в каплю воды, накрыть покровным стеклом.

2. Под микроскопом при малом увеличении изучить форму листа, выявить среднюю жилку. Схематично зарисовать внешний вид листа (рис. 4, Б).

3. При малом увеличении найти участок у основания листа, где в клетках меньше хлоропластов. Перевести микроскоп на большое увеличение и пронаблюдать за движением хлоропластов.

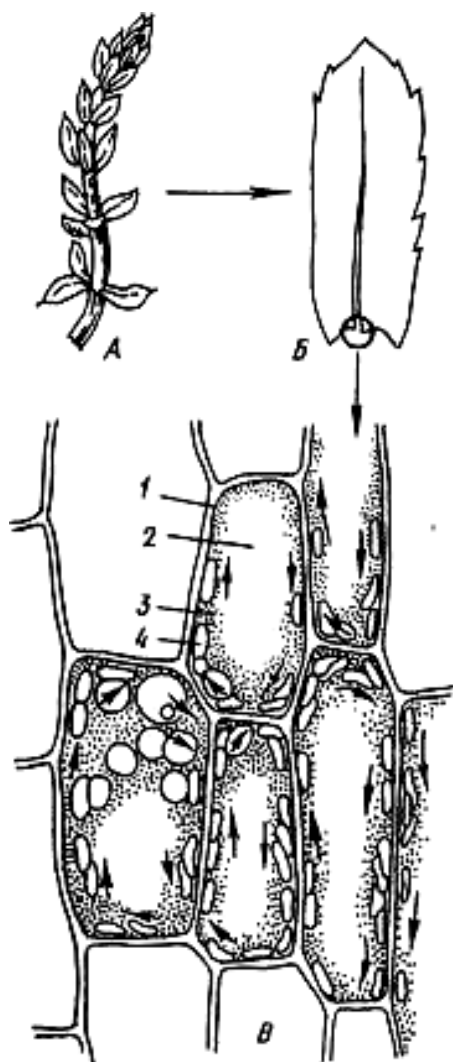
4. Зарисовать несколько соседних клеток листа (5–6), отметить на рисунке хлоропласты, оболочку, стрелками указать направление движения хлоропластов.

5. Подсчитать количество хлоропластов в 10 клетках, рассчитать M , m , S , CV .

6. В наблюдениях указать: форму хлоропластов, характер их расположения в клетке.

Пояснение к препарату

Лист элодеи – удобный объект для изучения клетки, не требующий сложных операций при изготовлении препарата (рис. 4, *A*). Водный образ жизни элодеи упростил структуру ее листа: он в основном состоит всего из двух слоев клеток. Клетки верхнего слоя крупнее клеток нижнего, поэтому при микроскопировании надо помещать лист нижней стороной к предметному стеклу.



Обычно в прозенхимных клетках (так называемой жилке), реже в паренхимных клетках, заметно перемещение пластид вдоль оболочки (рис. 4 *B*). Оно объясняется движением цитоплазмы, увлекающей пластиды за собой.

Рис. 4. Клетки листа элодеи *Elodea canadensis* Michx.

A – побег элодеи; *B* – лист элодеи; *B* – клетки листа – стрелками показаны направления кругового движения цитоплазмы (по В.Г. Хржановскому и др., 1979)

Работа 2. Плазмолиз в клетках листа элодеи канадской *Elodea canadensis* Michx.

Ход работы

1. Снять микропрепарат со столика микроскопа, заменить воду под покровным стеклом 10 % – раствором NaCl. Для этого, не

снимая покровное стекло, нанести каплю раствора соли у края покровного стекла, так чтобы она слилась с водой под стеклом, а затем с противоположенной стороны вытянуть воду из под стекла полоской фильтровальной бумаги.

2. При малом увеличении пронаблюдать процесс плазмолиза. Зарисовать одну клетку. На рисунке отметить оболочку, протопласт и полость клетки.

Пояснение к препарату

Центральную часть взрослой живой клетки обычно занимает одна вакуоль (реже несколько), заполненная клеточным соком. Если концентрация раствора вне клетки выше концентрации веществ в клетке, вода оттягивается из вакуоли и ее объем уменьшается. В результате цитоплазма отстает от оболочки и клетка переходит в состояние *плазмолиза*. Способность клетки переходить в это состояние служит показателем ее жизнеспособности. Обратный процесс – *деплазмолиз* наступает при погружении клетки в чистую воду: клетка поглощает воду, вакуоль увеличивается в объеме и цитоплазма прижимается к оболочке, растягивая ее.

Вопросы и задания

1. Какую роль играют хлоропласты в клетках?
2. Как объяснить, почему движутся хлоропласты?
3. При каких природных условиях может наблюдаться плазмолиз в клетках растений?
4. Чем отличается плазмолиз от циторриза? Где можно наблюдать циторриз?

ЗАНЯТИЕ № 3. ХРОМОПЛАСТЫ И ЛЕЙКОПЛАСТЫ

Хромoplastы – не имеют хлорофилла, не участвуют в фотосинтезе. Окраска их обычно красная, оранжевая, желтая из-за каротиноидов. Они встречаются в зрелых плодах, лепестках, осенних листьях.

У хромопластов можно различать различные типы строения на ультраструктурном уровне в зависимости от внутренних структур (рис. 5), в которых накапливаются каротиноиды:

Шаровидные хромопласты – содержат многочисленные пластоглобулы (масляные капли), в которых концентрируются молекулы пигментов.

Трубчатые хромопласты – содержат пучки нитей представляющих собой нитевидные жидкие кристаллы пигментов, которые одеты чехлом из липидов и белков.

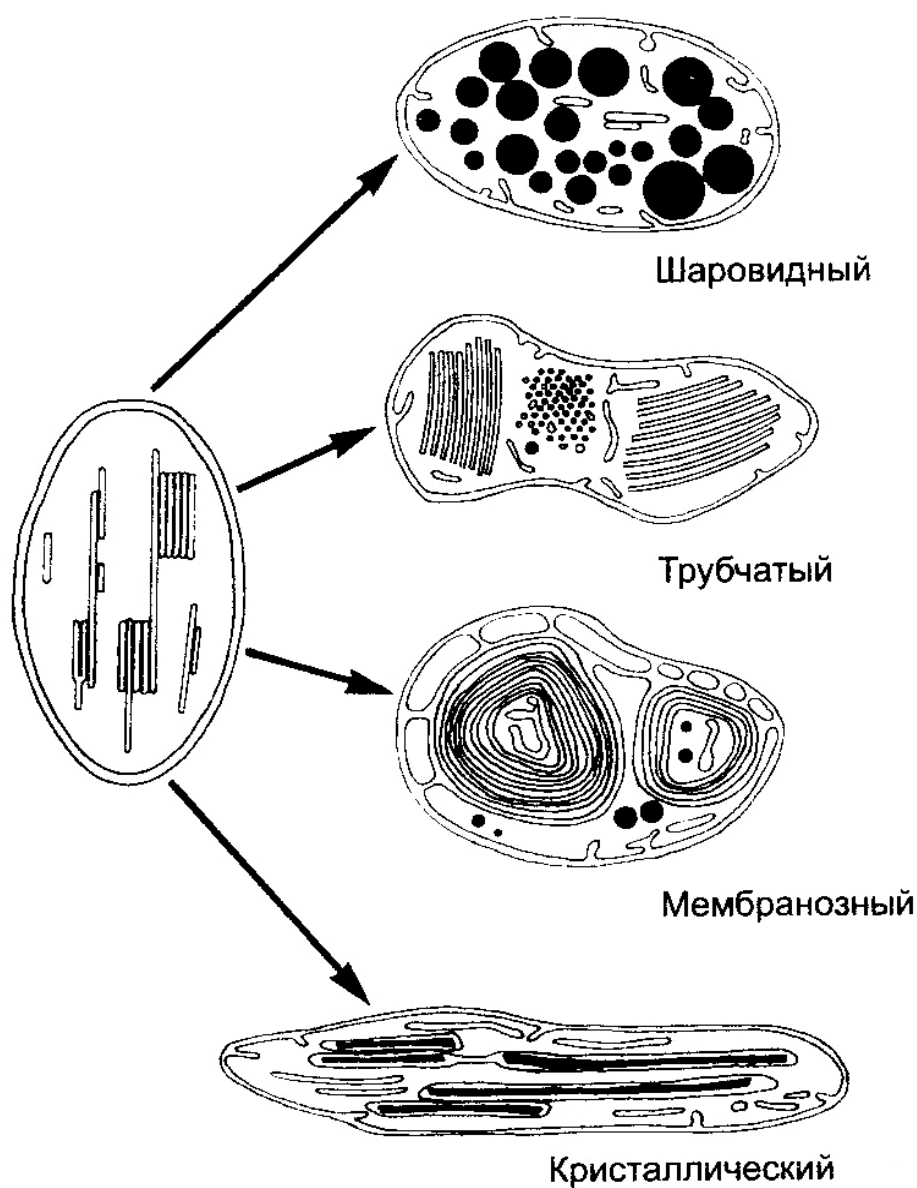


Рис. 5. Хромопласты (по Н. Mohr, Р. Schopter)

Кристаллические хромопласты – имеют внутри плоские мембранные мешки в которых выкристаллизовывается каротин.

Мембранозные хромопласты – наиболее распространенный тип. У них молекулы пигментов встроены в мембраны, которые образуются из внутренней мембраны оболочки и образуют систему концентрических вложенных друг в друга мембранных цистерн.

В отечественной литературе термин «хромопласты» используется в широком смысле. Однако в зарубежной литературе их чаще всего делят на две группы. При этом собственно к хромопластам относят пластиды, которые посылают оптические сигналы для привлечения животных. А пластиды осенней листвы называют **геронтопластами** (от греч. *geron* – старик). И эти типы пластид весьма существенно различаются (см. табл. 2).

Таблица 2.

Хромопласты и геронтопласты

Свойство	Хромопласты	Геронтопласты
Наличие	Цветки, плоды	Осенняя листва
Функция	Привлечение животных	Нет
Размножение	Да	Нет
Тип ультра-структуры	шаровидный, трубчатый, мембранозный, кристаллический	Исключительно шаровидный
Синтез каротиноидов <i>de novo</i>	Да	Нет
Статус клетки	Не стареющая, анаболическая	Стареющая, катаболическая

Лейкопласты – бесцветные обычно мелкие пластиды. Они встречаются в клетках скрытых от солнечного света – корнях, корневищах, семенах и клубнях растений. Лейкопласты очень разнообразны по форме. Внутренние мембраны развиты слабо. Образование тилакоидов и хлорофилла в лейкопластах либо подавлено генетически

(корни, клетки эпидермы), либо тормозится отсутствием света (клубни картофеля).

Лейкопласты, в которых синтезируется и накапливается вторичный крахмал, называются – **амилопластами** (греч. *amylon* – крахмал). Белок накапливается в **протеопластах** или **протеинопластах**. Масла синтезируются и накапливаются в **элайопластах**, или **олеопластах**.

•**Цель работы:** познакомиться с формой и функциями хромопластов и лейкопластов.

•**Средства обучения:** комплект таблиц, плоды рябины сибирской, шиповника морщинистого, листья традесканции виргинской, 3–5 % раствор сахарозы, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Хромопласты в клетках околоплодника рябины сибирской *Sorbus sibirica* Hedl и шиповника морщинистого *Rosa rugosa*

Х о д р а б о т ы

1. Приготовить препарат мякоти околоплодника. Для этого препаровальной иглой надорвать кожицу зрелого плода, взять кончиком иглы немного мякоти, поместить ее в каплю, воды на предметном стекле и равномерно распределить мякоть, накрыть покровным стеклом.

2. На малом увеличении изучить микропрепарат под микроскопом, найти участки, где клетки лежат отдельно.

3. При большом увеличении рассмотреть хромопласты: их форму и положение в клетке.

4. Подсчитать количество хромопластов в 10 клетках, рассчитать M , m , S , CV .

5. Зарисовать несколько клеток, отметив на рисунке клеточную оболочку и хромопласты.

Пояснение к препарату

В живых плодах рябины хромопласты имеют вид серповидно изогнутых, сильно вытянутых и заостренных на концах телец (рис. 6, А). Эта форма обусловлена растягиванием пластид кристалловидными каротиноидами.

У шиповника хромопласты локализуются в клетках гипантия (бокаловидное оранжево-красное образование, окружающее мелкие односеменные сухие плодики). Содержащиеся в этих пластидах кристаллические пигменты сильно растягивают их в разных направлениях, в результате чего они приобретают неправильную форму. В наружных клетках гипантия шиповника хромопласты более округлые, в клетках, лежащих глубже, – неправильно-угловатые (рис. 6 Б).

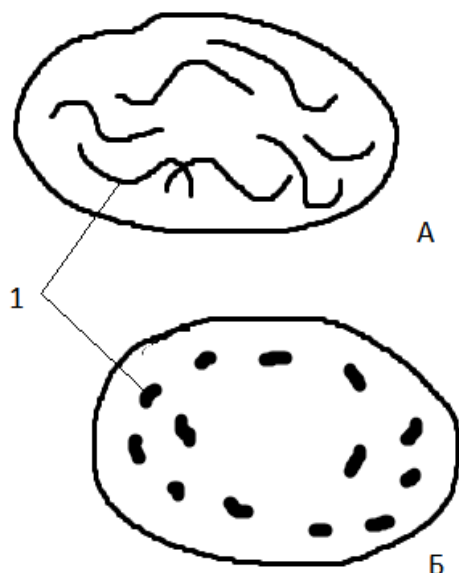


Рис. 6. Клетки мякоти околоплодника: А – рябины; Б – шиповника; 1 – хромопласты

Работа 2. Лейкопласты в клетках эпидермы листа традесканции виргинской *Tradescantia virginica* L.

Ход работы

1. Приготовить препарат эпидермы нижней стороны листа традесканции. Для этого надорвите лист параллельно главной жилке, слегка оттягивая отрыв в сторону, эпидерма легко снимется.

2. Полученный кусочек эпидермы поместить в каплю раствора сахарозы на предметное стекло (**в воде лейкопласты быстро набухают и разрушаются**), накрыть покровным стеклом.

3. При малом увеличении рассмотреть вытянутые шести-гранные клетки, окрашенные в фиолетовый цвет благодаря наличию в вакуолях пигмента антоциана.

4. При большом увеличении найти бесцветные лейкопласты, которые располагаются вокруг ядра. Зарисовать клетку, отметить: лейкопласты, ядро и клеточную оболочку.

5. Подсчитать количество лейкопластов в 10 клетках, рассчитать M , m , S , CV .

Пояснение к препарату

Лейкопласты обычно локализуются в цитоплазме окружающей ядро и видны как мелкие шаровидные тельца, сильно преломляющие свет (рис. 7). Иногда они настолько тесно группируются вокруг ядра, что полностью закрывают его.

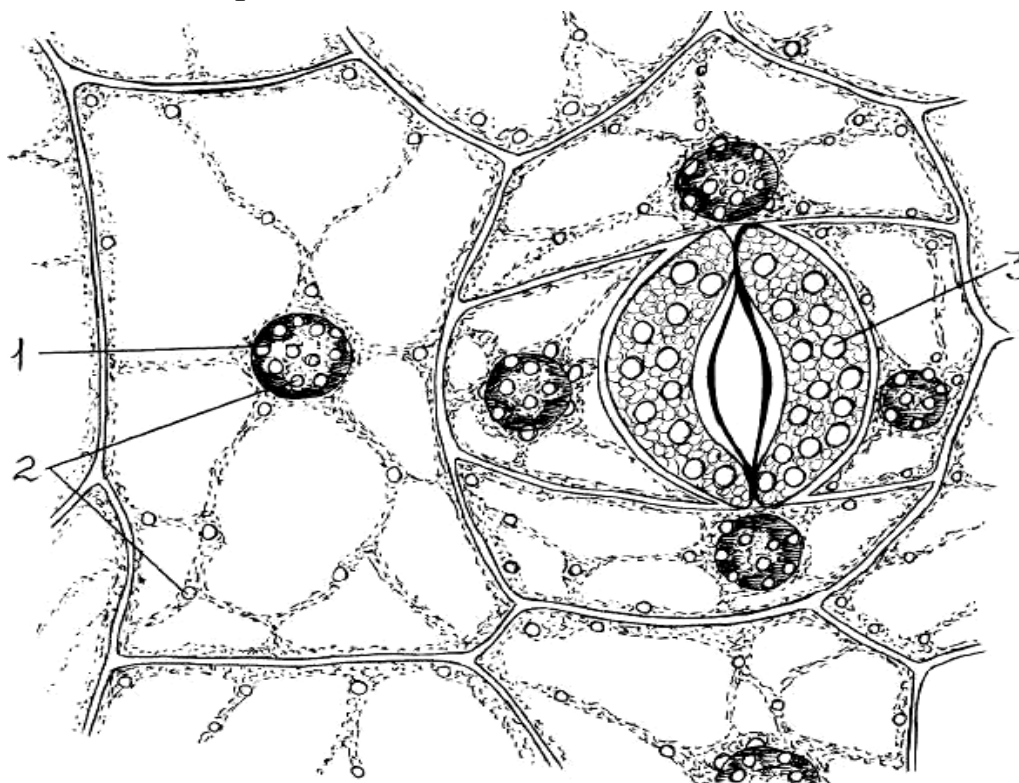


Рис. 7. Лейкопласты в клетках эпидермы листа традесканции виргинской: 1 – ядро; 2 – лейкопласты; 3 – хлоропласты (по Н.С. Петровой, 1998)

Вопросы и задания

1. Какие типы по строения известны у хромопластов, чем они характеризуются?
2. Чем отличаются хромопласты от геронтопластов?
3. Какие типы взаимных превращений известны у пластид.
4. От каких организмов вероятнее всего произошли пластиды. Ответ обоснуйте.
5. Используя результаты исследования пластид на лабораторных работах, заполните таблицу 3.

Таблица 3.

Морфоструктура и функции пластид

Растение	Пластиды						
	Тип	Форма	Окраска и пигменты	Местоположения в органах растений	Характер расположения в клетке	М ± m	Функции
Мниум острокопечный							
Элодея канадская							
Рябина сибирская							
Шиповник морщинистый							
Традесканция виргинская							

ЗАНЯТИЕ № 4. СПОСОБЫ ДЕЛЕНИЯ ЯДРА И КЛЕТКИ

Впервые деление клеток (дробление яиц лягушки) наблюдали французские ученые Прево и Дюма (1824). Более подробно этот процесс описал итальянский эмбриолог М. Рускони (1826). Процесс деления ядер при дроблении яиц у морских ежей описал К. Бэр (1845). Первое описание деления клеток у водорослей выполнил Б. Дюмортье (1832). Отдельные фазы митоза наблюдали: немецкий ботаник В. Гофмейстер (1849; клетки тычиночной нити традесканции), российские ботаники Э. Руссов (1872; материнские клетки спор папоротников, хвощей, лилии) и И.Д. Чистяков (1874; споры хвоща и плауна), немецкий зоолог А. Шнейдер (1873; дробящиеся яйца плоских червей), польский ботаник Э. Страсбургер (1875; спирогира, плаун, лук).

Для обозначения процессов перемещения составных частей ядра немецкий гистолог В. Шлейхнер предложил термин *кариокинез* (1879), а немецкий гистолог В. Флемминг ввел термин *митоз* (1878). В 1880-е гг. Общая морфология хромосом была описана еще в работах Гофмейстера, однако лишь в 1888 г. немецкий гистолог В. Вальдейер ввел термин **хромосома**. Ведущая роль хромосом в хранении, воспроизведении и передаче наследственной информации была доказана лишь в XX веке.

В. Флемминг сформулировал представление о митозе как циклическом процессе, кульминационным моментом которого является расщепление каждой хромосомы на две дочерние хромосомы и их распределение по двум вновь образующимся клеткам. У одноклеточных организмов продолжительность существования клетки совпадает с продолжительностью жизни организма. В организме многоклеточных животных и растений различаются две группы клеток: постоянно делящиеся (пролиферирующие) и покоящиеся (статичные). Совокупность пролиферирующих клеток образует пролиферативный пул.

В группах пролиферирующих клеток интервал между завершением митоза в исходной клетке и завершением митоза в ее дочерней клетке называется **клеточный цикл**. Клеточный цикл контролируется определенными генами. Полный клеточный цикл включает **интер-**

фазу и собственно **митоз**. В свою очередь, собственно митоз включает **кариокинез** (деление ядра) и **цитокинез** (деление цитоплазмы).

Интерфаза – это период между двумя клеточными делениями. В интерфазе ядро компактное, не имеет выраженной структуры, хорошо видны ядрышки. Совокупность интерфазных хромосом представляет собой **хроматин**. В состав хроматина входят: ДНК, белки и РНК в соотношении 1:1,3:0,2, а также неорганические ионы. Структура хроматина изменчива и зависит от состояния клетки.

Хромосомы в интерфазе не видны, поэтому их изучение ведется электронно-микроскопическими и биохимическими методами. Интерфаза включает три стадии: пресинтетическую (G_1 – «джи-один»), синтетическую (S – «эс») и постсинтетическую (G_2 – «джи-два»). Символ G представляет собой сокращение от англ. *gap* – интервал; символ S – сокращение от англ. *synthesis* – синтез.

Пресинтетическая стадия (G_1). В основе каждой хромосомы лежит одна двуспиральная молекула ДНК. Количество ДНК в клетке на пресинтетической стадии обозначается символом $2c$ (от англ. *content* – содержание). Клетка активно растет и нормально функционирует.

Синтетическая стадия (S). Происходит самоудвоение, или репликация ДНК. При этом одни участки хромосом удваиваются раньше, а другие – позже, то есть репликация ДНК протекает асинхронно.

Постсинтетическая стадия (G_2). Завершается репликация ДНК. В состав каждой хромосомы входит две двойных молекулы ДНК, которые являются точной копией исходной молекулы ДНК. Количество ДНК в клетке на постсинтетической стадии обозначается символом $4c$. Синтезируются вещества, необходимые для деления клетки. В конце интерфазы процессы синтеза прекращаются.

Митоз – универсальный метод деления соматических клеток, характерный для всех эукариот. Подразделяется на четыре фазы – профазу, метафазу, анафазу, телофазу – и длится 1–3 часа (рис. 8).

Профаза – первая фаза митоза. Хромосомы спирализуются и становятся видны в световой микроскоп в виде тонких нитей. В конце профазы ядрышки исчезают, ядерная оболочка разрушается, и хромосомы выходят в цитоплазму.

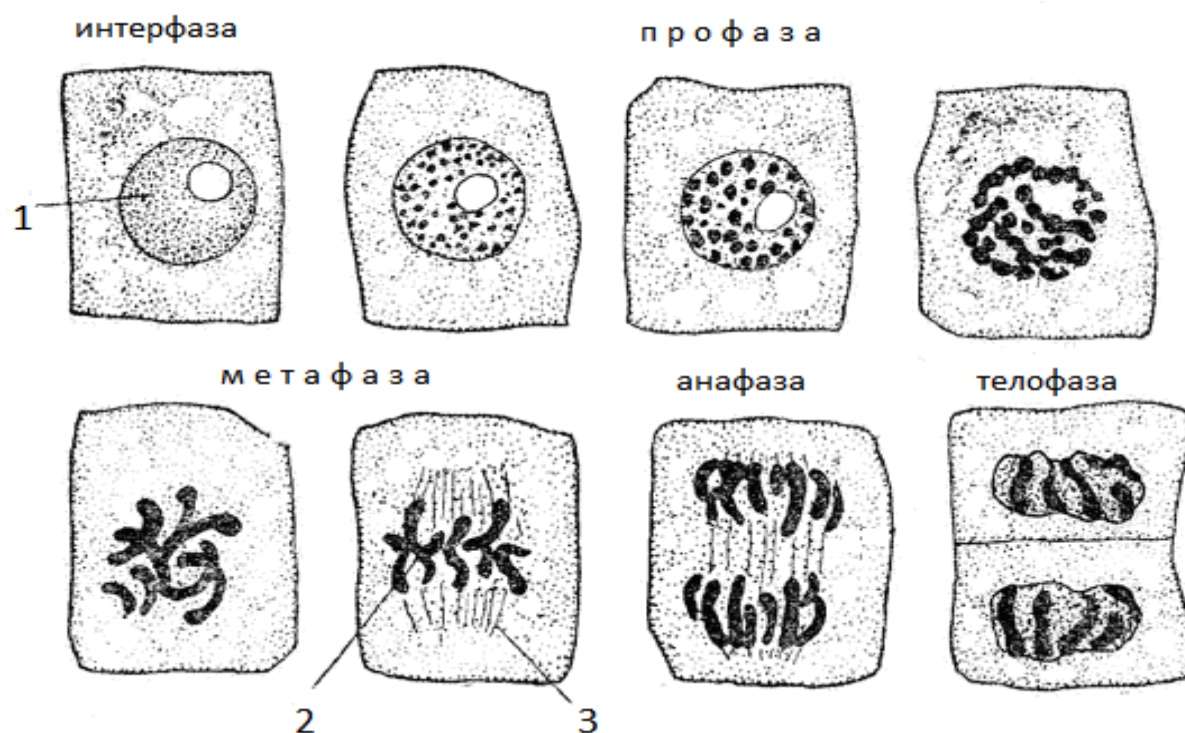


Рис. 8. Митоз. Клетки корешка лука: 1 – ядро с ядрышком; 2 – хромосомы; 3 – веретено деления

Метафаза. Начало этой фазы называется **прометафаза**. В прометафазе хромосомы располагаются в цитоплазме довольно беспорядочно. Формируется **веретено деления** (ахроматиновое веретено) – система тубулиновых микротрубочек в делящейся клетке, обеспечивающая расхождение хромосом. В состав веретена деления входят два типа нитей: полюсные (опорные) и хромосомальные (тянущие). После формирования веретена деления хромосомы начинают перемещаться в экваториальную плоскость клетки; это движение хромосом называется **метакинез**. В метафазе хромосомы максимально спирализованы. Центромеры хромосом располагаются в экваториальной плоскости клетки независимо друг от друга. Полюсные нити веретена деления

тянутся от полюсов клетки к хромосомам, а хромосомальные – от центромер (кинетохоров) – к полюсам. Совокупность хромосом в экваториальной плоскости клетки образует *экваториальную (метафазную) пластинку*.

Анафаза. Происходит разделение хромосом на хроматиды. С этого момента каждая хроматида становится самостоятельной однохроматидной хромосомой, в основе которой лежит одна молекула ДНК. Однохроматидные хромосомы в составе анафазных групп расходятся к полюсам клетки. При расхождении хромосом хромосомальные микротрубочки укорачиваются, а полюсные – удлиняются. При этом полюсные и хромосомальные нити скользят вдоль друг друга.

Телофаза. Веретено деления разрушается. Хромосомы у полюсов клетки деспирализуются, вокруг них формируются ядерные оболочки. В клетке образуются два ядра, генетически идентичные исходному ядру. Содержание ДНК в дочерних ядрах становится равным $2c$. За телофазой следует цитокинез.

Цитокинез. В цитокинезе происходит разделение цитоплазмы и формирование мембран дочерних клеток. В растительных клетках нити веретена во время телофазы начинают исчезать; они сохраняются лишь в области экваториальной пластинки. Здесь они сдвигаются к периферии клетки, число их увеличивается и они образуют боченковидное тельце **фрагмопласт**. В эту область перемещаются также микротрубочки, рибосомы, митохондрии, эндоплазматический ретикулум и аппарат Гольджи; последний образует множество мелких пузырьков, наполненных жидкостью. Пузырьки появляются сначала в центре клетки, а затем, направляемые микротрубочками, перемещаются и сливаются друг с другом, образуя клеточную пластинку, расположенную в экваториальной плоскости. Содержимое пузырьков участвует в построении новой срединной пластинки и оболочек дочерних клеток, а из их мембран образуются новые наружные клеточные мембраны. Клеточная пластинка, разрастаясь, в конце концов, сливается с оболочкой родительской клетки и полностью разделяет две дочерние клетки.

- **Цель работы:** познакомиться с различными фазами митоза на постоянном препарате продольного среза кончика лука.
- **Средства обучения:** комплект таблиц, постоянный микропрепарат «кариокинез в кончике корешка лука», лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Кариокинез в кончике корешка лука

Ход работы

1. Изучить при малом увеличении постоянный микропрепарат «кариокинез в кончике корешка лука».
2. При большом увеличении найти на препарате клетку в состоянии интерфазы и клетки находящиеся на отдельных стадиях митоза. Используя рис. 8 и микропрепарат заполните таблицу 4.

Таблица 4.

Митотический цикл

Процессы клеточного цикла	Стадии, фазы	Рисунок	Наблюдения
Интерфаза	G ₁		
	S		
	G ₂		
Митоз	профаза		
	метафаза		
	анафаза		
	телофаза		
	цитокинез		

Пояснение к препарату

На постоянном препарате нельзя изучить процесс деления клетки, т.е. проследить последовательность смены фаз митоза, поскольку

в мертвых клетках он прекращается. Срез дает нам представление лишь об отдельных фазах митотического цикла.

Вопросы и задания

1. Какими способами размножаются клетки эукариот?
2. Что такое митотический цикл?
3. В чем заключается биологический смысл митоза?
4. Каковы особенности эндомиоза?
5. Что такое прямое клеточное деление, механизм, примеры у растений.
6. Почему мейоз называют редукционным делением? Где он протекает у животных и растений?
7. Каково биологическое значение кроссинговера?
8. Какие периоды выделяют в онтогенезе обычных соматических клеток?

ЗАНЯТИЕ № 5. ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ – ЗАПАСНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Включения - это компоненты клетки, представляющие собой отложения веществ, временно выведенных из обмена, или конечные его продукты. Большинство включений видимы в световой микроскоп и располагаются либо в гиалоплазме и органоидах, либо в вакуоли. Существуют жидкие и твердые включения. К образованию включений ведет избыточное накопление веществ.

К запасным веществам относятся углеводы, белки и жиры (липиды). Из углеводов наиболее распространенным запасным питательным веществом в клетке является **крахмал**. Первичный ассимиляционный крахмал образуется только в хлоропластах. Ночью, когда фотосинтез прекращается, он ферментативно гидролизуются до сахаров и транспортируется в другие части растения.

Вторичное превращение сахара в крахмал происходит уже в амилопластах, где образуются простые, полусложные или сложные зерна вторичного крахмала. Если в амилопласте имеется одна точка (обра-

зовательный центр), вокруг которой откладываются слои крахмала, то возникает **простое** зерно, если две и более, то **сложное**, состоящее как бы из нескольких простых. **Полусложное** зерно образуется в том случае, если крахмал сначала откладывается вокруг нескольких образовательных центров, а затем после соприкосновения простых зерен вокруг них возникают общие слои. Слоистость зерен обусловлена режимом поступления сахаров в запасные органы. Днем сахаров поступает меньше и откладывается узкий, плотный, светлый слой; ночью – широкий, рыхлый, темный.

Расположение слоев может быть концентрическим или эксцентрическим. В последнем случае образовательный центр находится не в центре зерна, а сдвинут вбок. Вторичный крахмал – это запасной продукт. Он накапливается в специализированных органах: корневищах, клубнях, семенах, плодах и т. д. Каждому виду растений свойственна определенная форма крахмальных зерен.

Белковые включения содержатся в различных частях клетки: в нуклеоплазме и перинуклеарном пространстве ядра, гиалоплазме, строме лейкопластов, вакуолях, цистернах эндоплазматического ретикулума, матриксе митохондрий. Запасные белки чаще всего откладываются в виде зерен округлой или овальной формы, называемых **алеироновыми**. Если алеироновые зерна не имеют заметной внутренней структуры, их называют **простыми**. Иногда же в них среди аморфного белка можно заметить один или несколько белковых кристаллов. В отличие от настоящих кристаллов кристаллы белка набухают в воде, слабых кислотах и щелочах, окрашиваются красителями; поэтому их называют **кристаллитами**. Кроме того, в этих зернах встречаются блестящие бесцветные тельца округлой формы – глобоиды. Алеироновые зерна, содержащие кристаллиты и глобоиды, называют сложными. При обогащении клетки водой такие зерна растворяются. Алеироновые зерна разных видов растений, подобно крахмальным, имеют определенную структуру.

Липидные капли встречаются практически во всех растительных клетках, хотя численность и размеры их колеблются. Наиболее бога-

ты ими семена и плоды, в которых они могут быть преобладающим по объему компонентом протопласта. Липидные капли, как правило, накапливаются непосредственно в гиалоплазме. Они представляют собой сферические тела обычно субмикроскопического размера. В световом микроскопе видны как сильно преломляющие свет точки.

•**Цель работы:** изучить морфоструктуру и локализацию в органах растений крахмальных и алейроновых зерен.

•**Средства обучения:** комплект таблиц, клубни картофеля, набухшие зерновки пшеницы, риса, плоды гречихи, семена гороха посевного, раствор йода по Граму, глицерин, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Вторичный крахмал в клубне картофеля клубненосного *Solanum tuberosum* L.

Ход работы

1. Вырезать маленький кусочек клубня картофеля и сделать им мазок в небольшой капле воды на предметном стекле, накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом, а затем большом увеличении. Найти простые, сложные и полусложные зерна. Определить характер расположения слоев. Зарисовать типы крахмальных зерен клубня картофеля (рис. 9).

3. Провести цветную реакцию на крахмал с помощью раствора йода по Граму, изучить препарат при малом увеличении в наблюдениях описать характер реакции.

Пояснение к препарату

Мелкие округлые зерна картофеля имеют концентрические слои. Более крупные яйцевидные зерна – эксцентричны, так как центр крахмалообразования у них смещен к одному из полюсов амилопласта. Большинство крахмальных зерен имеют один образовательный центр и являются простыми. Но наряду с ними попадаются амилопласты с 2–5 центрами, содержащие сложные и полусложные зерна (рис.

9). При действии реактива йода крахмальные зерна становятся темно-синими или почти черными, а мелкие кристаллиты белка, нередко встречающиеся в препарате, приобретают желтый цвет.

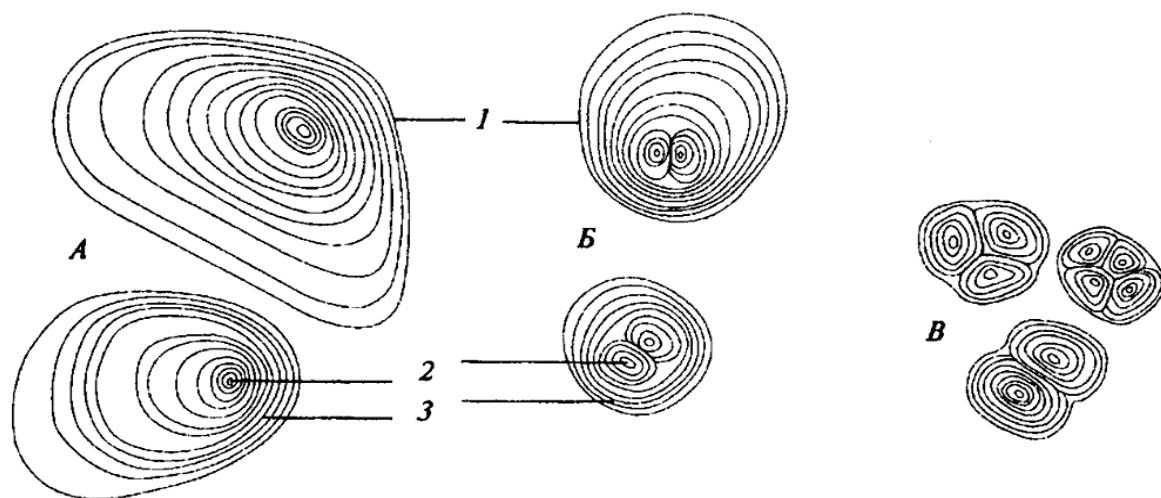


Рис. 9. Крахмальные зерна клубня картофеля: А – простые, Б – полусложные, В – сложные, 1 – оболочка зерна, 2 – центр крахмалообразования, 3 – слои крахмала (по В.Г. Хржановскому и др., 1979)

Работа 2. Вторичный крахмал в зерновке пшеницы мягкой *Triticum aestivum* L., риса посевного *Oriza sativa* L. и орешков гречихи посевной *Fagopyrum esculentum* Moench

Ход работы

1. Приготовить препарат крахмальных зерен пшеницы, риса и гречихи. Для этого разрезать лезвием набухшие плоды и препаровальной иглой извлечь немного эндосперма, перенести его в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.
2. Зарисовать при большом увеличении крахмальные зерна указанных растений.

Пояснение к препарату

Крахмальные зерна пшеницы округлой и овальной формы. Более крупные зерна имеют едва видимую концентрическую слоистость, мелкие – заметной слоистости не имеют (рис. 10). У риса овальные

сложные зерна состоят из очень мелких граненых простых. Крахмальные зерна гречихи очень мелкие, неправильной формы и находятся в поле зрения микроскопа либо поодиночке, либо в виде скоплений.

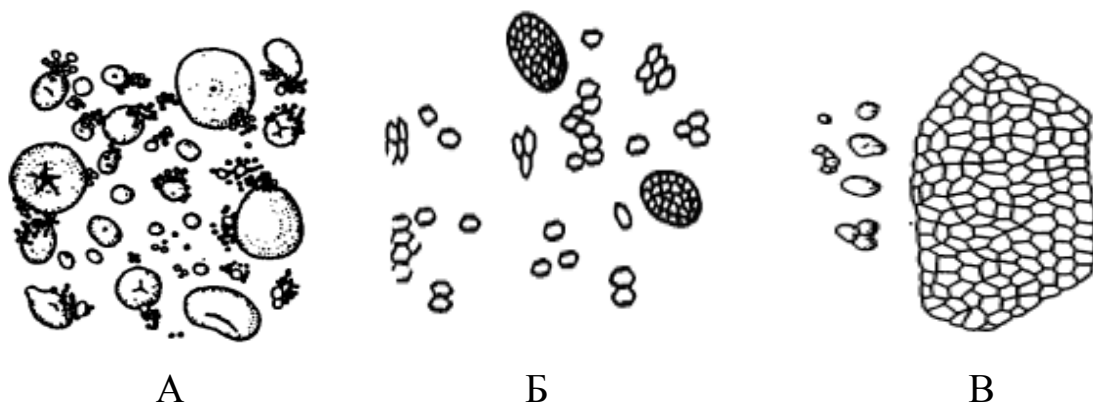


Рис. 10. Крахмальные зерна различных растений: *А* – пшеницы мягкой; *Б* – риса посевного; *В* – гречихи посевной (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

Работа 3. Запасные вещества в клетках семян гороха посевного *Pisum sativum* L.

Ход работы

1. С предварительно замоченного в воде семени гороха снять кожуру, отделить одну семядолю, сделать тонкий срез и поместить в каплю реактива йода смешанную с глицерином (1:1).
2. При большом увеличении рассмотреть форму клеток семядоли найти в них крупные зерна крахмала (темные или темно-синие) и алейроновые зерна (желтые).
3. Зарисовать несколько клеток, отметить оболочки и крахмальные и алейроновые зерна.

Пояснение к препарату

На срезах семядоли гороха хорошо видны более или менее округлые клетки с несколько утолщенными стенками (рис. 11). В местах соединения нескольких клеток имеются межклетники. Полость клет-

ки заполнена крупными продолговатыми крахмальными зернами, между которыми находятся многочисленные мелкие алейроновые зерна.

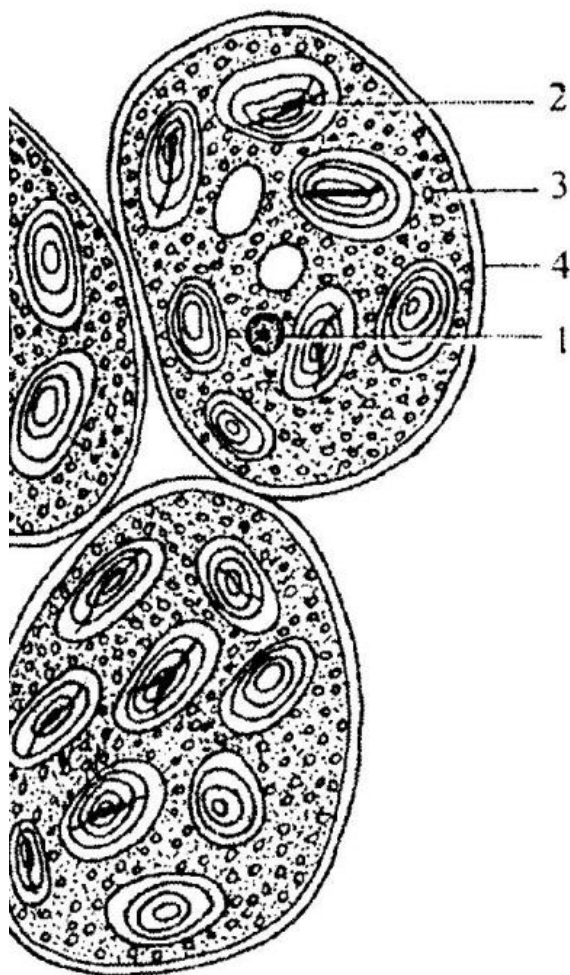


Рис. 11. Клетки семядоли гороха: 1 – протопласт, 2 – крахмальные зерна, 3 – алейроновые зерна, 4 – оболочка (по Г.А. Бавтуто, Л.М. Ерей, 2002)

Вопросы и задания

1. Какие типы клеточных включений вам известны?
2. В какой форме в клетке накапливается крахмал?
3. Чем различаются простые, сложные и полусложные крахмальные зерна?
4. В какой форме в клетке запасается белок?
5. Каково строение алейроновых зерен?
6. В какой форме в клетке накапливаются жиры?

ЗАНЯТИЕ № 6. ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ – КОНЕЧНЫЕ ПРОДУКТЫ МЕТАБОЛИЗМА

В растительных клетках часто встречаются **кристаллы оксалата кальция**, представляющие собой конечные продукты обмена. Они откладываются обычно в вакуолях. Форма их довольно разнообразна и часто специфична для определенных групп растений. Это могут быть одиночные кристаллы ромбоэдрической, октаэдрической или удлиненной формы (клетки наружных отмерших чешуек луковиц лука), **друзы** – шаровидные образования, состоящие из многих мелких сросшихся кристаллов (клетки корневищ, коры, корки, черешков и эпидермы листьев многих растений), **рафиды** – кристаллы в виде пучков игл (стебель и листья винограда), **кристаллический песок** – скопления множества мелких одиночных кристаллов (паренхимные клетки многих пасленовых, бузины).

Наиболее часто встречающаяся форма кристаллов – друзы. Кроме оксалата кальция кристаллические включения иногда состоят из карбоната кальция или кремнезема.

- **Цель работы:** изучить основные типы кристаллов оксалата кальция встречающиеся в клетках растений.
- **Средства обучения:** комплект таблиц, выдержанные в смеси этилового спирта и глицерина (1:1) в течение семи - десяти дней, кусочки сухой чешуи луковичы – *Allium cepa* L.; черешки листьев бегонии – *Begonia* sp., свежие листья традесканции – *Tradescantia* sp.; глицерин, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Призматические кристаллы в клетках сухой чешуи луковичы лука *Allium cepa* L.

Х о д р а б о т ы

1. Поместите кусочек сухой пленчатой чешуи луковичы лука, в каплю глицерина и накройте покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом, а затем большом увеличении. Найдите одиночные призматические кристаллы, а также двойниковые или тройниковые сrostки. Зарисуйте их (рис. 12).

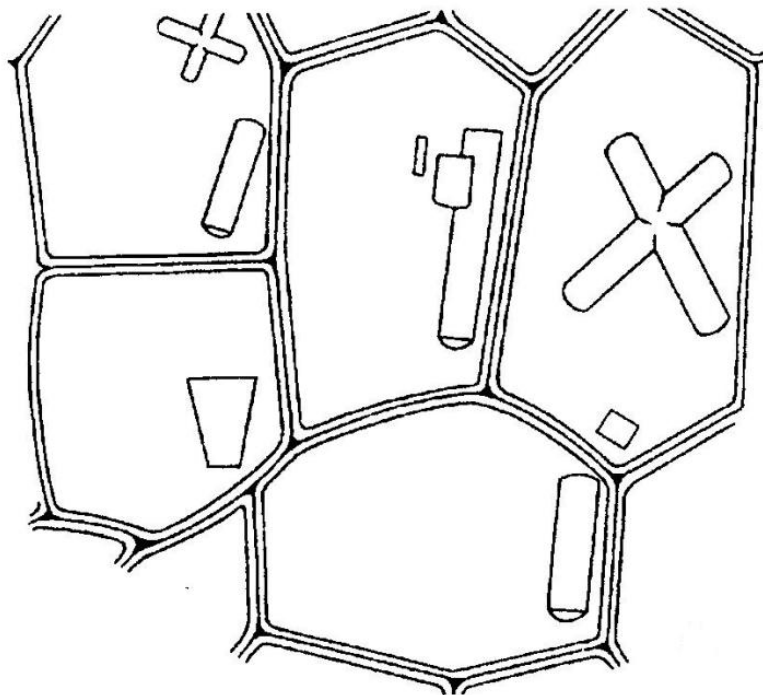


Рис 12. Призматические кристаллы в клетках сухой чешуи луковицы лука (по В.П. Викторов и др, 2001)

Работа 2. Рафиды в клетках эпидермы традесканции *Tradescantia virginica* L.

Ход работы

1. Приготовить препарат эпидермы нижней стороны листа традесканции. Для этого надорвите лист параллельно главной жилке, слегка оттягивая отрыв в сторону, эпидерма легко снимется.

2.

3. Полученный кусочек эпидермы поместить в каплю глицерина на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.

4. Изучить препарат при малом, а затем большом увеличении. Найдите клетки, полость которых занята пачками игольчатых кристаллов – рафидами. Зарисуйте их (рис. 13).

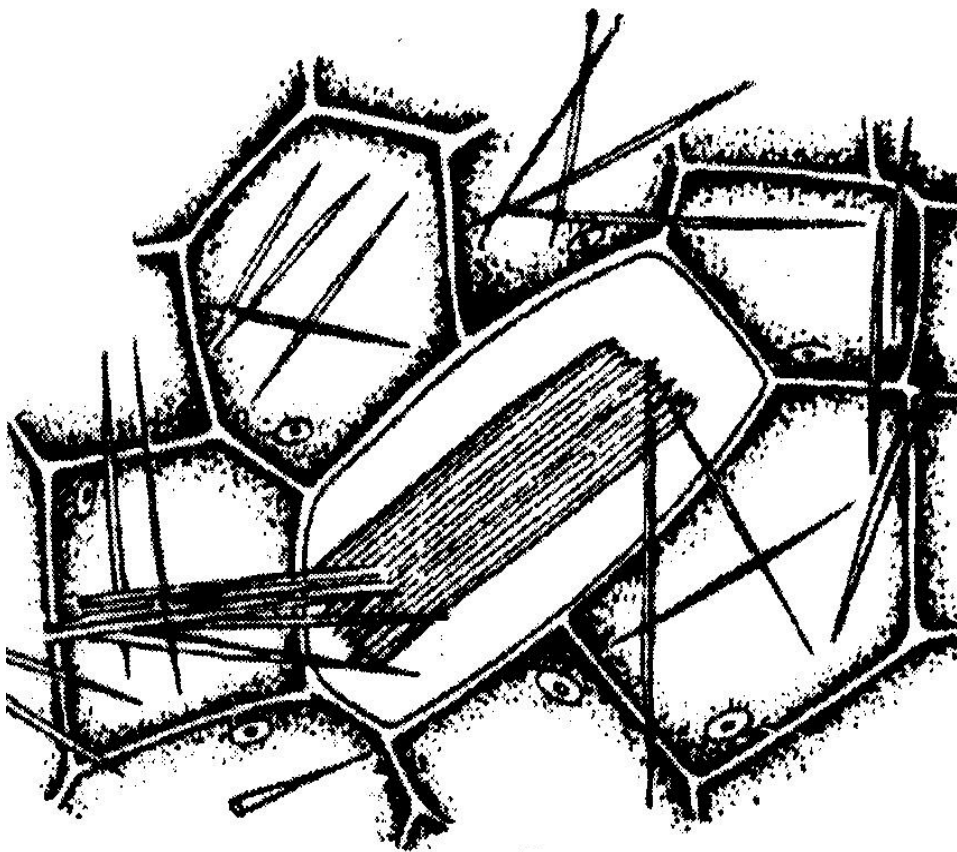


Рис. 13. Рафиды в клетках эпидермы традесканции (по Г.А. Бавтуто, Л.М. Еремин, 1997)

Работа 3. Друзы в клетках черешка бегонии *Begonia* sp.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез черешка листа бегонии и поместить его в каплю глицерина на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.

Изучить препарат при малом, а затем большом увеличении. Найдите клетку с друзой. Зарисовать ее (рис. 14).

Вопросы и задания

1. Каков биологический смысл образования кристаллов оксалата кальция в клетке?

2. В клетках каких органов или их частей можно наблюдать скопления кристаллов оксалата кальция?
3. Какая форма кристаллов оксалата кальция свойственна двудольным и какая – однодольным растениям?

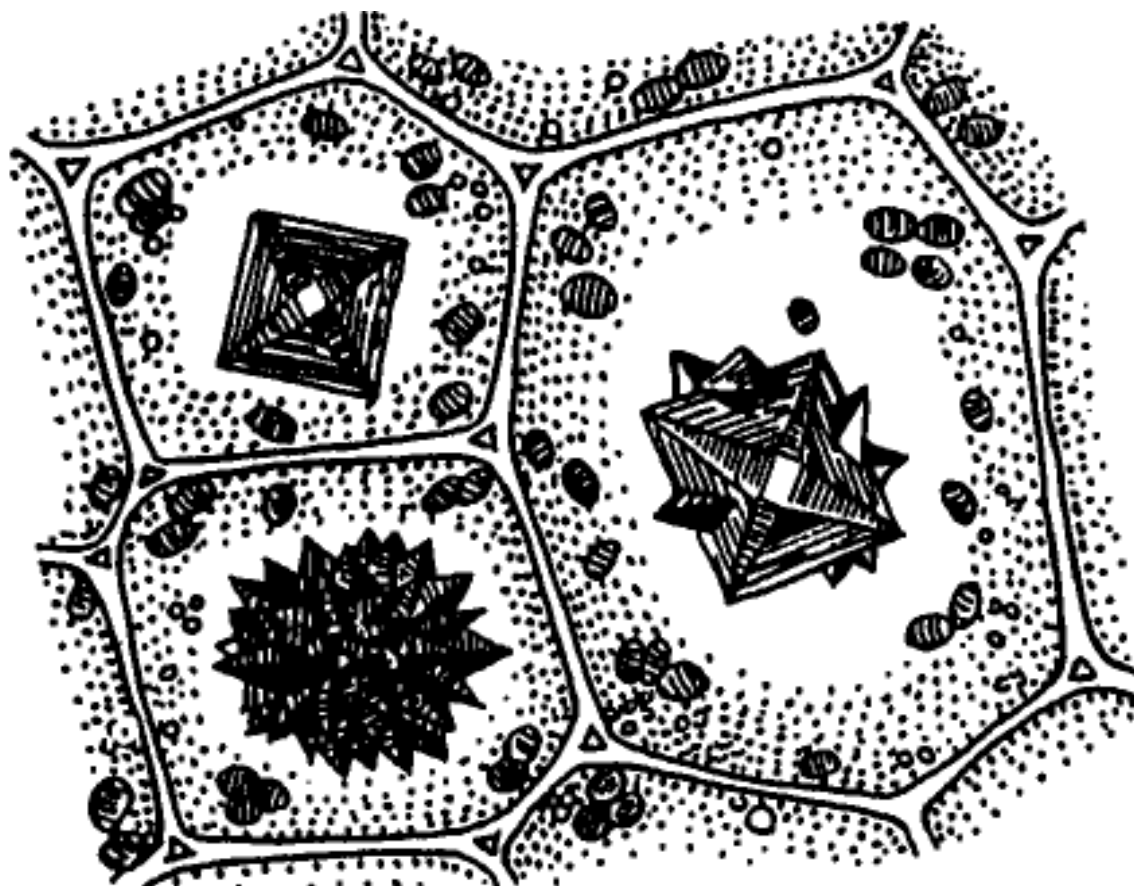


Рис. 14. Последовательные стадии формирования друз в клетках черешка листа бегонии (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ «РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА»

1. Основные положения клеточной теории. Классификация клеток.
2. Организация растительной клетки. Цитоплазма ее структура и состав. Классификация органоидов.
3. Органоиды клетки ограниченные одной мембраной.
4. Митохондрии: строение функции, происхождение.

5. Пластиды, как специфические компоненты растительной клетки. Хлоропласты строение и происхождение. Геном хлоропластов.
6. Хромопласты и лейкопласты, строение, функции, классификация. Онтогенез пластид.
7. Строение ядра, особенности структуры хромосом и химического состава ядра.
8. Строение ДНК и РНК. Транскрипция и трансляция.
9. Митоз, амитоз.
10. Мейоз, профазы I, кроссинговер. Биологическое значение мейоза.
11. Вакуоли как производные растительной клетки, строение, развитие и функции.
12. Клеточная оболочка: химический состав, структура, заложение и рост оболочки.
13. Изменение химического состава и физических свойств оболочки.
14. Внутриклеточные включения.
15. Онтогенез растительной клетки.

РАЗДЕЛ II

ГИСТОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

ЗАНЯТИЕ № 7. ПЕРВИЧНЫЕ ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ ПОБЕГА

Покровные ткани расположены на границе с внешней средой, т.е. на поверхности всех органов растений. Они защищают внутренние структуры растений от неблагоприятных внешних воздействий – излишнего испарения и иссушения, проникновения микроорганизмов, резкой смены температуры и т.д. В то же время покровные ткани осуществляют связь растения с внешней средой. Они также принимают участие в метаболических процессах.

В зависимости от происхождения из различных меристем (генезиса) и строения выделяют три характерных, структурно отличающихся типа покровных тканей – эпидерму, перидерму и корку.

Эпидерма, от греч. *epi* – над, и *derma* – кожа – это самый наружный слой клеток растений, образующийся из протодермы и имеющий первичное строение.

Низшие растения, т.е. водоросли не имеют эпидермы. Эта ткань возникла в ходе эволюции, при переходе растений к наземному существованию. Главные функции эпидермы – регуляция газообмена и защита организма. Кроме того, она принимает участие в выделении веществ (солей, эфирных масел), воспринимает раздражения, поглощает воду и минеральные вещества. Таким образом, эпидерма это полифункциональная ткань, что в свою очередь обуславливает ее строения. Это сложная ткань, так как состоит из различных гистологических элементов. В эпидерме выделяют: основные эпидермальные клетки; устьичный комплекс; трихомы - выросты эпидермы в виде различного рода волосков.

Основные клетки эпидермы являются относительно неспециализированными и составляют основную часть ткани. Они всегда имеют живое содержимое, и чаще всего таблитчатую форму. Боковые обо-

лочки, как правило, волнистые, без межклетников. Наружные оболочки утолщенные и покрытые слоем кутикулы. Кутикула защищает растение от излишнего испарения воды, т.е. от высыхания, а также препятствует проникновению патогенных организмов. Хлоропласты в клетках эпидермы имеются не у всех растений, обычно их нет или они имеют слаборазвитую тилакоидную систему. Митохондрии, с хорошо развитыми кристами. Аппарат Гольджи активный, с большим количеством диктиосом и пузырьков. Следовательно, основные клетки эпидермы метаболически активные.

Устьица – регулируют газообмен растений, выполняя т.о. важнейшую функцию эпидермы. Устьица представляют собой отверстия (устыичные щели), ограниченные двумя специализированными клетками эпидермы, которые называют **замыкающими**, от основных клеток они отличаются наличием хорошо развитых хлоропластов. Термин «устьица» обозначает весь комплекс – устьичную щель и замыкающие клетки. Обычно устьица окружены клетками, не отличающимися от основных клеток эпидермы. У многих растений, наоборот, к устьицам примыкают отличающиеся по форме особые клетки которые называют сопровождающими или **побочными**. Они участвуют в движении замыкающих клеток. Как правило, замыкающие и побочные клетки имеют общее происхождение, т.е. развиваются в результате деления одной клетки протодермы. Число и характер расположения побочных клеток неодинаковы у разных видов растений. Поэтому различают типы устьичных аппаратов: **аномоцитный** – побочные клетки не отличаются от основных; **парацитный** – две побочные клетки, расположены параллельно замыкающим; **диацитный** – две побочные клетки расположены перпендикулярно к замыкающим; **анизоцитный** – три побочных клетки разных размеров, окружают замыкающие; **тетрацитный** – четыре побочные клетки: две расположены параллельно замыкающим, а две другие - перпендикулярно к ним; **энциклоцитный** – побочные клетки образуют узкое кольцо вокруг замыкающих (рис. 15).

Наряду с устьицами, предназначенными для газообмена, у многих растений имеются водные устьица – *гидатоды*, которые выделяют воду в капельножидком состоянии, этот процесс называется *гуттацией*. Чаще всего это происходит во влажную и теплую погоду. Примером растений с развитыми гидатодами, в нашей флоре, является ива росистая.

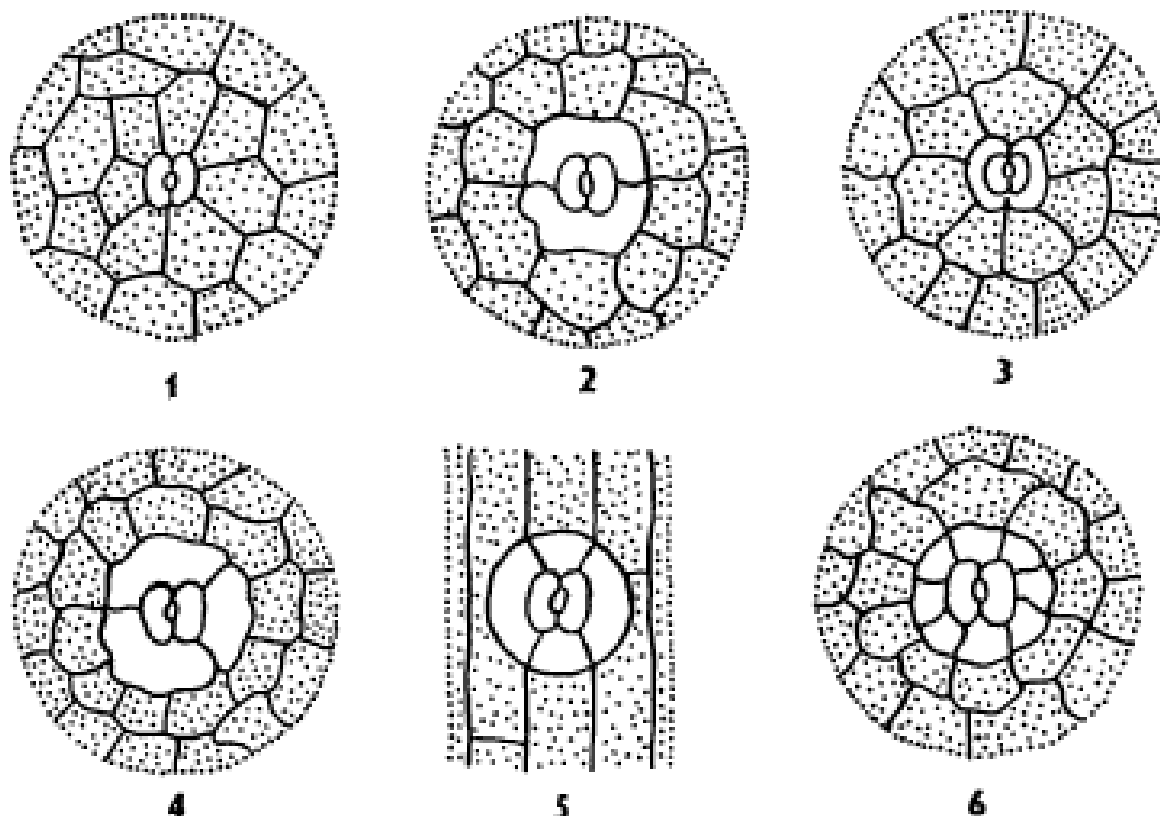


Рис. 15. Основные типы устьичного аппарата: 1 – аномоцитный (у всех высших растений, кроме хвощей). 2 – диацитный (у папоротников и цветковых), 3 – парацитный (у папоротников, хвощей, цветковых и гнетовых), 4 – анизоцитный (только у цветковых). 5 – тетрацитный (главным образом у однодольных), 6 – энциклоцитный (у папоротников, голосеменных и цветковых) (по Г.П. Яковлеву, Л.В. Аверьянову, 1996)

Трихомы (от греч. *trichoma* – волосы) это различные по форме, строению и функциям выросты клеток эпидермы – волоски, чешуйки,

железки. Они могут быть одно- и многоклеточными. Обычно их классифицируют на кроющие и железистые. У **кроющих** протопласт клеток быстро отмирает, и оболочка заполняется воздухом. Например, трихомы коровяка, листьев мать-и-мачехи. Главная их функция защита растения от избыточного испарения и перегрева. **Железистые** – живые, и содержат различные смолистые, сахаристые и эфирные вещества. Примером может служить медуница, герань. Они служат для обеспечения химической и механической защиты от травоядных и патогенных организмов.

От трихом следует отличать **эмергенцы** – это выросты, в образовании которых принимают участие не только клетки эпидермы, но и субэпидермальных слоев. К ним относят шипы малины, розы, ежевики, жгучие волоски крапивы и другие.

•**Цель работы:** выявить особенности строения и функционирования первичной покровной ткани – эпидермы, найти специфические особенности эпидермального комплекса двудольных и однодольных растений. Познакомиться с трихомами.

•**Средства обучения:** таблицы, фиксированные листья коровяка обыкновенного – *Verbascum thapsus*, кукурузы обыкновенной – *Zea mays*, свежие листья пеларгонии зональной – *Pelargonium zonale*, вазелиновое масло, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Строение эпидермы пеларгонии зональной *Pelargonium zonale* Ait.

Ход работы

1. Приготовить препарат эпидермы нижней стороны листа пеларгонии. Для этого надорвите лист параллельно главной жилке, слегка оттягивая отрыв в сторону, эпидерма легко снимется.
2. Отделить полученный участок ткани лезвием от листовой пластинки и поместить в каплю вазелинового масла на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.

3. Изучить препарат при малом, а затем большом увеличении. Рассмотреть: форму основных клеток эпидермы, наличие устьиц и характер их размещения, форму замыкающих клеток, определить тип устьичного аппарата, изучить строение железистых трихом. Полученные результаты оформить в таблице 5.

4. Зарисовать участок эпидермы с 3–4 устьицами, отметив компоненты ткани (рис. 16)

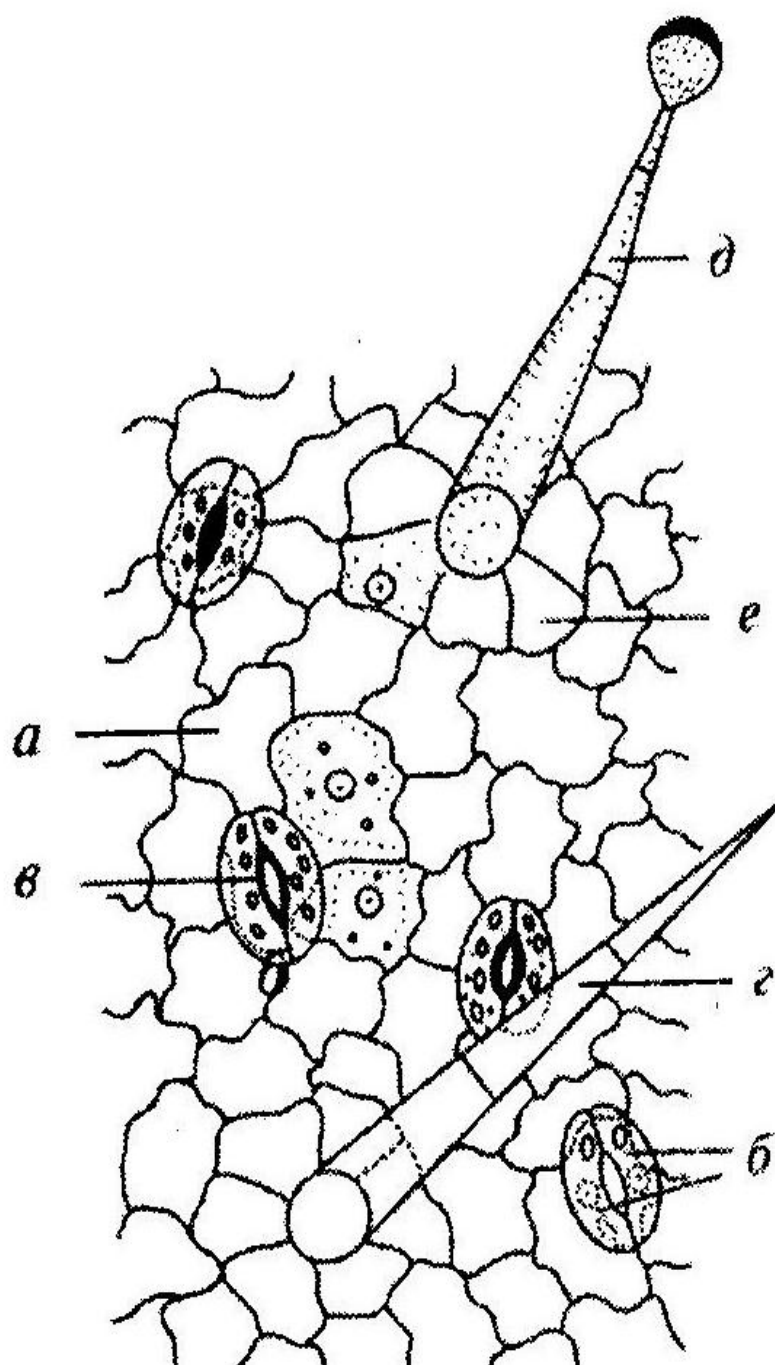


Рис. 16. Эпидерма листа герани: *а* – основные клетки, *б* – замыкающие клетки, *в* – устьичная щель, *г* – кроющая трихома, *д* – железистая трихома, *е* – околовололосковые клетки (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

Работа 2. Строение эпидермы кукурузы обыкновенной *Zea mays* L.

Ход работы

1. Приготовить препарат эпидермы нижней стороны листа кукурузы. Для этого надорвите лист параллельно жилкам, слегка оттягивая отрыв в сторону, эпидерма легко снимется.

2. Отделить полученный участок ткани лезвием от листовой пластинки и поместить в каплю вазелинового масла на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.

3. Изучить препарат при малом, а затем большом увеличении.

Рассмотреть: форму основных клеток эпидермы, наличие устьиц и характер их размещения, форму замыкающих клеток, определить тип устьичного аппарата. Полученные результаты оформить в таблице 5.

4. Зарисовать участок эпидермы с 3–4 устьицами, отметив компоненты ткани (рис. 17).

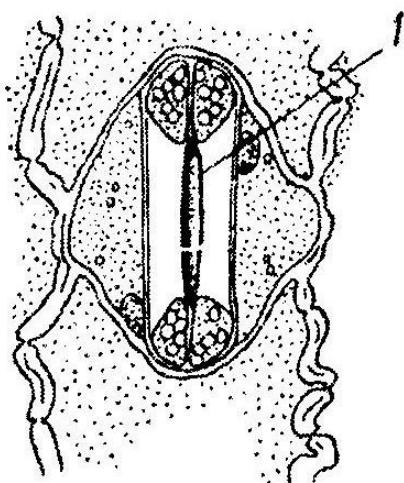
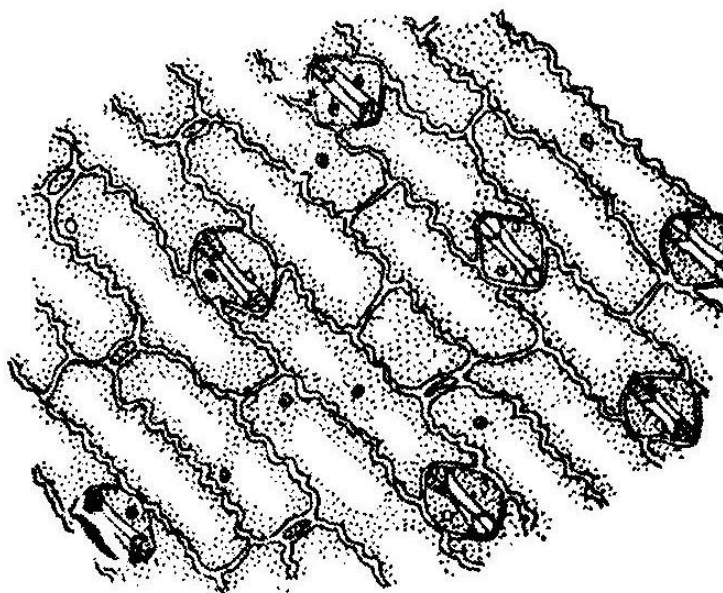


Рис. 17. Эпидерма листа кукурузы и отдельное устьице: 1 – устьичная щель (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

Таблица 5.

Сравнительная характеристика строения эпидермы двудольных и однодольных растений

Структурные признаки	Растения	
	Двудольные (пеларгония)	Однодольные (кукуруза)
Форма основных клеток эпидермы		
Количество устьиц в поле зрения (при малом увеличении)		
Характер размещения устьиц		
Форма замыкающих клеток		
Форма побочных клеток, их количество		
Наличие трихом, их тип		
Тип устьичного аппарата		

Работа 3. Строение кроющих трихом коровяка обыкновенного *Verbascum thapsus* L.

Ход работы

1. Приготовить препарат трихом коровяка, для этого препаровальной иглой отчленить от края листа небольшой кусочек и поместить его в каплю вазелинового масла на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисуйте 1–2 волоска (рис. 18).



Рис. 18. Кроющие трихомы коровяка (по В.Г. Хржановскому и др., 1979)

Вопросы и задания

1. Благодаря каким тканям растения обладают открытой системой роста?
2. Что такое детерминация, какие образовательные ткани являются частично детерминированными? Какова их роль в гистогенезе растений?
3. Какие ткани называют простыми, а какие сложными? К какой группе тканей вы отнесете эпидерму пеларгонии? Дайте обоснование к вашему ответу.
4. Какое значение для функционирования устьичного аппарата имеет неравномерное утолщение оболочки у замыкающих клеток? Объясните значение этого факта в обеспечении движения устьичных клеток.
5. Какие особенности в строении эпидермы обеспечивают ее защитные функции? От каких факторов внешней среды эпидерма защищает организм?

ЗАНЯТИЕ № 8. ПЕРВИЧНЫЕ ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ КОРНЯ. ВТОРИЧНЫЕ ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ РАСТЕНИЙ

К первичным покровным тканям корня относят ризодерму и веламен. **Ризодерма** (эпиблема) – покровная ткань молодых корешков не имеющая устьиц, кутикулы и воскового налета. На небольшом расстоянии от кончика корня в зоне всасывания некоторые клетки ризодермы имеют выросты – корневые волоски. Основная функция их – всасывание воды и минеральных солей. Клетки, дающие волоски, называют **трихобластами** (рождающие волоски), не производящие волоски – **атрихобластами**.

Веламен – многослойная эпидерма воздушных корней некоторых эпифитных тропических орхидных, бромелиевых и ароидных. Иногда формируется и на почвенных корнях. Разбивается в условиях периодического пересыхания. Клетки веламена мертвые. В сухой сезон года они заполнены воздухом и выполняют защитную функцию: задерживают испарение. При появлении влаги (дождь, роса) они втягивают воду по принципу капилляров через поры. Далее через пропускные клетки экзодермы (она подстилает веламен) вода попадает в корень.

Вторичной покровной тканью растений является перидерма. **Перидерма** (греч. *peri* – вокруг, возле, около и *дерма*) представляет собой сложную многослойную защитную ткань, замещающую эпидерму на стеблях и корнях по мере их роста. При этом окраска органа становится темной, покрывается бугорками (чечевичками). Развитие перидермы наиболее характерно для голосеменных растений и древесных двудольных, встречается так же у чешуй зимующих почек, в самых старых частях стебля и корня травянистых двудольных. Перидерма так же образуется на месте опавших листьев, веток на поврежденных участках органов (раневая перидерма), появляющихся в результате механического повреждения или внедрения паразитов.

Сложный комплекс перидермы состоит из **феллогена** (греч. *phellos* – пробка и *γενναο* – рождаю), или пробкового камбия – меристемы формирующей эту ткань; **феллемы** (пробки), выполняющей защитные функции и откладываемой феллогеном в направлении к пе-

риферии органа, и **феллодермы** – живой паренхимы, откладываемой феллогеном во внутрь.

Феллоген имеет сравнительно простое строение, так как состоит из клеток одного типа. На поперечном срезе пробковый камбий выглядит как сплошной слой, состоящий из прямоугольных уплощенных по радиусу клеток, каждая из которых образует радиальный ряд производных.

Пробка состоит из клеток таблитчатой формы, расположенных правильными радиальными рядами. Оболочки ее клеток постепенно пропитываются суберином, протопласт при этом отмирает, и полость заполняется воздухом. Межклетников между клетками пробки нет. Пробка обладает теплоизоляционными свойствами, защищает растение от потери влаги, проникновения патогенных организмов.

Феллодерма представлена радиально расположенными паренхимными клетками, которые содержат хлоропласты, накапливают крахмал и отличаются нормальной жизнедеятельностью.

Перидерма появляется в первый год развития корня и стебля. Последующие более глубокие ее слои могут закладываться позднее в этом же году или только через много лет. Например, у дуба, пихты, бука, а могут и вообще не появляться.

Перидерма может возникать в различных частях коры: в эпидерме (ива), в субэпидермальном слое (пеларгония), чаще во внутреннем слое коры (виноград, смородина, барбарис).

В корне перидерма закладывается из перицикла.

•**Цель работы:** выявить особенности строения: ризодермы, пробковой ткани и перидермы.

•**Средства обучения:** таблицы, проростки пшеницы мягкой – *Triticum aestivum*, клубни картофеля – *Solanum tuberosum*, постоянный микропрепарат поперечного среза ветки бузины красной, – *Sambucus racemosa*; реактивы: 1 % водный раствор сафранина, хлор-цинк-йод; лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Ризодерма кончика корня пшеницы мягкой *Triticum aestivum* L.

Ход работы

1. Приготовить препарат ризодермы, для этого отделить с помощью пинцета один из корней проростка пшеницы, поместить его в каплю раствора сафранина на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при большом увеличении. Рассмотреть и зарисовать различные моменты развития корневых волосков (рис. 19).

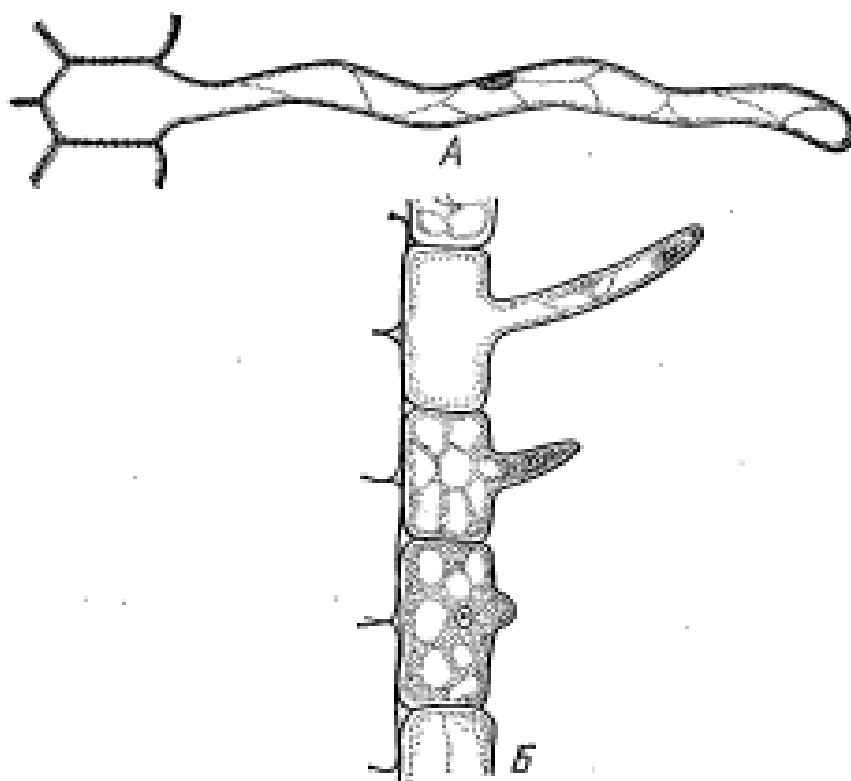


Рис. 19. Ризодерма, корневой волосок и его формирование: *А* – корневой колосок закончивший развитие; *Б* – развивающиеся корневые волоски (по В.Х. Тутаюк, 1980)

Пояснение к препарату

Ризодерма состоит из одного слоя клеток с тонкими оболочками, плотно прилегающего к частицам почвы. Эти клетки образуют вырос-

ты – корневые волоски длиной 2–3 мм. Корневые волоски во много раз увеличивают поглощающую поверхность корня. Они являются эфемерными образованиями, функционируют 10–20 дней, а затем отмирают.

Работа 2. Пробковая ткань клубня картофеля

Solanum tuberosum L.

Ход работы

1. Приготовить срез с поверхности разрезанного поперек клубня картофеля, захватив его «кожуру», окрасить его хлор-цинк-йодом. Для проведения реакции надо поместить срез в каплю воды на предметное стекло, затем обсушить его фильтровальной бумагой, капнуть на него раствор хлор-цинк-йода и накрыть покровным стеклом. Пробковая ткань окрасится в желто-коричневый цвет.

2. Изучить препарат при малом, а затем большом увеличении. Зарисовать часть среза, отметив пробку и запасную паренхиму (рис. 20).

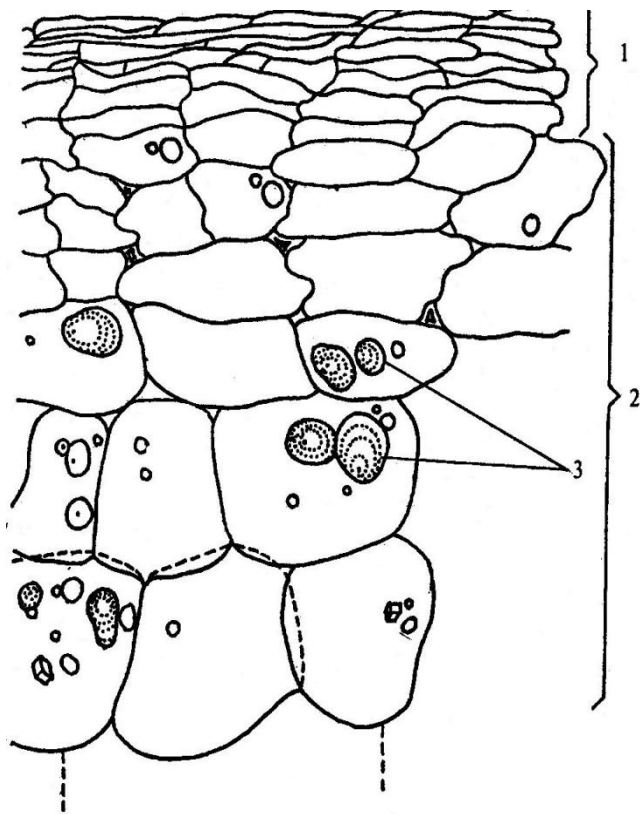


Рис. 20. Поперечный срез пробковой ткани клубня картофеля: 1 – пробка, 2 – запасная паренхима, 3 – крахмальные зерна (по Г.А. Бавутто, Л.М. Ерей, 2002)

Пояснение к препарату

Клубень картофеля покрыт многослойной пробковой тканью, состоящей из сплюснутых мертвых клеток, располагающихся правильными радиальными рядами. Изнутри с пробкой граничат рыхло располагающиеся крупные клетки запасающей паренхимы с крахмальными зёрнами. Феллоген, образующий ограниченное число слоев пробковой ткани (8–14), как правило, быстро утрачивает свои функции и на препарате не виден.

Работа 3. Строение перидермы стебля бузины красной

Sambucus racemosa L.

Ход работы

1. Изучить при малом увеличении постоянный микропрепарат поперечного среза ветки бузины красной. Рассмотреть строение перидермы и чечевички. Зарисовать участок перидермы и чечевичку, отметив: пробку, феллоген, феллодерму и выполняющую ткань чечевички (рис. 21).

Пояснение к препарату

Формирование чечевички начинается еще до того, как прекратится первичный рост стебля. Там, где возникает чечевичка, паренхимные клетки первичной коры начинают делиться в разных направлениях, хлорофилл в них исчезает, формируется бесцветная рыхлая ткань — это первая выполняющая ткань. В более глубоких слоях закладывается феллоген, делясь тангентально, он образует большую часть клеток выполняющей ткани. Нарастающая масса ее, выпячиваясь наружу, разрывает эпидерму. Феллоген, формирующий чечевички, функционирует более активно и продуцирует значительно большее количество клеток, чем феллоген, формирующий пробку. Это служит причиной выпуклой формы чечевички.

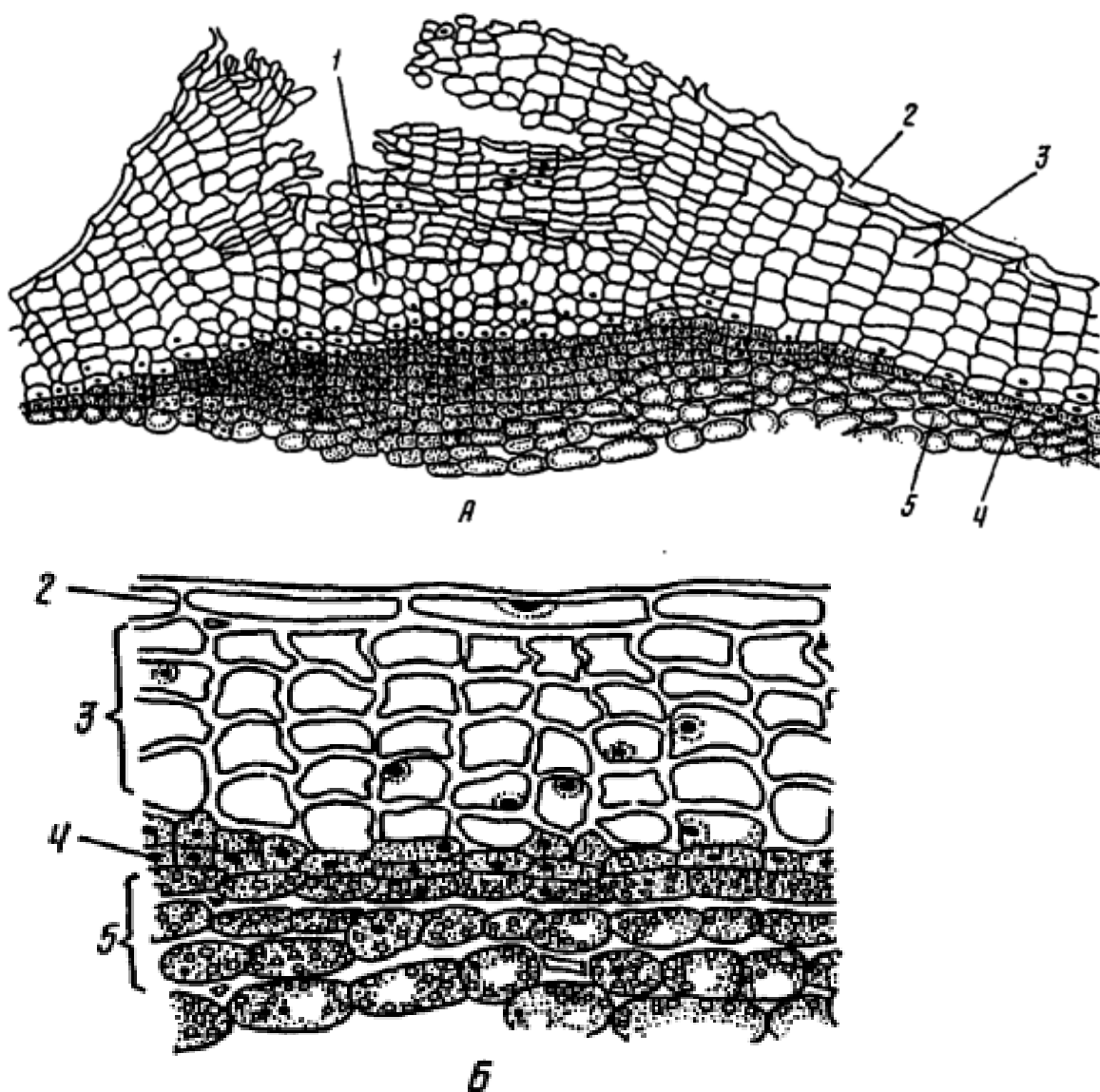


Рис. 21. Перидерма стебля бузины: *А* – чечевичка; *Б* – участок перидермы: 1 – выполняющая ткань, 2 – остаток эпидермы, 3 – пробка, 4 – феллоген, 5 – феллодерма (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

Вопросы и задания

1. Почему на ветвях деревьев и кустарников эпидерма заменяется пробкой?
2. Что такое феллоген, где и как он возникает, какова его функция?

3. Какие изменения происходят в клетках пробки по мере их возникновения из феллогена и отмирания?

4. Как структура чечевички приспособлена к выполнению функции газообмена? У всех ли растений есть чечевички?

ЗАНЯТИЕ № 9. ОСНОВНЫЕ ТКАНИ

Большую часть тела растения составляют относительно мало специализированные **основные ткани**. Они занимают участки между другими постоянными тканями и присутствуют во всех вегетативных и репродуктивных органах. Основная ткань состоит из живых паренхимных, более или менее округлых клеток с тонкими целлюлозными оболочками. Между клетками имеются межклетники. В первичном теле растения паренхима основных тканей формируется из основной меристемы, располагается глубже протодермы. Во вторичном теле она формируется из камбия или феллогена. На основе главной выполняемой функции помимо «классической» паренхимы различают несколько подгрупп основных тканей: ассимиляционную, запасную, водоносную и воздухоносную.

Ассимиляционная ткань. В клетках этой ткани осуществляется фотосинтез. Она состоит из тонкостенных живых паренхимных клеток, содержащие хлоропласты. Иногда такую ткань называют хлоренхимой. Ассимиляционная ткань чаще всего залегает непосредственно под эпидермой. Основная ее часть сосредоточена в листьях, меньшая часть – в молодых зеленых стеблях.

Запасная ткань. В запасных тканях откладывается избыточные в данный период развития растения продукты метаболизма: белки, жиры, углеводы и др. Обычно это живые тонкостенные клетки, но иногда оболочки их утолщаются, и тогда они выполняют дополнительную механическую функцию.

Водоносная ткань. Назначение этой ткани – запасание воды. Крупноклеточная тонкостенная водоносная паренхима имеется в стеблях и листьях растений-суккулентов (кактусов, агавы, алоэ) и растений засоленных местообитаний (солерос). Крупные водоносные

клетки встречаются в листьях злаков. В вакуолях клеток водоносной ткани есть слизистые вещества, удерживающие влагу.

Воздухоносная ткань (аэренхима). Аэренхимой называют паренхиму со значительно развитыми межклетниками. Она хорошо развита в органах водных и болотных растений, но встречается и у сухопутных видов. Назначение аэренхимы – снабжение тканей кислородом или углекислым газом. У водных растений она служит также для обеспечения плавучести побегов и листьев.

•**Цель работы:** выявить особенности строения и функционирования запасующих, водоносных тканей и аэренхимы растений.

•**Средства обучения:** таблицы, клубни картофеля – *Solanum tuberosum*, запасующие чешуи лука – *Allium cepa*, листья сфагнума – *Sphagnum*, фиксированные листья рогоза широколистного – *Typha latifolia*, 1 % водный раствор сафранина, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Запасующая паренхима клубня картофеля

***Solanum tuberosum* L.**

Ход работы

1. Приготовить срез запасующей паренхимы клубня картофеля, промыть срез водой, затем поместить его в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом и большом увеличении. Рассмотреть и зарисовать несколько клеток, обозначить клеточные оболочки, крахмальные зерна и межклетники (рис. 22).

Пояснение к препарату

Запасующая паренхима клубня картофеля состоит из крупных паренхимных клеток округлой формы, плотно заполненных крахмальными зёрнами.

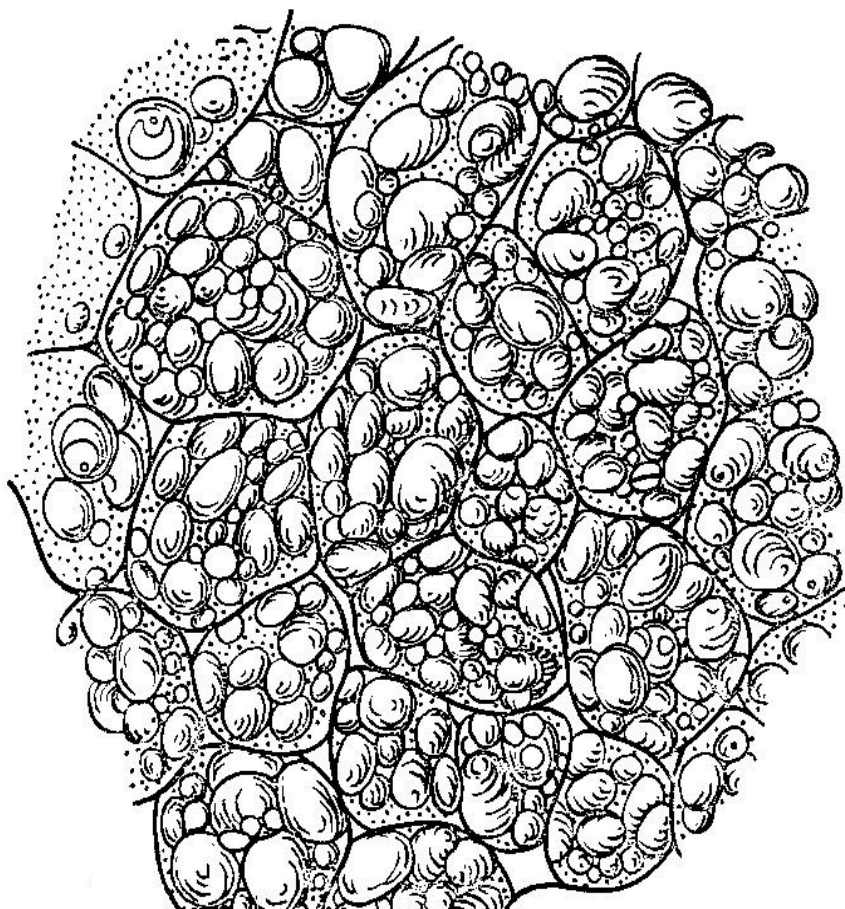


Рис. 22. Запасающая паренхима клубня картофеля (по В.Г. Хржановскому и др., 1979)

Работа 2. Запасающая паренхима сочной чешуи лука репчатого
***Allium cepa* L.**

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез запасающей чешуи лука поместить его в каплю раствора сафранина на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом и большом увеличении. Рассмотреть и зарисовать несколько клеток, обозначить клеточные оболочки и межклетники (рис. 23).

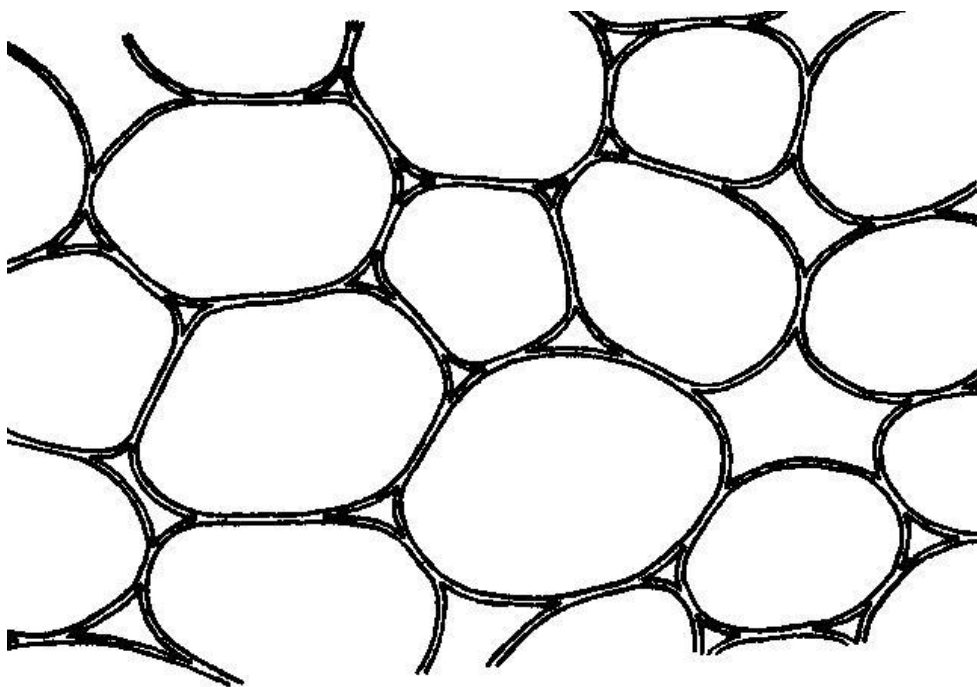


Рис. 23. Запасающая паренхима сочной чешуи лука (по А.К. Тимони-ну, 2007)

Работа 3. Водоносные и ассимиляционные клетки листа сфагнома ***Sphagnum sp.***

Ход работы

1. Приготовить препарат листа сфагнома, для этого с помощью пинцета отделить лист, поместить его в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом и большом увеличении. Рассмотреть и зарисовать несколько клеток, обозначить водоносные и ассимиляционные (рис. 24).

Пояснение к препарату

Листья сфагнома однослойные состоят из двух типов клеток. Одни из них крупные, ромбовидной формы и снабжены внутри спиральными или кольцевыми утолщениями из коллоидного вещества гиалина, поэтому они называются гиалиновыми. Эти клетки мертвые, так как в их оболочках имеются мелкие сквозные отверстия, через ко-

торые по принципу капиллярности вода активно засасывается из влажной атмосферы внутрь клетки и прочно удерживается благодаря гигроскопическим свойствам гиалина. Поэтому их называют водоносными. Каждая гиалиновая клетка окружена 4–6 узкими длинными живыми клетками, содержащими хлоропласты. Они выполняют функцию фотосинтеза.

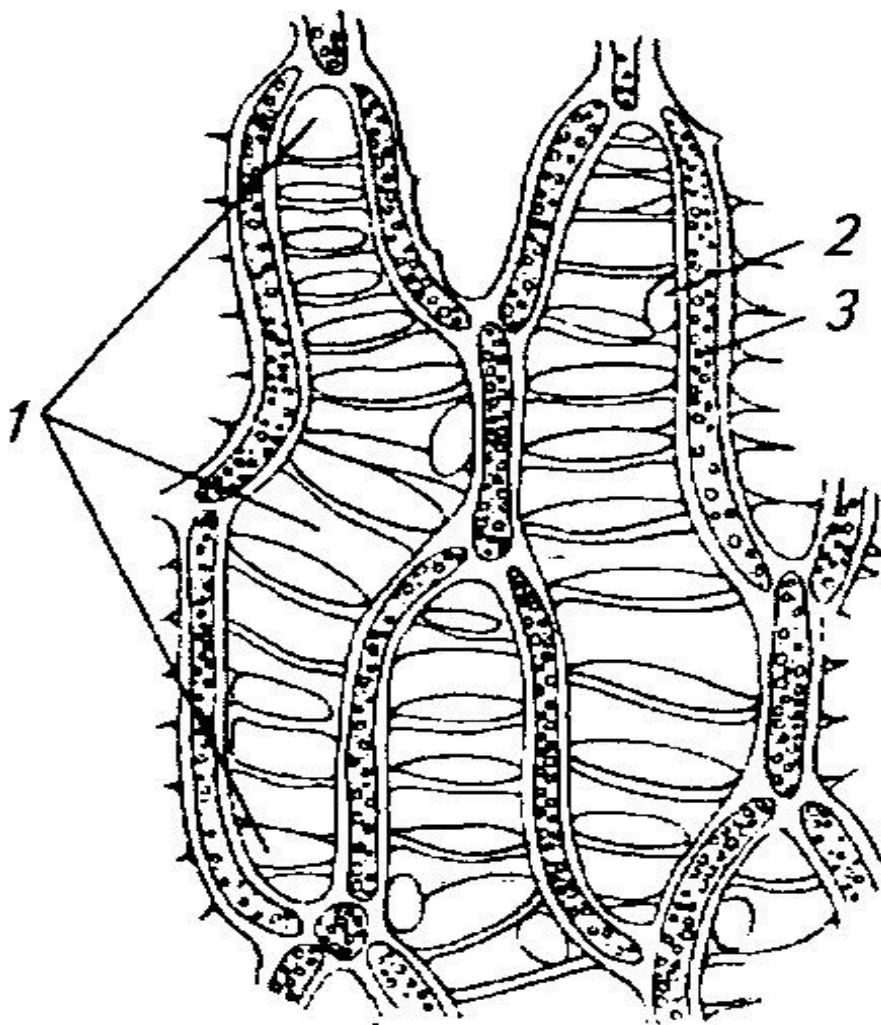


Рис. 24. Часть листа сфагнома: 1 – водоносная клетка, 2 – пора, 3 – хлорофиллоносная клетка (по Л.С. Родман, 2001)

Работа 4. Аэренхима листьев рогоза широколистного

Typha latifolia L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез листа рогоза поместить его в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом и большом увеличении. Рассмотреть и зарисовать участок аэренхимы, отметить межклетники (рис. 25).

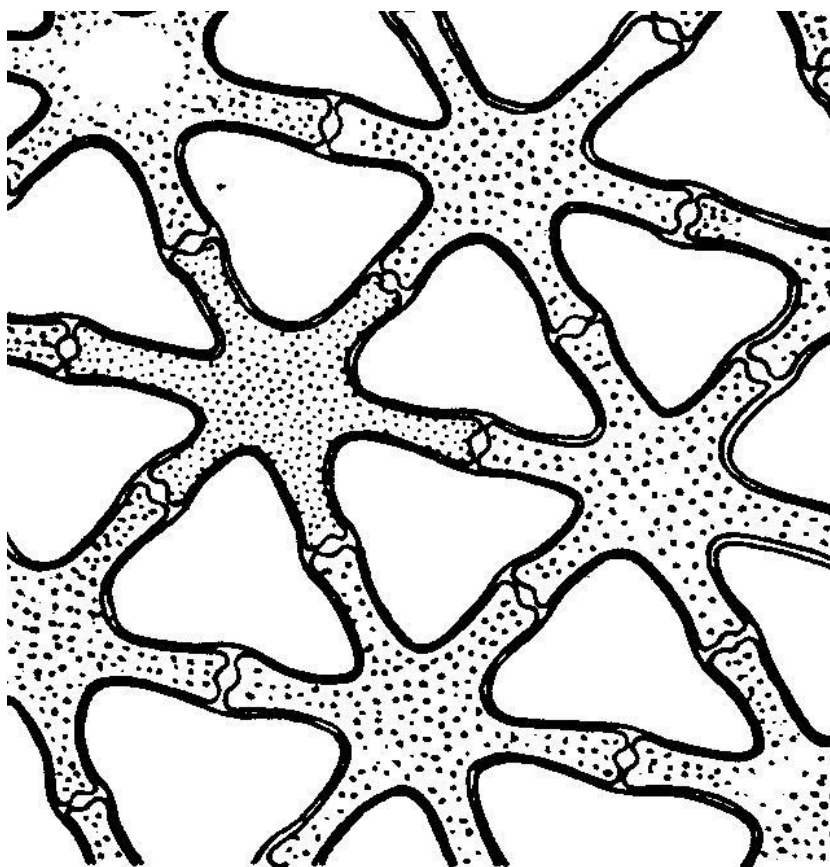


Рис. 25. Аэренхима листьев рогоза

Вопросы и задания

1. Почему основные ткани получили такое название?
2. Из каких клеток состоит основная ткань?
3. На каком принципе построена классификация основных тканей?
4. С чем связано развитие аэренхимы у растений болот?

ЗАНЯТИЕ № 10. МЕХАНИЧЕСКИЕ ТКАНИ

Механические ткани обеспечивают прочность растения, способность противостоять внешним воздействиям, играя роль скелета растительного организма. Различают следующие механические ткани: колленхиму, склеренхиму и склереиды.

Колленхима – это первичная механическая ткань, развивается она из основной меристемы, либо прокамбия и служит для укрепления молодых побегов. Обеспечивая прочность органу, она способна растягиваться по мере его роста. Причина этого в том, что колленхима это живая ткань. Поэтому выполнять свои арматурные функции она может только в состоянии тургора, при его потере, оболочки ее клеток складываются гармошкой, листья и стебли при этом увядают.

Колленхима – простая ткань, залегает она компактно, и четко отделяется от других тканей, располагается почти всегда по периферии органов сплошным слоем или отдельными пучками.

Клетки колленхимы характеризуются неравномерно утолщенными стенками: в зависимости от характера их утолщений различают уголковую, пластинчатую и рыхлую колленхиму.

Склеренхима – наиболее важная механическая ткань, которая встречается почти у всех высших растений. Это простая ткань, отдельные ее клетки называются – элементарными волокнами. Многие авторы относят к склеренхиме и склереиды.

В отличие от клеток колленхимы, оболочки склеренхимных клеток, утолщены равномерно. Клетки ее имеют прозенхимную форму и представляют собой волокна, длиной до 1–4 см, плотно расположенные, с заостренными концами и чаще всего одревесневшей оболочкой. Прочность стенок близка, к прочности стали. Протопласт всегда отмирает, и опорную функцию выполняют мертвые клетки. Они обеспечивают прочность органов растения на растяжение, сжатие и изгиб.

По происхождению волокна могут быть первичными, – развиваются из основной меристемы, прокамбия, а чаще из перицикла; и вторичные производные камбия. По характеру расположения в теле рас-

тения они образуют две группы – ксилемные (волокна либриформа) или двевисинные и вне ксилемные или лубяные, расположенные в коре.

Склереиды – представлены клетками самой разнообразной формы, с равномерно утолщенными слоистыми оболочками, пронизанные порами. Их оболочки всегда сильно одревесневают, и нередко инкрустированы известью, кремнеземом и кутином. Протопласт часто отмирает, но иногда он сохраняется и тогда клетки способны раздревесневать (например, в мякоти плодов груши). Склереиды часто встречаются в виде отдельных клеток в различных органах растений, но они могут образовывать и плотную ткань без межклетников, например, косточка плодов сливы, вишни и др.

•**Цель работы:** изучить типы механических тканей растений, выявить характерные признаки их строения и характер размещения в теле растения.

•**Средства обучения:** таблицы, фиксированные черешки свеклы – *Beta vulgaris*, стебли ржи – *Secale cereale*, мацерированные волокна либриформа тополя – *Populus laurifolia*, незрелые плоды груши – *Pyrus communis*, раствор сернокислого анилина, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Колленхима черешков листьев свеклы обыкновенной *Beta vulgaris* L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез черешка свеклы, поместить его в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом увеличении. Рассмотреть и зарисовать участок колленхимы, отметить клеточные оболочки, их утолщения (рис. 26). Укажите тип колленхимы. Полученные результаты оформить в таблице 6.

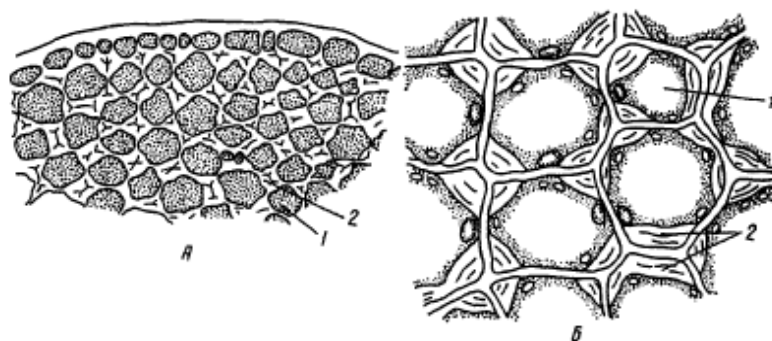


Рис. 26. Колленхима черешка листа свеклы: *А* – при малом увеличении, *Б* – при большом увеличении, 1 – полость клетки, 2 – утолщение оболочки (по В.Г. Хржановскому и др., 1979)

Работа 2. Склеренхима стебля ржи посевной

Secale cereale L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез соломины ржи, поместить его в каплю сернокислого анилина на предметное стекло, накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом увеличении. Рассмотреть и зарисовать участок склеренхимы (рис. 27). Полученные результаты оформить в таблице 6.

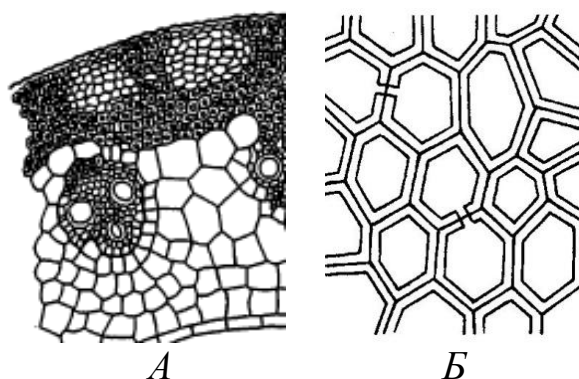


Рис. 27. Склеренхима: *А* – при малом увеличении, *Б* – при большом увеличении (по В.Г. Хржановскому и др., 1979, В.П. Викторову и др., 2001)

Работа 3. Древесинные волокна тополя лавролистного
***Populus laurifolia* Ledeb.**

Х о д р а б о т ы

1. Приготовить препарат волокон либриформа тополя лавролистного, для этого взять предварительно мацерированные волокна на кончик препаровальной иглы и поместить их в каплю сернокислого анилина на предметное стекло, распределить волокна равномерно и накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом увеличении. Рассмотреть и зарисовать несколько волокон (рис. 28).



Рис. 28. Волокна либриформа тополя лавролистного

Работа 4. Склерейды в околоплоднике груши обыкновенной *Pyrus communis* L.

Ход работы

1. Приготовить препарат из околоплодника груши, для этого перенести немного мякоти на предметное стекло и равномерно раздавить тупым концом ручки препаровальной иглы добавить каплю сернокислого анилина на предметное стекло и накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом и большом увеличении. Рассмотреть и зарисовать 2–3 клетки склерейдов (рис. 29 Б, В). Полученные результаты оформить в таблице 6.

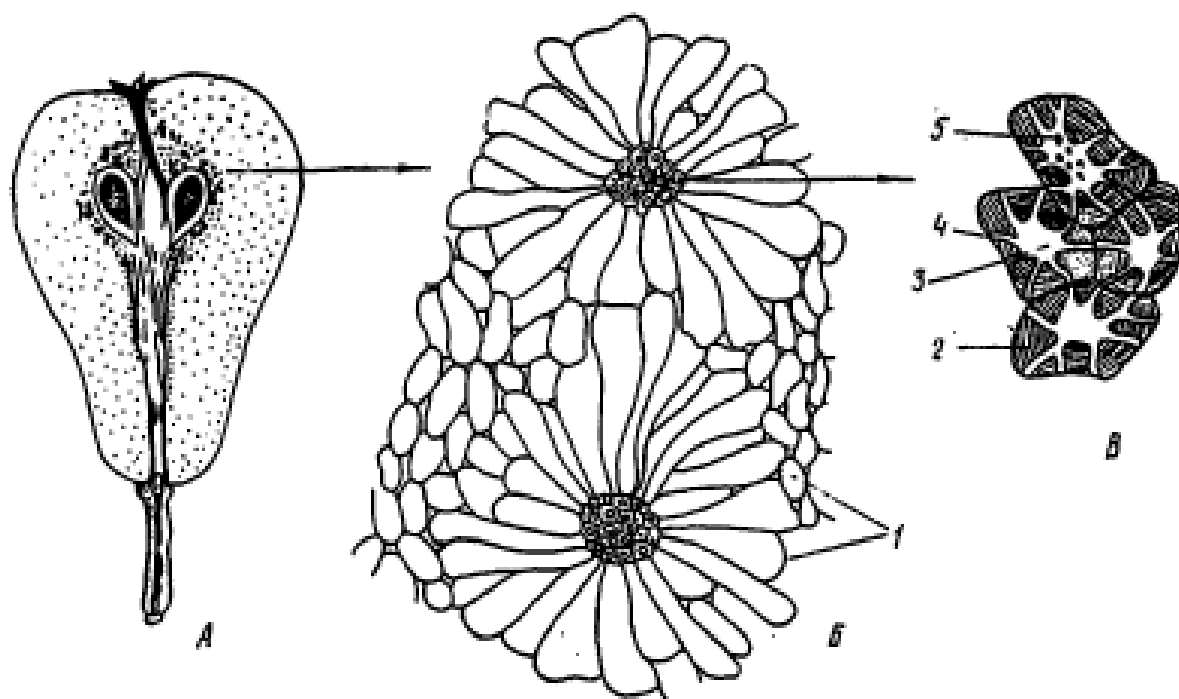


Рис. 29. Склерейды плода груши: А – плод груши продольный разрез, Б – группы склерейд среди клеток мякоти плода, В – склерейды, 1 – паренхимные клетки мякоти, 2 – оболочки склерейд, 3 – полость клетки, 4, 5 – поры (по В.Г. Хржановскому и др., 1979)

Таблица 6.**Сравнительная характеристика механических тканей**

Ткань	Форма клеток	Живая или мертвая ткань	Органы локализа- ции	Место- положе- ние	Проис- хождение (ука- зать ме- ристему)	Фун- кци и
Коллен- хима						
Склерен- хима						
Склерей- ды						

Вопросы и задания

1. Какую роль в растении выполняют механические ткани?
2. Что общего в строении всех типов механических тканей?
3. Как классифицируют склереиды?

ЗАНЯТИЕ № 11. ПРОВОДЯЩИЕ ТКАНИ

Проводящие ткани служат для передвижения по растению растворённых в воде питательных веществ. Подобно покровным тканям, они возникли как следствие приспособления растения к жизни в двух средах: почвенной и воздушной. В связи с этим появилась необходимость транспортировки питательных веществ в двух направлениях.

В растениях имеется два типа проводящей ткани – ксилема и флоэма. По ксилеме движутся вода и минеральные соли, по флоэме – главным образом органические вещества.

Ксилема и флоэма обладают рядом общих черт:

1. Это сложные ткани, они состоят из различных элементов – проводящих, механических, запасающих и выделительных.
2. Они образуют в теле растения непрерывную систему, соединяющую все органы.

3. Ксилема и флоэма, возникают из одной меристемы и располагаются рядом, образуя проводящие пучки.

4. Стенки проводящих элементов содержат поры и сквозные отверстия перфорации, облегчающие прохождение веществ.

Ксилема выполняет в растении две основные функции: проводящую и опорную, то есть играет физиологическую и структурную роль. В ее состав входят 4 типа гистологических элементов: трахеиды, сосуды, паренхимные клетки и древесные волокна или волокна либриформа. К проводящим компонентам относятся трахеиды и сосуды, они являются мертвыми элементами, их живое содержимое рано отмирает. Это облегчает транспортировку веществ. По происхождению и местоположению ксилема может быть первичной и вторичной (древесина). Первичная возникает из прокамбия, вторичная из камбия. Наиболее примитивными проводящими элементами ксилемы являются трахеиды.

Трахеиды – это одиночные одревесневшие клетки, веретеновидной формы. Концы соприкасающихся трахеид перекрываются, это придает им механическую прочность и обеспечивает опору растению. Из одной трахеиды вода переходит в другую либо через поры, либо через не одревесневшие части клеточных оболочек.

В первичной ксилеме сначала откладывается **протоксилема** – она образуется непосредственно под верхушечной меристемой там, где происходит интенсивный рост клеток. Опорные функции трахеид протоксилемы слабые, так как вторичная оболочка этих клеток полностью не одревесневает. Лигнин откладывается лишь кольцами или по спирали, формируя спиральные и кольчатые трахеиды которые способны вытягиваться.

С ростом органа откладываются трахеиды с более лигнифицированными оболочками, они образуют **метаксилему**, протоксилема при этом разрушается. Различают три главных типа утолщений элементов в метаксилеме – лестничные, сетчатые и точечные. Во вторичной ксилеме утолщения стенок трахеид такие же, как в метаксилеме.

Сосуды – это полые трубки, состоящие из отдельных члеников, располагающихся друг над другом, между которыми имеются разного типа перфорации. Утолщения их оболочек аналогичны трахеидам.

Сосуды появились независимо и гетерохронно в разных линиях эволюции наземных растений. Они имеются у некоторых папоротников, во вторичной ксилеме Гнетовых (Голосеменные). Однако наибольшего развития они достигают у покрытосеменных растений, где являются главными водопроводящими элементами ксилемы.

Флоэма сходна с ксилемой в том отношении, что в ней имеются трубчатые структуры, модифицированные в соответствии с их проводящей функцией. Однако эти трубки составлены из живых клеток, имеющих цитоплазму, механическую функцию они не несут.

В состав флоэмы входят ситовидные элементы, паренхимные клетки, клетки-спутницы, механические элементы. Проводящую функцию выполняют ситовидные элементы: ситовидные трубки и ситовидные клетки.

Ситовидные клетки – основной проводящий элемент флоэмы у всех высших растений, исключая покрытосеменные, клеток-спутниц у них нет. Ситовидные клетки – вытянуты в длину и имеют заостренные концы, в их цитоплазме сохраняется ядро. Их стенки содержат многочисленные сквозные каналца, собранные группами в так называемые ситовидные поля. Через каналца проходят цитоплазматические тяжи, соединяющие соседние клетки, по ним осуществляется транспорт органических из клетки в клетку. Цитоплазматические тяжи образовались в результате слияния плазмодесм, они облицованы особым углеводом – каллозой, которая образует чехол вокруг тяжа и препятствует его разрыву.

У покрытосеменных главными проводящими элементами флоэмы являются **ситовидные трубки** – длинные трубчатые структуры, по которым в растении движутся органические вещества, главным образом растворы сахарозы.

Членики ситовидных трубок имеют весьма характерное строение. У них тонкие клеточные оболочки, состоящие из целлюлозы пектино-

вых веществ, этим они напоминают клетки паренхимы, однако их ядра при созревании разрушаются, а от цитоплазмы остается только тонкий слой. Эти коренные изменения в протопласте усиливают проницаемость клетки. Несмотря на это членики остаются живыми, но их существование полностью от примыкающих к ним клеток-спутниц. Членики и клетки-спутницы закладываются из одной меристематической клетке, которая делится продольно на две дочерние. Большая из них дифференцируется в членик ситовидной трубки, а меньшая в клетку-спутницу. Членик ситовидной трубки, и его клетка-спутница составляют вместе одну функциональную единицу, у клетки-спутницы цитоплазма очень густая и отличается повышенной активностью.

Характерной чертой ситовидных трубок является наличие ситовидных пластинок. Последние образуются вместе контакта ситовидных полей расположенных на концевых стенках соседних члеников. Ситовидная пластинка, состоящая из многих ситовидных полей называется сложной, из одного – простой. В ходе эволюции простая возникает из сложной.

В состав флоэмы входят также различные клетки лубяной паренхимы и волокна склеренхимы.

В онтогенезе первой возникает первичная затем вторичная флоэма. Первичная возникает из прокамбия и разделяется на **протофлоэму** и **метафлоэму**, вторичная из камбия. В первичной флоэме отсутствуют клетки-спутницы и сердцевинные лучи.

•**Цель работы:** изучить элементы образующие ксилему и флоэму.

•**Средства обучения:** таблицы, древесина сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris*, фиксированные стебли тыквы – *Cucurbita pero*, мацерированные проводящие элементы стебля тыквы, раствор сернокислого анилина, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Трахеиды древесины сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.

Ход работы

1. Приготовить срез древесины сосны с радиального разреза, поместить его в каплю сернокислого анилина на предметное стекло и накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом увеличении. Рассмотреть и зарисовать несколько трахеид (рис. 30).

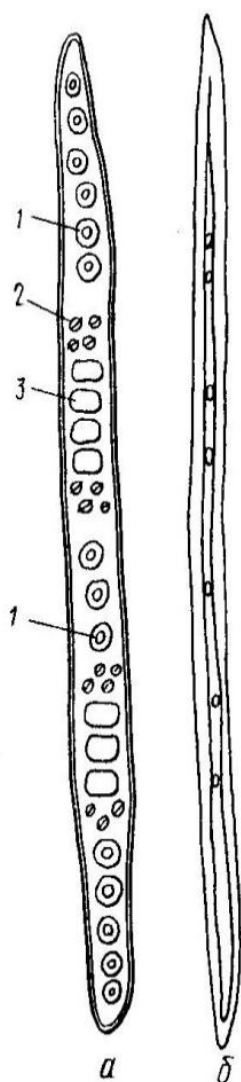


Рис. 30. Трахеиды сосны: А – ранней древесины, Б – поздней, 1 – крупные окаймленные поры, 2 – мелкие окаймленные поры, 3 – простые поры в месте контакта с сердцевинными лучами (по А.М. Боровикову, Б.Н. Уголеву, 1989)

Работа 2. Проводящие элементы ксилемы стебля тыквы обыкновенной *Cucurbita pero* L.

Ход работы

1. Поместить мацерированные пучки на предметное стекло, разъединить препаровальной иглой на отдельные элементы, окрасить раствором сернокислого анилина и накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом и большом увеличении. Рассмотреть и зарисовать сосуды, указать их тип, отметить точечные и лестничные поры, спиральные и кольчатые утолщения (рис. 31).

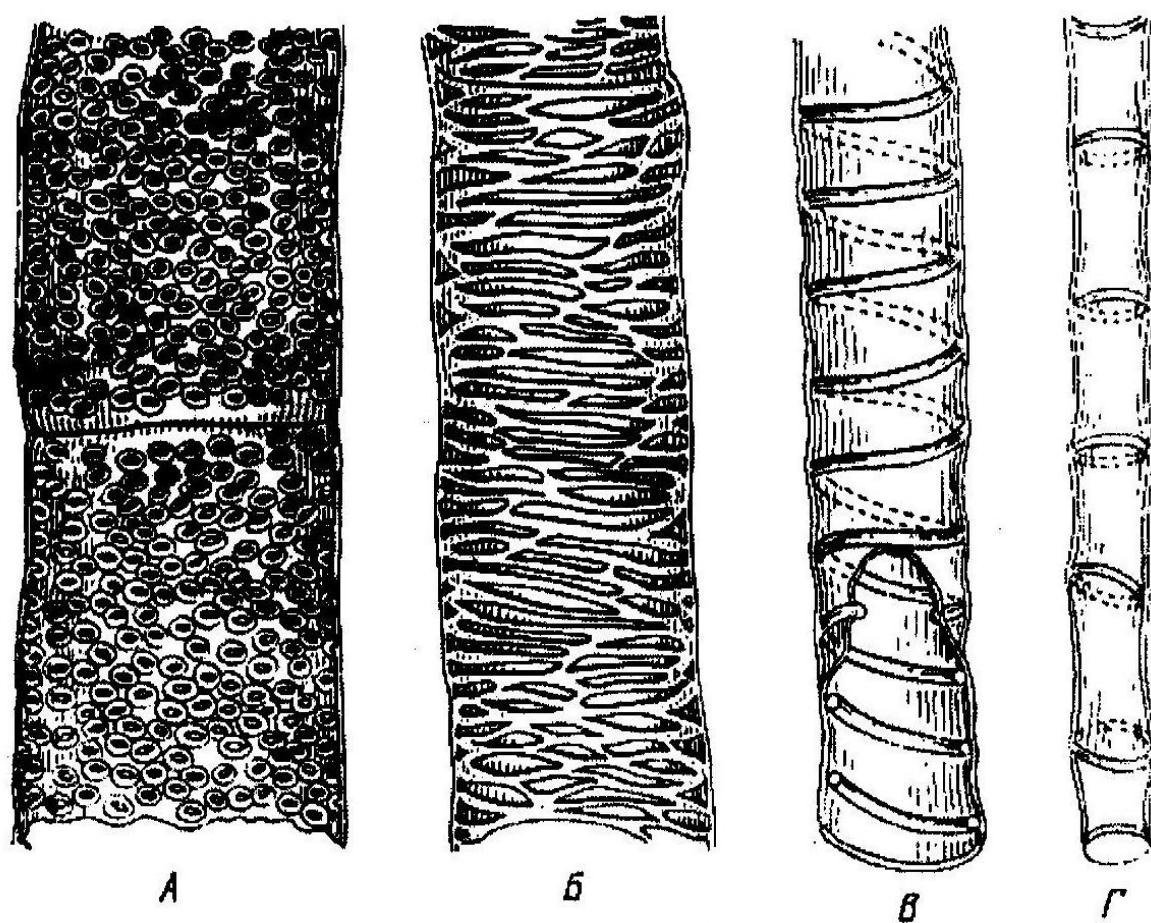


Рис. 31. Сосуды стебля тыквы: А – точечный, Б – лестничный, В – спиральный, Г – кольчатый (по Г.А. Бавтуто, Л.М. Ерей, 2002)

Работа 3. Проводящие элементы ксилемы и флоэмы биколлатерального пучка тыквы

Ход работы

1. Приготовить продольный срез проводящего пучка тыквы, так чтобы срез проходил через середину пучка, поместить его в каплю сернокислого анилина на предметное стекло и накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом увеличении. Рассмотреть и зарисовать срез, отметить элементы ксилемы и флоэмы, клетки камбия (рис. 32).

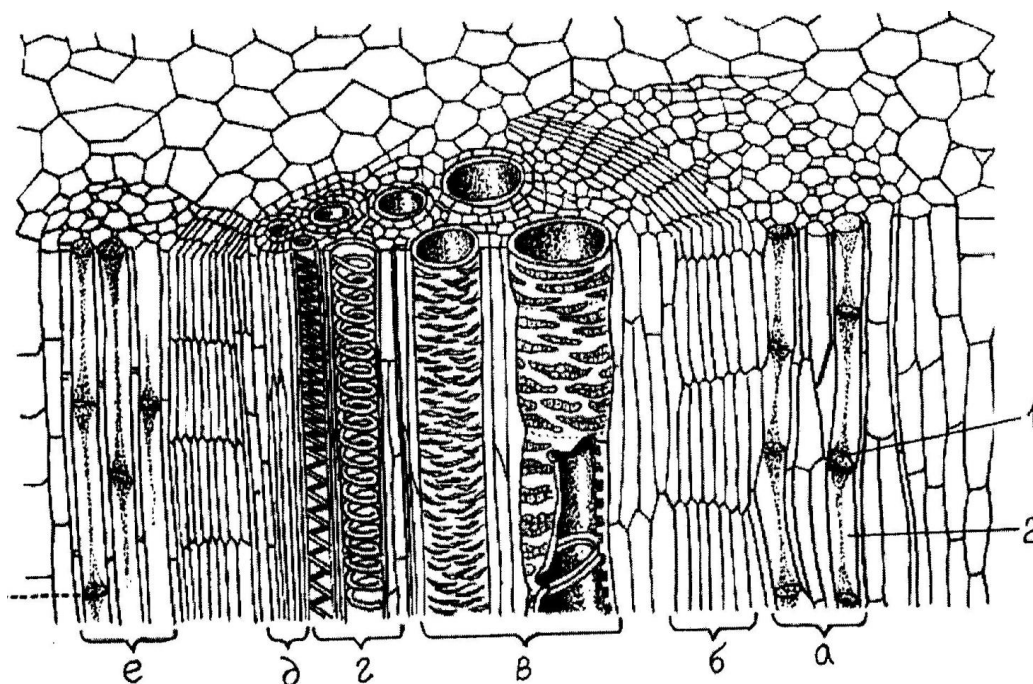


Рис. 32. Продольный разрез пучка тыквы: 1 – ситовидная пластинка, 2 – ситовидная трубка; а – внешняя флоэма, б – камбий, в – вторичная ксилема, г – метаксилема, д – протоксилема, е – внутренняя флоэма (по В.П. Викторову и др., 2001)

Вопросы и задания

1. Почему ксилему и флоэму называют сложными тканями? Каково практическое значение ксилемы растений?
2. Что такое окаймленная пора? Чем она отличается от простой? Что такое камбий, каковы его строение и функции?

ЗАНЯТИЕ № 12. ЗАКРЫТЫЕ ПРОВОДЯЩИЕ ПУЧКИ

Обособленные тяжи проводящей системы, состоящие чаще из ксилемы и флоэмы, называют проводящими пучками (рис. 33).

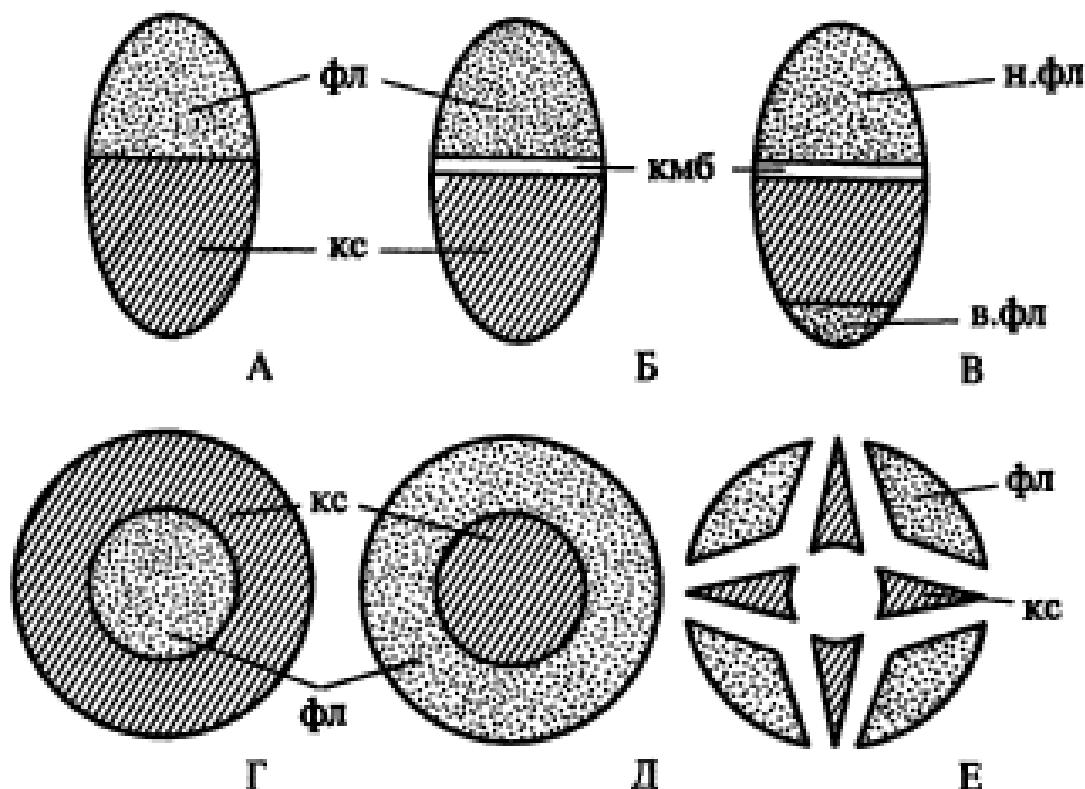


Рис. 33. Типы проводящих пучков: *А* – коллатеральный закрытый; *Б* – коллатеральный открытый; *В* – биколлатеральный открытый; *Г* – концентрический амфивазальный; *Д* – концентрический амфикрибральный; *Е* – сложный радиальный. Обозначения: *в.фл* – внутренняя флоэма, *кмб* – камбий, *кс* – ксилема, *н.фл* – наружная флоэма, *фл* – флоэма (по Л.И. Лотовой, 2001)

Первоначально они возникают из прокамбия. Вокруг пучков нередко формируется обкладка из живых или мертвых паренхимных клеток. Они могут быть полными, то есть состоящими из флоэмы и ксилемы, и неполными состоящими только из одной проводящей ткани. В тех случаях, когда часть прокамбия сохраняется и превращается затем в камбий, а пучок способен к вторичному утолщению, говорят об **открытых** пучках. Они встречаются у большинства двудольных и

голосеменных. В **закрытых** пучках однодольных прокамбий полностью дифференцируется в проводящие ткани.

По взаимному расположению флоэмы и ксилемы выделяют несколько типов проводящих пучков. В **коллатеральных**, или бокобочных пучках, встречающихся в стеблях и листьях многих семенных растений, тяжи ксилемы примыкают к тяжам флоэмы (рис. 33 А); в **биколлатеральных**, или двубокобочных пучках (рис. 33 В), свойственных некоторым двудольным, например, представителям семейства тыквенных, тяжи ксилемы располагаются между двумя тяжами флоэмы – внутренним и наружным. В **радиальных** пучках корней (рис. 33 Е) тяжи ксилемы чередуются с тяжами флоэмы, так как находятся на разных радиусах; в **концентрических** пучках одна из тканей полностью окружает другую: если ксилема расположена вокруг флоэмы, пучок называют **амфивазальным** (такие пучки встречаются у некоторых однодольных растений, например, у драцены) (рис. 33 Г), если, наоборот, ксилема окружена флоэмой, пучок называют **амфикрибральным** (такие пучки характерны для папоротников) (рис. 33 Д).

•**Цель работы:** изучить основные типы закрытых проводящих пучков растений.

•**Средства обучения:** таблицы, фиксированные стебли кукурузы – *Zea mays*, постоянные микропрепараты «корневище орляка», «корень ириса», раствор сернокислого анилина, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Закрытый коллатеральный проводящий пучок кукурузы обыкновенной *Zea mays* L.

Х о д р а б о т ы

1. Приготовить поперечный срез стебля кукурузы, поместить его на предметное стекло, окрасить раствором сернокислого анилина и накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом увеличении, найти закрытый коллатеральный пучок. Рассмотреть отдельный пучок при большом увеличении и зарисовать его (рис. 34).

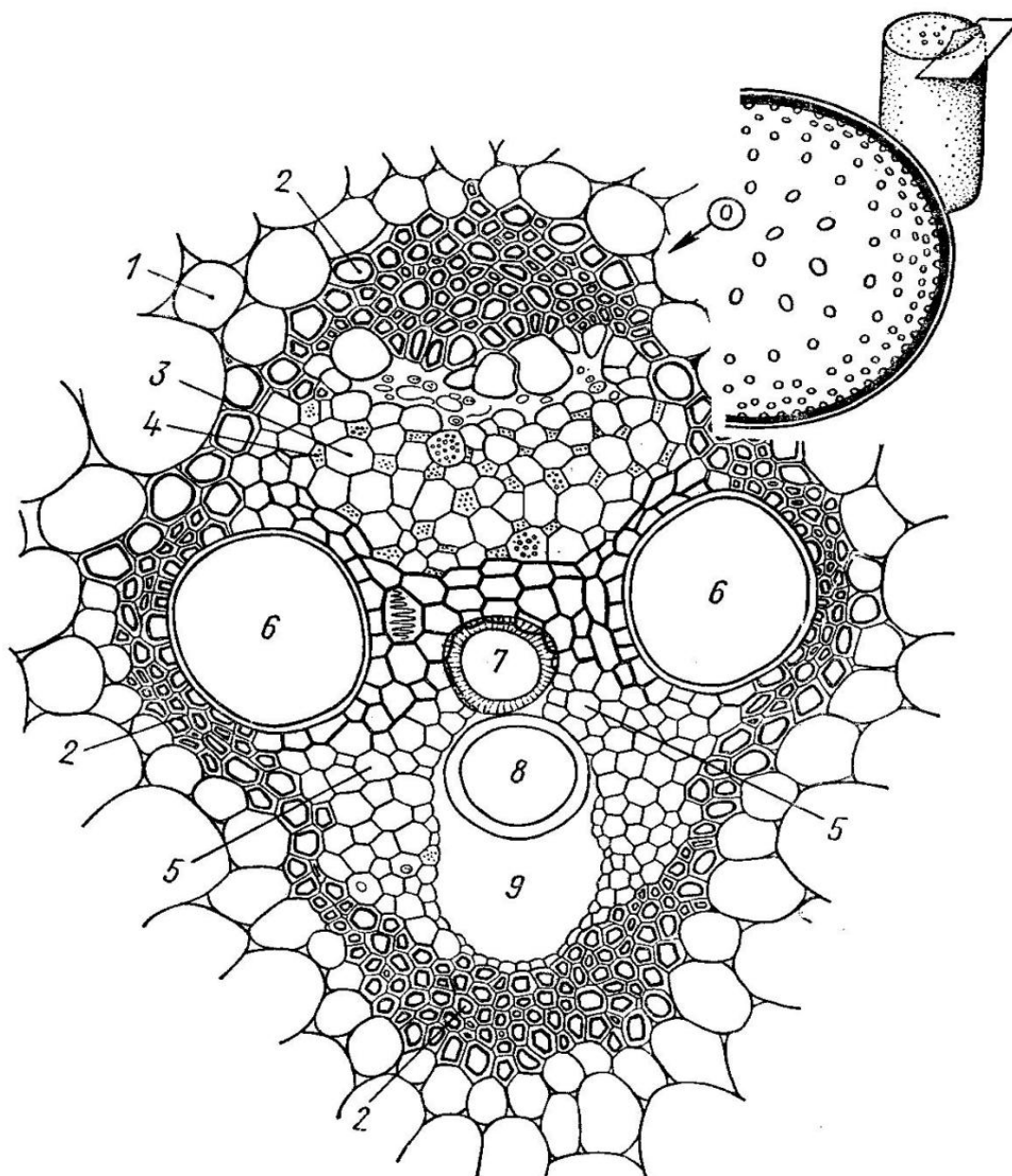


Рис. 34. Коллатеральный закрытый проводящий пучок стебля кукурузы: 1 – основная паренхима стебля, 2 – склеренхима, 3 – ситовидная трубка, 4 – клетка-спутница, 5 – древесинная паренхима, 6 – точечный сосуд, 7 – кольчато-спиральный сосуд, 8 – кольчатый сосуд, 9 – воздушная полость (3–4 флоэма, 5–9 ксилема) (по В.Г. Хржановскому и др., 1979)

Пояснение к препарату

Вокруг пучка или только с наружной его стороны лежат однородные клетки с утолщенными стенками, окрасившимися в результате реакции на лигнин в ярко желтый цвет. Это склеренхима. Посредине пучка на одной поперечной линии расположены два точечных или пористых сосуда большого диаметра и между ними - крупные клетки древесинной паренхимы с одревесневшими стенками и древесинные волокна.

Ближе к центру стебля находят один-три спиральных и кольчатых сосуда меньшего диаметра. Ниже их обычно видно большое межклетное пространство (воздушная полость), образовавшееся благодаря разрушению первых сосудов. Тонкие сосуды и воздушную полость окружает древесинная паренхима, состоящая из мелких клеток с не одревесневшими стенками. Сосуды, древесинные волокна и древесинная паренхима составляют ксилему пучка.

Снаружи от крупных сосудов находится флоэма. Как и у других мятликовых, она представлена ситовидными трубками и клетками-спутницами, расположенными более или менее правильно в шахматном порядке. Крупные клетки – это ситовидные трубки. На поперечном срезе мы их видим пустыми, так как содержимое этих клеток обычно вытекает. Мелкие клетки с густым содержимым – клетки-спутницы. Лубяной паренхимы во флоэме нет, что характерно для однодольных растений, к которым и принадлежит кукуруза.

Все ткани пучка первичные, так как они возникли из первичной меристемы – прокамбия. Обращают внимание на то, что ксилема на разрезе полукругом охватывает флоэму, что также свойственно однодольным растениям.

Пучки кукурузы несколько вытянуты по радиусу стебля, при этом ксилема расположена ближе к центру, а флоэма к периферии.

Работа 2. Закрытый концентрический амфикрибральный пучок корневища орляка *Pteridium aquilinum* L. Kuhn.

Ход работы

1. Изучить при малом увеличении постоянный микропрепарат поперечного среза корневища папоротника орляка.
2. Зарисовать проводящий пучок орляка, отметив ткани (рис. 35).

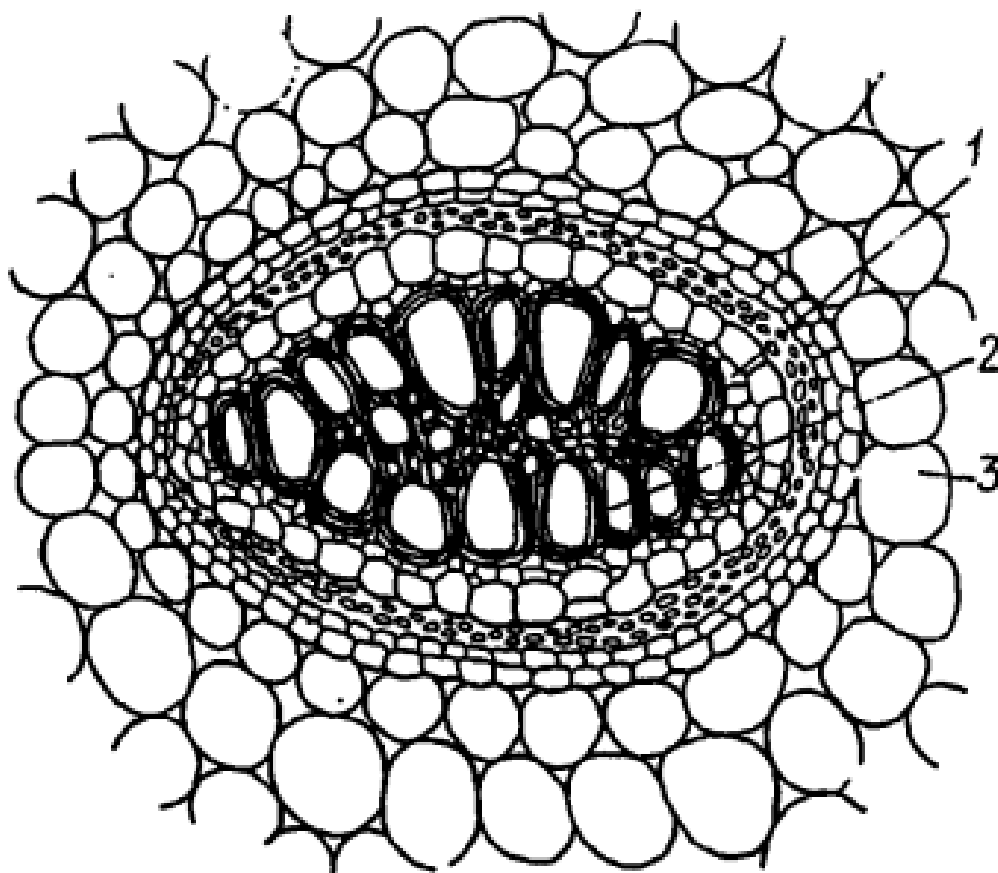


Рис. 35. Закрытый концентрический амфикрибральный пучок корневища орляка: 1 – флоэма, 2 – ксилема, 3 – паренхима стебля (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

Пояснение к препарату

У орляка проводящий пучок центроксилемный, трахеиды ксилемы окружены кольцом флоэмы.

Работа 3. Закрытый радиальный пучок корня ириса германского *Pteridium aquilinum* L. Kuhn.

Ход работы

1. Изучить при малом увеличении постоянный микропрепарат поперечного среза корня ириса.
2. Рассмотреть расположенный в центре радиальный пучок, зарисовать его, отметив ткани (рис. 36).

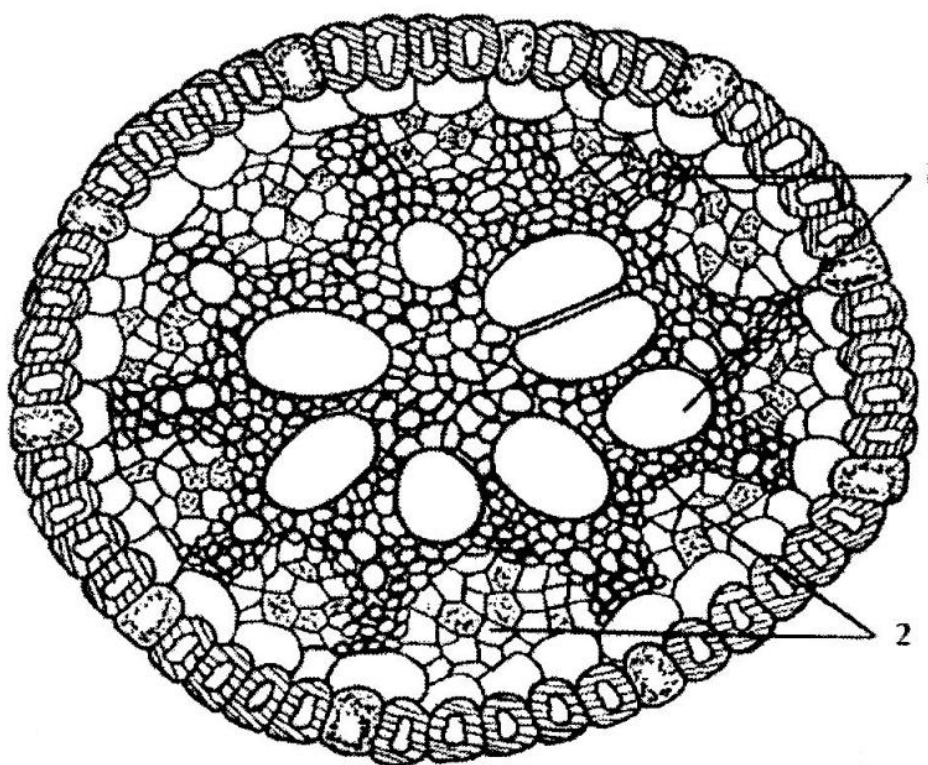


Рис. 36. Радиальный пучок корня ириса германского: 1 – лучи ксилемы, 2 – участки флоэмы (по Г.А. Бавтуто, Л.М. Ерей, 2002)

Пояснение к препарату

Радиальный проводящий пучок находится в центре молодого корня. Ксилема занимает центральное положение и образует ряд лучей, которые заканчиваются более мелкими сосудами протоксилемы. В поперечном сечении она имеет вид звезды. Между лучами ксилемы

залегают участки флоэмы, отделенные от них тонкостенной основной паренхимой.

Вопросы и задания

1. Какие пучки характерны для однодольных растений?
2. Из какой меристемы формируются проводящие пучки папоротников?

ЗАНЯТИЕ № 13. ОТКРЫТЫЕ ПРОВОДЯЩИЕ ПУЧКИ

Для голосеменных и двудольных растений характерны открытые коллатеральные и биколлатеральные проводящие пучки, которые формируются из тяжелой прокамбия (рис. 37). Их развитие начинается с дифференциации самых наружных клеток прокамбия в элементы протофлоэмы, с внутренней стороны от которой дифференцируются элементы метафлоэмы. Таким образом, первичная флоэма закладывается экзархно и развивается центростремительно.

Вскоре после образования протофлоэмы внутренние клетки прокамбия дифференцируются в элементы протоксилемы, снаружи от которой затем появляется метаксилема. Следовательно, первичная ксилема закладывается эндархно, а ее дальнейшее развитие осуществляется центробежно, навстречу первичной флоэме.

У голосеменных и двудольных покрытосеменных растений еще до окончания дифференциации прокамбия в первичные проводящие ткани, из среднего слоя его клеток вычленяются клетки камбия. При этом клетки прокамбия делятся периклинально, то есть тангентальными перегородками, параллельными поверхности органа. В результате этих делений образуются характерные для камбия более или менее таблитчатые на поперечном срезе клетки, расположенные в один слой. Клетки камбия, делясь периклинально, отчленяют от себя наружу и внутрь клетки, дифференцирующиеся в элементы вторичных флоэмы и ксилемы. Начавшееся вторичное утолщение некоторое время идет одновременно с продолжающейся дифференциацией клеток прокамбия в элементы первичных проводящих тканей. После ее

окончания увеличение объема проводящих тканей осуществляется только камбием. Вторичное утолщение, обусловленное деятельностью камбия, по своему характеру напоминает вставочный рост: вторичные ткани вклиниваются между первичными, отодвигая к периферии первичную флоэму. Развивающийся таким образом коллатеральный проводящий пучок называют открытым (рис. 37 А), в отличие от закрытого, состоящего только из первичных проводящих тканей (рис. 37 Б).

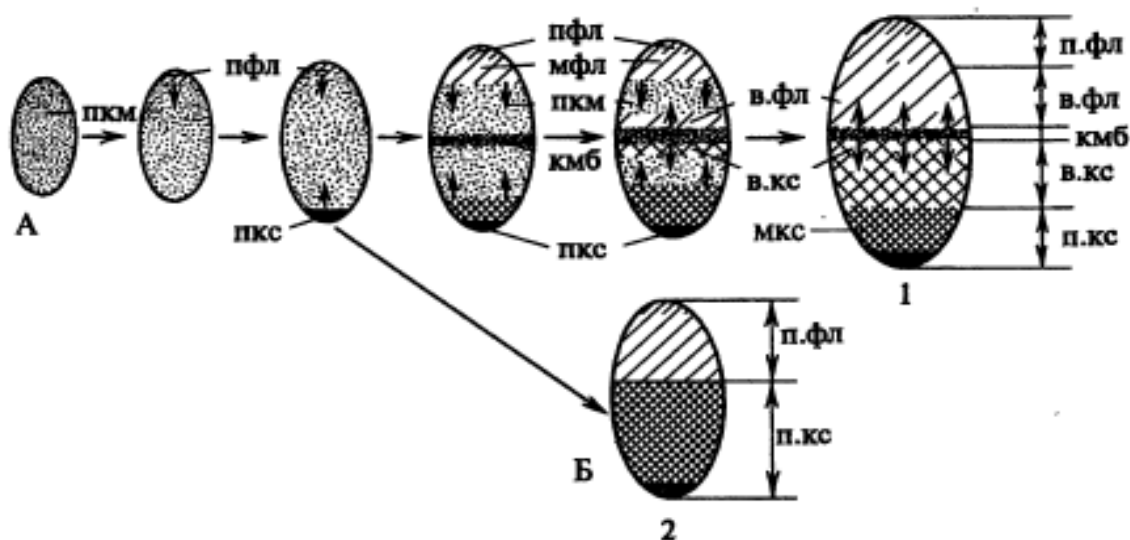


Рис. 37. Дифференциация открытого (А) и закрытого (Б) коллатерального пучков: *в.кс* – вторичная ксилема, *в.фл* – вторичная флоэма, *кмб* – камбий, *мкс* – метаксилема, *мфл* – метафлоэма, *пкм* – прокамбия, *пкс* – протоксилема, *пфл* – протофлоэма (по Л.И. Лотовой, 2001)

При формировании биколлатерального проводящего пучка первичная флоэма дифференцируется и из наружных, и из внутренних клеток прокамбия, а затем эндархно закладывается первичная ксилема. Дальнейшее развитие биколлатерального пучка происходит так же, как и коллатерального; биколлатеральные пучки всегда открытые. При наличии сплошного кольца прокамбия порядок дифференциации первичных проводящих тканей тот же, что и при развитии отдельных

пучков, только флоэма и ксилема будут располагаться на поперечном срезе стебля сплошными кольцами, вставленными одно в другое.

•**Цель работы:** изучить основные типы открытых проводящих пучков растений.

•**Средства обучения:** таблицы, фиксированные стебли девичьего винограда прикрепленного – *Parthenocissus inserta*, тыквы обыкновенной – *Cucurbita pero*, раствор сернокислого анилина, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Открытый коллатеральный проводящий пучок девичьего винограда прикрепленного *Parthenocissus inserta* Frit.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез стебля винограда, поместить его на предметное стекло, окрасить раствором сернокислого анилина и накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом увеличении, найти открытый коллатеральный пучок. Рассмотреть отдельный пучок и зарисовать его с микроскопа (рис.38).

Пояснение к препарату

Проводящие пучки винограда располагаются в виде кольца. Кнаружи стебля находится флоэма. Она представлена ситовидными трубками, клетками-спутницами, лубяными волокнами (твердый луб) и лубяной паренхимой. В стебле винограда между флоэмой и ксилемой находится слой мелких тонкостенных клеток с густой цитоплазмой. Это камбий – вторичная образовательная ткань. Кнаружи он откладывает элементы вторичной флоэмы, внутрь – элементы вторичной ксилемы. Клетки камбия располагаются правильными радиальными рядами и образуют камбиальную зону.

Внутри от камбия залегают сосуды ксилемы. Самые первые из них располагаются ближе к центру стебля и являются первичными, поскольку возникли в результате деятельности прокамбия. Все после-

дующие сосуды откладываются камбием и являются вторичными; они крупнее.

Между сосудами ксилемы располагаются мелкие клетки с живым содержимым, представляющие собой древесинную паренхиму. Оболочки этих клеток постепенно одревесневают, но сами клетки остаются живыми.

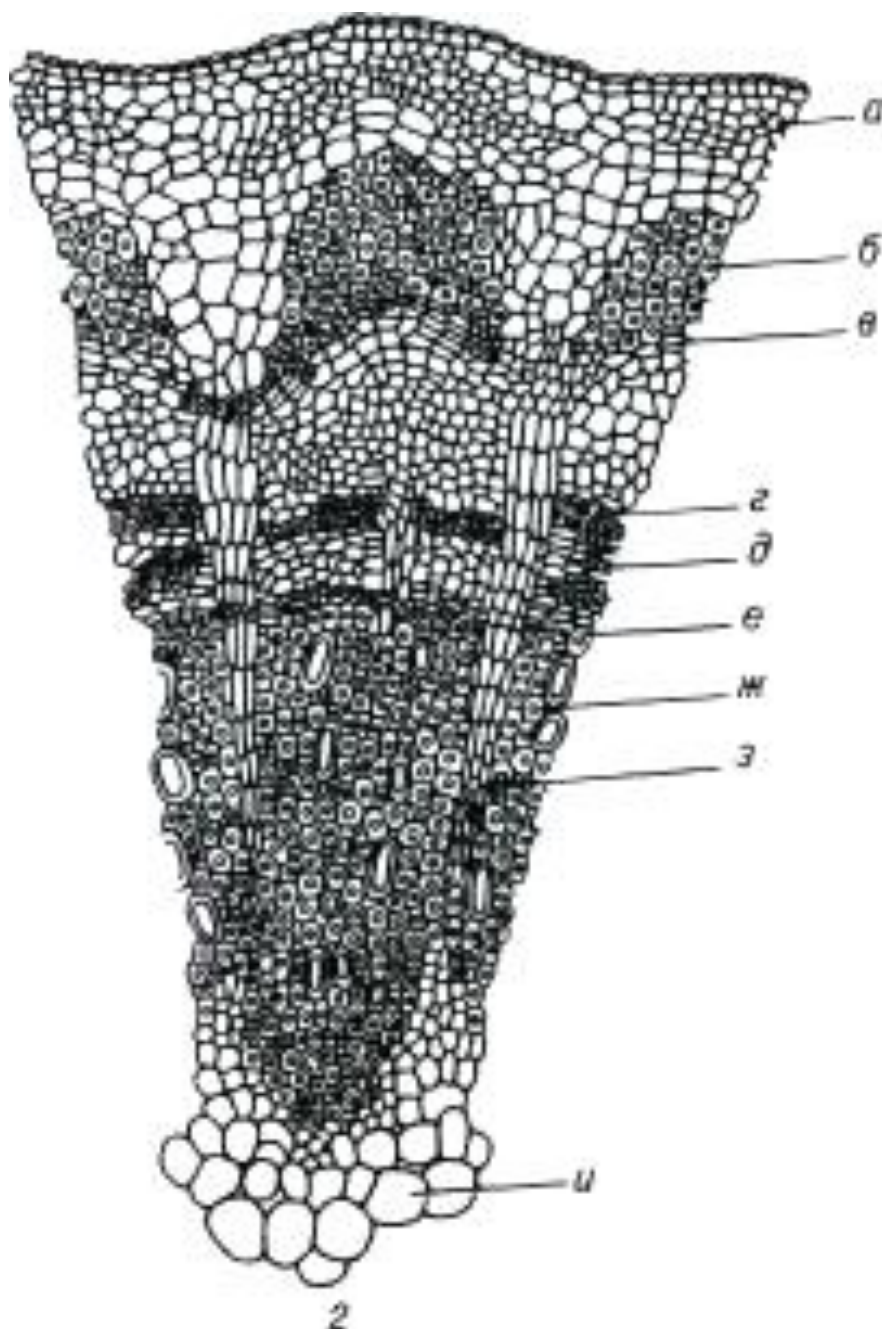


Рис. 38. Строе-
ние однолетне-
го побега вино-
града: *а* – кол-
ленхима, *б* –
перицикличе-
ские тяжи, *в* –
перидерма, *г* –
твердый луб, *д* –
мягкий луб, *е* –
камбий, *ж* –
ксилема, *з* –
сердцевинный
луч, *и* – сердце-
вина

Работа 2. Открытый биколлатеральный проводящий пучок тыквы обыкновенной *Cucurbita pero* L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез стебля тыквы, поместить его на предметное стекло в каплю воды, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом увеличении, найти открытый биколлатеральный пучок. Рассмотреть отдельный пучок и зарисовать его (рис. 39).

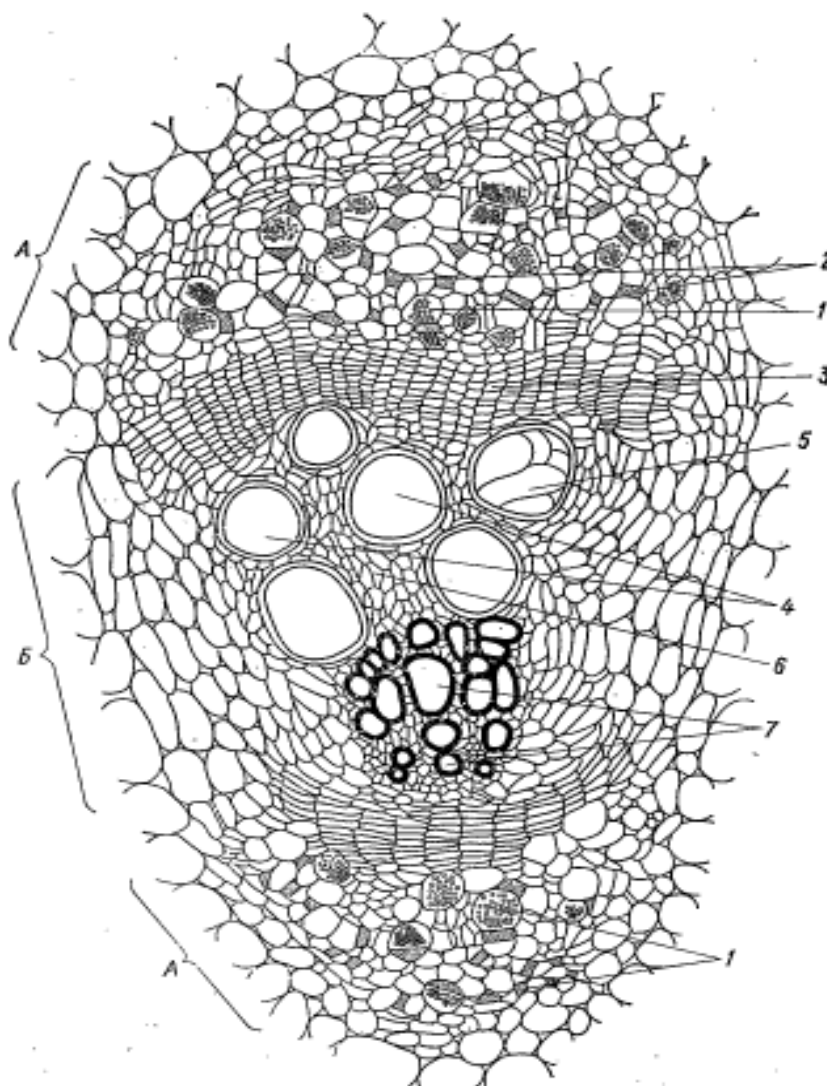


Рис. 39. Биколлатеральный пучок стебля тыквы. *А* – флоэма, *Б* – ксилема: 1 – ситовидные трубки, 2 – клетки-спутницы, 3 – камбий, 4 – сосуды, 5 – закупоренный тилами сосуд, 6 – древесинная паренхима, 7 – первичная ксилема (по В.Х. Тутаюк, 1980)

Пояснение к препарату

Проводящий пучок стебля тыквы отличается крупными размерами, его легко рассмотреть и при малом увеличении. На участке наружной флоэмы ясно видны более крупные полости ситовидных трубок, иногда попадаются их поперечные стенки с отверстиями – ситовидные пластинки. Рядом с ситовидными трубками лежат очень мелкие клетки-спутницы с густой цитоплазмой и клетки лубяной паренхимы.

Под флоэмой расположен широкий камбиальный слой, состоящий из радиальных рядов мелких клеток, а еще глубже – крупные сетчато-пористые сосуды и паренхима вторичной ксилемы. По направлению к центру стебля ксилема заканчивается группой мелких сосудов (спиральных и кольчатых). Это первичная ксилема.

Под первичной ксилемой находится слой мелкоклеточной паренхимы. За ним вновь идут ситовидные трубки и другие элементы флоэмы. Этот участок флоэмы, примыкающий к первичной ксилеме, называют внутренней флоэмой.

Вопросы и задания

1. В чем принципиальное отличие между открытым и закрытым проводящими пучками?
2. Какие проводящие пучки характерны для семенных растений?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ «РАСТИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ»

1. Понятие о тканях. Принципы классификации растительных тканей. Простые и сложные ткани.
2. Меристемы. Цитологическая характеристика меристем, основные моменты дифференциации. Классификация меристем.
3. Первичные покровные ткани – формирование, строение, функции.
4. Вторичные и третичные покровные ткани – формирование, строение, функции.

5. Механические ткани. Колленхима, склеренхима, склереиды – происхождение, классификация, строение и функции.
6. Ксилема: происхождение, строение, функции и эволюция проводящих элементов.
7. Особенности строения и эволюции флоэмы.
8. Эволюция стелы.
9. Проводящие пучки их типы. Размещение в теле растения.
10. Основные ткани: ассимиляционные и запасающие.
11. Выделительные ткани.

РАЗДЕЛ III ОРГАНОГРАФИЯ

ЗАНЯТИЕ № 14. СТРОЕНИЕ СЕМЯН И ПРОРОСТКОВ ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ

Выход растений на сушу сопровождался улучшением их освещения, что активизировало процесс фотосинтеза. Это привело к увеличению объема тела растений и вызвало необходимость его расчленения. Так впервые в ходе эволюции у наземных растений появились органы. У низших растений тело не дифференцировано на органы и ткани и представляет собой систему талломов или слоевищ, все вегетативные клетки, которого функционально равноценны.

О р г а н о м принято называть часть организма, имеющую определенное строение и выполняющую определенные функции.

Органы, составляющие тело растения и обеспечивающие его индивидуальную жизнь, называются вегетативными. Для воспроизведения особи в ряду последующих поколений служат органы генеративные или репродуктивные.

Исходя из этого тело растения можно условно подразделить на две системы – вегетативную и генеративную.

В е г е т а т и в н о е т е л о складывается из двух систем органов – системы побегов и корневой системы. Элементом системы побегов является – побег, а элементом корневой системы – корень.

Расчленение вегетативного тела высшего растения на органы в самом общем виде можно рассмотреть на схеме (рис. 40).

Семя (*semen*) служит для размножения и распространения семенных растений. Оно состоит из зародыша и запасной ткани, покрытых семенной кожурой. Семя формируется из семязачатка в результате процесса двойного оплодотворения. Зародыш семени – производное зиготы, возникшей в результате слияния спермия с яйцеклеткой (2n). Запасная ткань – эндосперм – результат деления клетки, образовавшейся от слияния другого спермия с центральной клеткой за-

родышевого мешка ($3n$). Семенная кожура формируется из интегументов. Синергиды и антиподы обычно разрушаются, а содержимое клеток нуцеллуса у большинства растений используется зародышем в процессе его формирования, реже нуцеллус превращается в запасную ткань – перисперм.

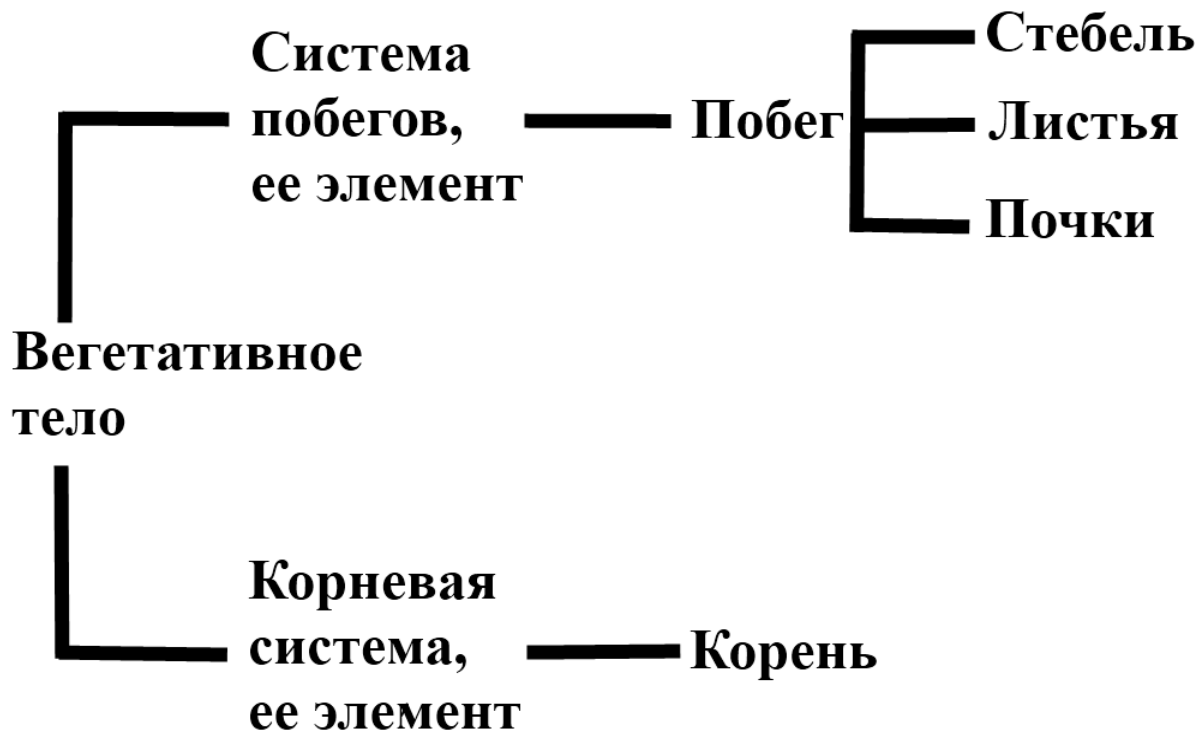


Рис. 40. Схема расчленения вегетативного тела растения (по Г.П. Яковлеву, Л.В. Аверьянову, 1996)

Классификация семян проста. Различают пять типов семян в зависимости от того, где накапливаются запасные продукты: в эндосперме, нуцеллусе, зародыше, в эндосперме в нуцеллусе, в эндосперме и зародыше.

Основные вегетативные органы семенных растений – корень, стебель, лист – чаще всего закладываются уже в зародыше семени. С наступлением благоприятных температуры и влажности семена всасывают воду и при достаточном доступе воздуха прорастают, формируя проросток (*plantula*). Первым начинает расти корень, благодаря чему молодой проросток укрепляется в почве и поглощает воду с растворенными в ней солями. Из зародышевого корешка образуется

главный корень. У большинства растений стебель проростка вначале петлеобразно изогнут и через почву пробивается верхушкой своего изгиба, поэтому почка не повреждается. Позднее стебель распрямляется. При этом у проростков некоторых растений (подсолнечник, фасоль) семядоли выносятся на поверхность почвы, зеленеют и временно выполняют функцию листьев. Границу между корнем и стеблем называют корневой шейкой. Часть стебля между семядолями и корневой шейкой называют гипокотилем (подсемядольное колено). Однако не у всех двудольных растений гипокотиль хорошо выражен. У некоторых из них длина гипокотилия настолько мала, что он весь остается в почве и семядоли не выносятся на поверхность (горох, дуб). Участок стебля между семядолями и первым настоящим листом называют эпикотилем (надсемядольное колено). Первые настоящие листья проростка не всегда имеют форму, свойственную взрослому растению. Их называют ювенильными. При прорастании семян мятликовых единственная семядоля остается в семени. Она поглощает питательные вещества эндосперма. Через почву пробивается почка, защищенная зародышевым листом – колеоптилем. Первый настоящий лист выходит наружу через прорыв колеоптиля.

•**Цель работы:** выявить особенности строения семян и проростков двудольных и однодольных растений.

•**Средства обучения:** таблицы, семена и проростки фасоли обыкновенной – *Phaseolus vulgaris* и пшеницы мягкой – *Triticum aestivum*, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Семена и проростки семян двудольных растений ***Phaseolus vulgaris* L.**

Ход работы

1. Изучить внешнее строение семени фасоли и зарисовать внешний вид (рис. 41).

2. Изучить структуру разновозрастных проростков фасоли, зарисовать их в разных фазах роста и сделать обозначения (рис. 42).

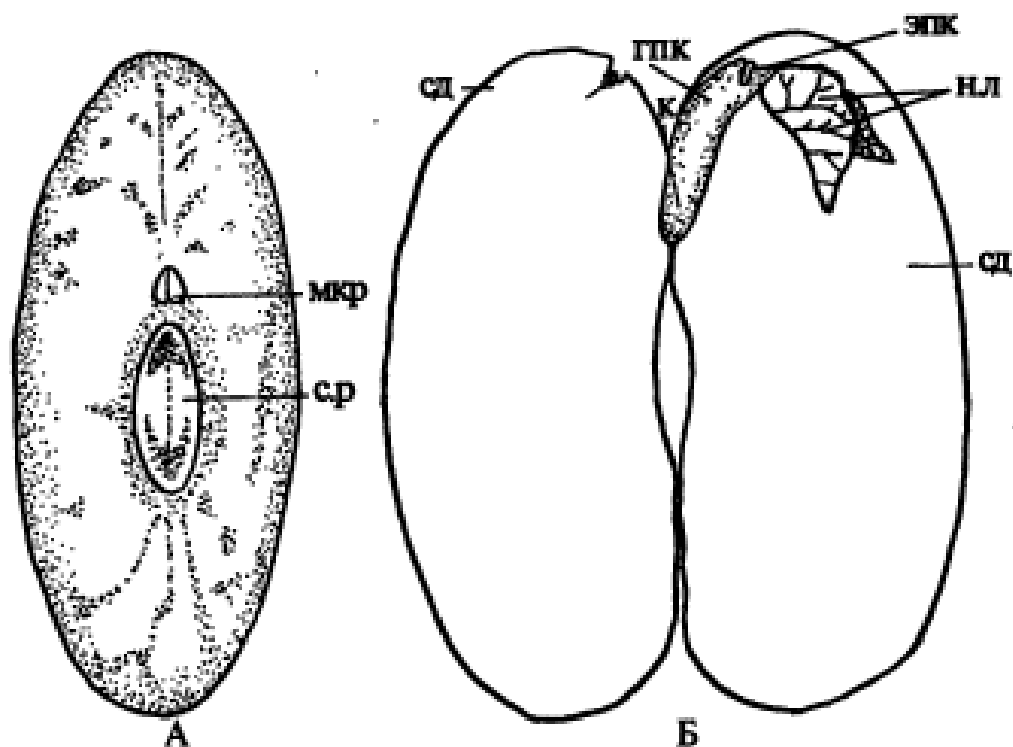


Рис. 41. Семя фасоли: А – внешний вид, Б – зародыш: *гпк* – гипокотиль, *к* – корень, *мкр* – микропиле, *нл* – настоящие листья, *сд* – семядоли, *с.р* – семенной рубчик, *эпк* – эпикотиль (по Л.И. Лотовой, 2001)

Пояснение к работе

У фасоли при прорастании семени появляется один первичный корешок. Он дает начало главному корню и вскоре начинает ветвиться. Постепенно формируется аллоризная корневая система стержневого типа. Вслед за корнем начинает расти и зародышевый стебель. Он, петлеобразно изгибаясь в области гипокотилия, прорывает почву, распрямляется и выносит на поверхность семядоли и почечку. Семядоли зеленеют, и в них некоторое время осуществляется процесс фотосинтеза. Стебель, вытягиваясь, образует первое междоузлие (эпико-

тиль). Из почечки постепенно разворачиваются первые настоящие листья. Так формируется проросток.

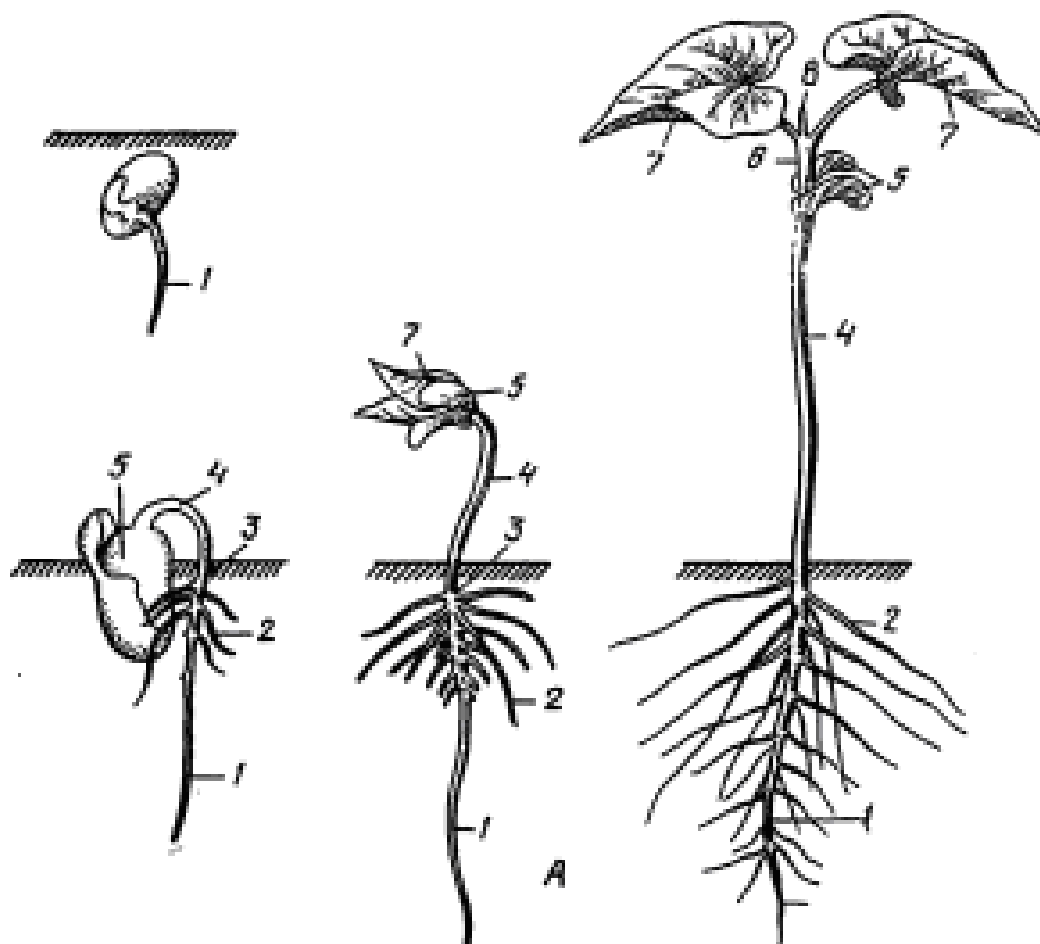


Рис. 42. Проросток фасоли: 1 – главный корень, 2 – боковые корни, 3 – корневая шейка, 4 – гипокотиль, 5 – семядоля, 6 – эпикотиль, 7 – лист, 8 – почка (по В.Г. Хржановскому и др., 1979)

Работа 2. Семена и проростки семян однодольных растений

***Triticum aestivum* L.**

Ход работы

1. Изучить внешнее строение зерновки пшеницы и зарисовать внешний вид (рис. 43).

2. Изучить структуру разновозрастных проростков пшеницы, зарисовать их в разных фазах роста и сделать обозначения.

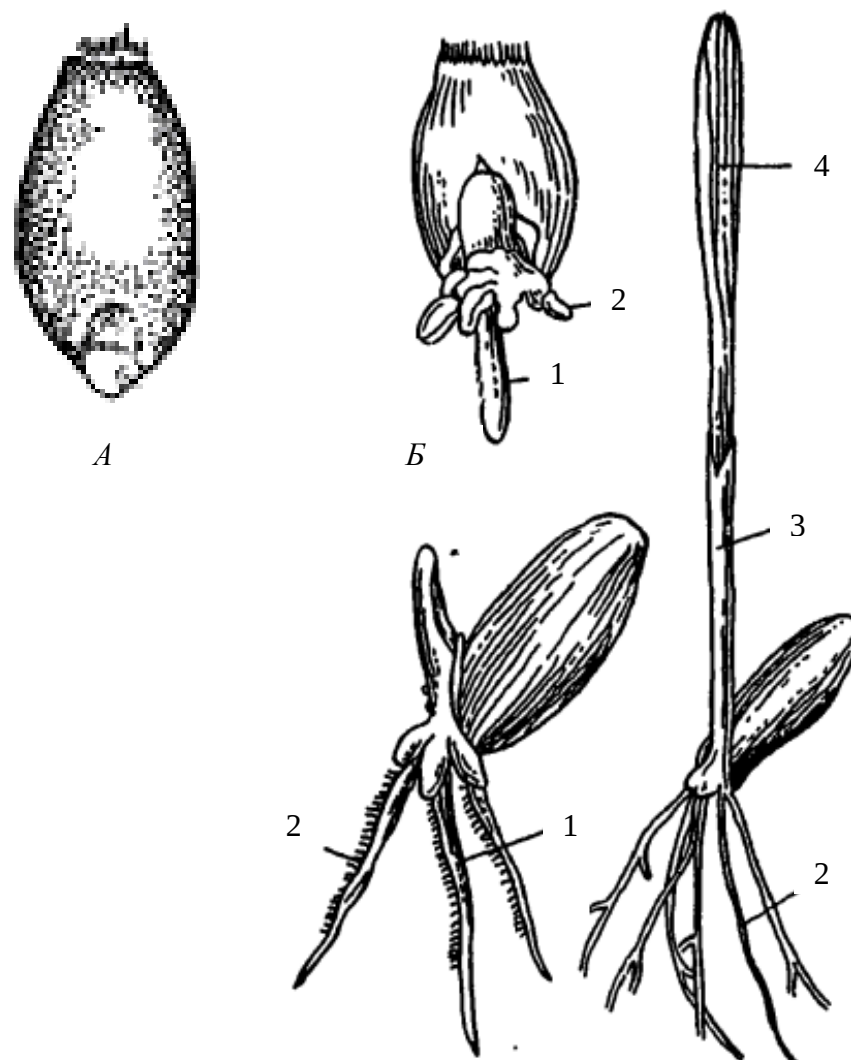


Рис. 43. Зерновка и проросток пшеницы: *А* – зерновка, *Б* – проросток: 1 – главный корень, 2 – придаточный корень, 3 – coleoptиль, 4 – лист (по В.Г. Хржановскому и др., 1979)

Пояснение к работе

При проращении зерновки сначала набухает и увеличивается в размерах coleориза. Она разрывает покровы зерновки, а растущий внутри нее корешок в свою очередь пробивает ее верхушку и выходит наружу. Одновременно с ростом зародышевого корешка на стебельке

закладываются и начинают быстро расти два придаточных корня. Очень скоро они уже не отличаются размерами от главного. Эти три корня проростка называют первичными. На узлах стебелька, располагающихся выше, позже отрастают вторичные придаточные корни. Так формируется мочковатая корневая система. У большинства сортов пшеницы проростки имеют по три первичных корня, но встречаются сорга, у которых этих корней пять и даже семь.

Колеоптиле при прорастании также резко увеличивается в размерах, разрывает покровы зерновки и быстро растет, защищая находящиеся внутри нею зачаточные листья. Как только верхушка колеоптиле достигает поверхности почвы и оказывается на свету, рост колеоптиле прекращается, а находящиеся внутри него зачаточные листья начинают расти, раздвигают отверстие на верхушке колеоптиле и оказываются на свету. Они сразу же приступают к фотосинтезу. К этому времени проросток уже имеет первичные корни и быстро растет, используя для своего питания запасы эндосперма и осуществляя процесс фотосинтеза. Из почечки разворачиваются все новые и новые зеленые листья. Стебель при этом остается коротким, узлы на нем сближены. Таким образом у проростков формируется розеточный главный побег.

Вопросы и задания

1. Какой из вегетативных органов зародыша трогается в рост первым при прорастании семени? Какое это имеет биологическое значение?
2. Какие части стебля называют гипокотилем и эпикотилем?
3. Всегда ли при прорастании семени семядоли выносятся на поверхность почвы, от чего это зависит?
4. Какие листья называют ювенильными?

ЗАНЯТИЕ № 15. КОРЕНЬ. ТИПЫ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ

Корень – один из основных вегетативных органов растения, выполняющий в типичном случае функцию минерального питания. Это осевой орган, обладающий радиальной симметрией и неопределенно долго нарастающий в длину благодаря деятельности верхушечной меристемы. От побега он морфологически отличается тем, что на нем никогда не возникают листья, а верхушечная меристема всегда прикрыта корневым чехликом. Так как главная функция корня, поглощение воды и минеральных веществ из почвы, корни очень сильно ветвятся, что позволяет более полно освоить почвенное пространство. Однако в отличие от побега, ветвление корня, т.е. образование боковых корней, происходит эндогенно (внутриродно), т.е. они закладываются во внутренних тканях материнского корня.

Кроме основной функции, корни выполняют и ряд других физиологических и механических функций:

1. Закрепляют («заякоривают») растение в почве, обеспечивая вертикальный рост и ветвление побегов.
2. Корни могут служить органом запаса питательных веществ.
3. В корнях происходит синтез различных веществ (аминокислот, алкалоидов, гормонов, биологически активных веществ и др.).
4. Корни взаимодействуют с корнями других растений, почвенными грибами и бактериями.
5. У корнеотпрысковых растений корни служат для вегетативного размножения (например, вишня, осина).

Филогенетически корень возник позднее, чем побег.

По происхождению различают главный, боковые и придаточные корни. Главный корень развивается из зародышевого корешка. Он обладает положительным геотропизмом, углубляясь в почву вертикально вниз, в направлении силы притяжения. Боковые корни закладываются на другом корне (главном, боковом, придаточном) на некотором расстоянии от верхушки. Это имеет приспособительное значение, так как верхушечное ветвление, затруднило бы продвижение корня в

почве. Крупные боковые корни растут, как правило, горизонтально. Придаточные корни образуются не на корнях, а на других органах – стебле, листьях.

Совокупность корней одного растения образует корневую систему. Характер корневой системы определяется соотношением роста главного, боковых и придаточных

корней. Существует несколько классификаций корневых систем, в основу которых положены как морфологические, так и филогенетические признаки.

1. По форме корневые системы растений делят на стержневые и мочковатые. Стержневой называют корневую систему, у которой хорошо развит главный корень, а придаточные и боковые занимают подчиненное положение. Такая корневая система у одуванчика лекарственного, клевера горного, лопуха большого. Если у растения преобладают придаточные корни, а главный развит слабо или вовсе отсутствует, корневую систему называют мочковатой. Она свойственна злакам, луку репчатому, подорожнику большому, лютику едкому. В процессе жизни растения возможна смена стержневой корневой системы на мочковатую. Иногда выделяют бахромчатую корневую систему, которая характерна для растений, образующих длинные корневища (вороний глаз четырехлистный, копытень европейский, колокольчик персиколистный): от их узлов отходят небольшие «мочки» придаточных корней.

2. По происхождению выделяют: систему главного корня, смешанную и придаточную корневые системы. Система главного корня образована хорошо развитым главным корнем и отходящими от него боковыми. Придаточная корневая система характеризуется наличием у растения только придаточных и боковых корней. Если в образовании корневой системы принимают участие все три типа корней (главный, боковые и придаточные), то такую систему называют смешанной.

3. По глубине проникновения корней в почву выделяют три типа корневых систем: поверхностные (20–50 см), глубинные (2–10 м

и более) и универсальные (с корнями глубокими и поверхностными). В условиях сухого и жаркого климата у некоторых растений развивается глубоко уходящая в почву корневая система, нередко достигающая грунтовых вод. Напротив, в условиях вечной мерзлоты в северных районах (в тундре, в лесотундре), где в течение короткого и холодного лета почва прогревается на небольшую глубину, у растений развивается поверхностная корневая система. Не проникают глубоко в почву корни растений, произрастающих на болоте, где грунт перенасыщен водой и растения испытывают недостаток в кислороде.

4. По степени ветвления и охвата почвы различают: экстенсивные (маловетвистые, охватывающие большой объем почвы) и интенсивные (сильно разветвленные и небольшие по объему).

5. По филогенезу различают первичную и вторичную гоморизные системы и аллоризную.

Первичная гоморизия – характерна для высших споровых растений (плаунов, хвощей и папоротников). Особенности данного типа корневой системы обусловлены общей спецификой роста этих растений. В отличие от семенных растений, у которых четко выражены два полюса роста – корень и побег, у высших споровых имеется только один. Верхушечная почка образует у них и лист и корень, и растение растет всегда в одну сторону, а на другом конце происходит постепенное отмирание старых частей. В результате вся корневая система представлена придаточными корнями. Аллоризия – характерна для большинства семенных растений (голосеменных и двудольных цветковых), отличается развитым главным корнем. Вторичная гоморизия – чаще всего наблюдается у однодольных цветковых, главный корень развивается слабо, и часто быстро отмирает, замещаясь придаточными корнями

•**Цель работы:** изучить разнообразие корневых систем растений, выявить особенности строения корневого окончания.

•**Средства обучения:** таблицы, проростки фасоли обыкновенной – *Phaseolus vulgaris*, тыквы обыкновенной – *Cucurbita pepo* и пшени-

цы мягкой – *Triticum aestivum*, 2 % – раствор метиленового синего на 50 % спирте, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Разнообразие корневых систем

Ход работы

1. Рассмотреть корневые системы проростков пшеницы, тыквы и фасоли, определить типы корней и корневых систем (рис. 44). Заполнить таблицу 7.

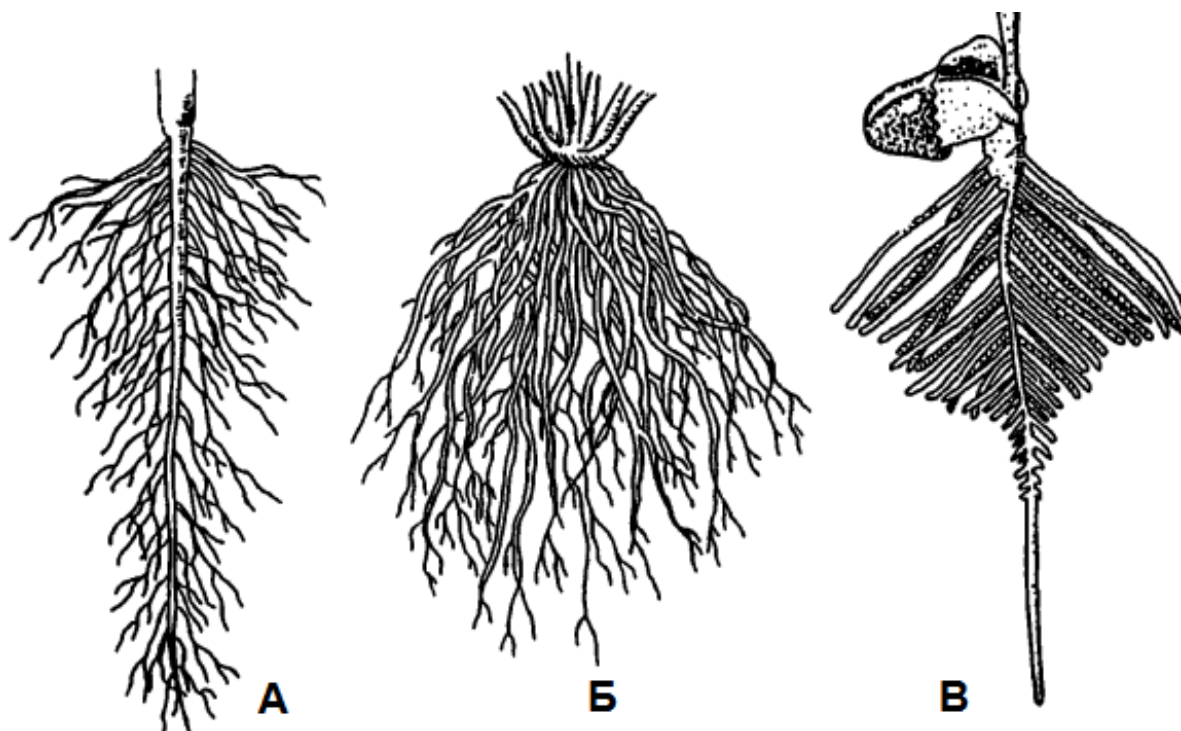


Рис. 44. Типы корневых систем по происхождению: *А* – система главного корня, *Б* – система придаточных корней, *В* – смешанная корневая система, (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

Пояснение к работе

У тыквы ясно различим главный корень, который образовался из корешка зародыша. От него отходят разветвления – боковые корни различных порядков (рис. 44; *А*). По происхождению это система главного корня.

У пшеницы главный корень не выделяется среди других и основная масса корней не является боковыми разветвлениями главного корня, а отходит от нижней части стебля, т. е. состоит из придаточных корней (рис. 44, Б). Такую корневую систему называют системой придаточных корней.

Корневая система фасоли поначалу кажется системой главного корня. Однако при внимательном рассмотрении видно, что часть корней отходит не от главного корня, а от нижней части стебля (гипокотилия), следовательно, это придаточные корни (рис. 44, В). Таким образом, у фасоли корневая система смешанного типа.

Таблица 7.

Типы корневых систем

Растение	Корневая система по форме:	Корневая система по происхождению:	Характеристика корневой системы	Рисунок
Тыква				
Фасоль				
Пшеница				

Работа 2. Зоны молодого корня

Ход работы

1. Отделить с помощью пинцета один из корней проростка пшеницы, поместить его на предметное стекло в каплю раствора метиленового синего, накрыть покровным стеклом. Поместить на покровное стекло полоску фильтровальной бумаги и придавить стекло пальцем в течение 1 минуты, затем удалить избыток красителя.

2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать схему строения корневого окончания (рис. 45) отметив: чехлик, зоны деления, роста, всасывания, и проведения.

Пояснение к препарату

Различные части корня выполняют неодинаковые функции и отличаются определенными морфо-анатомическими особенностями. Эти части получили название зон. Кончик корня покрыт корневым чехликом – особой паренхимной тканью, которая защищает апикальную меристему. Клетки корневого чехлика, постепенно сдвигаются и продуцируют слизь, которая снижает трение корня о частицы почвы, облегчая его углубление.

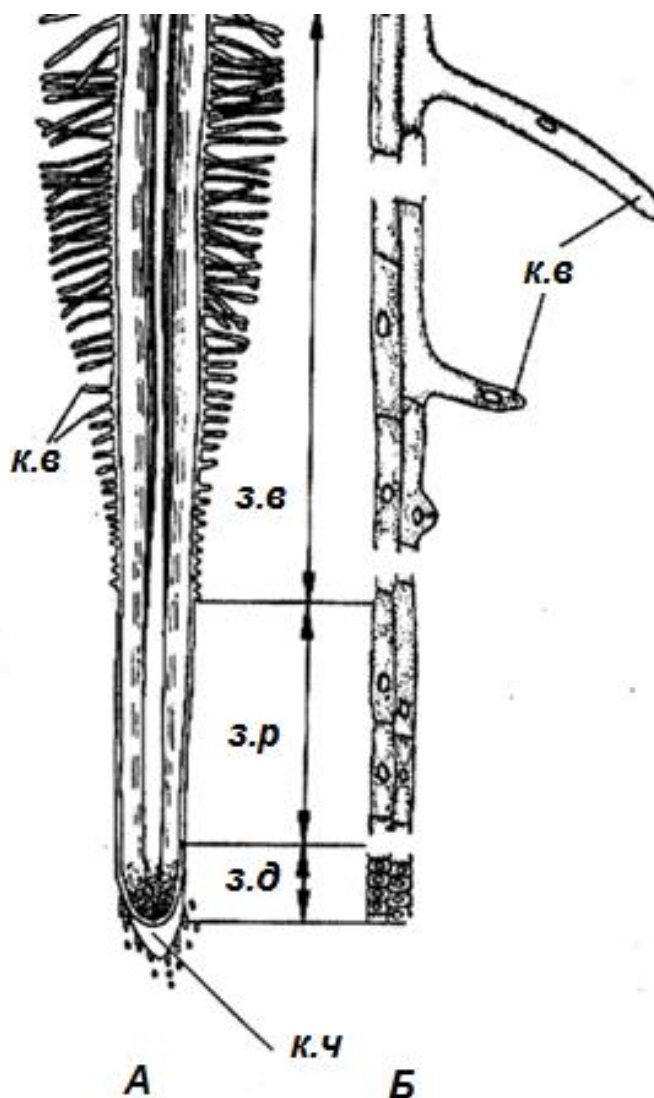


Рис. 45. Строение корня проростка пшеницы: *А* – схема строения корня; *Б* – дифференциация клеток ризодермы и экзодермы; *к.ч.* – корневого чехлика; *з.д.* – зона деления; *з.р.* – зона роста; *з.в.* – зона всасывания; *к.в.* – корневого волосок (по В.П. Викторову и др., 2001)

Под чехликом располагается зона деления, или апекс корня. Вслед за зоной деления располагается зона роста, или растяжения. Клетки этой зоны активно растут проталкивая корневое окончание в глубь почвы.

Выше располагается зона всасывания, или поглощения. Клетки этой зоны уже не смещаются относительно частиц почвы. Здесь происходит поглощение воды и минеральных веществ с помощью корне-

вых волосков. Далее корневые волоски исчезают, и начинается зона проведения. По этой зоне корня вода и минеральные вещества транспортируются в выше лежащие органы и ткани растения. Необходимо отметить, что зона поглощения постоянно перемещается, т.к. в нее постоянно включаются с одной стороны клетки из зоны роста, и с другой стороны исключаются клетки переходящие в зону проведения, чьи корневые волоски закончили функционирование.

Вопросы и задания

1. Каковы причины появления вегетативных органов у растений?
2. По данным палеоботаники, первые наземные растения риниофиты *Rhyniophyta* не имели корней, и корни появились у растений несколько позднее побегов. Как вы считаете, чем обусловлено отсутствие корней у риниофитов, и каковы причины появления корней у других групп высших растений?
3. У каких современных высших растений корней нет, чем это можно объяснить?
4. Как вы думаете, почему лиственница, произрастающая в зоне лесотундры, имеет поверхностную корневую систему, в то время как особи того же вида растущие в более южных зонах отличаются глубинной корневой системой?
5. Какими факторами обусловлено развитие глубоких корневых систем у растений полупустынь и пустынь, как вы думаете, экстенсивные или интенсивные у них корневые системы?

ЗАНЯТИЕ № 16. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОРНЯ

У растений различают первичное и вторичное анатомическое строение корня. Первое формируется в результате деятельности апикальных меристем или апекса, вторичное вследствие работы вторичных меристем – камбия и феллогена.

Апекс корня устроен относительно просто. Апикальная меристема состоит из инициальных клеток, которые сами не образуют посто-

янных тканей, а дают начало производным меристемам – внешнему слою протодермы, центральному цилиндру – прокамбию, между прокамбием и протодермой располагается – основная меристема. Инициали же образуют клетки корневого чехлика. В дальнейшем протодерма дает начало – ризодерме (эпиблеме); основная меристема – тканям первичной коры; прокамбий – состоит из наружного слоя перицикла, и внутреннего собственно прокамбия (сосудистый прокамбий), который образует первичные проводящие ткани и частично дает начало камбию (рис. 46).

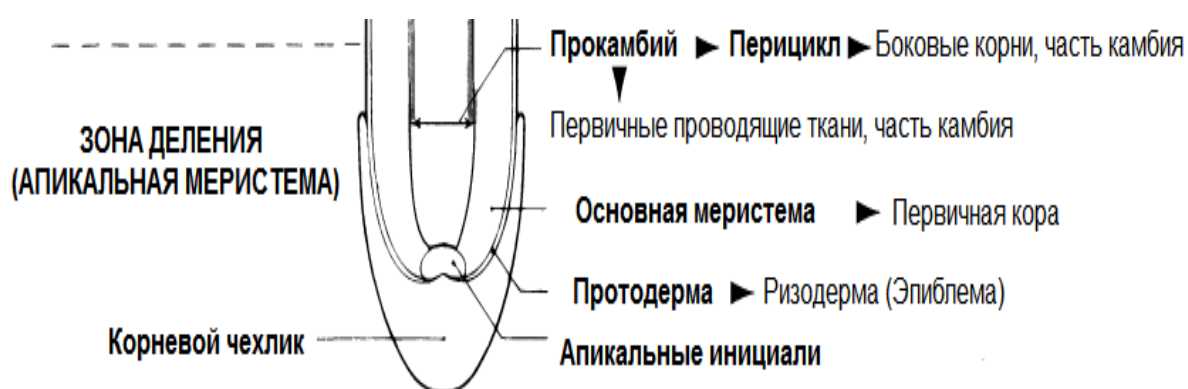


Рис. 46. Схема строения апекса корня цветковых растений

При первичном строении в корне различают три блока тканей – ризодерму, первичную кору и центральный цилиндр.

Ризодерма – один слой тонкостенных, лишенных кутикулы клеток первичной покровной ткани. Многие клетки развивают корневые волоски, как односторонние выросты клетки. В верхушку корневого волоска уходят почти вся цитоплазма и ядро. Благодаря образованию корневых волосков общая поверхность корня увеличивается в 10 раз и более. Корневые волоски и вся ризодерма существуют несколько дней и отмирают на расстоянии 2–3 см от кончика корня.

Первичная кора, дифференцируется из основной меристемы и образована основной паренхимой. Наружный слой первичной коры – экзодерма после отмирания и постепенного сбрасывания эпиблемы

выполняет защитные функции. Ее клетки плотно сомкнуты, их стенки пропитываются *суберином*. Средний слой первичной коры – мезодерма составляет ее основную массу. **Мезодерма** состоит из рыхлой поглощающей паренхимы с хорошо развитой системой межклетников. По ним вдоль оси корня циркулируют газы, необходимые для дыхания и метаболизма. У болотных и водных растений межклетники особенно развиты, и вся мезодерма представлена аэренхимой. Клетки мезодермы участвуют в поглощении и проведении веществ; здесь синтезируются гормоны, часто находятся гифы грибов, накапливаются запасные вещества.

Внутренний слой первичной коры – эндодерма. Она состоит из одного ряда плотно сомкнутых живых тонкостенных клеток. Позднее на радиальных стенках появляются утолщения – пояски Каспари. Пояски Каспари одревесневают и пропитываются суберином, перекрывая движение веществ по клеточным оболочкам. Плазмалемма настолько плотно примыкает здесь к оболочке, что не отходит даже при плазмолизе. Ток веществ переходит в протопласт под контроль мембран, обладающих избирательной проницаемостью. Эндодерма – фильтрующий барьер на пути движения ионов.

Центральный цилиндр дифференцируется из прокамбия. Он состоит из перицикла и радиального проводящего пучка. **Перицикл** – наружный слой стелы, примыкающий к эндодерме. Это первичная боковая образовательная ткань, очень долго сохраняющая способность к делению. Перицикл называют «корнеродным слоем», так как в нем закладываются боковые корни. Здесь же могут возникать зачатки придаточных почек. Таким образом, боковые корни и придаточные почки имеют эндогенное происхождение. Перицикл у двудольных участвует в образовании камбия и феллогена.

Радиальный проводящий пучок состоит из центрального тяжа ксилемы с различным числом лучей, между которыми располагаются участки флоэмы. Ксилема в корне развивается позднее флоэмы. Она закладывается в центре прокамбиального пучка и развивается центробежно. Первоначально откладываются элементы протоксилемы, а

затем метаксилема, при этом протоксилема отодвигается к периферии и образует лучи, центральная же часть занята метаксилемой с более крупными просветами сосудов. Флоэма дифференцируется несколько раньше. Она закладывается по периферии прокамбиального пучка, - экзархно, а развивается центростремительно. Протофлоэма примыкает к энтодерме, а метафлоэма подстилает ее и взаимодействует с ксилемой.

У однодольных, а также папоротников, плаунов, хвощей первичное анатомическое строение корня сохраняется в течение всей жизни, так как у них нет камбия, и не образуются вторичные проводящие ткани. У двудольных и голосеменных в корне уже в фазе проростков закладываются вторичные образовательные ткани, и формируется вторичное строение.

Переход к вторичному строению начинается с формирования камбия. У двудольных и голосеменных не весь прокамбий дифференцируется в первичные проводящие ткани. Часть его сохраняется в виде отдельных участков между первичной флоэмой и ксилемой, и дает начало камбию. В результате формируются полулунные участки камбия – это прокамбиальный или пучковый камбий. На вершине лучей ксилемы, камбий достраивается из перицикла – это перициклический или межпучковый камбий.

Пучковый камбий производит внутрь от себя вторичную ксилему, наружу вторичную флоэму. Поскольку камбий откладывает элементов ксилемы больше, чем элементов флоэмы, извилистое кольцо его вскоре приобретает правильную форму. Межпучковый камбий продуцирует паренхиму, формирующую сердцевинные лучи, которые как бы продолжают лучи первичной ксилемы.

Утолщение корня приводит к растрескиванию первичной коры. Одновременно из клеток перицикла формируется феллоген, который образует перидерму. Первичная кора, отрезанная от проводящих тканей, пробкой перидермы, отмирает и сбрасывается, происходит так называемая линька корня.

•**Цель работы:** выявить особенности первичного и вторичного анатомического строения корня.

•**Средства обучения:** таблицы, свежие воздушные корни монстеры деликатесной, фиксированные корни тыквы обыкновенной – *Cucurbita pero*, 1 % раствор метиленового синего, 1 % раствор сафранина, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Первичное анатомическое строение корня монстеры деликатесной *Monstera deliciosa* Liebm.

Х о д р а б о т ы

1. Приготовить поперечный срез воздушного корня, поместить его на предметное стекло в каплю раствора метиленового синего, накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать схему строения корня (рис. 47, А), а участок ризодермы с экзодермой и часть стелы с прилегающей эндодермой зарисовать детально (рис. 47, Б, В).

П о я с н е н и е к п р е п а р а т у

На поперечном срезе воздушного корня монстеры хорошо просматриваются две анатомо-топографические зоны – первичная кора и центральный цилиндр. Снаружи воздушный корень монстеры покрыт многослойной экзодермой, которая выполняет роль покровной ткани. Самый внутренний слой первичной коры эндодерма. Ее можно узнать по характерным утолщениям на радиальных стенках. Эти утолщения, называемые пятнами Каспари, представляют собой перерезанные пояски Каспари, идущие непрерывно вокруг каждой клетки эндодермы по ее радиальным, верхним и нижним стенкам. Между экзодермой и эндодермой располагается паренхима мезодермы.

В центральной части корня располагается центральный цилиндр, или стела. Его наружный слой, прилегающий к эндодерме, представляет собой перицикл. Под перициклом, прилегая к нему, чередуются

лучи ксилемы и участки флоэмы. У монстеры прекрасно прослеживается последовательность формирования элементов ксилемы. Самые ранние элементы (кольчатые и спиральные) небольшого размера, прилегающие к перициклу, полностью сформированы. Их стенки утолщены и одревеснели. Эти элементы составляют протоксилему. Более крупные элементы составляют метаксилему и возникают ближе к центру корня. Они имеют тонкие оболочки, которые лишь позднее утолщаются и одревесневают.

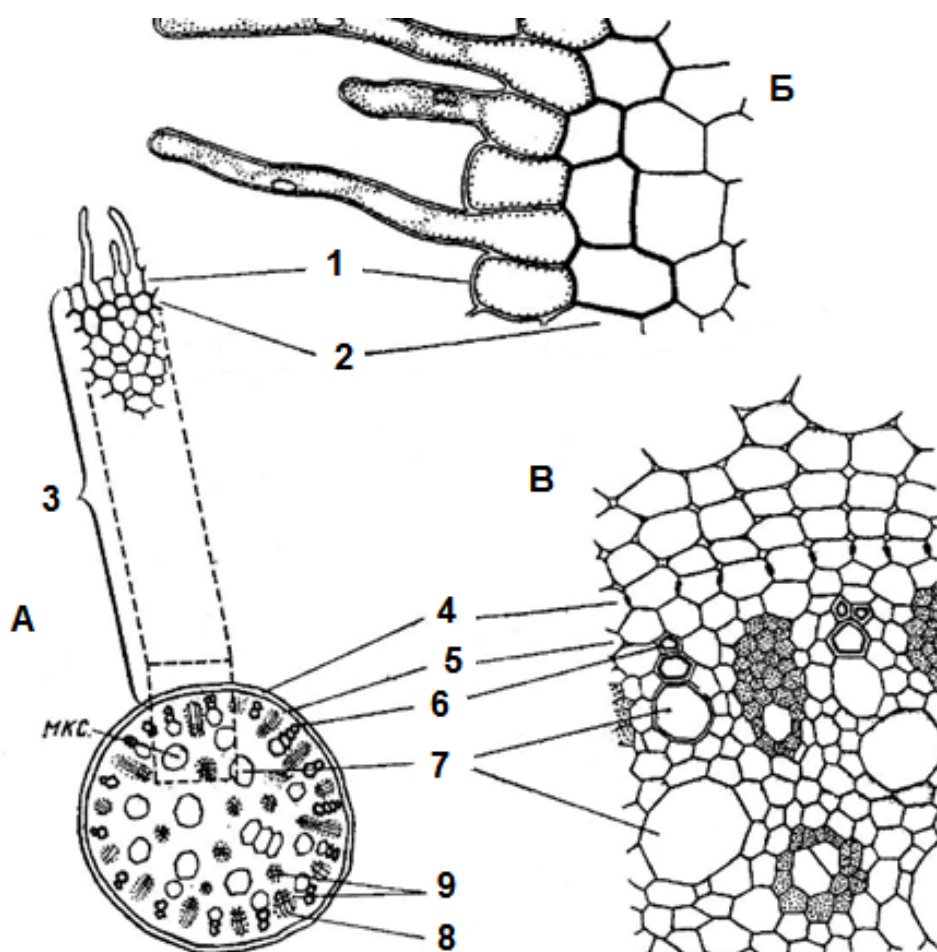


Рис. 47. Поперечный срез корня монстеры: *А* – схема расположения тканей; *Б* – ризодерма и экзодерма; *В* – участок центрального цилиндра с эндодермой: 1 – ризодерма, 2 – экзодерма, 3 – первичная кора, 4 – эндодерма, 5 – перицикл, 6 – протоксилема, 7 – метаксилема, 8 – протофлоэма, 9 – метафлоэма (по Н.С. Воронину, 1972)

Флоэма в корне развивается снаружи внутрь: около перицикла формируются самые ранние элементы протофлоэмы, а затем ближе к центру корня – более крупные элементы метафлоэмы. Оригинальной особенностью монстеры является то, что метафлоэма возникает, кроме того, и в виде дополнительных пучков ближе к центру, среди паренхимной ткани корня.

Работа 2. Вторичное анатомическое строение корня тыквы обыкновенной *Cucurbita pepo* L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез корня, поместить его на предметное стекло в каплю раствора сафранина, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать участок корня (рис. 48).

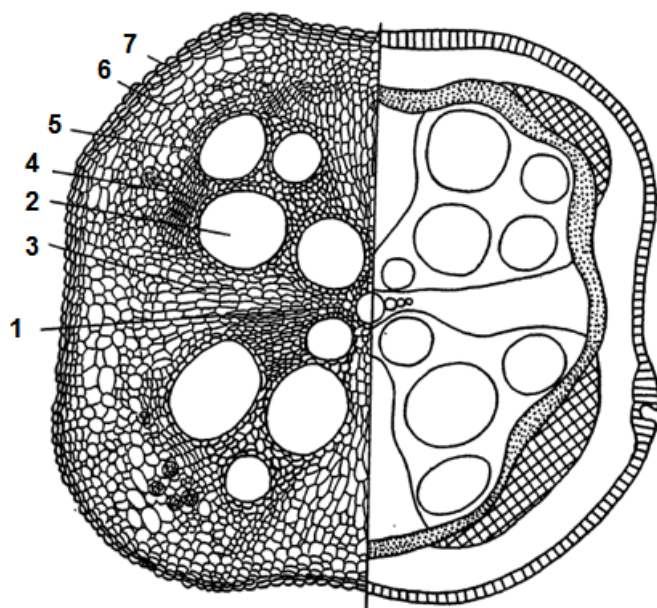


Рис. 48. Вторичное строение корня тыквы (слева детальный рисунок, справа – схематичный): 1 – первичная ксилема, 2 – вторичная ксилема, 3 – радиальный луч, 4 – камбиальная зона, 5 – первичная и вторичная флоэмы, 6 – основная паренхима вторичной коры, 7 – пробка

(по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

Пояснение к препарату

При внимательном рассмотрении в центре корня удастся обнаружить крупный сосуд метаксилемы, от которого 3–5 лучами отходят

узкопросветные немногочисленные элементы протоксилемы. Между этими лучами первичной ксилемы располагаются крупные открытые коллатеральные пучки. Они состоят из широкопросветных сосудов, толстостенных волокон и немногочисленных клеток паренхимы. Ко вторичной ксилеме примыкает камбиальная зона, отграничивающая вторичную флоэму. В состав последней входят ситовидные трубки, клетки-спутницы и паренхимные элементы. Снаружи ко вторичной флоэме примыкают мелкие деформированные тонкостенные клетки первичной флоэмы. Проводящие пучки разделены лучами паренхимной ткани, расходящимися от первичной ксилемы. Снаружи корень покрыт перидермой.

Вопросы и задания

1. В какой зоне корня у двудольных растений можно наблюдать первичное строение, а в какой – вторичное?
2. С чем связан переход корня от первичного строения к вторичному?
3. Где закладывается слой камбия при переходе корня к вторичному строению и каково его происхождение?
4. Что происходит с первичной корой при переходе корня ко вторичному строению?

ЗАНЯТИЕ № 17. СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ И МЕТАМОРФОЗЫ КОРНЯ

Специализация корней – это ненаследственное изменение их строения под влиянием внешних факторов, и выполнением особых функций.

Микориза. Корни многих растений вступают в симбиоз с грибами. Тонкие окончания корней и сросшиеся с ними гифы грибов образуют микоризу или грибокорень. Развиваясь на поверхности молодых корней, мицелий грибов выполняет функцию корневых волосков, сильно увеличивая поверхность поглощения. Гриб разрушает органические вещества почвы, делая их доступными для растений, обогаща-

ет растение стимуляторами роста, гормонами, витаминами, ферментами, получая в обмен углеводы. Если мицелий чехлом окутывает корень снаружи и проникает лишь в близ лежащие от поверхности межклетники, то микориза называется – **эктотрофной**, или наружной (у древесных). Если, гриб проникает в кору то микориза – **эндотрофная**, или внутренняя (кустарники и травы).

Бактериальные клубеньки. На корнях бобовых растений поселяются азотфиксирующие бактерии из рода ризобиум *Rhizobium*, вызывая формирование особых опухолообразных утолщений – клубеньков. Внедряясь через корневые волоски бактерии вызывают развитие бактерицидной паренхимы, они фиксируют атмосферный азот, только находясь в корне растения. В результате чего бобовые получают необходимый для жизнедеятельности азот в доступной форме, что способствует накоплению в них большого количества белка.

Втягивающие корни. Развиваются у луковичных и корневищных растений. Эти корни могут укорачиваться на 10–70 % первоначальной длины. Они втягивают луковицы и корневища на оптимальную глубину для их сохранения в период летней засухи или зимних морозов. Механизмом, обеспечивающим сокращение, является растяжение паренхимных клеток коры в радиальном направлении.

Метаморфозы корня – резкое, наследственно закрепленное видоизменение корня, вызванное сменой функций.

Гаустории – корни растений-паразитов и полупаразитов, они внедряются в проводящую систему растения-хозяина и поглощают из нее питательные вещества.

Ходульные корни – часто развиваются у деревьев мангровых зарослей и дождевых тропических лесов, это придаточные корни, развивающиеся в нижней части стебля, растут вниз, не ветвясь и не образуя корневых волосков, пока не достигнут субстрата, где обильно ветвятся. Они выполняют функцию опорных колонн, способствуя закреплению растений в подвижном грунте приливной зоны.

Схожи с ними **столбовидные корни** ряда тропических деревьев, они отходят от побегов кроны и обеспечивают им опору в воздушной среде.

Досковидные корни – образуются при усиленном вторичном утолщении верхней стороны корней, растущих горизонтально в основании ствола некоторых деревьев. У ряда тропических деревьев они образуют вокруг ствола метровой высоты опоры, которые служат для укрепления. Впрочем, некоторые ботаники полагают, что досковидная форма корней никак не связана с их опорной функцией, а их резко асимметричное утолщение обусловлено недостатком кислорода с нижней стороны корня, что препятствует проявлению там ростовых процессов.

Корни-прицепки – развиваются на узлах побегов немногих видов лиан и закрепляются на опоре. Эти корни быстро прекращают рост, не развивают корневых волосков, но часто образуют множество боковых корней в одной плоскости, также отличающихся ограниченным ростом и отсутствием корневых волосков. В результате на узлах возникают перистые структуры, плотно прилегающие и прикрепляющиеся к субстрату.

Дыхательные корни – пневматофоры – развиваются у растений на бедных кислородом почвах, болот, мангровых зарослей. Например, дыхательные корни кипариса болотного, произрастающего на заболоченных почвах Флориды. От горизонтальных боковых корней отходят вертикальные ветви – пневматофоры, возвышающиеся над водой на 30–50 см, заполненные внутри аэренхимой.

Воздушные корни – образуются у многих тропических эпифитов (растения, поселяющиеся на стволах и ветвях других растений, использующие их лишь как место прикрепления, но питающиеся самостоятельно). Например, воздушные корни орхидей свободно висят в воздухе и покрыты особой тканью веламеном, которая капиллярно всасывает влагу, попадающую на корни в виде дождя или росы.

Запасающие корни. Различают два типа запасющих корней – корневые клубни и корнеплоды.

Корневые клубни – метаморфоз придаточных и боковых корней. Корневой клубень это утолщенная запасаящая часть, на остальной части корень имеет обычное строение. Примером может служить, батат, или сладкий картофель; кустарник маниок, из корневых клубней которого делают муку, и корневые клубни георгинов.

Корнеплод – это метаморфоз главного корня. Термин корнеплод агрономический, это образное выражение (никакого плода здесь нет), но используется и ботаниками. Корнеплод это сложная структура. Он состоит из собственно корня, гипокотыля – шейки, и укороченного главного побега – головки. От корня отходят боковые корни, от головки листья, шейка гладкая и лишена и того и другого. Соотношение данных частей в корнеплодах разных видов и даже сортов различно. У корнеплодов репы, редиса, сортов столовой свеклы, основную часть составляет разросшаяся шейка. У моркови, редьки, сахарной свеклы основу составляет собственно корень.

Корнеплоды снаружи покрыты перидермой. Среди тканей преобладает запасаящая паренхима, механических тканей нет. Корнеплоды растений большинства семейств – монокамбиальные (имеют один слой камбия), они имеют вторичное анатомическое строение. У корнеплодов семейства Капустные (редька, репа, брюква), крупноклеточная паренхима сосредоточена в ксилеме, у корнеплодов семейства Сельдереиных (морковь, петрушка, сельдерей), – во флоэме.

Корнеплоды свеклы имеют аномальное третичное строение. Это поликамбиальные корнеплоды, в них закладывается не одно, а несколько колец камбия. Первый слой камбия закладывается обычным путем, но не вызывает сильного утолщения, и его деятельность быстро прекращается при этом корнеплод имеет толщину карандаша. Дальнейшее утолщение идет за счет дополнительных слоев камбия, первый возникает из перицикла и паренхимы флоэмы. Он полностью расходуется, откладывая широкий слой крупноклеточной паренхимы, по его периферии формируется новый слой добавочного камбия, формирующий новый слой паренхимы, всего может образовываться

8–12 слоев добавочного камбия. Число слоев дополнительного камбия кратно листьям розетки на 3–4 листа один слой.

Фотосинтезирующие корни – образуются у некоторых водных растений, а также у многих тропических папоротников и орхидей (фаленопсис), играют большую роль в обеспечении их ассимилянтами. Они не образуют корневых волосков и часто интенсивно ветвятся.

Работа 1. Специализация корня

Ход работы

1. Рассмотреть и зарисовать бактериальные клубеньки корней люпина (рис. 49).

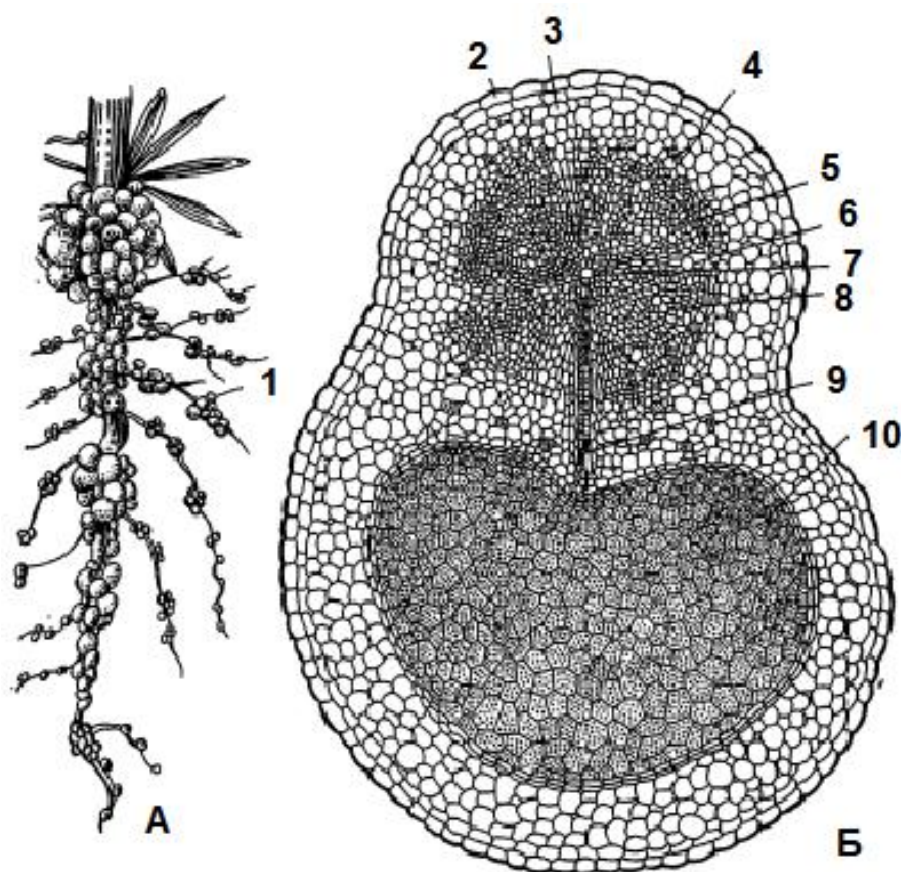


Рис. 49.

Клубеньки на корнях люпина *Lupinus polyphyllus*: А – общий вид корневой системы; Б – поперечный разрез корня с клубеньком: 1 – клубеньки. 2 – покровная ткань, 3 – паренхима

вторичной коры, 4 – флоэма, 5 – камбий, 6 – радиальный луч, 7 – первичная ксилема, 8 – вторичная ксилема. 9 – проводящая ткань, 10 – бактериальная ткань (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

2. Изучить и зарисовать различные типы микоризы растений (рис. 50).
3. Изучить и зарисовать вытягивающие корни луковичных растений (рис. 51).
4. По результатам исследования заполнить таблицу 8.

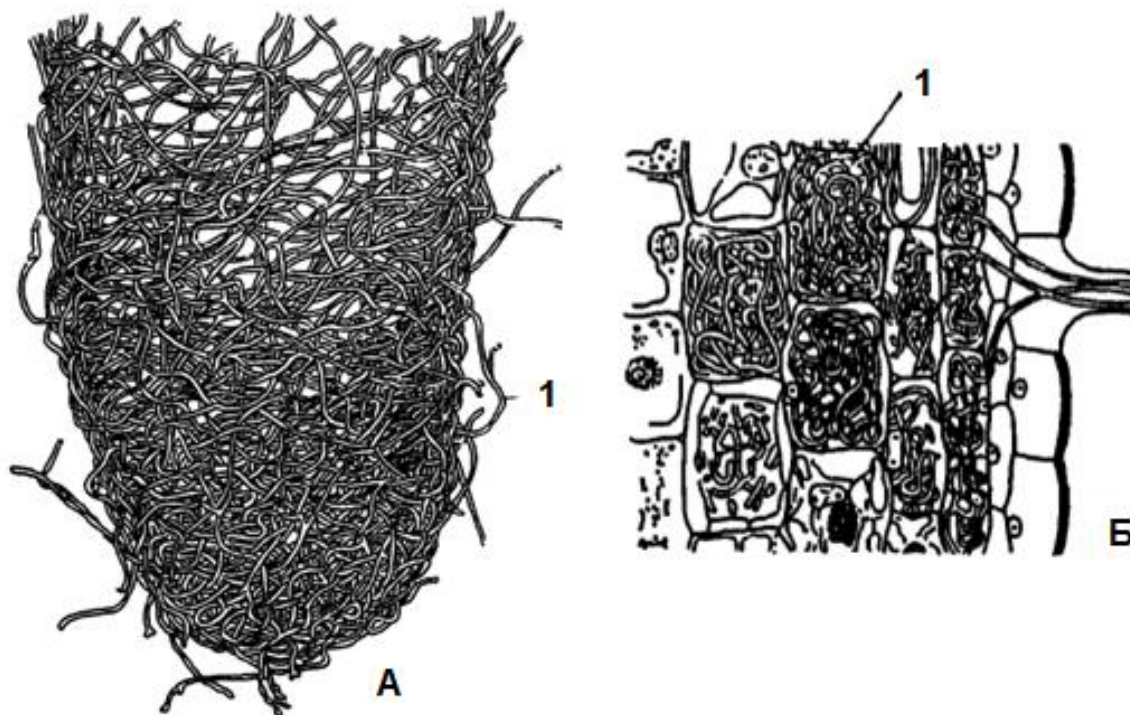


Рис. 50. Микориза: *А* – экто-эндотрофная дуба *Quercus robur*; *Б* – эндотрофная ятрышника *Orchis maculata*: 1 – гифы гриба (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1989)

Рис. 51. Втягивающие корни гладиолуса *Gladiolus sp.*; 1 – втягивающие корни (по В.П. Викторову и др., 2001)

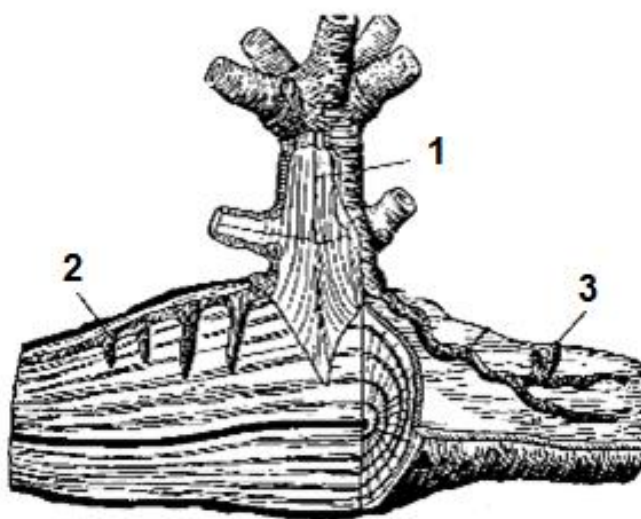


Работа 2. Метаморфозы корня

Ход работы

1. Рассмотреть и зарисовать основные метаморфозы корня (рис. 52 – 57).
2. По результатам исследования заполнить таблицу 8.

Рис. 52. Корни-гаустории омелы *Viscum album*: 1 – корень-гаустория, 2 – корень в коре тополя, 3 – зачаток побега (по В.Л. Комарову, 1949)



А



Б

Рис. 53. А – ходульные корни пандануса *Pandanus* sp.; Б – столбовидные корни бадьяна *Ficus bengalensis* (по БЭС, 1986; В.П. Викторову и др., 2001)

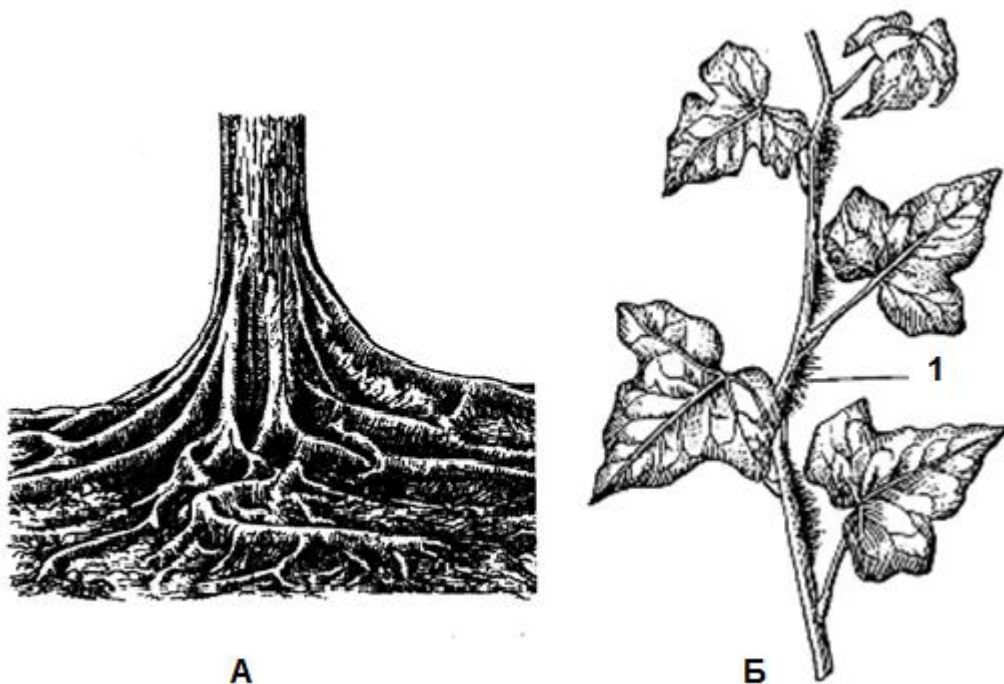


Рис. 54. *А* – досковидные корни фикуса сердцелистного *Ficus cordifolia*; *Б* – побег плюща обыкновенного *Hedera helix* L.: 1 – корни-прицепки (по В.Х. Тутаюк, 1980)

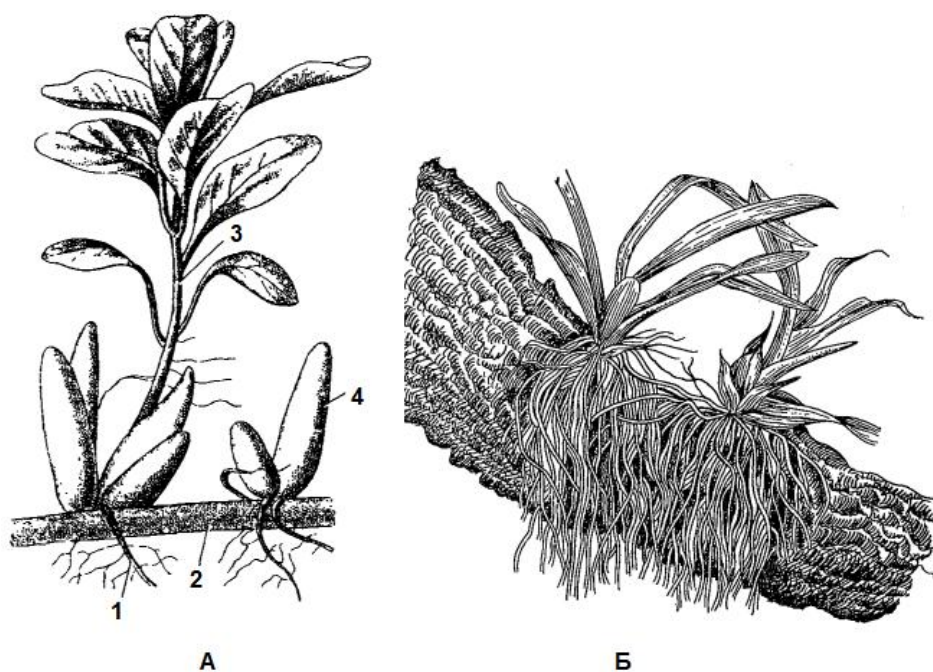


Рис. 55. *А* – пневматофоры жюссиен ползучей *Jussieua repens*: 1 – корень, 2 – корневище, 3 – побег, 4 – пневматофор; *Б* – воздушные корни эпифитов

(по В. Троллю, 1954; В.Х. Тутаюк, 1980)

Рис. 56. Корневые шишки георгина (по А.Е. Васильеву и др., 1988)

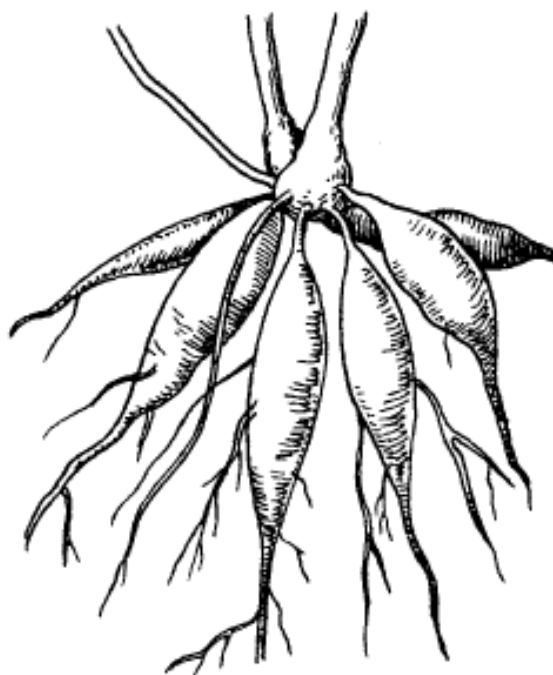


Рис. 57. Корнеплоды моркови (1, 2), репы (3, 4) и свеклы (5, 6, 7): на поперечных срезах ксилема черная (по А.Е. Васильеву и др., 1988)

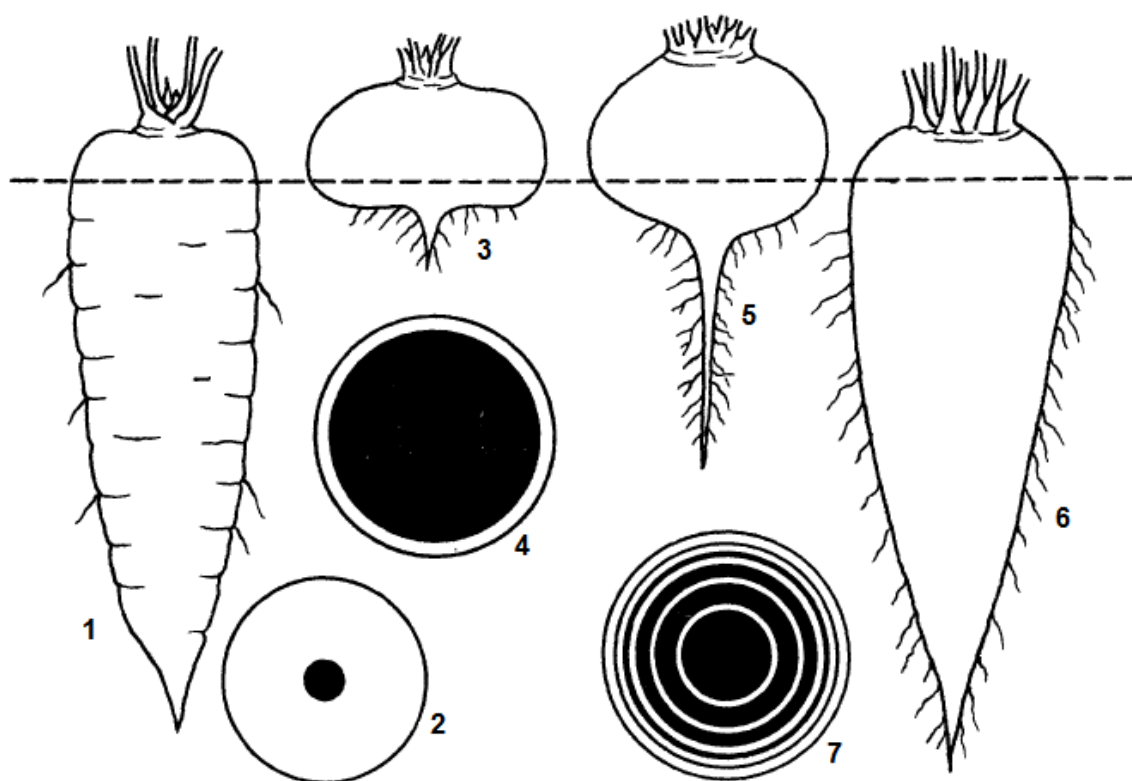


Таблица 8.**Специализация и метаморфоз корня**

Тип корня	Растение	Видоизменение главного, бокового, придаточных корней, симбиоз	Функции корня
Микориза			
Бактериальные клубеньки			
Втягивающие корни			
Гаустории			
Ходульные корни			
Столбовидные корни			
Досковидные корни			
Корни-прицепки			
Дыхательные корни			
Воздушные корни			
Корневые клубеньки			
Корнеплоды			

Вопросы и задания

1. В чем отличие эктотрофной микоризы от эндотрофной?
2. Функцию, какой зоны корня выполняет микориза?
3. В какой части корня поселяются клубеньковые бактерии?

4. Почему все органы бобовых богаты белковыми веществами?
5. Почему микориза и клубеньки являются симбиотическими образованиями?
6. Чем обусловлено развитие корней-опор деревьев влажных тропических лесов?
7. В чем сходство и различие корнеплодов и корневых шишек?

ЗАНЯТИЕ № 18. ПОБЕГ, ВЕТВЛЕНИЕ, ПОЧКА

Побег – один из основных органов высших растений, представляющий собой стебель несущий листья и почки. Вегетативные побеги в типичном случае выполняют функцию воздушного питания. Но подобно корню, побег выполняет многие другие функции и способен к разнообразным метаморфозам.

Побеги возникают из меристемы, скрытой в почке, и способны к росту до тех пор, пока сохраняется конус нарастания.

Вегетативный не видоизмененный побег состоит из оси – стебля, имеющим более или менее цилиндрическую форму, листьев – типичных боковых плоских органов, сидящих на оси; и почек – зачатков новых побегов возникающих, как и листья, в определенном порядке на оси и обеспечивающих длительное нарастание побега и его ветвление, т.е. образование системы побегов.

Побеги состоят из морфологически однородных составляющих – метамеров. Каждый метамер представлен узлом и междоузлием. Узел это место прикрепления листа и пазушной почки к стеблю, а междоузлие – участок стебля между двумя узлами.

По морфологическим признакам и функциональным особенностям побеги делятся на удлиненные (**ауксибласты**) и укороченные (**брахибласты**).

Ветвление побега

Ветвление – процесс роста и формообразования растений, в результате которого возникает система соединенных между собой в оп-

ределенном порядке дочерних, однотипных элементов структуры (например, система побегов, корней или сложный лист); часто под ветвлением понимают не процесс, а результат - взаиморасположение стеблей (корней) относительно друг друга, а их формирование называют нарастанием или возобновлением.

Ветвление – одно из важнейших свойств побега, возникшее на ранних этапах эволюции, еще до появления листостебельности. Благодаря ветвлению увеличивается поверхность соприкосновения побегов с внешней средой. Степень разветвления, направление роста ветвей и их размеры определяют габитус (внешний вид) растений.

У растений различают два основных типа ветвления: верхушечное и боковое. Эволюционно наиболее древним типом ветвления является верхушечное или дихотомическое. Этот тип ветвления возник еще у водорослей и был унаследован наземными растениями.

Дихотомическое ветвление характеризуется тем, что верхушечные меристемы периодически вильчато делятся, давая начало двум дочерним осям, верхушечные меристемы которых в свою очередь через некоторое время повторно вильчато разветвляются. Исходной для эволюции этого ветвления была равная дихотомия – изотомия (рис. 58, А), при которой обе веточки росли с одинаковой скоростью, а затем их верхушки вновь разветвлялись. Если одна из веточек опережала в развитии другую, возникала неравная дихотомия – анизотомия (рис. 58, Б). Резкое отставание развития одной из веточек приводило к дихоподиальному ветвлению, при этом формировалась зигзагообразно изогнутая главная ось растения (рис. 58, В).

Из дихотомического ветвления развились два типа боковых ветвлений. При *моноподиальном* ветвлении каждая ось представляет собой моноподий (рис. 58, Г), т.е. результат работы одной верхушечной меристемы. Особенно хорошо развито моноподиальное ветвление у хвойных. Главная ветвь (ствол), у них заканчивается одной верхушечной почкой, меристема которой функционирует в течение всей жизни растения, боковые ветви развиваются из пазушных почек, и

всегда уступают в развитии главной. Кроме хвойных так ветвятся грибы и многие травянистые цветковые растения.

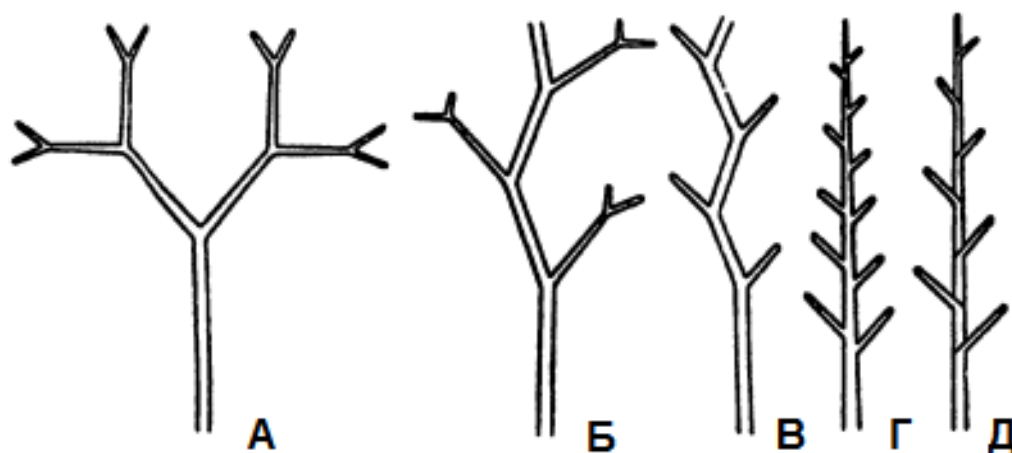


Рис. 58. Схема эволюции ветвления высших растений: А – изотомия, Б – анизотомия, В – дихоподий, Г – моноподий, Д – симподий (по Л.И. Лотовой, 2001)

Симподиальное ветвление отличается тем, что верхушечная почка побега на определенном этапе отмирает, но начинает усиленно развиваться одна или несколько боковых почек (рис. 58, Д). Из них развиваются боковые побеги, которые замещают побег прекративший рост. Возникающие при этом оси являются симподиями, т.е. формируются в результате работы нескольких меристем. Разновидностью симподиального ветвления является «ложнодихотамическое» – оно наблюдается в том случае, когда после отмирания верхушечной меристемы в рост трогается не одна, а две супротивные боковые почки.

Почка – это зачаточный, еще неразвившийся побег. Она состоит из зачаточной оси, заканчивающейся в вегетативной почке конусом нарастания, и зачаточных листьев различного возраста. Узлы в почке предельно сближены, т.к. междоузлия еще не вытянулись. В пазухах листовых зачатков почки уже могут быть заложены зачатки пазушных почек следующего порядка (вторичные бугорки).

Биологическое значение почки:

1. Наружные листовые органы почки защищают более нежные внутренние части от опасностей взаимодействия с внешней средой.

2. Темная влажная камера обеспечивает заложение и первичный рост метамеров.

Снаружи почки защищены видоизмененными листьями – почечными чешуями, которые выполняют защитные функции. Почки с развитыми почечными чешуями называются – закрытыми, без чешуй открытыми.

По составу и функциям различают почки вегетативные, генеративные и смешанные. Из ***вегетативных*** почек развиваются вегетативные побеги. Из ***генеративных*** – цветки или соцветия, из ***смешанных*** – стебли с листьями и цветки, например у сирени.

По положению на побеге различают верхушечные и боковые, или пазушные почки. Большая часть боковых почек на следующий год после их закладки распускается и образует новый побег. Такие почки называются ***активными***. Часть почек распускается в этом же году, образуя побеги обогащения, эти почки называют почками ***обогащения***, они характерны для травянистых растений – иван-чай, клевер и позволяют сильно увеличивать фотосинтезирующую поверхность растения. Часть почек не дает побегов длительное время, сохраняя жизнеспособность. Такие пазушные почки у древесных растений называют ***спящими***. Они ежегодно нарастают своей стеблевой частью на величину годичного прироста. При повреждении дерева, они могут давать новые побеги. На старых стволах их называют ***водяными побегами***, они, как правило, быстро растут и отличаются крупными листьями (тополь). Пазушное положение почки имеет большое биологическое значение: кроющий лист защищает почку от высыхания и механических повреждений и интенсивно снабжает ее питательными веществами.

Верхушечные и боковые пазушные почки образуются из меристематического конуса нарастания и различаются лишь по месторасположению.

Но почки могут возникать и иначе – из камбия в нижних частях стеблей, из перицикла на корнях, из поверхностных слоев паренхимы на листьях и в верхних частях стебля. Это **придаточные**, или **адвентивные** почки. Они образуются на пнях при рубке многих деревьев и дают **пневую поросль**. Придаточные почки на корнях у вишни, осины, сирени – образуют **корневые отпрыски**, в результате вокруг материнского растения формируется клон дочерних особей. У немногих растений (гloxиния, бегония, узумбарская фиалка) придаточные почки образуются и на листьях, чаще после поранения.

•**Цель работы:** выявить особенности ветвления и морфологии побегов растений. Изучить морфо–анатомическое строение почек.

•**Средства обучения:** таблицы, гербарные материалы плауна булавовидного – *Lycopodium clavatum* L. свежие побеги сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* L., тополя бальзамического – *Populus balsamifera* L., клена ясенелистного – *Acer negundo* L. и сирени обыкновенной – *Syringa vulgaris* L., лупы, препоровальные стекла и иглы.

Работа 1. Морфология вегетативного побега тополя бальзамического *Populus balsamifera* L.

Ход работы

1. Рассмотреть и зарисовать внешнее строение побегов тополя без листьев (рис. 59), отметив на рисунке узлы и междоузлия, боковые и верхушечные почки, листовые рубцы (место прикрепления опавшего листа) и листовые следы (проводящие пучки, входящие из листа в стебель).

Пояснение к работе

Побеги тополей по степени развития делятся на удлиненные (ауксибласты) и укороченные (брахибласты). Последние подразделя-

ются на лептобласты и розеточные побеги или дискобласты. Эти особенности морфологии побегов играют важную роль в систематике рода. У тополя бальзамического, четко выражены ауксибласты и дискобласты.

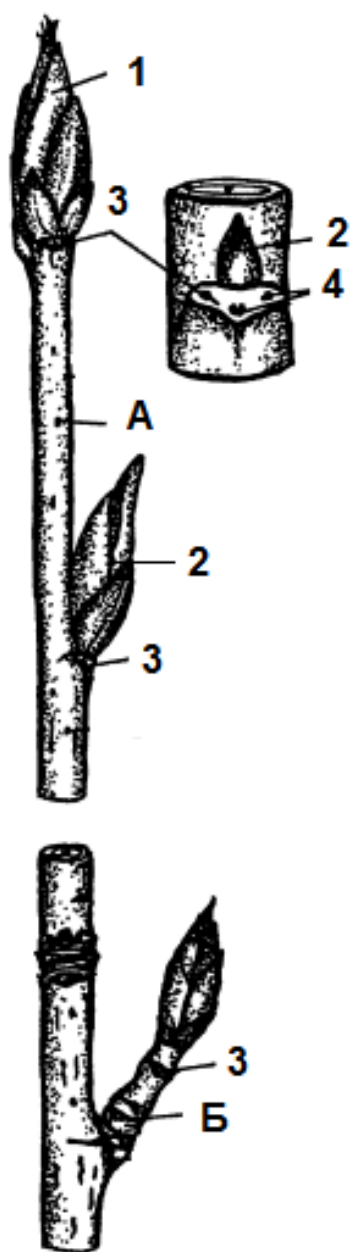


Рис. 59. Побег тополя: А – ауксибласт, Б – брахибласт, 1 – верхушечная почка, 2 – боковая почка, 3 – листовые рубцы, 4 – листовые следы (по Л.И. Лотовой, 2001)

Работа 2. Ветвление побегов

Ход работы

1. Рассмотреть побеги плауна булавовидного, сосны обыкновенной, тополя бальзамического и сирени обыкновенной, определить тип их ветвления (рис. 60). Заполнить таблицу 9.

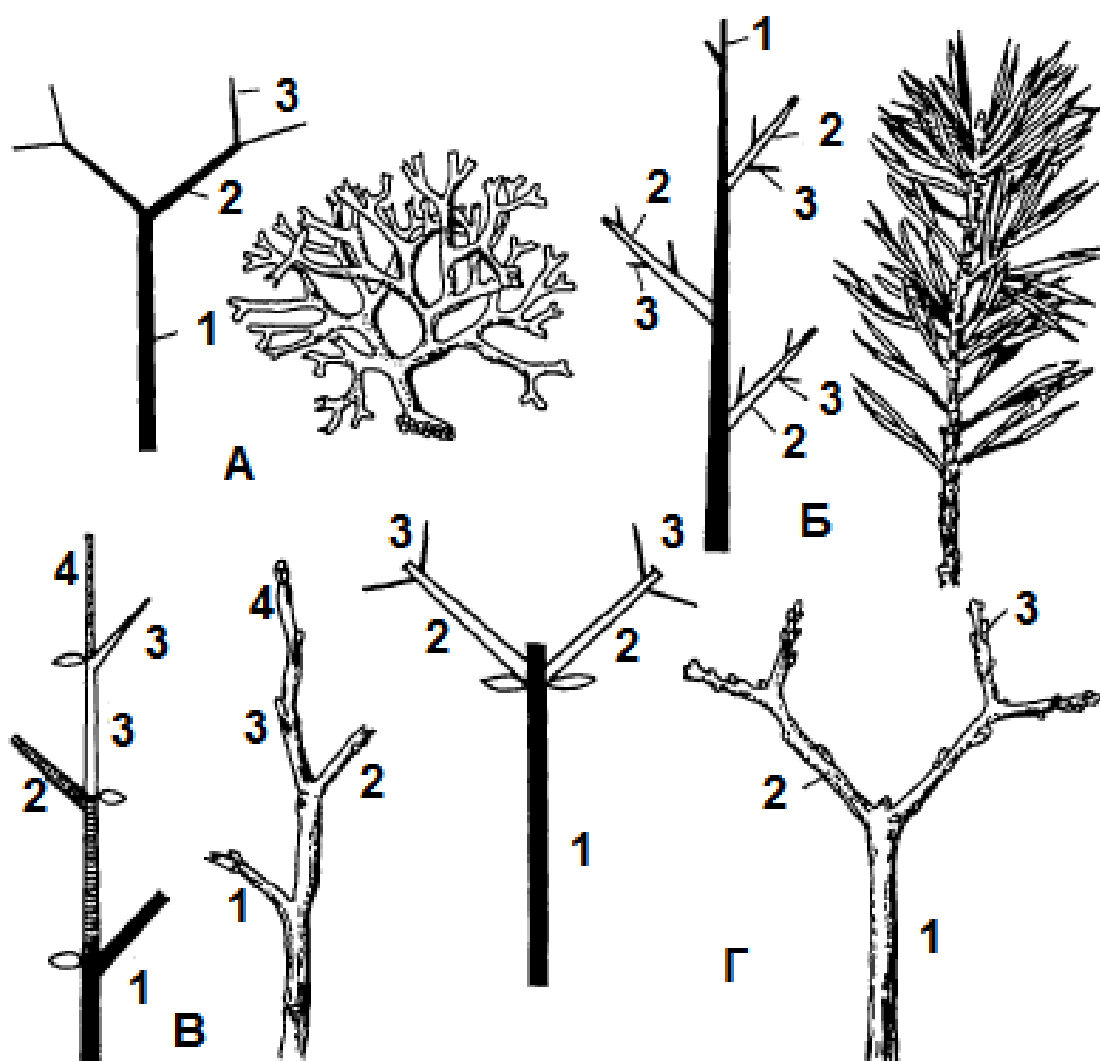


Рис. 60. Типы ветвления: А – схема дихотомического ветвления (водоросль диктиота). Б – схема моноподиального ветвления (побег сосны), В – схема симподиального ветвления (побег черемухи), Г – схема «ложнодихотомического» ветвления (побег сирени) (по Г.П. Яковлеву, Л.В. Аверьянову, 1996)

Таблица 9.**Типы ветвления побегов**

Растение	Тип ветвления	Механизм ветвления	Схема ветвления	Биологические «+» и «-» данного типа ветвления
Плаун булавовидный				
Сосна обыкновенная				
Тополь бальзамический				
Сирень обыкновенная				

Работа 3. Строение почек древесных растений**Ход работы**

1. Отделить от побега верхушечные почки тополя, сирени и клена, изучить их внешний вид, результаты наблюдений занести в таблицу 10. Зарисовать внешнее строение почек изученных растений, отметив на рисунке почечные чешуи.

2. Сделать продольный разрез изучаемых почек, рассмотреть его под лупой, определить тип почки (вегетативная или генеративная) указав его в таблице 10. Зарисовать строение почки тополя и сирени, отметив все ее части (рис. 61).

Таблица 10

Особенности строения почек древесных растений

Рас- те- ние	Почки				Почечные чешуи			
	Фор ма	Распо- ло- -жение на по- беге, тип почки	Сред- няя длина в мм (n=10)	Сред- няя шири- на в мм (n=10)	Ко- личе- ство	Опу- шен ные*	Го- лые*	По- крыты баль- замом ¹

* – нужное отметить галочкой

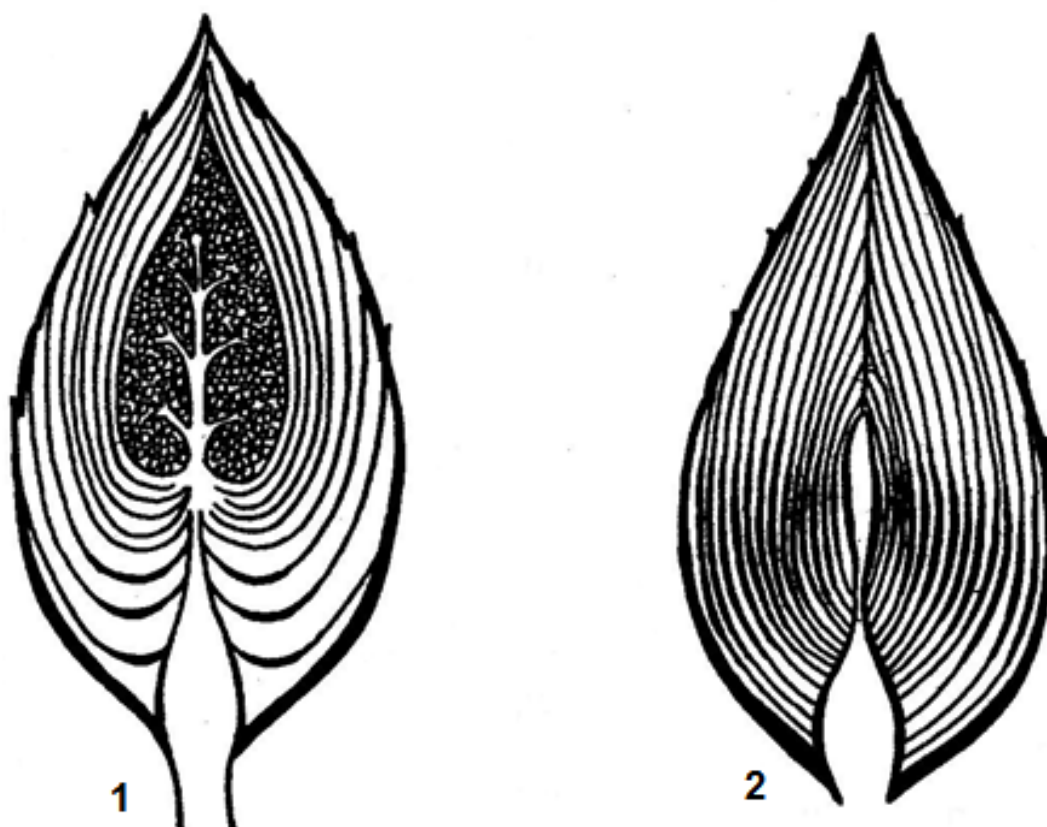


Рис. 61. Продольный разрез почек: 1 – смешанной, 2 – вегетативной (по Г.А. Бавтуто, Л.М. Ерей, 2002)

Вопросы и задания

1. Как происходило формирование представления о побеге как основном органе растения в теоретической морфологии растений?
2. В чем проявляется метамерность побега?
3. С чем связано возникновения ветвления у растений?
4. Для растений, каких широт характерны открытые почки, а для каких закрытые?
5. Каково происхождение почечных чешуй?

ЗАНЯТИЕ № 19. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ВЫСШИХ СПОРОВЫХ РАСТЕНИЙ

В меристеме апексов побегов папоротников, хвощей, плаунов хорошо выражены **инициальные клетки**. Чаще всего инициальная клетка одна. У некоторых папоротников и плаунов инициальных клеток от 2 до 5. Очертания их продольных сечений трапециевидные.

Инициальные клетки делятся либо регулярно – в этом случае вся апикальная меристема состоит из производных инициальной клетки (у хвощей), либо периодически, как у большинства папоротников, у которых главную роль в увеличении объема апикальной меристемы играют производные инициальной клетки, также способные к делению.

В нижней части апекса, чуть ниже самых молодых листовых зачатков, уже хорошо выражены **специальные меристемы**: протодерма, представляющая собой поверхностный слой, и основная меристема. Ниже закладывается прокамбий.

У разных растений **прокамбий** может закладываться в виде единственного центрального тяжа, в виде полого цилиндра, внутри которого находится паренхима, или несколькими тяжами, расположенными на поперечном срезе в один круг.

После заложения прокамбия и дифференциации постоянных тканей в стебле, а у папоротников – в корневище, хорошо выражены **три анатомо-топографические зоны**: **покровная** – представленная эпидермой, развивающейся из протодермы; **первичная кора** - производ-

ная основной меристемы, – состоящая из паренхимы, самый внутренний слой которой называется *эндодермой*; *центральный цилиндр*, или *стела*, большую часть которой составляют первичные проводящие ткани, при этом флоэма обычно находится снаружи от ксилемы. У многих растений вокруг флоэмы расположен паренхимный *перицикл*.

Особенности строения первичной коры, наличие или отсутствие эндодермы, перицикла, очертания ксилемы и флоэмы на поперечном срезе стебля, характер заложения протоксилемы и некоторые другие анатомические признаки определяют разнообразие типов строения стеблей высших споровых растений.

•**Цель работы:** выявить особенности анатомического строения стебля высших споровых растений.

•**Средства обучения:** таблицы, постоянные микропрепараты «стебель плауна булавовидного» и «корневище орляка», лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Строение стебля плауна булавовидного

***Lycopodium clavatum* L.**

Ход работы

1. Изучить при малом увеличении постоянный микропрепарат поперечного среза стебля плауна булавовидного.
2. Зарисовать сектор стебля, отметив: анатомо-топографические зоны и ткани (рис. 62).
3. В наблюдениях указать тип стелы.

Пояснение к препарату

Стебель плауна имеет широкую, прилегающую к эпидерме, трехслойную первичную кору, наружный и внутренний слои которой состоят из одревесневшей склеренхимы, а средний - из тонкостенных паренхимных клеток. В первичной коре местами встречаются мелкие концентрические проводящие пучки, некоторые из которых примы-

кают к стеле. Это листовые следы – проводящие пучки листьев. Самый внутренний слой первичной коры состоит из мелких, довольно тонкостенных клеток. Топографически он соответствует эндодерме.

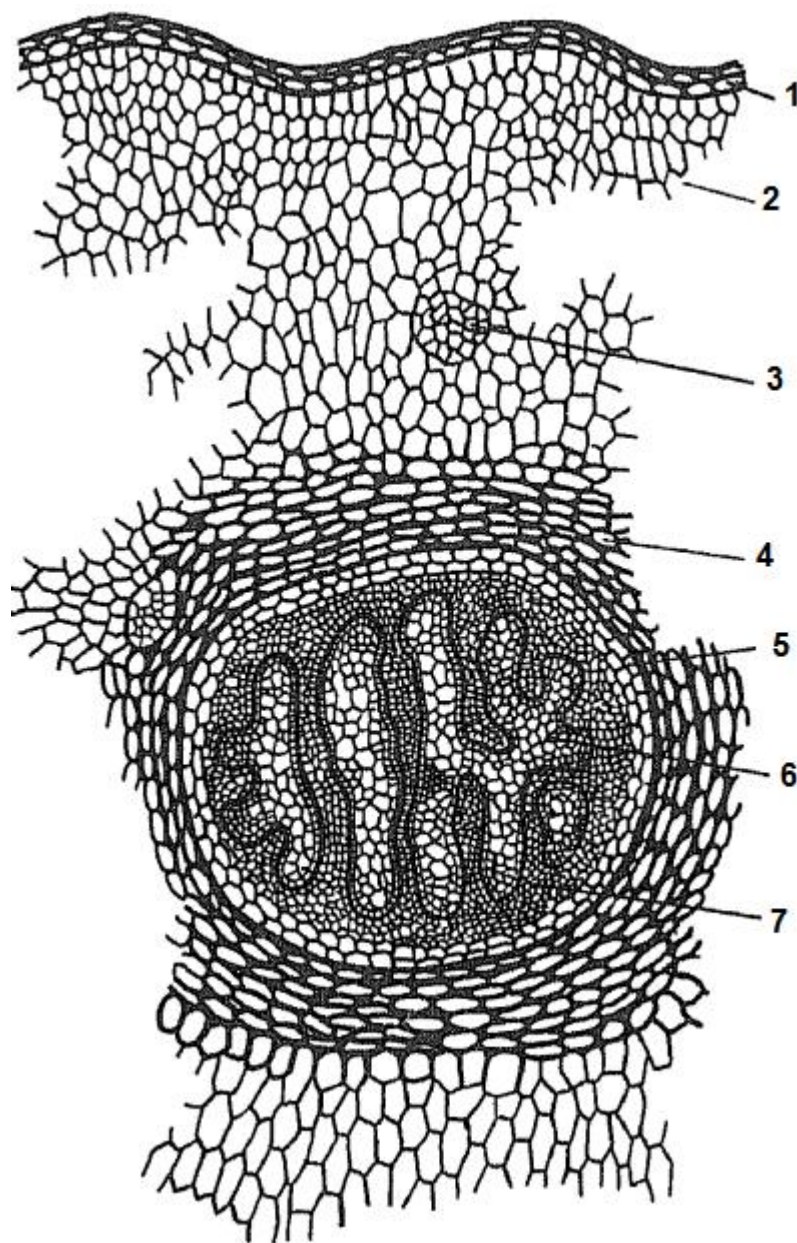


Рис. 62. Поперечный срез стебля плауна: 1 – эпидерма, 2 – кора, 3 – листовый след, 4 – механическая ткань, 5 – эндодерма, 6 – ксилема, 7 – флоэма (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1988)

Клетки самого наружного слоя стелы – перицикла – по внешнему виду почти не отличаются от клеток внутреннего слоя первичной коры.

Очертания флоэмы и ксилемы на поперечных срезах стеблей у разных видов рода варьируют. У плауна булавовидного и других видов плауна ксилема расчленена на отдельные, местами соединяющиеся тяжи. Флоэма не только окружает тяжи ксилемы снаружи, но находится и в

промежутках между ними. Такой тип стелы получил название плектостелы (от греч. *plektos* – сплетенный).

Работа 2. Строение стебля хвоща полевого *Equisetum arvense* L.

Ход работы

1. Изучить при малом увеличении постоянный микропрепарат поперечного среза стебля хвоща полевого.
2. Зарисовать сектор стебля, отметив: анатомо-топографические зоны и ткани (рис. 63).
3. В наблюдениях указать тип стелы.

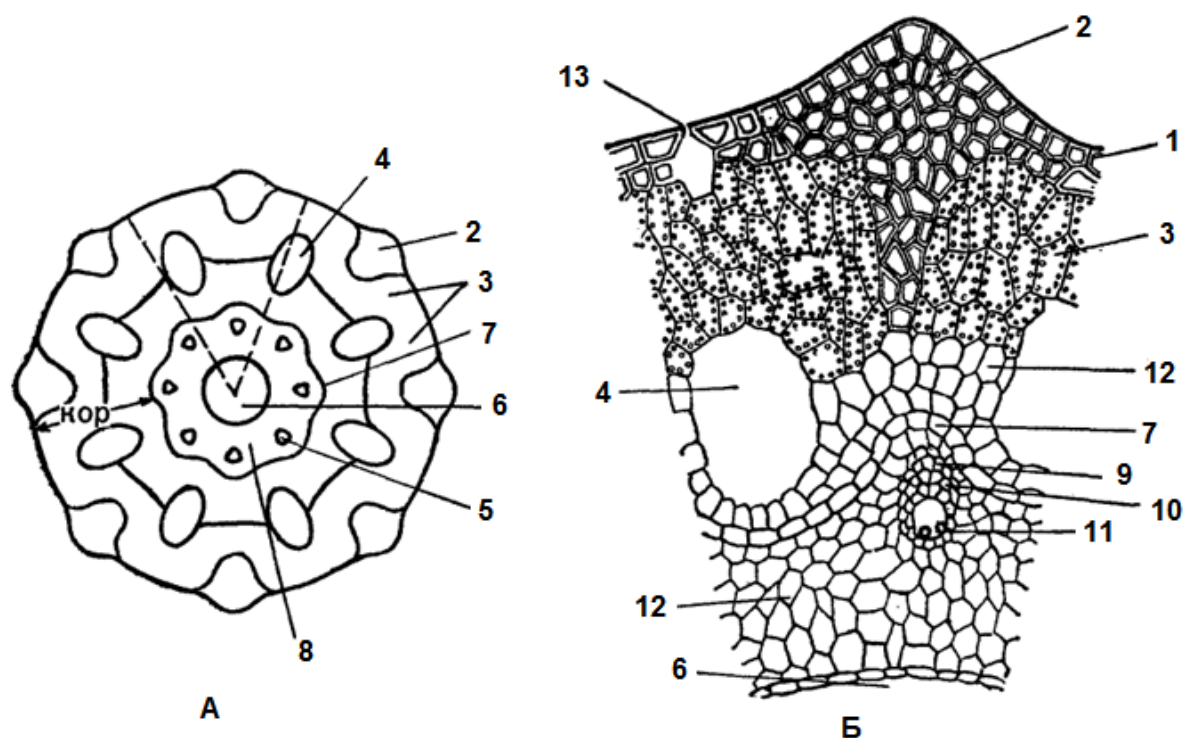


Рис. 63. Поперечный срез стебля хвоща полевого: *А* – схема, *Б* – участок стебля, 1 – эпидерма, 2 – механическая ткань в ребрышках, 3 – ассимиляционная ткань в ложбинках, 4 – валекулярная полость, 5 – проводящий пучок, 6 – центральная полость стебля, 7 – эндодерма, 8 – центральный цилиндр, кор – кора, 9 – флоэма, 10 – метаксилема, 11 – протоксилема, 12 – основная ткань, 13 – устьице (по Н.А. Комарницкому, 1975)

Пояснение к препарату

Хвощи называют членистостебельными растениями, так как их ребристые стебли четко разграничены на узлы и междоузлия, при этом ребра одного междоузлия чередуются с ложбинками соседних.

На поперечном срезе междоузлия видны: эпидерма, первичная кора, стела и центральная полость. Оболочки клеток эпидермы у хвоща пропитаны кремнеземом. Устьица приурочены к ложбинкам.

Лежащая под эпидермой первичная кора в периферической части состоит из участков механической ткани и ассимиляционной. Механическая ткань залегает в ребрах, она образована живыми клетками склеренхимы, оболочки которых содержат большое количество кремнезема. Ассимиляционная ткань или хлоренхима находится под ложбинками. Внутренняя часть первичной коры представлена основной паренхимой. В ней под ложбинками располагаются мелкие воздухоносные – *валлекулярные* полости (от лат. *vallecula* – ложбинка). Внутренний слой коры эндодерма, граничит со стелой. Последняя образована основной паренхимой, в которой под ребрами проходят закрытые коллатеральные проводящие пучки. Часть пучка, обращенная к центру, занята пучковой или *каринальной* полостью, образовавшейся на месте разрушившейся протоксилемы.

Стелу с круговым расположением проводящих пучков на поперечном срезе стебля называют *эвстелой* (от греч. *eu* – настоящий, истинный). Однако у хвощей формируется ее особая модификация, характеризующаяся своеобразием прохождения проводящих пучков по стеблю. В узле каждый пучок расщепляется на три веточки: одна идет в лист, а две другие соединяются с такими же веточками соответственно левого и правого соседних пучков, составляя сложные, или симподиальные, пучки, проходящие вдоль ребер нижнего междоузлия. В связи с этим стелу хвощей предложено называть *артростелой* (от лат. *arthrus* – членистый). Перицикла в ней нет. В центре стебля находится центральная полость.

Работа 3. Строение корневища орляка обыкновенного *Pteridium aquilinum* L. Kuhn

Ход работы

1. Изучить при малом увеличении постоянный микропрепарат поперечного среза корневища орляка.
2. Зарисовать схему корневища, отметив: анатомо-топографические зоны и ткани (рис. 64).
3. В наблюдениях указать тип стелы.

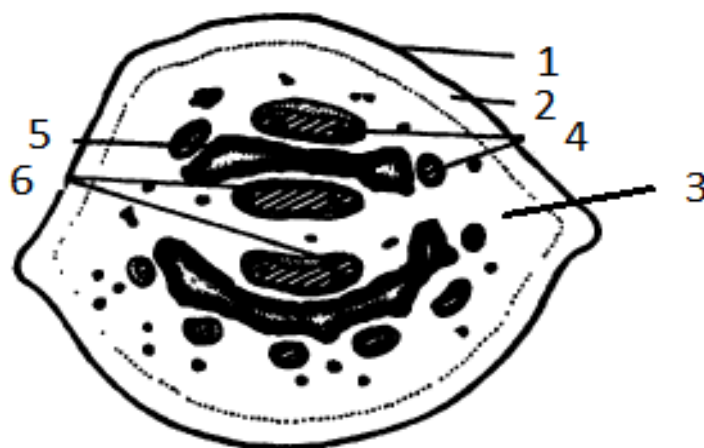


Рис. 64. Схема строения корневища орляка: 1 – эпидерма, 2 – наружная зона коры, 3 – внутренняя зона коры, 4 – меристелы, 5 – полукольца механической ткани, 6 – осевые проводящие пучки (по Л.И. Лотовой, 2001)

Пояснение к препарату

Наличие у папоротников крупных листьев, обычно называемых вайями, с хорошо развитой проводящей системой оказывает влияние на анатомическую структуру несущих их осевых органов.

Под эпидермой расположена первичная кора, наружная часть которой состоит из более толстостенных клеток, чем внутренняя. Для папоротников характерна **сифностела** (от греч. *siphon* – трубка). У взрослых особей папоротников под апексом сразу закладывается сифностела, проводящие ткани, которой дифференцируются из прокамбия, располагающегося на поперечном срезе кольцом. По взаимному расположению ксилемы и флоэмы выявлены три модификации сифностелы.

Эктофлойная сифностела характеризуется расположением флоэмы снаружи от ксилемы. Флоэма ограничена паренхимным перициклом, контактирующим с эндодермой (ужовник, гроздовник).

Амфифлойная сифностела отличается от эктофлойной наличием не только наружной, но и внутренней флоэмы. Обе флоэмы отделены от сердцевины и первичной коры перициклами и эндодермами (адиантум, марсилия).

Диктиостела (от греч. *diktyon* - сеть) имеет вид сетчатой трубки (щитовник, кочедыжник и другие). Она возникает из амфифлойной сифностелы, от которой отходят многочисленные листовые следы, поэтому в ней много листовых прорывов. На поперечных срезах диктиостела состоит из расположенных кольцом отдельных **меристел**. Каждая меристела имеет вид концентрического пучка, внутри которого находится ксилема, окруженная флоэмой, перициклом и эндодермой.

У орляка более сложное строение корневища. Вокруг двух мощных тяжей склеренхимы расположены меристелы, связанные с листьями, а между ними два стеблевых проводящих пучка. Такую стелу называют дициклической диктиостелой.

Вопросы и задания

1. Используя результаты проведенных исследований заполнить таблицу 11.
2. Каковы особенности строения апекса высших споровых растений?

3. Какой тип стелы был характерен для первых наземных растений?
4. С чем связано появление диктиостелы у папоротников?

Таблица 11.

Сравнительная анатомия высших споровых растений

Растение	Особенности строения эпидермы	Особенности строения первичной коры	Тип стелы	Наличие камбия	Характер размещения эндодермы	Наличие перicycle
Плаун булавовидный						
Хвощ полевой						
Орляк обыкновенный						

ЗАНЯТИЕ № 20. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Апекс побега семенных растений

Апексы побега семенных растений отличаются от таковых высших споровых отсутствием четко выраженных инициалей и многослойностью. Верхнюю часть апекса побега составляет группа апикальных клеток, участвующих в образовании поверхностного слоя мантии и корпуса. В последнем различимы три зоны: зона центральных материнских клеток, находящаяся под апикальными клетками, расположенная под ней медуллярная зона и примыкающая к мантии фланговая зона (рис. 65).

Центральная зона содержит инициальные медленно делящиеся клетки с развитыми вакуолями. Эти клетки участвуют в образовании клеток медуллярной и фланговой зон.

Клетки медуллярной зоны обычно располагаются продольными рядами и участвуют в образовании основной меристемы.

Фланговая зона образована мелкими, изодиаметрическими, крупноядерными клетками, которые регулярно делятся и участвуют в формировании листовых бугорков, прокамбия и основной меристемы.

В субапикальной части верхушки побега, на уровне расположения молодых листовых бугорков, намечаются будущие топографические зоны стебля, в образовании каждой из которых участвуют определенные зоны конуса нарастания. Из наружного слоя мантии, клетки которой делятся антиклинально (параллельно поверхности), дифференцируется протодерма дающая начало эпидерме.

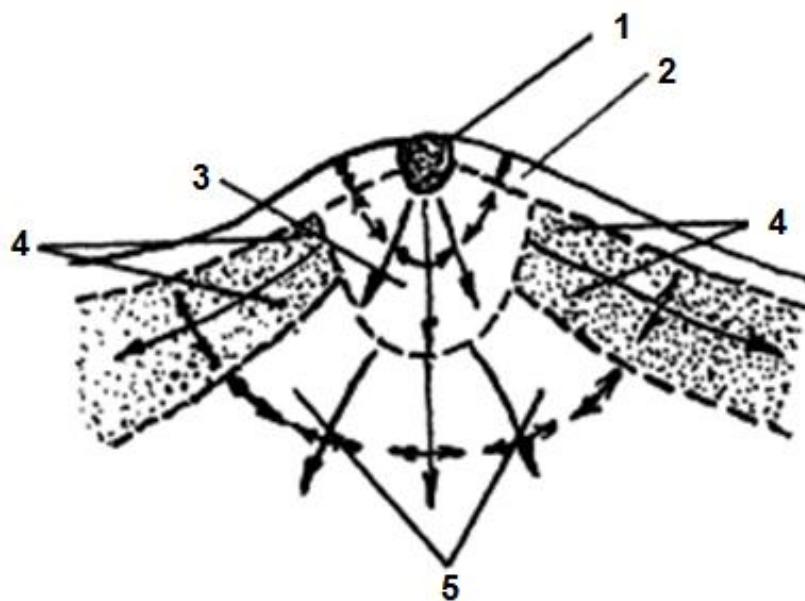


Рис. 65. Схема строения апекса семенных растений: 1 – апикальные клетки, 2 – мантия, 3 – зона центральных материнских клеток, 4 – фланговая меристема, 5 – медуллярная меристема (по Л.И. Лотовой, 2001)

Внутренний слой мантии и наружные слои фланговой меристемы формируют основную меристему, из которой развиваются основные ткани первичной коры стебля и мезофилл листьев. Из медуллярной зоны возникает основная меристема, образующая паренхимные клетки будущей сердцевины. Таким образом, основная меристема располагается в центральной части развивающегося стебля и на его периферии – под протодермой. Между этими двумя зонами основной меристемы сохраняется несколько рядов меристематических клеток, располагающихся на поперечном срезе кольцом, которое называют образовательным, из которого впоследствии дифференцируется стеблевой прокамбий.

У семенных растений развитие стеблевого прокамбия инициируют зачатки листьев. В основании молодых зачатков листьев, ниже места обособления образовательного кольца, закладываются тяжи листового прокамбия, которые развиваются в двух направлениях – к верхушке листового зачатка и осевой части стебля. В основании каждого листового зачатка закладывается от одного до пяти – семи тяжей прокамбия, каждый из которых дает начало одному проводящему пучку. Совокупность всех пучков, входящих из листа в стебель, называют листовым следом. Удлиняясь, тяжи листового прокамбия, достигают внутренней части образовательного кольца, клетки которого начинают делиться, образуя стеблевой прокамбий. У двудольных в образовательном кольце обычно дифференцируется один круг прокамбиальных тяжей, число которых зависит от числа тяжей, заложившихся в основании каждого листового зачатка. Таким образом, стеблевой прокамбий является продолжением прокамбия листового.

Появление в образовательном кольце отдельных тяжей прокамбия приводит к его разделению на будущие пучковую и межпучковую зоны, клетки последней дифференцируются в паренхимные клетки сердцевинных лучей, соединяющих сердцевину стебля с первичной корой. Если прокамбий формируется только во внутренней части образовательного кольца, то его наружная часть образует перицикл. Если прокамбий развивается по всей толщине образовательного кольца,

то перицикла в таких стеблях не бывает. Из тяжей прокамбия образуются коллатеральные или биколлатеральные проводящие пучки (рис. 66). Внутренняя часть стебля, включающая перицикл, проводящие ткани и сердцевину называется центральным цилиндром или стелой. Стела, главным компонентом которой являются расположенные кольцом проводящие пучки, получила название *эвстела*.

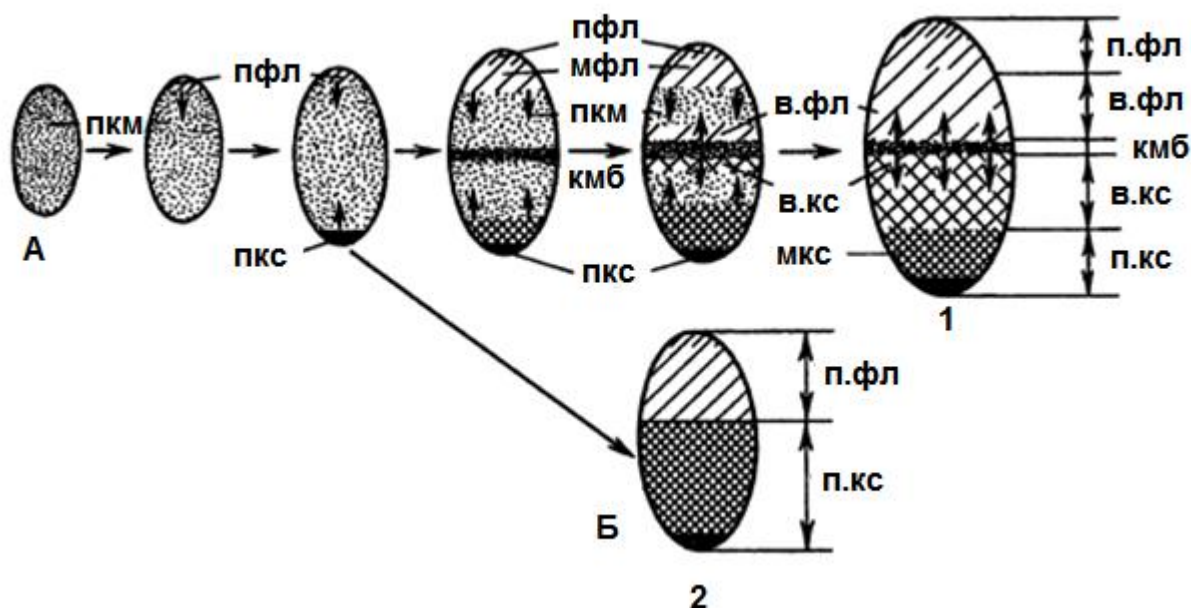


Рис. 66. Дифференциация открытого (А) и закрытого (Б) коллатеральных пучков: *в.кс* – вторичная ксилема, *в.фл* – вторичная флоэма, *кмб* – камбий, *мкс* – метаксилема, *мфл* – метафлоэма, *пкм* – прокамбий, *пкс* – протоксилема, *пфл* – протофлоэма (по Л.И. Лотовой, 2001)

В зависимости от характера заложения прокамбия у семенных растений различают два первичных типа анатомического строения стебля. Если тяжи прокамбия очень сближены (фактически образуют единое кольцо), формируются сплошные кольца первичной флоэмы и ксилемы. В результате образуется стебель *непучкового* типа строения (древесные семенные растения и некоторые многолетние двудольные травянистые). Если тяжи прокамбия не сближаются, формируются отдельные изолированные проводящие пучки разделенные паренхимой сердцевинных лучей. Такой тип строения стебля называется *пуч-*

ковым. У голосеменных и двудольных цветковых растений еще до окончания дифференциации прокамбия в первичные проводящие ткани, из среднего его слоя вычлняются клетки камбия.

Кнаружи от перицикла располагается первичная кора. В ее состав входят паренхима, нередко колленхима, иногда секреторные элементы. Самый внутренний слой клеток первичной коры представляет собой эндодерму. В отличие от корня, клетки стеблевой эндодермы обычно не образуют поясков Каспари и выполняют функцию накопления крахмала, поэтому ее часто называют крахмалоносным влагищем.

Анатомия стебля древесных растений

У голосеменных и древесных покрытосеменных растений работа камбия, а, следовательно, и утолщение стебля может продолжаться долгие годы. Если рассмотреть поперечный срез ствола лиственного древесного растения умеренной зоны то в нем можно выделить три анатомо-топографические зоны: древесина, камбий и кора.

Корой деревьев и кустарников называют наружную часть ствола от ее внешней поверхности до камбия. Она состоит из остатков первичной коры, перидермы, перициклической склеренхимы и остатков первичной флоэмы – это наружная кора. Внутренняя или вторичная кора образована вторичной флоэмой. Под перидермой располагается коровая паренхима, образованная паренхимой первичной коры и феллодермой. Наружные ее слои у молодых ветвей выполняют функцию фотосинтеза, внутренние служат для накопления запасных веществ.

Вторичная флоэма, как правило, дифференцирована на мягкий луб – это проводящие элементы и лубяная паренхима, и твердый луб – лубяные волокна. Во вторичной флоэме заметны первичные и вторичные сердцевинные лучи. Первичные лучи образуются из лучевых инициалей прокамбия, они соединяют сердцевину с первичной корой, у липы, например они, образуют во флоэме треугольники паренхимы. Вторичные лучи образуются из лучевых инициалей камбия, они заканчиваются в ксилеме и до сердцевины не доходят. По сердцевинным лучам осуществляется ближний транспорт органических ве-

ществ, в их паренхимных клетках часто накапливаются запасные вещества. В сердцевинных лучах хвойных растений накапливается смола, при этом луч разрастается в горизонтальный смоляной ход. Горизонтальные ходы сообщаются с вертикальными, образуя единую смолоотделительную систему. Смоляные ходы выстланы изнутри клетками эпителия, они хорошо развиты в древесине сосны, ели, у пихты смоляных ходов в древесине нет.

Камбий. Содержит два типа клеток: с заостренными концами – веретеновидные инициали и почти изодиаметрические, сравнительно небольшие клетки – лучевые инициали. Веретеновидные инициали дают начало элементам ксилемы и флоэмы, лучевые – клетки сердцевинных лучей

Древесина. Основная масса ствола дерева (до 80 %) состоит из вторичной ксилемы – древесины. Она включает сосуды, трахеиды, древесную паренхиму и либриформ.

У хвойных и примитивных покрытосеменных, например, магнолий проводящие элементы представлены только трахеидами – это гомоксилярный тип древесины. У большинства же цветковых растений, основную роль играют сосуды – это гетероксилярная древесина.

Весной в результате высокой активности камбия образуются крупные сосуды. Ко второй половине лета активность камбия снижается, и возникают узкие сосуды, трахеиды и либриформ. В результате четко различается весенняя и летняя древесина образующие годичное кольцо, всю древесину, отложенную за период вегетации.

У одних растений (береза, тополь, клен) сосуды равномерно распределены по годичному кольцу – это рассеянососудистая древесина. У других (дуб, ясень) сосуды сосредоточены в весенней древесине, а летняя состоит в основном из либриформа – это кольцесосудистая древесина.

В стволах ряда деревьев древесина, примыкающая к камбию физиологически более активная, светло окрашена и называется **заболонью**. В центральной части ствола, сосуды древесины часто закупориваются выростами прилежащих клеток паренхимы – тиллами. Древе-

сина здесь часто пропитывается камедями, смолами, маслами, пигментами, паренхимные клетки здесь отмирают. Эту часть древесины называют – **ядром**.

Методические указания

При детальном исследовании древесины следует готовить три взаимно перпендикулярных среза плоскости: поперечный срез должен проходить перпендикулярно к оси стебля; продольный радиальный – по радиусу, в плоскости перпендикулярной к кольцам прироста; продольный тангентальный – в плоскости, перпендикулярной к плоскости радиального среза, по касательной к окружности годичного кольца (рис. 67).

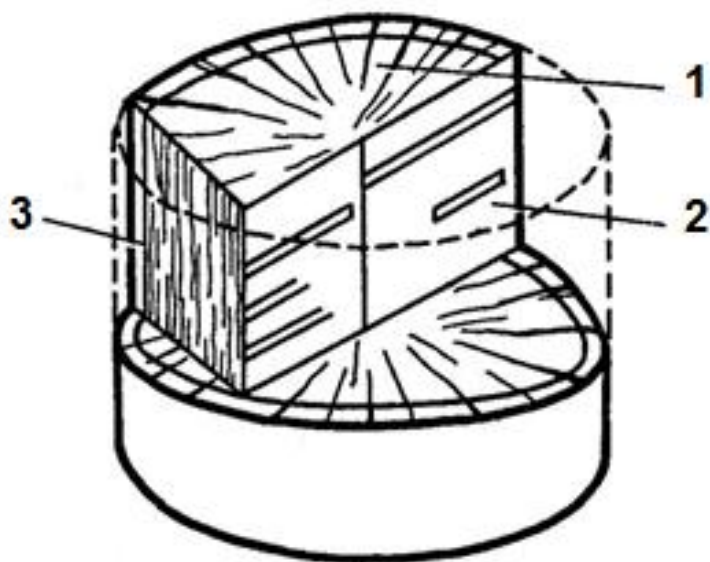


Рис. 67. Схема изготовления трех взаимно перпендикулярных срезов: 1 – плоскость поперечного среза, 2 – радиального, 3 – тангентального (по Н.С. Воронину, 1972)

•**Цель работы:** выявить особенности анатомического строения древесных растений.

•**Средства обучения:** таблицы, побеги сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris*, липы мелколистной – *Tilia cordata*, древесина сосны обыкновенной, постоянные микропрепараты «радиальный срез древесины сосны» и «тангентальный срез древесины сосны», 1 % раствор сафранина, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Строение стебля сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез стебля, поместить его на предметное стекло в каплю раствора сафранина, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать участок стебля (рис. 68).

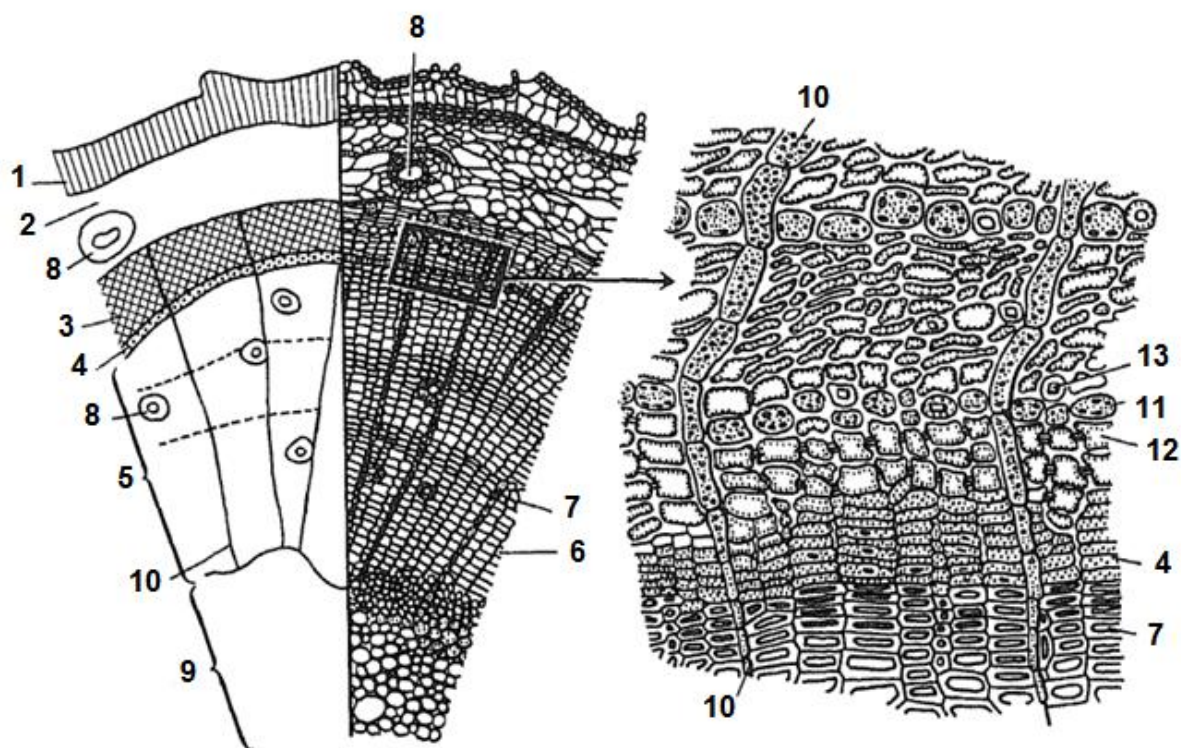


Рис. 68. Стебель сосны (поперечный разрез): 1 – пробка, 2 – паренхима первичной коры, 3 – флоэма, 4 – камбий, 5 – ксилема, 6 – весенние трахеиды, 7 – осенние трахеиды, 8 – смоляной ход, 9 – сердцевина, 10 – сердцевинный луч, 11 – лубяная паренхима, 12 – ситовидная трубка, 13 – клетка с кристаллом (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1988)

Пояснение к препарату

В центре стебля находят небольшой участок тонкостенных паренхимных клеток. Это сердцевина стебля.

К периферии от нее концентрическими слоями лежат годовичные кольца древесины (ксилемы). Они составляют основной массив стебля. В древесине повсюду, но преимущественно в более темных (осенних) участках годовичных колец, находятся смоляные каналы. Это схиогенные вместилища выделений. Стенки смоляных каналов выстланы живыми тонкостенными клетками. При большом увеличении отчетливо видно, что древесина состоит из однородных элементов – трахеид.

В общей массе трахеид легко обнаружить радиальные полосы – сердцевинные лучи. Их образуют живые удлинённые паренхимные клетки, расположенные в один ряд. Одни сердцевинные лучи идут от сердцевины до коры (первичные лучи), другие начинаются от какого-либо годовичного кольца древесины и иногда не достигают коры (вторичные лучи). По сердцевинным лучам осуществляется передвижение веществ в горизонтальном направлении.

Таким образом, древесина сосны, как и других хвойных, имеет весьма однородную и поэтому примитивную организацию: ни сосудов, ни специализированных механических элементов (либриформа) у хвойных нет, а древесинная паренхима представлена только клетками сердцевинных лучей и эпителиальными клетками смоляных каналов. Границей между древесиной и вторичной корой является камбиальная зона.

Вторичная кора состоит из первичной, вторичной флоэмы и перициклической зоны. Хорошо заметна довольно четкая граница между камбиальной зоной и ксилемой, в то время как между камбиальной зоной и флоэмой переход постепенный. Клетки камбия внешне сходны с ситовидными трубками. Последние во флоэме сосны не имеют сопровождающих клеток. Однако их можно отличить от камбия по отсутствию содержимого, большим размерам и утолщениям на радиальных стенках – это дополнительные ситовидные пластинки, кото-

рые имеются не только на поперечных, но и на боковых стенках ситовидных трубок. Ситовидные трубки, располагающиеся радиальными рядами по периферии флоэмы, облитерированы, т. е. смяты. Между слоями мелких ситовидных трубок видны более крупные округлые клетки лубяной паренхимы. Они содержат крахмал и другие запасные продукты.

Сердцевинные лучи и во флоэме состоят из одного ряда клеток, однако, более крупных, чем в ксилеме. С внешней стороны от флоэмы располагаются крупные клетки паренхимы первичной коры, среди которых заметны большие смоляные каналы.

Покровная ткань образована слоями клеток с тонкими опробковевшими стенками, чередующимися со слоями клеток с толстыми одревесневшими стенками.

В результате исследования можно отметить две важные структурные особенности коры у сосны: отсутствие сопровождающих клеток у ситовидных трубок и наличие в первичной коре, как и в древесине, смоляных каналов.

Работа 2. Строение древесины сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.

Х о д р а б о т ы

1. Приготовить поперечный срез древесины сосны, так чтобы он захватил границу годовичных колец, поместить его на предметное стекло в каплю раствора сафранина, накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать участок поперечного среза (рис. 69).

3. При малом увеличении изучить постоянный препарат «радиальный срез древесины сосны». Зарисовать участок среза (рис. 70), отметить особенности строения продольных трахеид с окаймленными порами, показать луч, состоящий из лучевых трахеид с мелкими окаймленными порами и клеток паренхимы с порами в оболочках, смежных с оболочками продольных трахеид.

4. При малом увеличении изучить постоянный препарат «тангентальный срез древесины сосны». Зарисовать строение древесины (рис. 71), отметить трахеиды с цепочками окаймленных пор на перерезанных радиальных стенках; изобразить простой однорядный и сложный многорядный лучи.

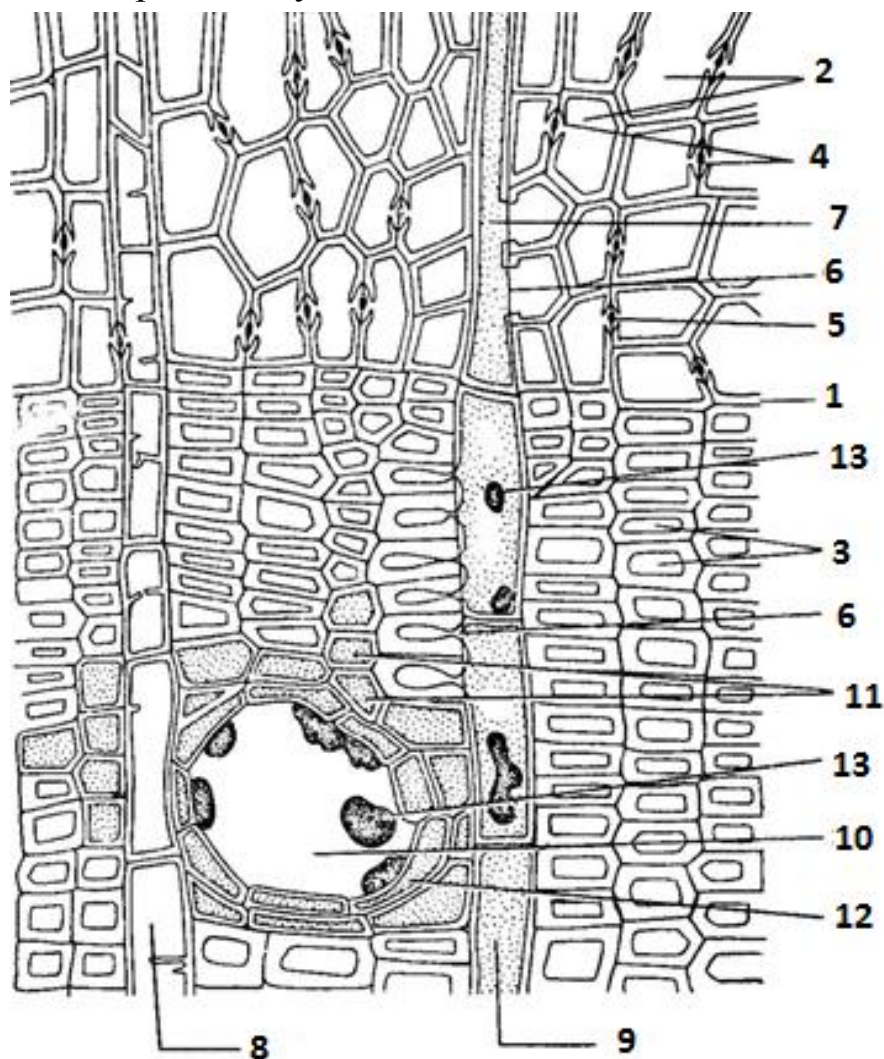


Рис. 69. Поперечный срез древесины сосны: 1 – граница годовичного прироста, 2 – трахеиды ранней древесины, 3 – трахеиды поздней древесины, 4 – окаймленные поры, 5 – торус, 6 – полуокаймленные поры, 7 – древесинный луч, 8 – лучевая трахеида, 9 – лучевая паренхима, 10 – вертикальный смоляной канал, 11 – паренхимная обкладка смоляного канала, 12 – эпителиальные клетки, 13 – капли смолы (по Р.П. Барыкиной и др., 1979)

Пояснение к препарату

На поперечном срезе хорошо выражены кольца прироста. Внутренняя часть каждого кольца состоит из довольно широкопросветных, в очертании многоугольных трахеид, слагающих *раннюю*, или весеннюю, древесину. Периферическая часть кольца прироста, образующаяся во второй половине вегетационного периода, представлена более толстостенными узкопросветными трахеидами, составляющими *позднюю*, или летнюю, древесину. Обычно она темнее ранней. Граница между поздней древесиной одного кольца прироста и ранней древесиной следующего хорошо выражена. В пределах каждого кольца переход от ранней древесины к поздней постепенный. Трахеиды расположены радиальными рядами. Весенние трахеиды выполняют главным образом функцию проведения водных растворов. На их радиальных стенках видны крупные *окаймленные поры*. Они отличаются от простых пор тем, что вторичные оболочки трахеид, образующие стенки камеры поры, сводообразно приподняты над замыкающей пленкой, или мембраной поры. В середине свода находится отверстие, соединяющее камеру поры с полостью трахеиды. Окаймленные поры сосны имеют *торус* – линзовидное утолщение средней части мембраны поры. Если разрез прошел через боковые части свода, то пора выглядит как линзовидное расширение клеточной оболочки. Оболочки трахеид летней (поздней) древесины имеют небольшое число пор. Основная функция этих трахеид - механическая.

Между радиальными рядами трахеид расположены древесинные лучи, состоящие обычно из одного ряда клеток, структурные особенности которых лучше рассматривать на радиальном срезе.

Смоловыделительная система древесины представлена вертикальными и горизонтальными *смоляными каналами*. Вертикальные смоляные каналы обычно расположены в поздней древесине кольца прироста. На срезе они видны в поперечном сечении. Канал окружен обкладкой из паренхимных клеток. Полость канала выстлана тонкостенными эпителиальными клетками. При изготовлении среза нежные эпителиальные клетки часто разрушаются.

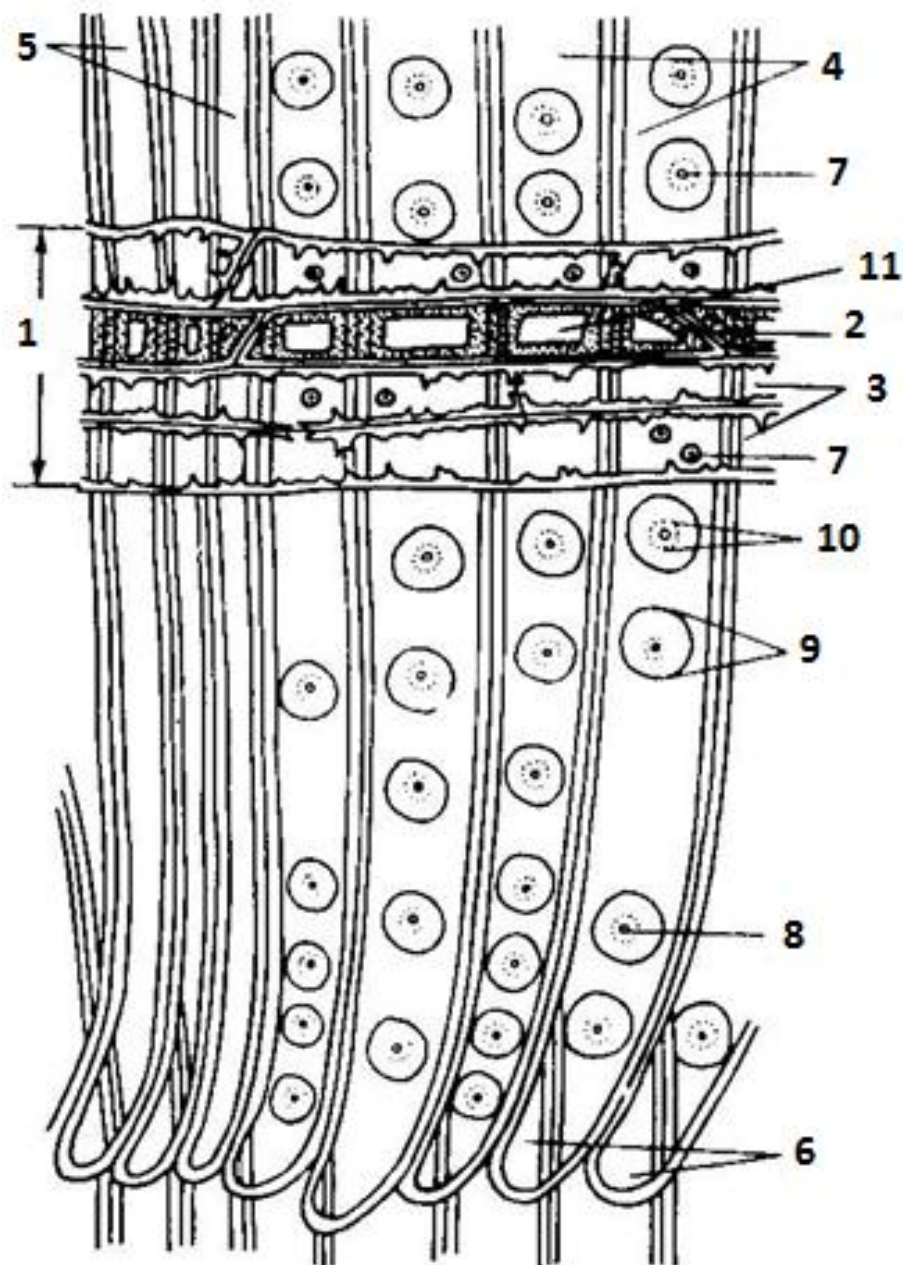


Рис. 70. Радиальный разрез древесины сосны: 1 – древесинный луч, 2 – лучевая паренхима, 3 – лучевые трахеиды, 4 – трахеиды ранней древесины, 5 – трахеиды поздней древесины, 6 – окончания трахеид, 7 – окаймленные поры, 8 – отверстие поры, 9 – окаймление поры, 10 – торус, 11 – окновидные поры (по Р.П. Барыкиной и др., 1979)

Пояснение к препарату

Радиальный срез древесины дает представление о трахеидах как очень длинных, вытянутых в продольном направлении прозенхимных клетках со слегка закругленными окончаниями. Между концами трахеид, расположенными на одном уровне, вклиниваются трахеиды, принадлежащие другому ярусу. Окаймленные поры, находящиеся на радиальных стенках трахеид, видны в плане. Они представляют собой совокупность трех концентрических окружностей, самая внутренняя из которых соответствует отверстию камеры поры, средняя – очертаниям торуса, внешняя контурам окаймления.

Древесинные лучи на радиальном срезе имеют вид широких горизонтальных полос, состоящих из нескольких рядов клеток. Внутренняя часть луча сложена тонкостенными клетками **лучевой паренхимы**, вытянутыми в радиальном направлении. Клетки содержат крахмал и капли масла. В старой древесине протопласты клеток лучевой паренхимы отмирают. В месте пересечения с каждой продольной трахеидой в стенке паренхимной клетки формируется по одной крупной округло-четыреугольной простой поре. Эти поры называют **окновидными**. Общее число пор в клетке зависит от числа трахеид, с которыми данная клетка соприкасается. Со стороны трахеиды поры имеют небольшое окаймление. Такие полуокаймленные поры можно было видеть на поперечном срезе древесины, если его плоскость прошла через середину луча. По краям луча располагаются **лучевые трахеиды**, или трахеидальные клетки. Это мертвые клетки, обеспечивающие перемещение воды в радиальном направлении. Обычно они короче клеток лучевой паренхимы и часто имеют неправильные очертания. Внутренняя поверхность их клеточных стенок зубчатая. Многочисленные мелкие окаймленные поры расположены на всех стенках. Лучи, состоящие из клеток функционально и морфологически неоднородных, называют **гетерогенными**.

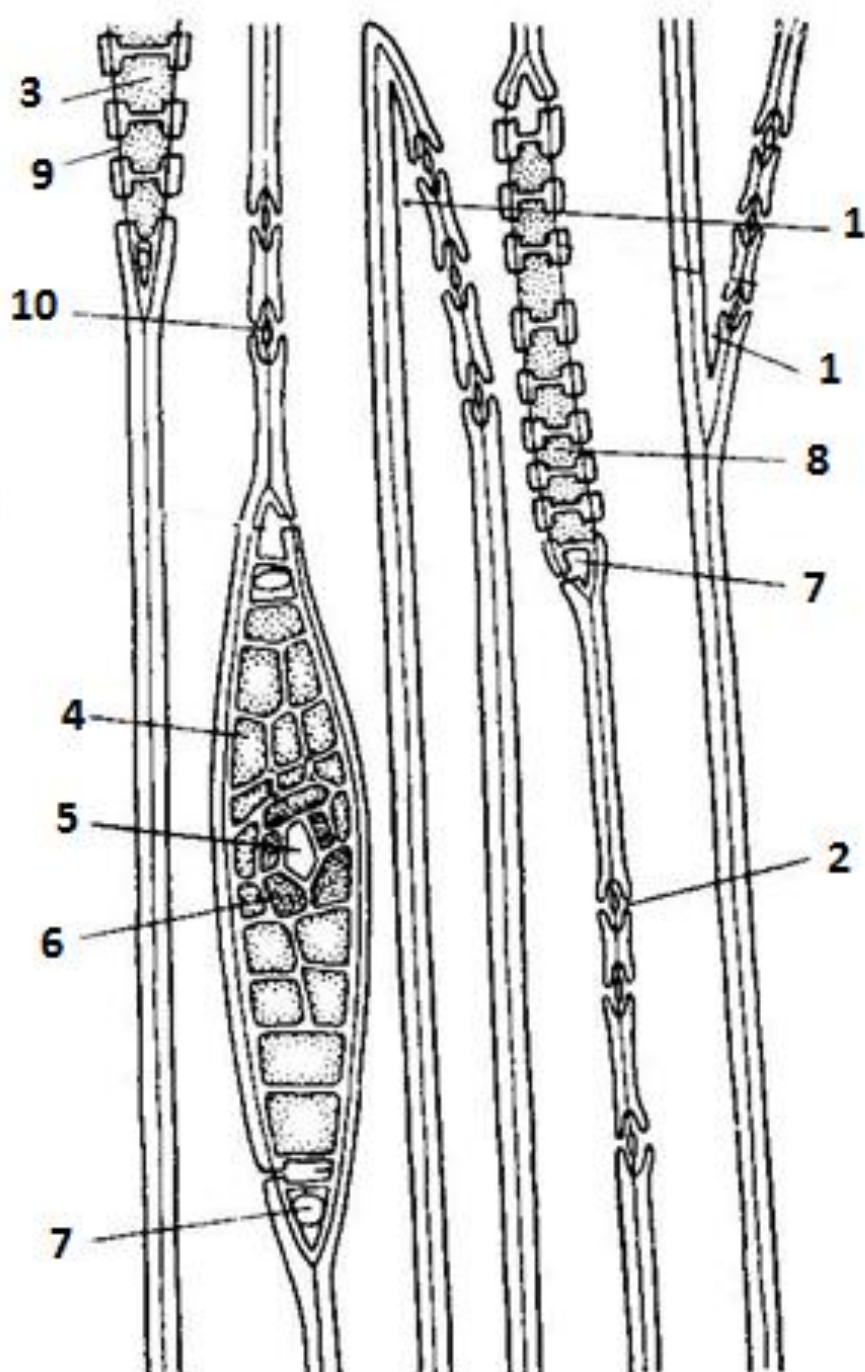


Рис. 71. Тангентальный срез древесины сосны: 1 – окончание трахеиды, 2 – окаймленные поры, 3 – однорядный луч, 4 – многорядный луч, 5 – смоляной ход, 6 – эпителиальные клетки, 7 – лучевые трахеиды, 8 – лучевая паренхима, 9 – оконцевая пора, 10 – торус (по Р.П. Барыкиной и др., 1979)

Пояснение к препарату

На тангентальном срезе вертикальные трахеиды имеют заостренные окончания. Поры на их радиальных стенках видны в разрезе. Древесинные лучи, вклинивающиеся между трахеидами, перерезаны поперек. Они представляют собой цепочки коротких округлых или квадратно-прямоугольных клеток. Средняя часть луча занята клетками запасающей паренхимы, краевые клетки луча представлены лучевыми трахеидами. Наряду с однорядными лучами высотой 1–12 клеток встречаются сложные многорядные веретеновидные лучи, в расширенной средней части которых находится, но одному смоляному каналу, принадлежащему горизонтальной **смоловыделительной** системе. На продольных срезах могут быть и вертикальные смоляные каналы в виде широких полос, состоящих либо из эпителиальных клеток, либо из клеток паренхимной обкладки. Если срез пройдет через середину полости канала, то срез распадется на две части.

Работа 3. Строение многолетней ветки липы мелколистной *Tilia cordata* Mill.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез ветки, поместить его на предметное стекло в каплю раствора сафранина, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать участок стебля (рис. 72).

Пояснение к препарату

Периферическая зона стебля липы представлена перидермой, большую часть которой составляет темно-бурая пробка. Клетки перидермы расположены радиальными рядами. В молодых стеблях на поверхности перидермы сохраняются остатки эпидермы.

Первичная кора – небольшая и состоит из клеток пластинчатой колленхимы и запасающей паренхимы. В некоторых клетках первичной коры встречаются друзы оксалата кальция. В центральном ци-

линдре отсутствует перицикл. На границе с первичной корой находятся группы одревесневших толстостенных клеток, разделенные паренхимой.

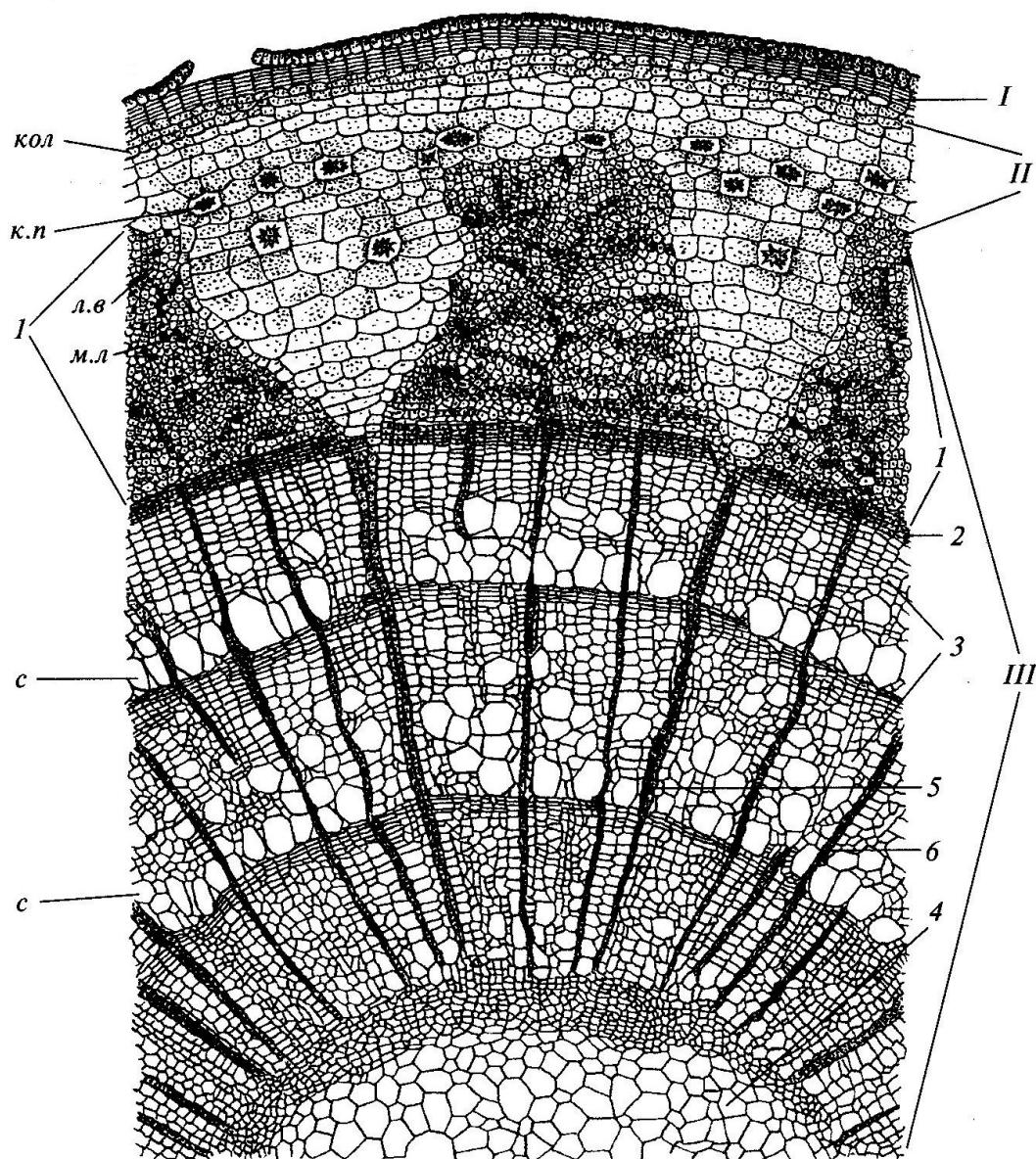


Рис. 72. Ветка липы (поперечный срез): I – перидерма; II – первичная кора (кол – колленхима; к.п – кристаллоносная паренхима); III – центральный цилиндр (1 – луб; л.в – лубяные волокна; м.л – «мягкий луб»; 2 – камбий; годичные приросты древесины; 4 – сердцевина; 5 – первичный сердцевинный луч; 6 – вторичный лубодревесинный луч; с – сосуды) (по В.П. Викторову и др., 2001)

Эти одревесневшие элементы представляют собой первичные лубяные волокна, возникающие из наружной части прокамбиальных тяжей в период первичной дифференциации анатомической структуры. С них начинаются трапециевидные участки луба. Узкие основания этих участков – первичные лубяные волокна. Внутри от них располагается вторичная флоэма, или вторичный луб. Он состоит из чередующихся тангентальных полосок твердого и мягкого луба. Твердый луб состоит из толстостенных одревесневших лубяных волокон, мягкий луб из ситовидных трубок, клеток-спутниц и паренхимы. Между трапециевидными участками луба располагаются участки лучей в виде треугольника с основанием, обращенным к первичной коре. Это лубяные части первичных сердцевинных лучей, соединяющих сердцевину с первичной корой. Камбиальная зона представлена несколькими рядами таблитчатых клеток. Вовнутрь от нее находится вторичная древесина с несколькими годичными кольцами. В них хорошо различимы крупные округлые или угловатые в очертании сосуды, более или менее равномерно расположенные по годичному кольцу. Во внутренней части первого годичного кольца на границе с перимедуллярной зоной сердцевины различаются радиальные цепочки мелких сильноодревесневших элементов первичной ксилемы. Вторичные лучи, которые образуют лучевые инициалии камбия, обычно узкие, 1–3-рядные.

Сердцевина стебля липы сложена паренхимными клетками, среди которых встречаются крупные слизевые каналы. Периферическая часть сердцевины – перимедуллярная зона состоит из более мелких и толстостенных клеток.

Работа 4. Строение древесины липы мелколистной *Tilia cordata* Mill.

Х о д р а б о т ы

1. Приготовить поперечный срез древесины липы, так чтобы он захватил границу годичных колец, поместить его на предметное стекло в каплю раствора сафранина, накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препарат при малом, а затем большом увеличении.
3. Зарисовать участок среза древесины на границе двух годовичных колец (рис. 73), отметить сосуды, трахеиды, либриформ, клетки древесной паренхимы и клетки лучей.
4. Приготовить радиальный срез древесины липы, поместить его на предметное стекло в каплю раствора сафранина, накрыть покровным стеклом.
5. Изучить препарат при малом, а затем большом увеличении.
6. Зарисовать участок среза древесины (рис. 74), отметить спирально-пористые сосуды, спиральные трахеиды, либриформ, клетки тяжелой и лучевой паренхимы.

Пояснение к препарату

Древесина состоит из сосудов и трахеид, выполняющих функцию проведения, древесинных волокон, или волокон либриформа, обуславливающих механическую прочность древесины, тяжелой и лучевой древесинной паренхимы.

На поперечных срезах древесины (рис. 73) границы между кольцами прироста хорошо выражены, так как периферическая часть поздней древесины составлена клетками, сжатыми в радиальном направлении и более толстостенными по сравнению с элементами ранней древесины, отложенными камбием в следующем вегетационном периоде.

Липа относится к числу древесных пород с рассеянососудистой древесиной, так как сосуды наиболее широкопросветные элементы древесины – расположены диффузно по кольцу прироста. Число сосудов и размеры их поперечного сечения постепенно уменьшаются от ранней древесины к поздней. На поперечных срезах сосуды имеют овальные, округлые или округло-многоугольные очертания. Кроме многочисленных многорядных мелких окаймленных пор с овальными окаймлениями и узкими щелевидными отверстиями сосуды имеют

также спиральные утолщения, возникающие из третичной оболочки. Такие сосуды называют спирально-пористыми. Их структурные особенности хорошо видны на продольных срезах древесины. Членики сосудов сообщаются между собой посредством простых (одиночных) перфораций, имеющих овальные или округлые очертания и расположенных обычно наклонно к продольной оси сосуда.

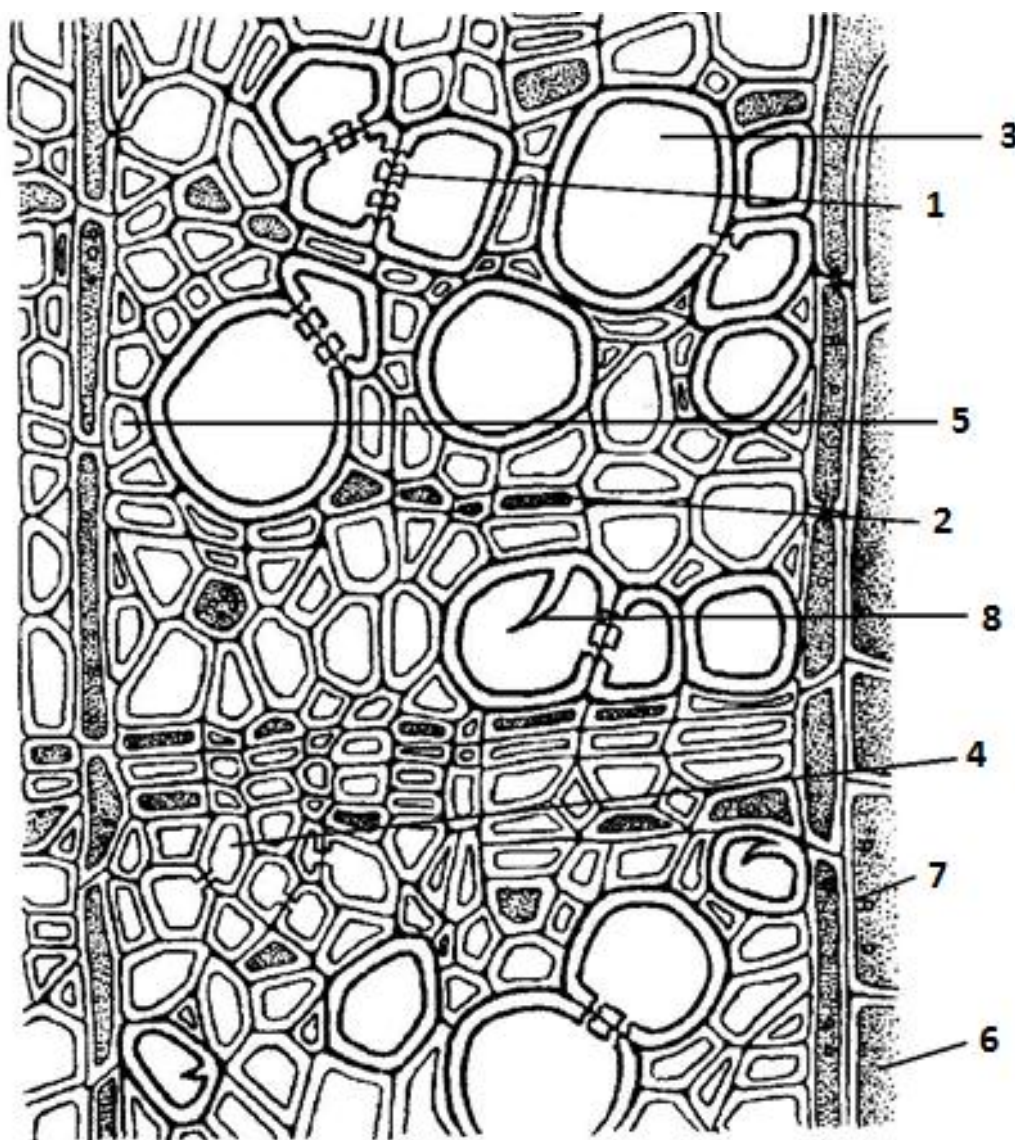


Рис. 73. Поперечный срез древесины липы: 1 – окаймленные поры, 2 – тяжелая паренхима, 3 – сосуды, 4 – трахеиды, 5 – либриформ, 6 – паренхима лучей, 7 – сердцевинный луч, 8 – обрывок спирального утолщения оболочки сосуда (по В.П. Викторову и др., 2001)

Трахеиды встречаются главным образом в поздней древесине. По сравнению с сосудами они более узкопросветисты. На поперечных срезах трахеиды многоугольные, на продольных – представляют собой длинные прозенхимные клетки со спиральными, часто перекрещивающимися утолщениями внутренних слоев клеточных стенок. Поры на стенках трахеид заметны плохо.

Либриформ, или древесинные волокна, – длинные прозенхимные клетки с гладкими стенками, многоугольными, а в поздней древесине часто таблитчатыми очертаниями поперечного сечения. Как правило, это наиболее толстостенные элементы древесины. Однако по сравнению с другими породами липа имеет довольно тонкостенные волокна, поэтому ее древесина мягка и характеризуется малой объемной массой. Степки древесинных волокон снабжены мелкими щелевидными порами без окаймления. Они отчетливо заметны на продольных срезах. В смежных стенках соседних клеток длинные оси щелевидных каналов каждой пары пор по-разному ориентированы по отношению к продольным осям клеток. При фокусировке с помощью микровинта микроскопа можно видеть, что щелевидные отверстия поровых каналов перекрещиваются и поры в стенках либриформа выглядят крестообразными.

Клетки тяжелой древесинной паренхимы на поперечных срезах расположены диффузно или собраны в тангентальные цепочки из двух-трех клеток. На продольных срезах (рис. 74) видно, что каждый тяж состоит из нескольких вытянутых в длину клеток с пористыми стенками. Как и в лубяной паренхиме, конечные клетки тяжелой древесинной паренхимы клиновидно заострены. В тяжелой паренхиме откладываются запасной крахмал или масло.

Клетки лучевой паренхимы слегка вытянуты в радиальном направлении. Структурные особенности древесинных лучей лучше всего выражены на радиальных срезах (рис. 74). У липы лучи гомогенные, так как состоят из морфологически одинаковых клеток. Лучевая паренхима выполняет функцию запаса и участвует в перемещении веществ в горизонтальном направлении.

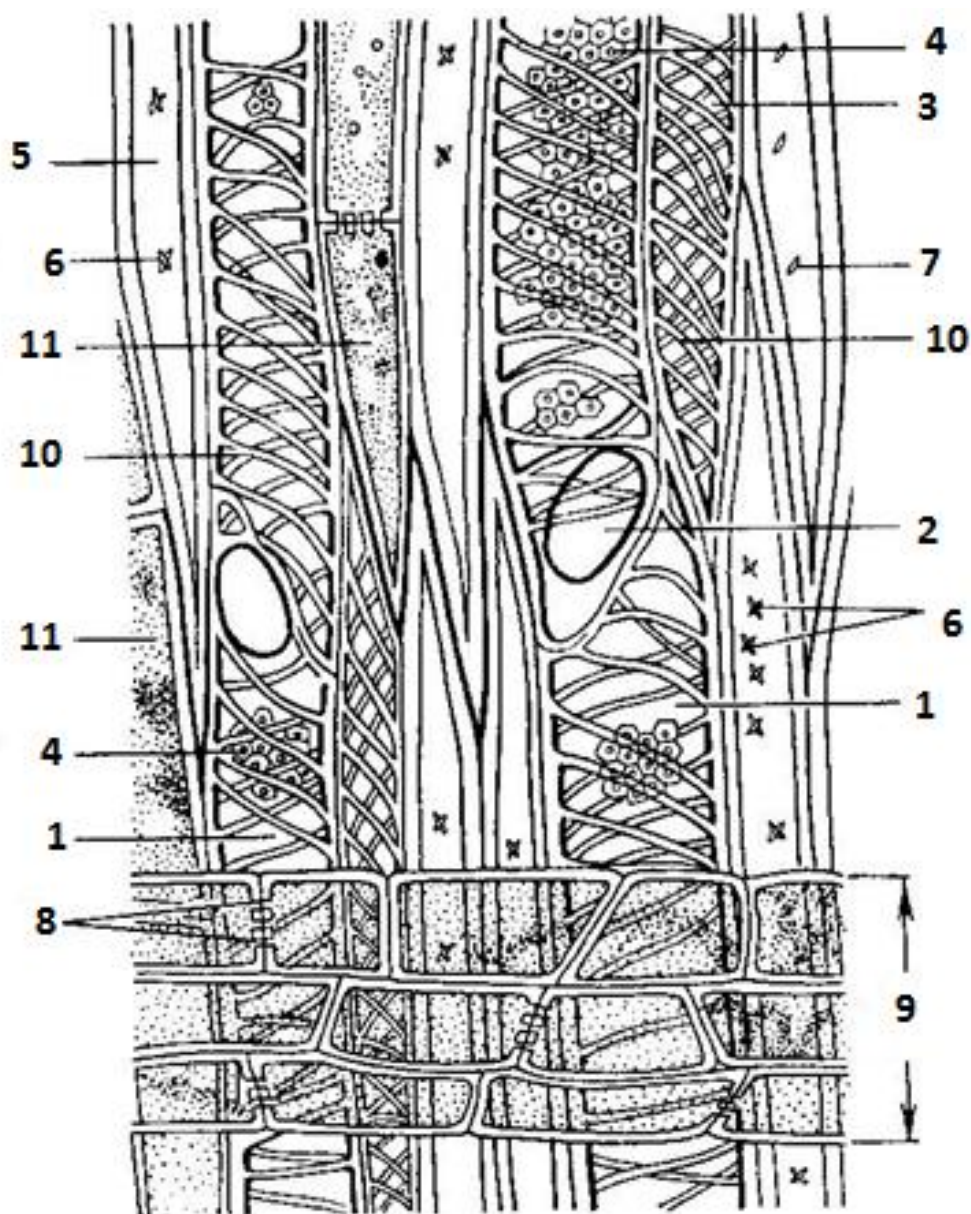


Рис. 74. Радиальный срез древесины липы: 1 – спирально-пористый сосуд, 2 – простая перфорация, 3 – трахеида со спиральными утолщениями оболочки, 4 – окаймлённые поры, 5 – либриформ, 6 – крестовидные поры, 7 – щелевидная пора, 8 – простая пора, 9 – древесинный луч, 10 – спиральные утолщения оболочки, 11 – тяжёлая древесинная паренхима (по Р.П. Барыкиной и др., 1979)

Вопросы и задания

1. Каковы особенности структуры флоэмы и ксилемы у хвойных?

2. По каким гистологическим элементам можно отличить стебель голосеменного растения от стебля древесного покрытосеменного?

ЗАНЯТИЕ № 21. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ДВУДОЛЬНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ

У двудольных травянистых растений различают два основных типа первичной структуры стебля, в зависимости от характера заложения прокамбия – пучковое и непучковое. Однако оно быстро замещается на вторичное строение, что обусловлено активной работой камбия. При этом из двух первичных структур могут развиваться три вторичные. Их пучкового развивается собственно пучковая структура и переходная. Из непучковой, собственно непучковая.

Пучковое строение встречается у укропа, бобовых, лютика и др. При первичном строении открытые проводящие пучки разделены первичными сердцевинными лучами паренхимы. Остаток прокамбия в пучках дает начало пучковому камбию, который откладывает к центру вторичную ксилему, а к периферии вторичную флоэму. Активность пучкового камбия стимулирует межпучковую паренхиму, часть клеток которой дает начало межпучковому камбию. В результате кольцо камбия смыкается. При этом пучковый камбий продолжает производить проводящие ткани, а межпучковый – производит паренхиму. В результате сохраняется пучковое строение.

Пучковое строение может смениться непучковым, сплошным. Это **переходный** тип строения, характерный для подсолнечника, петрушки, георгинов и др. Первоначально развитие такой структуры протекает как при пучковом, но сформировавшийся межпучковый камбий откладывает не паренхиму, а новые проводящие пучки. Постепенно все эти пучки могут слиться в сплошной трехслойный цилиндр.

Непучковое строение свойственно стеблям многих многолетних трав (лен). Прокамбиальный цилиндр, дифференцируясь, дает к центру цилиндр первичной ксилемы, а к периферии первичной флоэмы.

Между ними формируется сплошной слой камбия. Камбий откладывает во внутрь вторичную ксилему, наружу вторичную флоэму. Местами камбий откладывает в обе стороны паренхимные клетки сердцевинных лучей.

•**Цель работы:** выявить особенности анатомического строения травянистых двудольных растений.

•**Средства обучения:** таблицы, побеги клевера лугового – *Trifolium pratense* L., подсолнечника однолетнего – *Helianthus annuus* L., постоянный микропрепарат «стебель льна», раствор сернокислого анилина, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Пучковое анатомическое строение стебля клевера лугового *Trifolium pratense* L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез стебля, поместить его на предметное стекло в воды, накрыть покровным стеклом. Окрасить препарат раствором сернокислого анилина.
2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать участок стебля, отметив ткани (рис. 75).
3. В тетради составьте пояснение к препарату.

Работа 2. Переходное анатомическое строение стебля подсолнечника однолетнего *Helianthus annuus* L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез стебля, поместить его на предметное стекло в воды, накрыть покровным стеклом. Окрасить препарат раствором сернокислого анилина.
2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать участок стебля, отметив ткани (рис. 76).
3. В наблюдениях укажите:

○ Каковы анатомические отличия добавочных проводящих пучков от основных?

○ В стебле подсолнечника отсутствует перицикл, но хорошо развиты тяжи склеренхимы, укажите их расположение и происхождение.

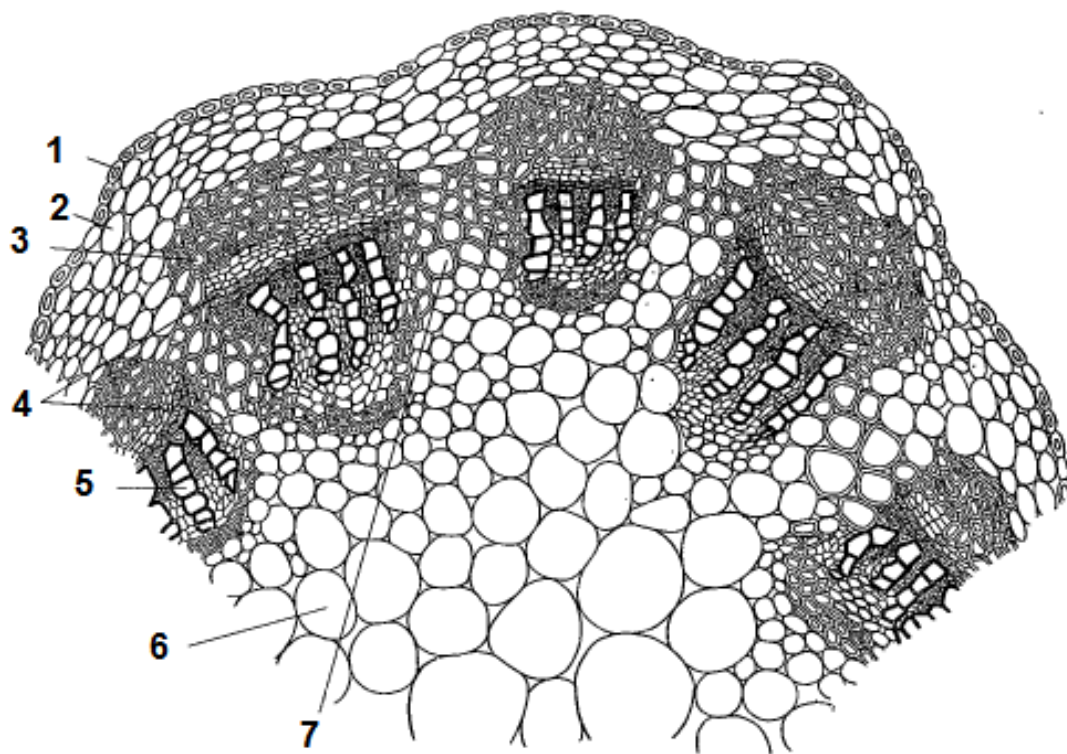


Рис. 75. Поперечный срез стебля клевера: 1 – эпидерма, 2 – паренхима коры, 3 – флоэма, 4 – пучковый камбий, 5 – паренхима сердцевины, 7 – сердцевинные лучи (по В.Х. Тутаюк, 1980)

Пояснение к препарату

Снаружи стебля расположена эпидерма с крупными многоклеточными волосками, под ней находится механическая ткань - колленхима, а под колленхимой – небольшой слой паренхимы первичной коры, заканчивающийся извилистым слоем эндодермы. В паренхиме имеются схизогенные смоляные ходы. Таким образом, первичная кора состоит из колленхимы, основной паренхимы, эндодермы. Внутри от первичной коры расположен центральный цилиндр. Он начинается перициклической зоной, состоящей из участков склеренхимы, чере-

дующихся по кругу с тонкостенной паренхимой. Тяжи склеренхимы расположены не произвольно, а в комплексе с коллатеральными проводящими пучками, они прилегают к флоэмной части пучка. Пучки открытые, расположены равномерно по окружности стебля. Несколько вогнутая зона пучкового камбия, выходя за пределы пучка, формирует выпуклую дугу межпучкового камбия. Широкая зона камбия – свидетельство активной его деятельности.

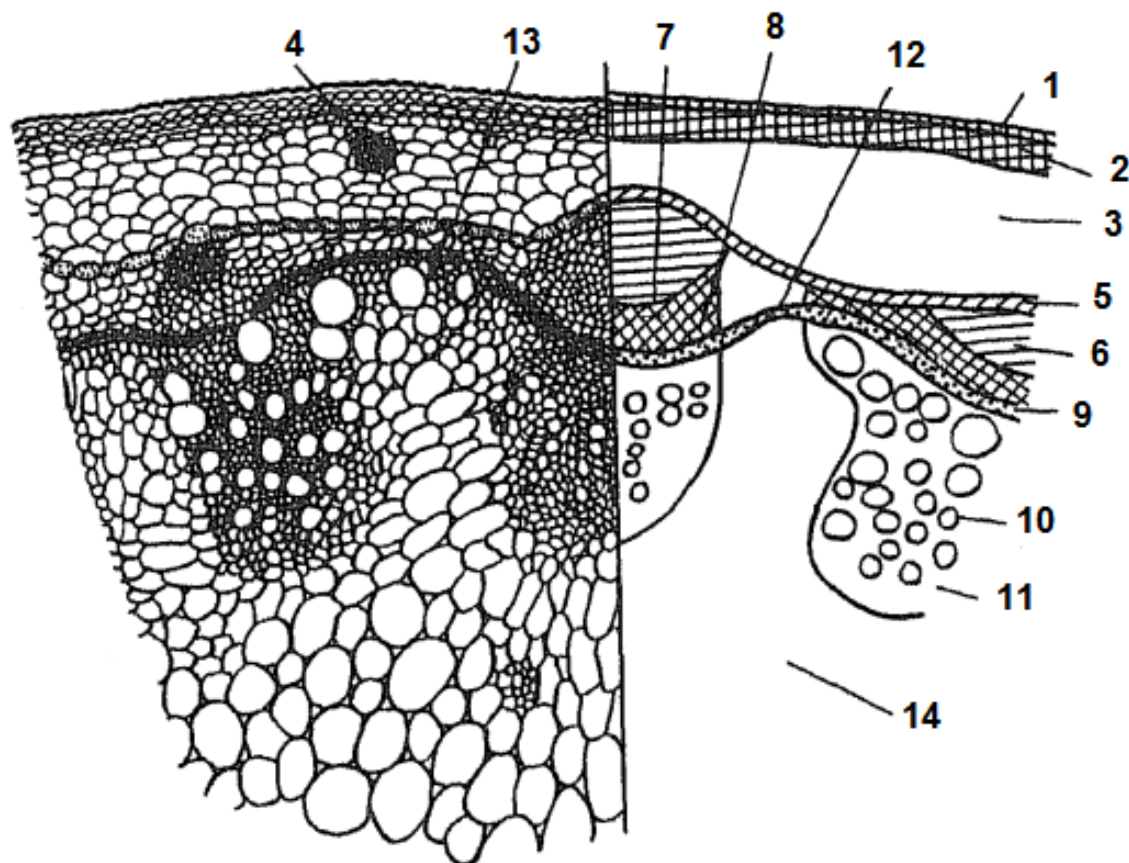


Рис. 76. Поперечный срез стебля подсолнечника: 1 – эпидерма, 2 – колленхима, 3 – паренхима коры, 4 – смоляной ход, 5 – эндодерма, 6 – склеренхима, 7 – первичная флоэма, 8 – вторичная флоэма, 9 – пучковый камбий, 10 – вторичная ксилема, 11 – первичная ксилема, 12 – межпучковый камбий, 13 – добавочный пучок, 14 – паренхима сердцевины (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1988)

Действительно, за два месяца стебель подсолнечника утолщается в 8–10 раз. Межпучковый камбий возникает из паренхимы сердце-

винных лучей после того, как из прокамбия сформируются проводящие пучки и начинается деятельность пучкового камбия. Межпучковый камбий образует элементы нового проводящего пучка: ксилему к центру стебля и флоэму к его периферии. Постепенно новые и старые пучки разрастаются и сливаются. В результате деятельности межпучкового камбия образуются сплошной слой ксилемы с острыми выступами, вдающимися в сердцевину, и сплошной слой флоэмы. Крупноклеточная паренхима сердцевины составляет основную массу стебля.

Работа 3. Непучковое анатомическое строение стебля льна обыкновенного *Linum usitatissimum* L.

Ход работы

1. Изучить при малом увеличении постоянный микропрепарат поперечного среза стебля льна
2. Зарисовать участок стебля, отметив ткани (рис. 77).
3. В наблюдениях укажите:
 - Каково происхождение лубяных волокон в стебле льна?

Пояснение к препарату

У стебля льна на поверхности расположены крупные клетки эпидермы, покрытые кутикулой. За эпидермой лежит небольшой слой мелких клеток хлорофиллоносной паренхимы коры. Первичная кора заканчивается волнистым рядом более крупных клеток эндодермы. Внутри от эндодермы находятся плотные группы толстостенных крупных клеток, округлых или многогранных. Это лубяные волокна перициклического происхождения, ради которых и возделывают лен. Далее к центру расположен тонкий слой флоэмы, а за ней - камбий. Вторичная ксилема состоит из крупных пористых сосудов, трахеид и древесинных волокон. На границе с сердцевиной расположены мелкие кольчатые и спиральные сосуды первичной ксилемы. Ксилему пересекают сердцевинные лучи из живых паренхимных клеток с одревесневающими стенками. Сердцевина состоит из крупноклеточной паренхимы, которая в центре разрушается, образуя полость.

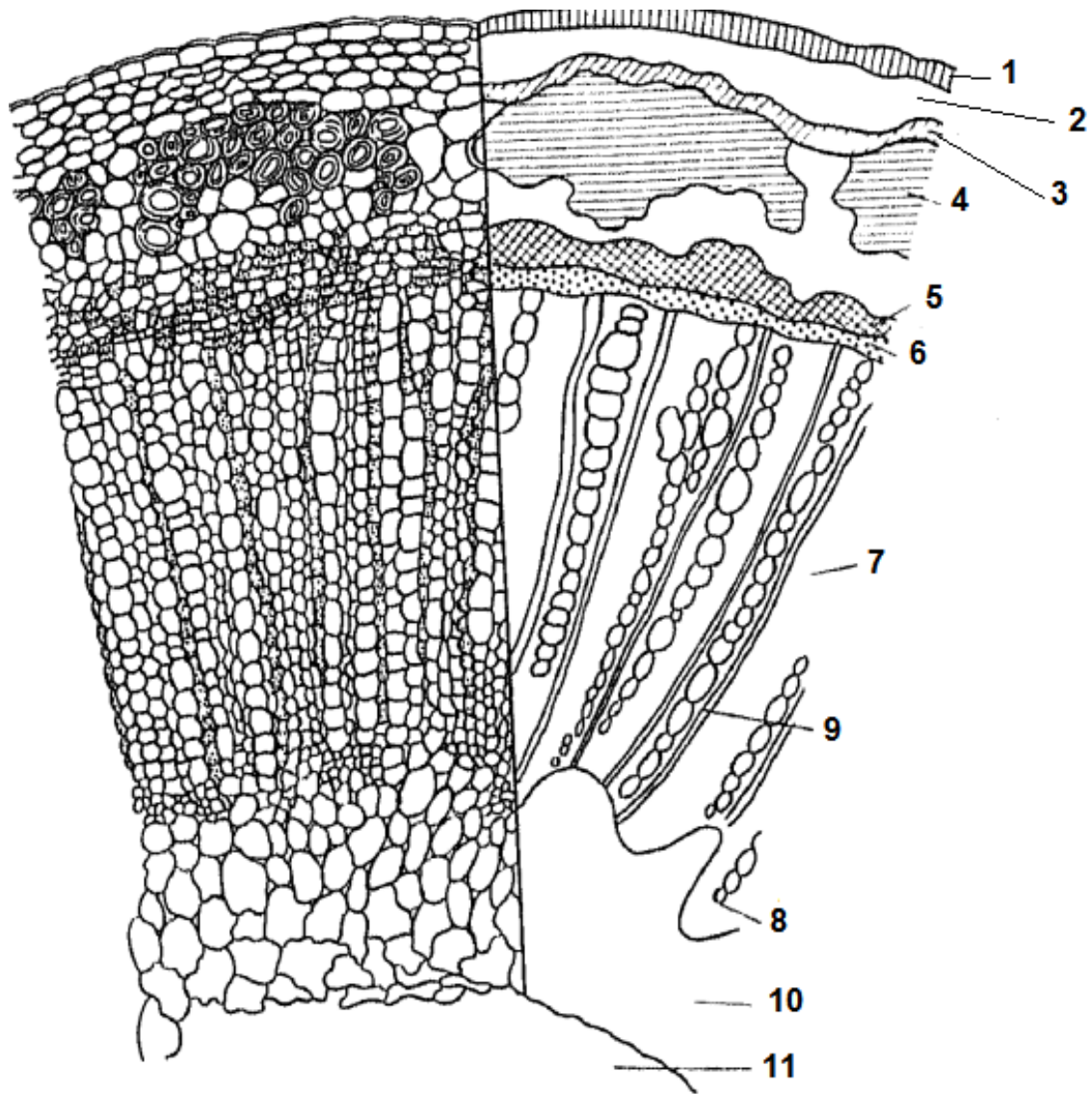


Рис. 77. Поперечный срез стебля льна: 1 – эпидерма, 2 – паренхима первичной коры, 3 – эндодерма, 4 – лубяные волокна, 5 – флоэма, 6 – камбии, 7 – вторичная ксилема, 8 – первичная ксилема, 9 – сердцевинный луч, 10 – паренхима сердцевины, 11 – полость (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1988)

Вопросы и задания

1. Чем обусловлено образование непучкового, переходного и пучкового типов вторичного строения стебля?

2. Как дифференцируется камбий при пучковом, переходном и непучковом строении стебля?
3. Каковы основные различия в анатомической структуре стебля травянистых и древесных двудольных растений?
4. Каковы различия в анатомическом строении стебля и корня при вторичном строении?
5. По каким признакам анатомического строения можно отличить стебель от корня?

ЗАНЯТИЕ № 22. АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ОДНОДОЛЬНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ

Конус нарастания однодольного растения имеет то же строение, что и двудольного. Однако в субапикальной зоне верхушки побега однодольных не выражено образовательное кольцо, наличие которого определяет заложение прокамбиальных тяжей вокруг сердцевины. В отличие от двудольных, у многих однодольных под конусом нарастания закладывается особая *меристема первичного утолщения*. Боковые части этой меристемы, находящиеся на уровне самых молодых листовых зачатков, состоят из клеток, расположенных радиальными рядами. Делясь периклинально, клетки этой меристемы отчленяют новые клетки преимущественно наружу, и осевая часть верхушки побега разрастается в толщину уже на небольшом расстоянии от конуса нарастания.

У злаков, например, у кукурузы, меристема первичного утолщения функционирует не очень активно (рис. 78, А). У рогоза она производит наружу большое число клеток, в результате чего листовые зачатки приподнимаются и располагаются на одном уровне с конусом нарастания (рис. 78, Б). У пальм листовые зачатки приподняты над конусом нарастания. Благодаря активности этой меристемы верхняя часть ствола приобретает значительную толщину, в основании ствола она увеличивается незначительно вследствие разрастания паренхимных клеток, подвергающихся склерификации (рис. 78, В).

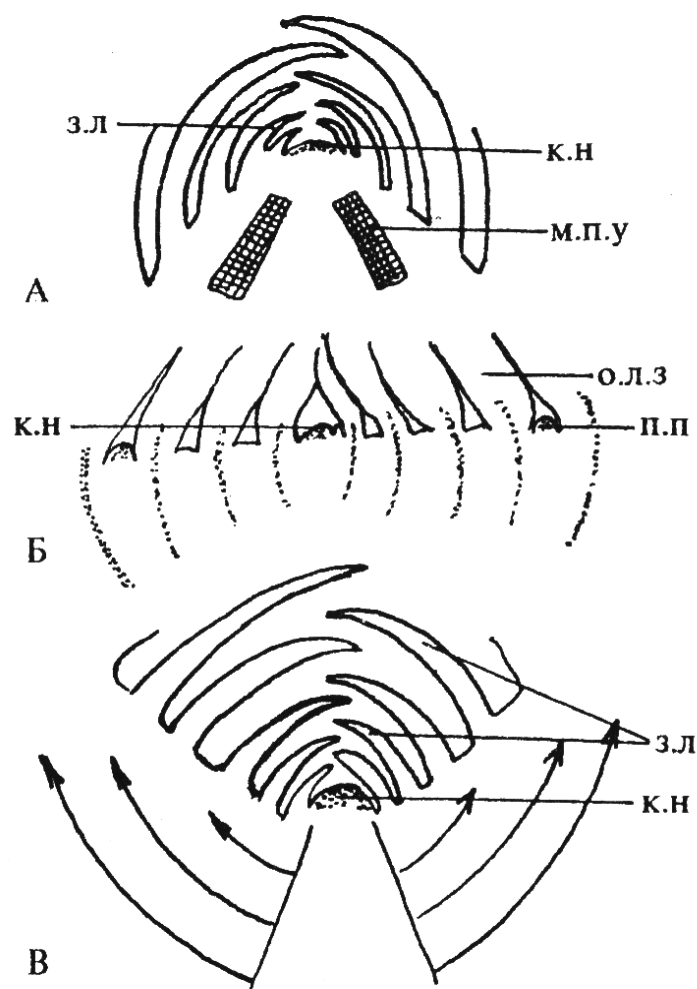


Рис. 78. Положение листовых зачатков по отношению к конусу нарастания побега однодольных с меристемой первичного утолщения: А – кукуруза; Б – рогоз; В – пальма: з.л. – зачатки листьев, к.н. – конус нарастания; м.п.у. – меристема первичного утолщения, о.л.з. – основание листовых зачатков, п.п. – пазушная почка (по Л.И. Лотовой, 2001)

Меристема первичного утолщения функционирует на очень коротком протяжении, и, как правило, не участвует в заложении тяжей прокамбия, которые у однодольных закладываются, как и у двудольных и голосеменных, в основании листовых зачатков, но эти тяжи более многочисленны, у пальм их может быть несколько десятков или даже сотен.

Прокамбиальные тяжи закладываются одновременно. В первую очередь образуется тяж прокамбия, из которого в дальнейшем разовьется средняя жилка листа. Это так называемый **медианный тяж**. Немного позднее по бокам от него закладываются боковые, или **латеральные, тяжи** прокамбия. В последнюю очередь формируются тяжи, которые дифференцируются в краевые жилки листовой пластинки. Обилие входящих в стебель тяжей прокамбия или уже образовавшихся из них проводящих пучков определяет их более или менее диффузное расположение на поперечном срезе. Такой тип стелы называют **атактостелой** (от греч. *ataxia* – беспорядочный). Проводящие пучки в атактостеле закрытые.

У травянистых однодольных можно выделить два основных типа строения стебля с выраженной и невыраженной первичной корой.

•**Цель работы:** выявить особенности анатомического строения травянистых двудольных растений.

•**Средства обучения:** таблицы, побеги спаржи обыкновенной – *Asparagus officinalis* L., кукурузы обыкновенной – *Zea mais* L. и ржи посевной – *Secale cereale* L., раствор сернокислого анилина, лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Стебель спаржи обыкновенной *Asparagus officinalis* L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез стебля, поместить его на предметное стекло в воды, накрыть покровным стеклом. Окрасить препарат раствором сернокислого анилина.
2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать участок стебля, отметив ткани (рис. 79).

Пояснение к препарату

На поперечном срезе стебля спаржи можно выделить три зоны: покровную – представленную эпидермой, первичную кору и центральный цилиндр.

Эпидерма имеет типичное строение. Первичная кора состоит из тонкостенных клеток хлоренхимы. Эндодерма не выражена. Центральный цилиндр начинается мощным слоем механических волокон перициклического происхождения. Вся остальная часть стелы занята тонкостенными клетками основной паренхимы с большим числом закрытых коллатеральных пучков.

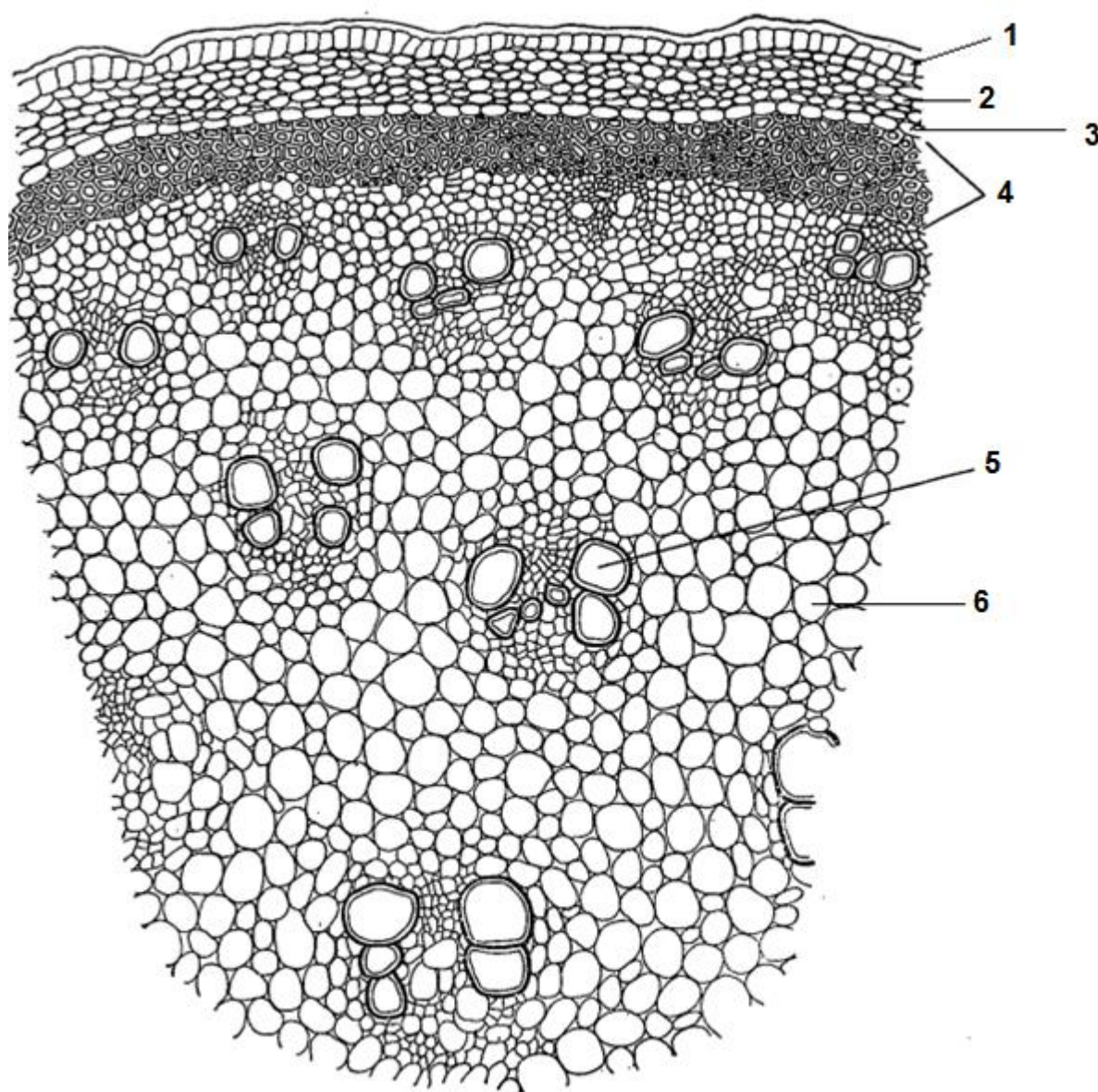


Рис. 79. Поперечный срез стебля спаржи: 1 – эпидерма, 2 – хлоренхима первичной коры, 3 – эндодерма, 4 – склеренхима, 5 – проводящий пучок, 6 – основная паренхима (по В.Х. Тутаюк, 1980)

Работа 2. Стебель кукурузы обыкновенной *Zea mais* L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез стебля, поместить его на предметное стекло в воды, накрыть покровным стеклом. Окрасить препарат раствором сернокислого анилина.

2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать схему строения стебля, отразив размеры и характер расположения пучков, степень развития механической ткани, границы тканей разных типов (рис. 80).

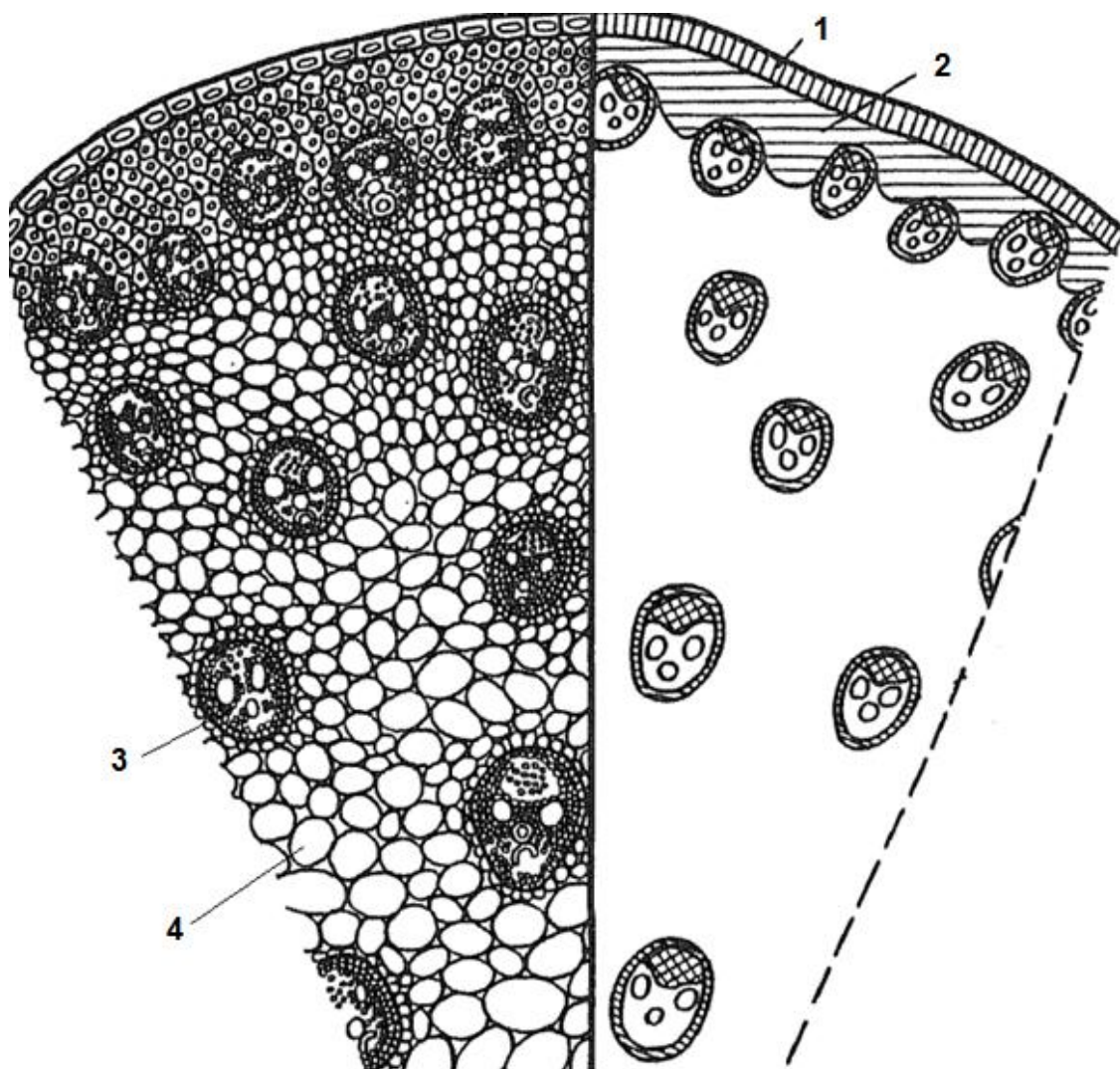


Рис. 80. Поперечный срез стебля кукурузы: 1 – эпидерма, 2 – механическая ткань, 3 – закрытый коллатеральный пучок, 4 – основная паренхима (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1988)

3. В наблюдениях укажите:

•Как меняются размеры пучков в зависимости от расположения в стебле и чем это обусловлено?

Пояснение к препарату

На поперечном срезе стебля кукурузы выделяется только две анатомо-топографические зоны: покровная (эпидерма) и центральный цилиндр. Первичная кора отсутствует. Наружный слой стелы – периферическая склеренхима располагается непосредственно под эпидермой. За кольцом механической ткани следует основная паренхима – ее тонкостенные клетки увеличиваются от периферии к центру. Среди паренхимной ткани залегают закрытые коллатеральные пучки овальной или ромбической формы. Вплотную к склеренхиме лежат сравнительно мелкие пучки, ближе к центру – крупные.

Работа 3. Стебель ржи посевной *Secale cereale* L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез стебля, поместить его на предметное стекло в воды, накрыть покровным стеклом. Окрасить препарат раствором серноокислого анилина.

2. Изучить препарат при малом увеличении, зарисовать участок стебля, отметив ткани (рис. 81).

3. В наблюдениях укажите:

•Каковы особенности происхождения и размещения механических тканей в стебле ржи и биологическое значение такого рода размещения?

Пояснение к препарату

Как и у кукурузы в стебле ржи просматриваются две зоны: покровная и стела. Центральная часть междоузлия ржи имеет крупную воздушную полость в центре. Такой стебель называется соломина.

На поверхности стебля располагается эпидерма с одревесневшими оболочками. Под ней залегает слой плотно сомкнутых волокон

склеренхимы, в которой хорошо видны поровые каналы. Это слой механической ткани прерывается участками хлоренхимы. Между участками ассимиляционной ткани, среди склеренхимы расположены мелкие проводящие пучки. Внутренняя часть склеренхимного кольца граничит с крупноклеточной основной паренхимой центрального цилиндра, в которой находятся более крупные пучки.

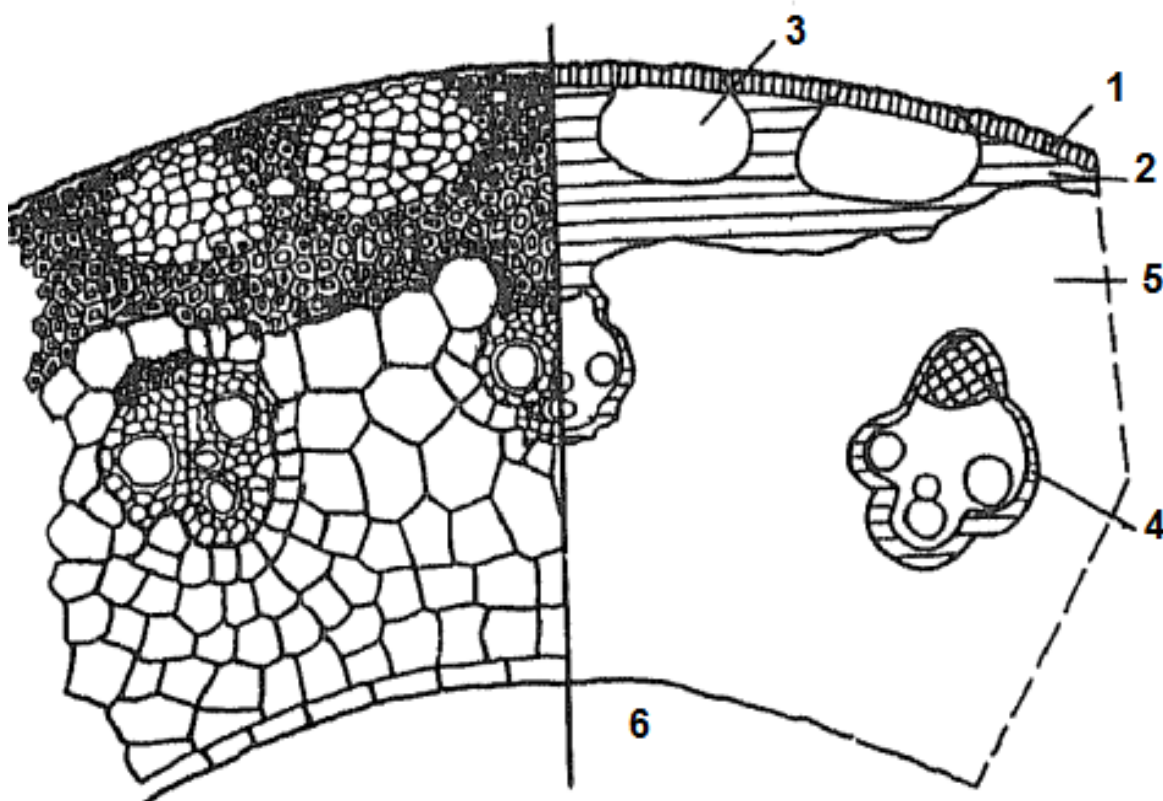


Рис. 81. Поперечный срез стебля кукурузы: 1 – эпидерма, 2 – механическая ткань, 3 – закрытый коллатеральный пучок, 4 – основная паренхима (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1988)

Вопросы и задания

1. Используя результаты проведенных исследований, заполните таблицу 12.

Таблица 12.

Сравнительная анатомия стебля двудольных и однодольных травянистых растений

Элементы анатомического строения	Двудольные	Однодольные
Первичная кора		
Тип стелы		
Сердцевина		
Меристема, формирующая структуру стебля		
Особенности камбия		
Тип анатомического строения стебля		
Тип проводящего пучка		

ЗАНЯТИЕ № 23. МОРФОЛОГИЯ ЛИСТА

Лист – боковой орган побега, как правило, характеризуется плоской формой и ограниченным ростом. В типичном случае он выполняет три основные функции – фотосинтез, газообмен и транспирация. Листья располагаются на побеге в определенном порядке.

Типичный лист состоит из пластинки черешка и основания (рис. 82). **Пластинка** – плоская расширенная часть листа, где происходит фотосинтез. **Черешок** – узкая стеблевая часть листа между пластинкой и основанием, он обеспечивает ориентацию листа по отношению к свету, амортизирует удары дождя и порывы ветра. **Основание** – это место соединения листа со стеблем. Листья с развитыми черешками называют – черешковыми, без черешка – сидячими. Сидячие листья могут быть **стеблеобъемлющими** – если их основание охватывает стебель, и **низбегающими**, если их основание срастается со стеблем на некотором расстоянии по его длине. Основание иногда сильно

расширенно, оно называется **влагалищем**. Злаки имеют на границе пластинки и влагалища особые выросты – язычок (лат. *ligula*) и парные ушки (лат. *auricula*), используемые в диагностике злаков. Довольно часто основание листа образует супротивные боковые выросты – **прилистники**. Их форма, размеры, выполняемая функция, как правило, видоспецифичны. Прилистники могут быть свободными или приросшими к черешку. Иногда прилистники срастаются между собой, образуя защитный орган – **раструб** (гречиха, горец).

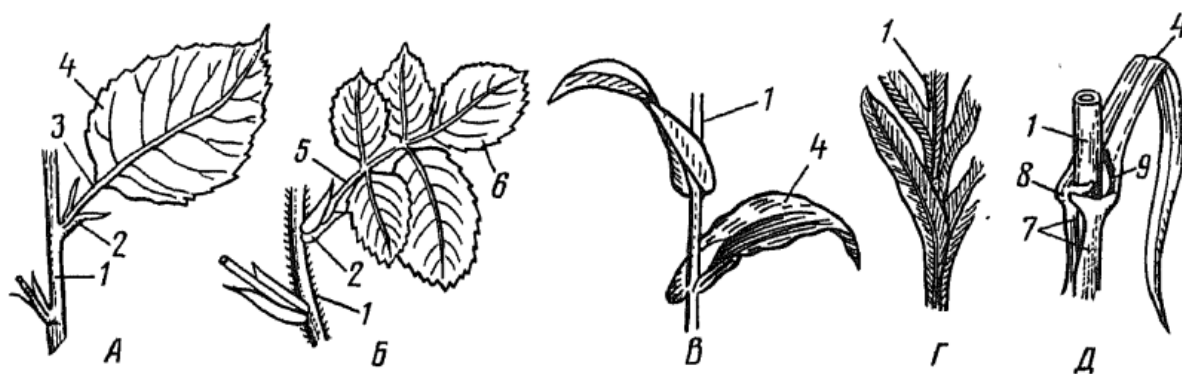


Рис. 82. Типы листьев: А-Б – черешковые с прилистниками (А – простой у яблони, Б – сложный у шиповника), В – сидячий (ярутка), Г – нисбегающий (василек), Д – влагалищный (ячмень); 1 – стебель, 2 – прилистники, 3 – черешок, 4 – листовая пластинка, 5 – рахис, 6 – листочек, 7 – влагалище, 8 – ушки, 9 – язычок.

Различают простые и сложные листья.

Лист называют **простым**, если пластинка и черешок не разделены сочленениями. Практически простой лист легко отличается тем, что его черешок снабжен только одной (самой разнообразной формы) листовой пластинкой.

Среди простых листьев различают:

1. **Листья цельные** – если зубцы, выемки или вырезки по краю не доходят до $\frac{1}{4}$ полуширины листовой пластинки;

2. **Листья расчлененные** – с зубцами, выемками, надрезами или лопастями, превышающими $\frac{1}{4}$ полуширины листовой пластинки (рис. 83).

При характеристике листовых пластинок простых листьев обращают внимание на ее форму, верхушку, основание и край (рис. 84 – 85).

Сложный лист состоит из отдельных листочков, сидящих на собственных черешочках в определенном порядке на общей оси – рахисе (рис. 86).

Если листочки располагаются двумя рядами по сторонам рахиса, лист называют **перистосложным**. Встречаются так же дважды- и триждыперистые листья. Перистосложные листья в свою очередь подразделяют на **непарноперистосложные** если лист заканчивается одним листочком (шиповник) и парноперистосложные – заканчивающиеся парой листочков (горох). Если листочки прикреплены на вершине рахиса и расходятся радиально, как пальцы, лист называют **пальчатосложным** (люпин). Частный случай пальчатосложного листа – тройчатый лист (клевер, люцерна, земляника).

Жилками называются проводящие пучки листовой пластинки, а система жилок листа называется **жилкованием**.

По количеству жилок пластинки листа можно разделить на две группы:

1. Листья с одной жилкой – однонервные;
2. Листья с многими жилками – многонервные.

Число представителей первой группы весьма ограничено. В качестве примера можно привести элодею и некоторые хвойные, у которых в листовой пластинке проходит одна неразветвленная жилка. Подавляющая часть однодольных и двудольных растений принадлежит ко второй группе. У многонервных листьев в пластинку входит или сразу несколько жилок, или одна, но она разветвляется.

Жилка, являющаяся непосредственно продолжением проводящего пучка идущего из черешка в пластинку, называется **жилкой первого порядка, средней** или **главной**. От нее берут начала **боковые жил-**

ки или *жилки второго порядка*; жилки, ответвляющиеся от последних называются жилками третьего порядка, отходящие от них – четвертого, и т.д. По расположению боковых жилок различают два типа жилкования: *перистое* – с одной главной жилкой, от которой под определенным углом отходят боковые; *пальчатое* – с одной главной жилкой и одной или несколькими парами лучеобразно расходящихся базальных боковых жилок. Эти два типа жилкования характерны для двудольных растений.

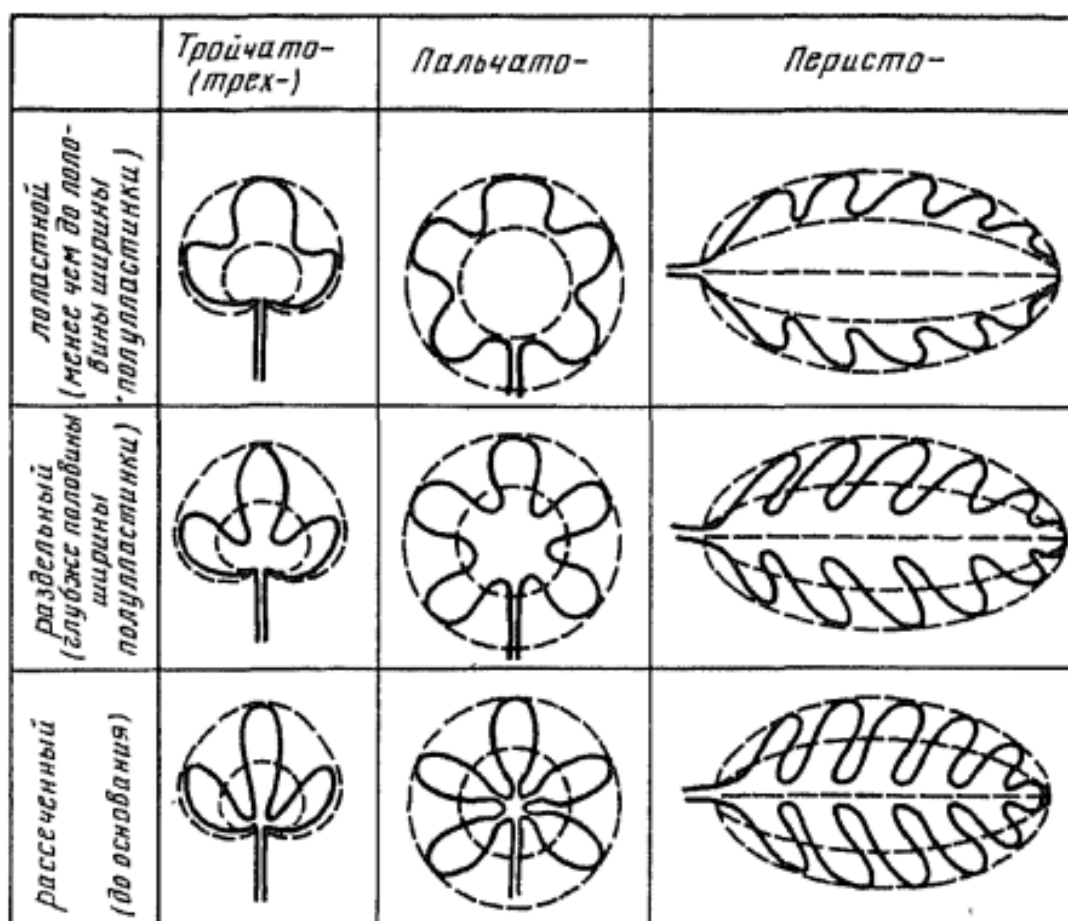


Рис. 83. Типы расчленения пластинки простого листа (по А.Е. Васильеву и др., 1988)

В том случае, когда в листовую пластинку входит сразу несколько жилок одинаковой толщины различают также два типа жилкования: *параллельное* – когда жилки проходят в пластинке параллельно

друг другу; *дуговое* – если жилки от основания к вершине пластинки проходят дугой. Эти типы преимущественно характерны для одно-
дольных растений.

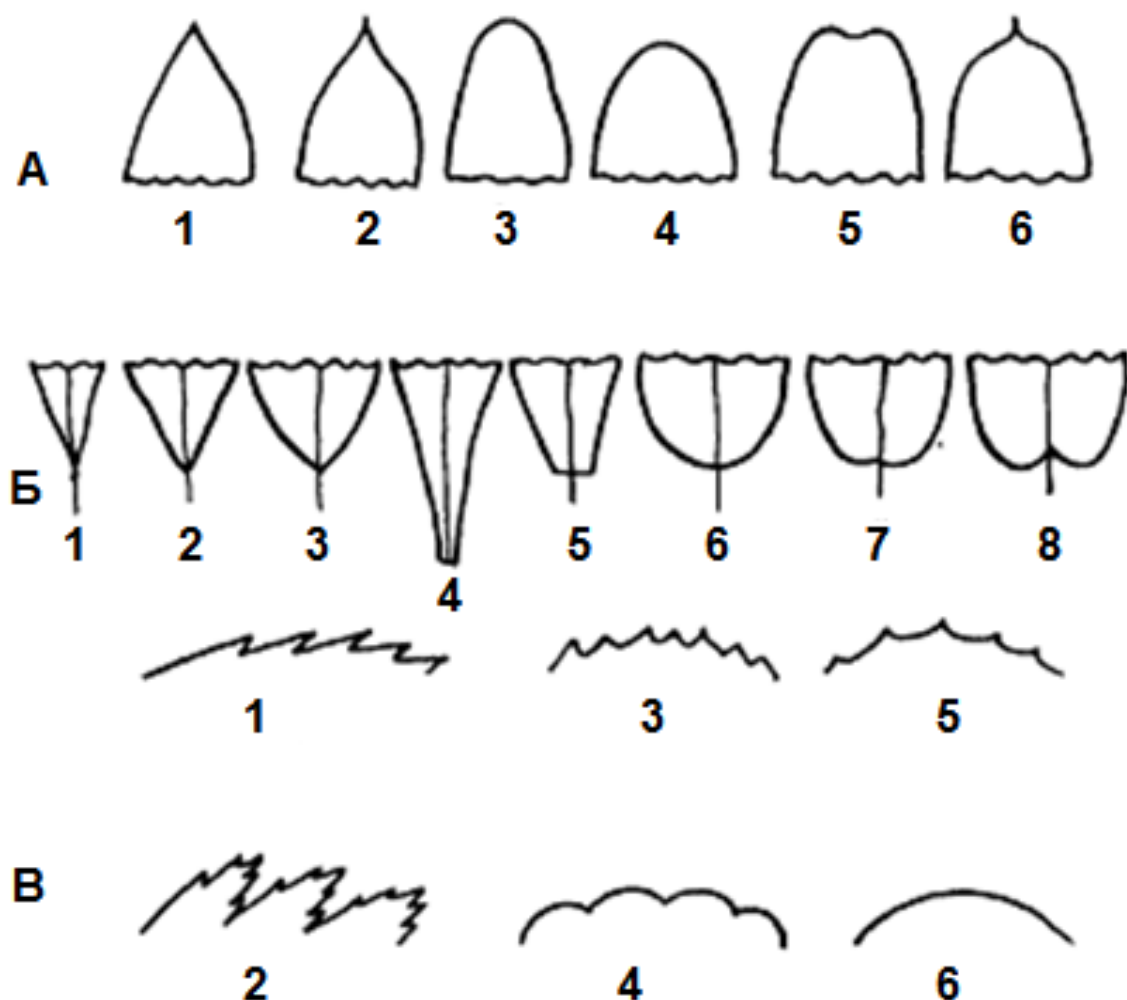


Рис. 84. Главнейшие типы верхушки, основания и края листовой пластинки: *А* – верхушки (1 – острая, 2 – оттянутая, 3 – туповатая, 4 – округлая, 5 – выемчатая, 6 – остроконечная); *Б* – основания (1 – узкоклиновидное, 2 – клиновидное, 3 – ширококлиновидное, 4 – нисбегающее, 5 – усеченное, 6 – округлое, 7 – выемчатое, 8 – сердцевидное); *В* – край листа (1 – пильчатый, 2 – двойкопильчатый, 3 – зубчатый, 4 – городчатый, 5 – выемчатый, 6 – цельный) (по Г.П. Яковлеву, Л.В. Аверьянову, 1996)

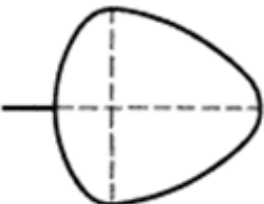
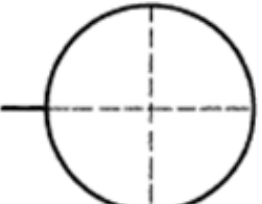
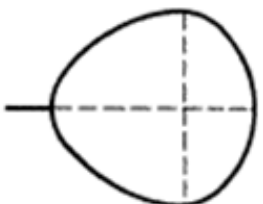
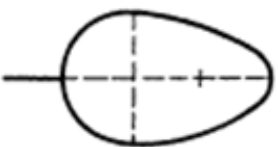
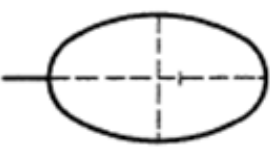
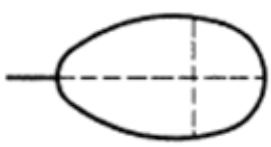
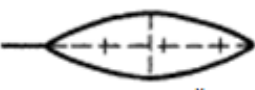
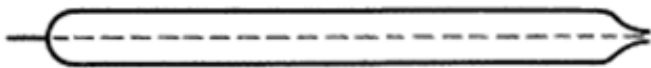
	Наибольшая ширина находится ближе к основанию листа	Наибольшая ширина находится посередине листа	Наибольшая ширина находится ближе к верхушке листа
Длина равна ширине или превышает ее очень мало	 широкояйцевидный	 округлый	 обратно-широкояйцевидный
Длина превышает ширину в 1,5-2 раза	 яйцевидный	 эллиптический	 обратнояйцевидный
Длина превышает ширину в 3-4 раза	 узкояйцевидный	 ланцетный	 обратноузкояйцевидный
Длина превышает ширину более чем в 5 раз	 линейный		

Рис. 85. Обобщенная схема форм листа (по А.Е. Васильеву и др., 1988)

Боковые жилки проходят и оканчиваются в листовой пластинке неодинаково. По этому признаку различают следующие типы жилкования листьев:

1. **Краевое** – боковые жилки доходят до края пластинки листа или даже выступают за край в виде щетинок или остей;

2. **Сетчатое** – боковые жилки, не доходя до края листа, многократно ветвятся, и эти многочисленные разветвления соединяются между собой образуя сетку без отдельных петлей;

3. **Петлевидное** – боковые жилки, не доходя до края листа, заворачиваются кверху и присоединяются к вышележащей боковой жилке, образуя петлю. При этом жилки вдоль края образуют все уменьшающиеся петли, которые четко выделяются на фоне сети более мелких жилок.

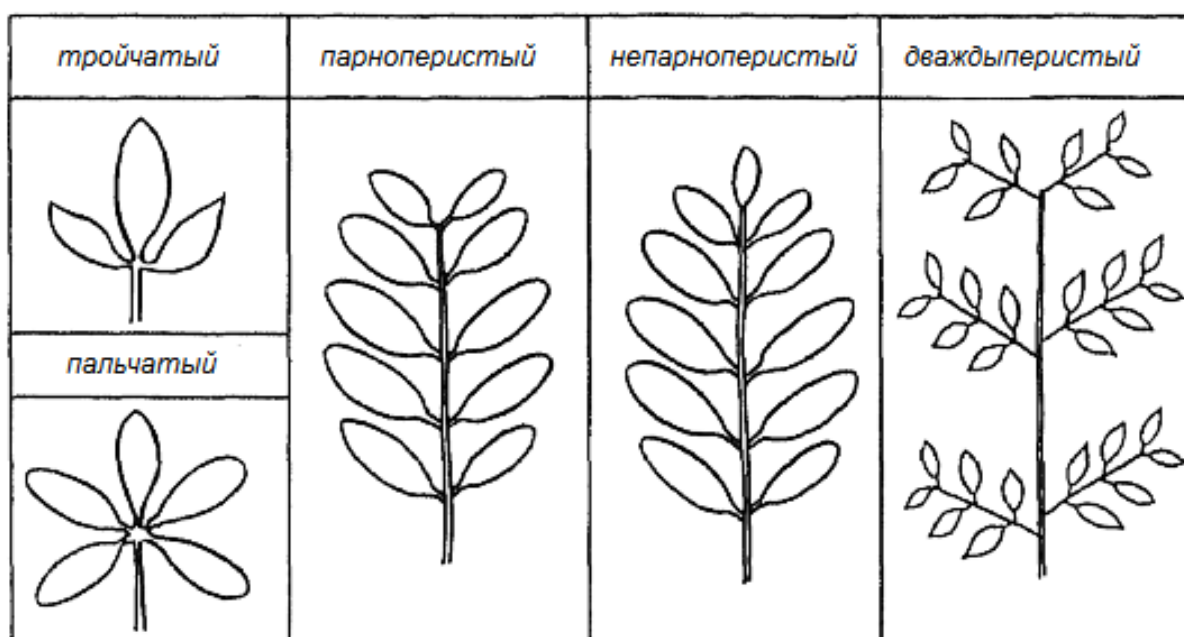


Рис. 86. Классификация сложных листьев

Обычно при характеристике жилкования пластинки указывают как характер прохождения главной, так и боковых жилок объединяя эти типы. Например, различают – перисто-сетчатый, перисто-краевой, пальчато-сетчатый и др. типы жилкования.

Листорасположение, или филлотаксис, – это порядок размещения листьев на стебле. Оно может быть **очередным** (спиральным) и **мутовчатым**. При очередном листорасположении в каждом узле находится один лист. При мутовчатом – каждый узел несет больше одного листа (2, 3 и более). Если в узле находятся два листа, располо-

женных друг против друга, такое листорасположение называют **супротивным**.

•**Цель работы:** выявить особенности морфологического строения листьев цветковых растений.

•**Средства обучения:** таблицы, коллекция простых и сложных листьев, лупы.

Работа 1. Морфология листа

Х о д р а б о т ы

1. Рассмотрите коллекцию простых и сложных листьев. Составьте их характеристику по следующему плану:

1. Лист простой или сложный (укажите тип сложного листа), степень выраженности черешка, прилистников, влагалища;

2. Листорасположение;

3. Форма листовой пластинки (листочков сложного листа):

3.1. Для простых **цельных** листьев форму пластинки, основания и верхушки, характер края и жилкования;

3.2. Для простых **расчлененных** листьев укажите тип расчленения пластинки, форму лопастей, сегментов или долей основания и верхушки, характер края и жилкования;

3.3. Для простых листьев рассчитайте листовой коэффициент по формуле: $DL = D/L$, где DL – листовой коэффициент, D – максимальная ширина листовой пластинки (в мм), L – длина листовой пластинки (в мм);

4. Зарисуйте листья и подпишите названия растений.

Вопросы и задания

1. Из каких частей состоит лист?
2. Каковы принципы классификации листьев на простые и сложные? Что такое гетерофиллия и анизофилия?
3. Какие различают формации листьев и чем они отличаются? Какие бывают типы листорасположения?

ЗАНЯТИЕ № 24. АНАТОМИЯ ЛИСТА

Снаружи лист покрыт плотным, но гибким чехлом эпидермы. Обычно эпидерма верхней стороны отличается от нижней бóльшей величиной клеток и меньшей извилистостью их оболочек. На верхней стороне слой кутикулы толще, чем на нижней. Но трихомы развиты главным образом на нижней стороне, устьиц так же обычно больше на нижней стороне.

Между нижней и верхней эпидермой располагается хлорофиллоносная паренхима листа – *мезофилл*. У большинства растений мезофилл неоднородный. К верхней эпидерме прилегают вытянутые в длину плотно расположенные клетки – это *палисадный* или *столбчатый* мезофилл, основная функция которого фотосинтез. К столбчатой паренхиме прилегает *губчатая*. Губчатый мезофилл состоит из нескольких рядов изодиаметрических рыхло расположенных клеток, наряду с фотосинтезом эта ткань выполняет функцию транспирации.

Проводящие ткани составляют основу жилок листа. Они представлены как правило закрытыми коллатеральными пучками, флоэма в которых располагается на нижней стороне, а ксилема верхней стороне листа, возникают они из прокамбия. Проводящие ткани окружены волокнами склеренхимы, а сами проводящие пучки окружены крупными обкладочными клетками. Обкладочные клетки аналогичны по функциям энтодерме осевых органов и осуществляют контроль за поступлением ассимилянтов в проводящую систему растения. Листья мезофилл которых дифференцирован на столбчатую и губчатую паренхиму имеют *дорзовентральный* тип анатомического строения. Однако такой тип свойственен далеко не всем растениям. В частности у злаков дифференциация мезофилла на столбчатый и губчатый обычно отсутствует. Весь мезофилл представлен однородной паренхимой – это *изолатеральный* тип анатомического строения.

Игловидные листья хвойных, так же отличаются в анатомическом плане. С поверхности хвоинка покрыта толстостенными клетками эпидермы, с мощным слоем кутикулы. Под эпидермой находится гиподерма, состоящая из склеренхимных волокон и выполняющая

защитные функции. Устьица располагаются у сосны обыкновенной по всей поверхности в углублениях. Мезофилл состоит из однотипных паренхимных клеток, стенки которых имеют особые складки, вдоль которых располагаются хлоропласты, это сильно увеличивает поверхность поглощения света. Такой мезофилл называется складчатым. В мезофилле имеются смоляные ходы выстланные эпителием, и окруженные склеренхимной обкладкой. От центра хвоинки мезофилл отделен хорошо развитой эндодермой. В центре расположены два коллатеральных пучка, соединенных пластинкой склеренхимных волокон. Остальное пространство заполнено толстостенными паренхимными клетками.

•**Цель работы:** выявить особенности анатомического строения листьев хвойных и цветковых растений.

•**Средства обучения:** таблицы, свежие листья сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* L. и фикуса каучуконосного – *Ficus elastica* L., лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Анатомическое строение хвоинки сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез хвоинки, поместить его на предметное стекло в каплю воды, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом увеличении и зарисовать схему, отметив ткани (рис. 87).

Пояснение к препарату

У хвои сосны защитный покров состоит из двух слоев: эпидермы и гиподермы. Эпидерма покрыта толстым слоем кутикулы. Клетки ее в сечении почти квадратной формы, с толстыми стенками. В углублениях на уровне гиподермы на обеих сторонах листа расположены устьичные аппараты, под которыми имеется большая воздушная по-

лость. У старых листьев стенки клеток эпидермы одревесневают. Гиподерма состоит из одного, а в углах из 2–3 рядов клеток с менее утолщенными одревесневающими стенками. Она выполняет также водозапасающую и механическую функции. Под гиподермой находится мезофилл, состоящий из клеток, стенки которых местами образуют складки, заходящие в полость клетки (складчатая паренхима). Это значительно увеличивает площадь прилегающего к стенке слоя цитоплазмы с хлоропластами а, следовательно, и фотосинтезирующую поверхность. Смоляные ходы пронизывают складчатую паренхиму.

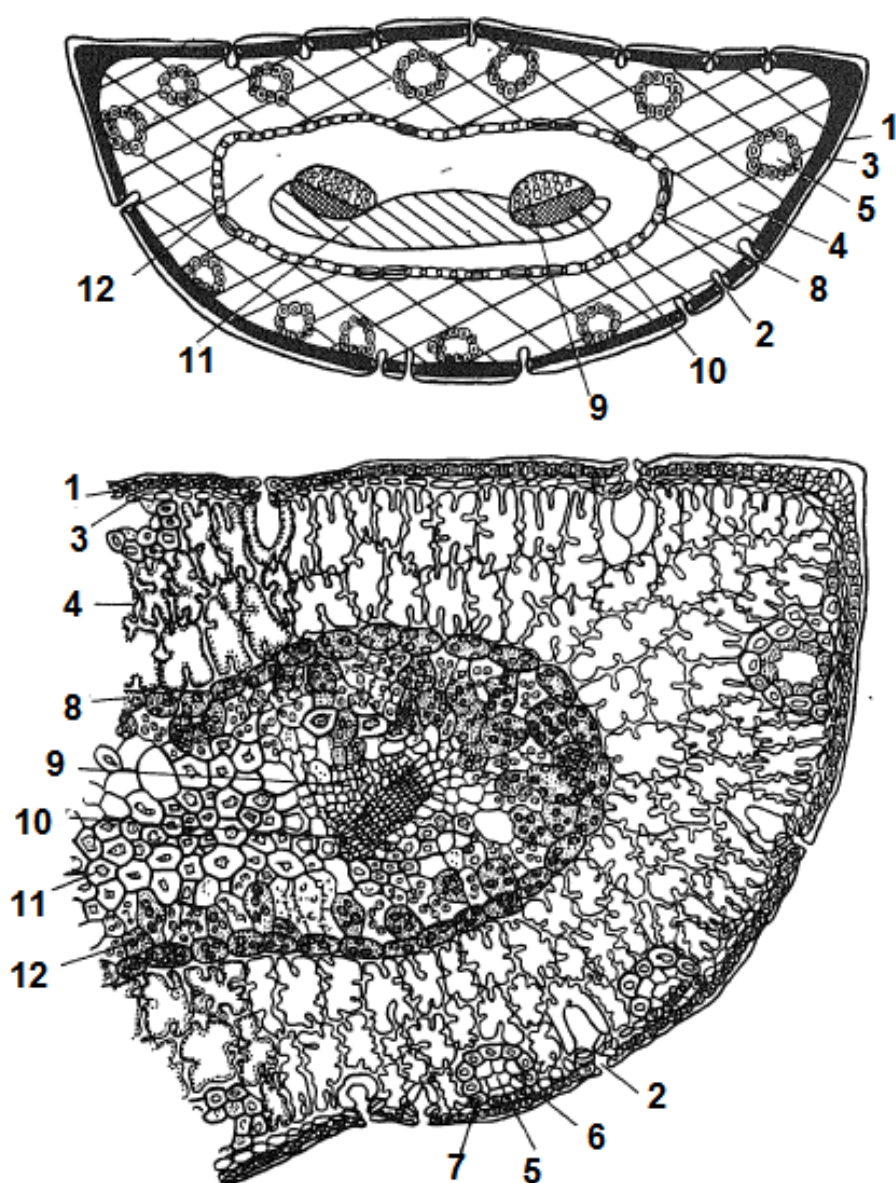


Рис. 87. Лист (хвоя) сосны (поперечный разрез): 1 – эпидерма, 2 – устьичный аппарат, 3 – гиподерма, 4 – складчатая паренхима, 5 – смоляной ход, 6 – эпителиальные клетки, 7 – обкладка. 8 – эндодерма. 9 – ксилема, 10 – флоэма. 11 – склеренхима, 12 – паренхима (по В.Г. Хржановскому, С.Ф.

Пономаренко, 1988)

В центральной части, отделенной от складчатой паренхимы эндодермой, расположены два проводящих пучка коллатерального типа. Ксилемная часть обращена к плоской стороне хвои, флоэмная к выпуклой. Следовательно, плоская сторона – верхняя, а выпуклая – нижняя. Между проводящими пучками расположена механическая ткань. Остальное пространство центральной части занято трансфузионной тканью, вероятно, участвующей в перемещении веществ между проводящими пучками и мезофиллом.

Работа 2. Анатомическое строение листа фикуса каучуконосного ***Ficus elastica* L.**

Ход работы

1. Приготовить поперечный срез листа, поместить его на предметное стекло в каплю воды, накрыть покровным стеклом.
2. Изучить препарат при малом увеличении и зарисовать, отметив ткани (рис. 88).

Пояснение к препарату

Фигус – типичное вечнозеленое тропическое растение с листьями, функционирующими несколько лет. Эпидерма его состоит из трех слоев клеток. Наружный слой выполняет защитную функцию. Клетки второго и третьего слоев крупнее, стенки их тонкие, содержимое бесцветное, хлоропластов нет. Эти два внутренних слоя выполняют роль фильтра, задерживающего тепловые лучи, и предохраняют ассимиляционную ткань от перегрева, а также накапливают воду. В некоторых клетках, граничащих с мезофиллом верхней стороны листа, встречаются гроздевидные образования – **цистолиты**. Они возникают в результате врастания в полость клетки стенки, инкрустированной карбонатом кальция. Другая важная отличительная черта строения листа фикуса – наличие слоя клеток столбчатой паренхимы у нижней эпидермы.

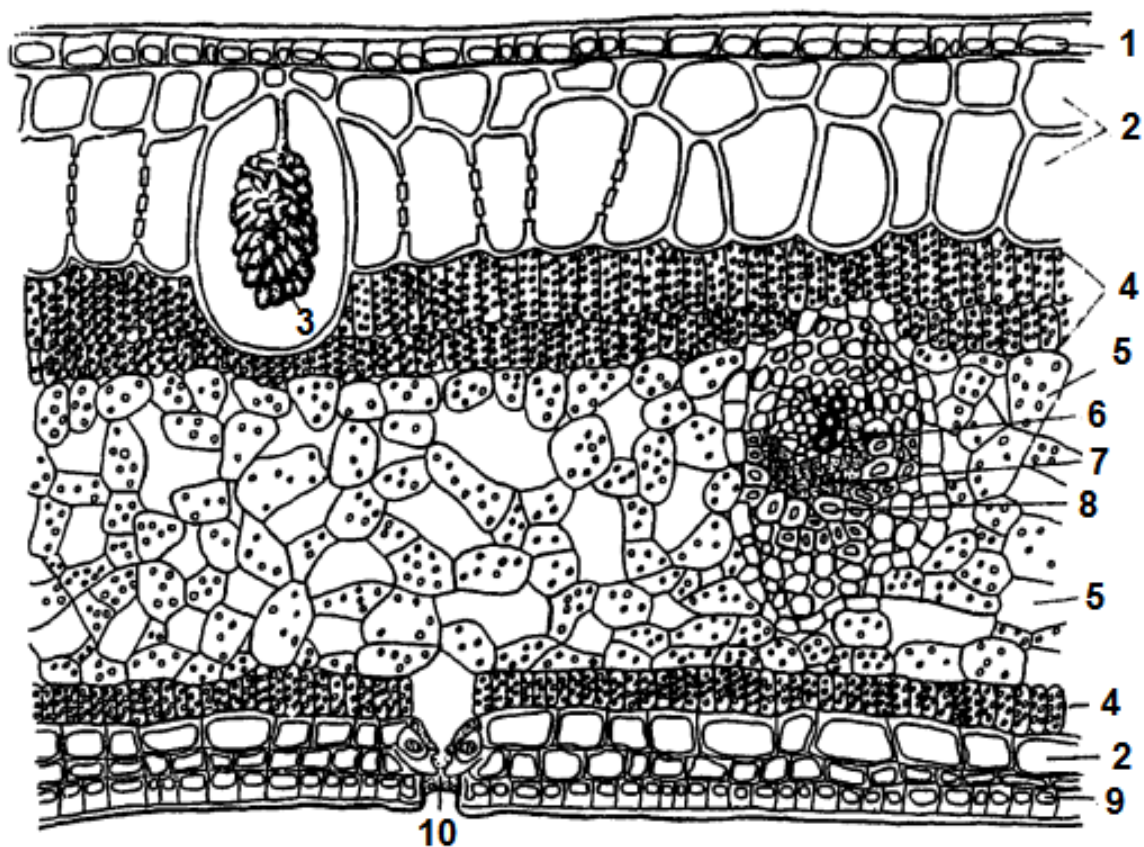


Рис. 88. Лист фикуса на поперечном разрезе: 1 – верхняя эпидерма, 2 – гиподерма, 3 – цистолит, 4 – столбчатая паренхима, 5 – губчатая паренхима, 6 – ксилема, 7 – флоэма, 8 – склеренхима, 9 – нижняя эпидерма, 10 – устьичный аппарат (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1988)

Вопросы и задания

1. Чем отличается по анатомическому строению дорсивентральный лист от изолатерального?
2. Где располагаются устьичные аппараты у листьев этих типов?
3. В чем различие между столбчатой и губчатой паренхимой листа? Чем обусловлено их расположение?
4. Каково строение проводящих пучков листа?
5. Почему ксилема в пучке обращена к верхней стороне листа?

6. Какую функцию выполняют обкладочные клетки?
7. В чем особенность строения мезофилла хвой?
8. Как по анатомическому строению определить верхнюю сторону листа?
9. Какие признаки в анатомической структуре листа свидетельствуют о ксерофитности растения?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ «ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ»

1. Вегетативные органы растений – общие закономерности строения (полярность, симметрия, аналогичные и гомологичные органы, метаморфоз и специализация, олигомеризация, редукция и гетеробатмия).
2. Ветвление, его типы. Эволюция ветвления у растений.
3. Теломная теория Циммермана.
4. Корень – как основной вегетативный орган растений. Классификация корней. Корневая система, типы корневых систем. Гипотезы происхождения корня.
5. Апекс корня, формирование первичной анатомической структуры корня.
6. Вторичное анатомическое строение корня.
7. Специализация и метаморфоз корней.
8. Побег и система побегов. Возникновение побеговой организации у растений.
9. Строение и виды почек. Биологическое значение почки.
10. Строение апекса побега у высших споровых растений.
11. Апекс побега голосеменных и двудольных растений.
12. Апекс побега однодольных растений.
13. Стебель – как осевой орган побега. Первичное анатомическое строение стебля.
14. Анатомическое строение стебля плауновидных и хвощевидных.
15. Анатомическое строение стебля папоротников.

16. Анатомическое строение стебля древесных растений.
17. Анатомическое строение стебля двудольных травянистых растений.
18. Морфология листа. Онтогенез листа.
19. Анатомическое строение листа – хвойных, двудольных и однодольных растений.
20. Специализация и метаморфоз побегов.

РАЗДЕЛ IV

РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

ЗАНЯТИЕ № 25. СТРОЕНИЕ ЦВЕТКА. АНДРОЦЕЙ

У покрытосеменных растений органом размножения является цветок. Не следует путать понятия цветы – декоративные растения и цветки – органы размножения.

Цветок (по лат. *flos*, греч. *anthos*) – это укороченный, метаморфизированный, спороносный побег, все части которого изменились в связи с функциями опыления и оплодотворения. Цветок состоит из фертильной (плодущей) и стерильной (бесплодной) частей.

Фертильными частями цветка являются сильно видоизмененные мегаспорофиллы – плодолистики и микроспорофиллы – тычинки. Стерильными, часто окрашенными – листочки околоцветника – лепестки и чашелистики.

Характер цветения у растений сильно варьирует. Большинство многолетних растений цветут и плодоносят в течение жизни многократно. Эти растения называются поликарпическими (от греч. *poly* – много и *karpos* – плод). Однолетние, двулетние и некоторые многолетние растения (агава, бамбук, банан, некоторые пальмы) цветут один раз в жизни, после чего обычно отмирают. Это монокарпические растения (от греч. *monos* – один, единственный и *karpos* – плод).

Цветки растений располагаются в пазухах листьев или на верхушке побегов, соответственно их называют пазушными и верхушечными. Но есть растения, цветки которых находятся непосредственно на коре ветвей и стволов. Это явление называется каулифлория (от греч. *kaulos* – стебель, ствол и лат. *flos*, родительный падеж *floris* – цветок). Наиболее часто оно встречается у растений тропиков и субтропиков, так расположены цветки и плоды у шоколадного дерева – *Theobroma cacao*, хлебного дерева – *Artocarpus heterophyllus*, хурмы восточной – *Diospyros kaki*, среди наших растений каулифлория характерна для *Daphne mezereum* – волчье лыко.

Как правило, цветок связан с побегом цветоножкой, т.е. цветоножка – это часть стебля несущая цветок. Если она неразвита, то цветок называют сидячим (например, цветки в корзинке астровых – поповник, ромашка). На цветоножке часто бывают развиты один (у однодольных) или два и более (у двудольных) маленьких верхушечных листа, называемых – прицветниками. Верхняя часть цветоножки расширена и плавно переходит в цветоложе, на котором крепятся все части цветка. Цветоложе может быть выпуклым в виде конуса (как у ромашки, ветреницы), плоским в виде пуговицы – как у коровяка, или вогнутым наподобие чаши как у шиповника. Оно может быть полым внутри (у ромашки) или выполненным – заполненным паренхимой (как у поповника).

У некоторых растений, в частности представителей семейств – розовых, камнеломковых и толстянковых, цветоложе срастается с нижними частями чашелистиков, лепестков и тычинок, в результате образуется мясистое основание цветка, которое называют гипантием (например, у шиповника).

На цветоложе части цветка располагаются либо в виде ряда концентрических кругов, такие цветки называют циклическими, либо спирально – это ациклические цветки. Иногда, наружные листочки располагаются кругами, а внутренние по спирали – это гемициклические цветки. Эволюционное развитие протекало от примитивного ациклического, через гемициклический к циклическому цветку.

Цветки различаются по симметрии на актиноморфные – которые можно разделить не менее чем двумя плоскостями продольной симметрии на равные части. Таковы цветки у тюльпана, флоксов, примул, маков. Если через цветок можно провести не более одной плоскости симметрии, цветок называют неправильным или зигоморфным. Неправильные цветки характерны для орхидей, фиалок, бобовых. Некоторые растения, например канна и валериана, имеют ассиметричные цветки, через которые нельзя провести не одной плоскости симметрии.

Околоцветник – это стерильная часть цветка, выполняющая защитную функцию.

Он бывает простым и двойным. Простой околоцветник или гохламидный (Р – perigonium), состоит из однородных листочков и неразделен на чашечку и венчик. Невзрачный, зеленый простой околоцветник называется чашечковидным. Он характерен для растений опыляемых ветром, или водой например крапивы. Ярко окрашенный простой околоцветник называется венчиковидным, примером может служить околоцветник лилии, тюльпана.

У абсолютного большинства двудольных покрытосеменных околоцветник двойной или гетерохламидный, дифференцированный на чашечку и венчик.

Цветки не имеющие околоцветника называются голыми (ясень, ива).

Чашечка (лат. calyx) – это наружный круг околоцветника, листочки которого называются чашелистиками. Обычно чашелистики имеют зеленую окраску, однако существует немало видов растений у которых чашечка ярко окрашена и привлекает опылителей. Лепестки в таких цветках уступают чашелистикам по размерам, а часть из них преобразуется в нектарники, как например у борца, живокости.

Чашечка может быть раздельнолистной, если чашелистики не срастаются друг с другом как например, у лютика, или сростнолистной как у картофеля. В сростнолистной чашечке выделяют сросшуюся нижнюю часть – **трубочку**, и верхнюю свободную – **отгиб**.

Чашечка астровых, например одуванчика, осота и чертополоха превращена в хохолок, который выполняет роль парашюта и способствует распространению плодов. У других растений того же семейства – череды, лопуха, чашелистики превращены в крючочки или зазубренные щетинки, при помощи которых плоды цепляются за шерсть животных или одежду человека и таким образом разносятся.

У многих растений семейства розовых – лапчатки, земляники, сабельника и семейства мальвовых – хатьмы, алтея, мальвы, кроме чашечки выражено подчашие, или нижняя чашечка. Главная функция

чашечки – защита внутренних частей цветка. Эволюционная чашечка возникла из верхушечных листьев.

Венчик (лат. *corolla*) – образует внутренний круг двойного околоцветника, обычно отличается от чашечки яркой окраской и размерами. Именно ярко окрашенный венчик, обычно обращает на себя внимание у большинства цветковых растений.

Главное назначение венчика – привлечение опылителей, поэтому яркая, интенсивная окраска присуща только цветкам, опыляемым животными. У ветроопыляемых растений венчик обычно небольшой и невзрачный, а у многих совсем редуцирован – тополи.

Листочки образующие венчик называются – лепестками. Различают раздельнолепестный венчик – у мальвы, лютика и сростнолепестный – у вьюнка.

В раздельнолепестном венчике, у лепестков часто выделяется верхняя расширенная часть – пластинка, и нижняя суженная – ноготок.

В сростнолепестном венчике, нижняя сросшаяся часть – трубка, верхняя свободная часть – отгиб, место перехода трубки в отгиб – зев. У некоторых растений в зеве, или в месте перехода пластинки в ноготок образуются выросты – зубчики, их называют коронкой, например у нарцисса, гвоздики. В ходе эволюции у большинства покрытосеменных лепестки венчика произошли из стерилизованных тычинок.

Андроцей (А, от греч. *andros* – мужчина, и *oikia* – жилище) – совокупность тычинок, или микроспорофиллов цветка. Нередко число тычинок равно числу листочков околоцветника (лилия). В других случаях число тычинок в два или более раз превышает число лепестков или долей околоцветника (лютик, шиповник, груша, лавр благородный). Иногда число тычинок минимальное: одна (цинна, канна), или две (сирень, душистый колосок).

Часто цветки имеют не сросшиеся между собой тычинки – свободный андроцей. При рассмотрении андроеца такого типа важно установить, все ли тычинки одинаковой длины. У норичниковых и некоторых яснотковых тычинок всего четыре (пятая задняя тычинка ре-

дуцирована), причем две из них (чаще передние) длиннее остальных. Это двусильный андроцей. У капустных соотношение длинных и более коротких тычинок другое: общее число тычинок шесть, из них четыре длинные и две короткие. Такой андроцей называют четырехсильным.

Если тычинки срастаются между собой, андроцей называют сросшимся. Различают однобратственный андроцей, у которого срастаются все тычинки (астровые, вербейник); двубратственный, у которого одна тычинка остается свободной (многие бобовые); многобратственный, у которого тычинки срастаются в несколько групп (зверобой) (рис. 89).

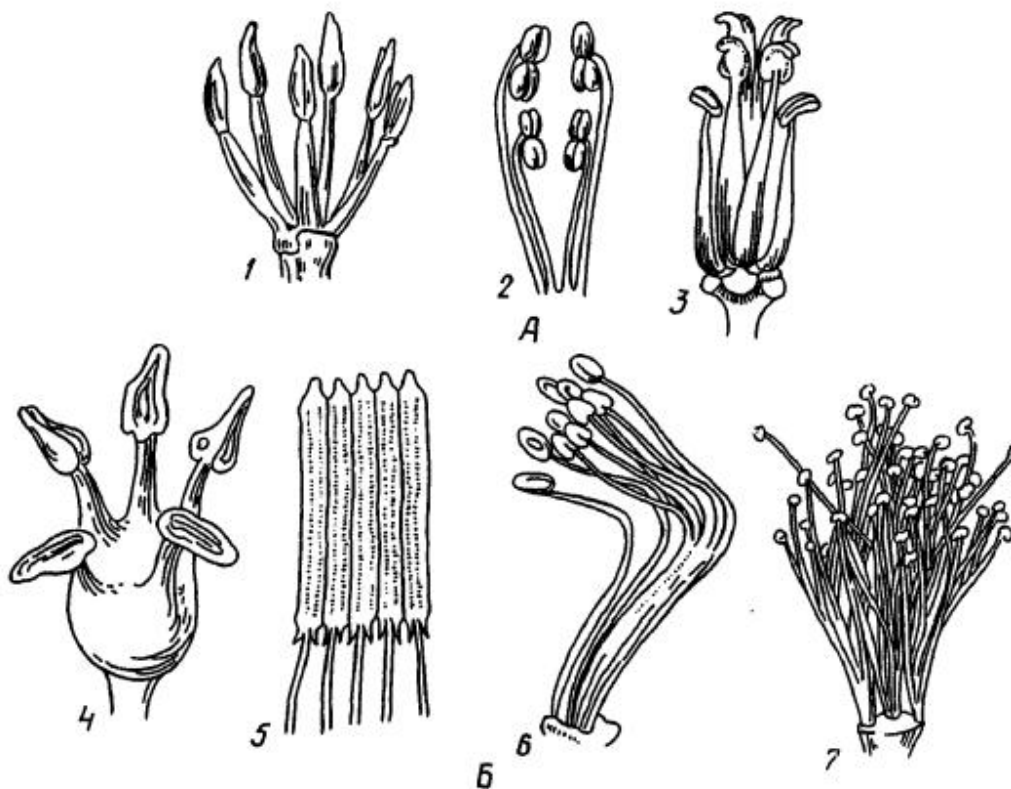


Рис.89. Типы андроцея: А – свободный: 1 – тюльпана, 2 – двусильный яснотковых, 3 – четырехсильный капустных; Б – сросшийся: 4 – однобратственный вербейника, 5 – однобратственный астровых; 6 – двубратственный бобовых 7 – многобратственный зверобоя (по Г.А. Бавтуто, А.М. Ерей, 2002)

Тычинка состоит из тычиночной нити и пыльника. Тычиночная нить - гомолог микроспорофилла, чаще всего она бывает цилиндрической, плоской или лентовидной. Нередко нити срастаются между собой, при этом вариантов срастания бывает множество. У орхидей единственная тычинка срастается с гинецеем образуя так называемую колонку или гиностений.

Пыльник – основная часть тычинки, он гомологичен сорусу папоротника. Пыльник состоит из двух половинок – тек (греч. *theke* –местилище), соединенных связником – тканью, являющейся продолжением нити.

В каждой теке имеется по два пыльцевых гнезда, или пыльцевых мешка, гомологичным микроспорангиям и содержащим микроспоры. В онтогенезе тычинки появляются на цветоложе в виде меристематических бугорков, вначале выделяется палец, затем нить. Ткани пыльника дифференцируются следующим образом. Из наружного слоя развивается эпидерма. Клетки субэпидермального слоя делятся с образованием двух слоев – наружного – париетального, и внутреннего археспориального.

Клетки париетального слоя делятся образуя три слоя:

Наружный – эндотей или фиброзный клетки его крупные, с различно утолщенными оболочками, в результате при подсыхании оболочки сокращаются неравномерно что приводит к вскрытию пыльника.

Дегенерирующий – клетки его быстро разрушаются и идут на питание микроспор.

Внутренний слой – тапетум его клетки многоядерные (от 2х до 4х ядер), идет на питание микроспор.

Археспориальный слой формирует археспорий. Формирование микроспор происходит в процессе микроспорогенеза. При этом клетки археспория делятся М! образуя материнские клетки микроспор, они в свою очередь делятся R!, с образованием гаплоидных микроспор, из которых развиваются пыльцевые зерна или пыльца.

Пыльцевое зерно имеет внутреннюю тонкую оболочку – *интину*, и наружную толстую – *экзину*, последняя содержит поры. Затем начинается процесс микрогаметогенеза. При этом ядро микроспоры делится с образованием двух клеток: крупной сифоногенной или клетки пыльцевой трубки и меньшей генеративной. На этой стадии пыльцевое зерно является мужским гаметофитом. Таким образом у цветковых растений мужской гаметофит крайне редуцирован, не имеет половых органов и представлен всего двумя клетками.

•**Цель работы:** выявить особенности андрцея и строения тычинки цветковых растений. Ознакомиться с методами определения фертильности пыльца.

•**Средства обучения:** таблицы, постоянный препарат «Пыльник в поперечном разрезе», реактивы – ацетокармин, раствор йода по Граму лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Типы андрцея

Ход работы

1. Познакомиться с различными типами андрцея, зарисовать их (рис. 89).

Работа 2. Строение пыльника в поперечном разрезе

Ход работы

1. Изучить при малом увеличении постоянный препарат пыльника, зарисовать, отметить ткани (рис. 90 А, Б).

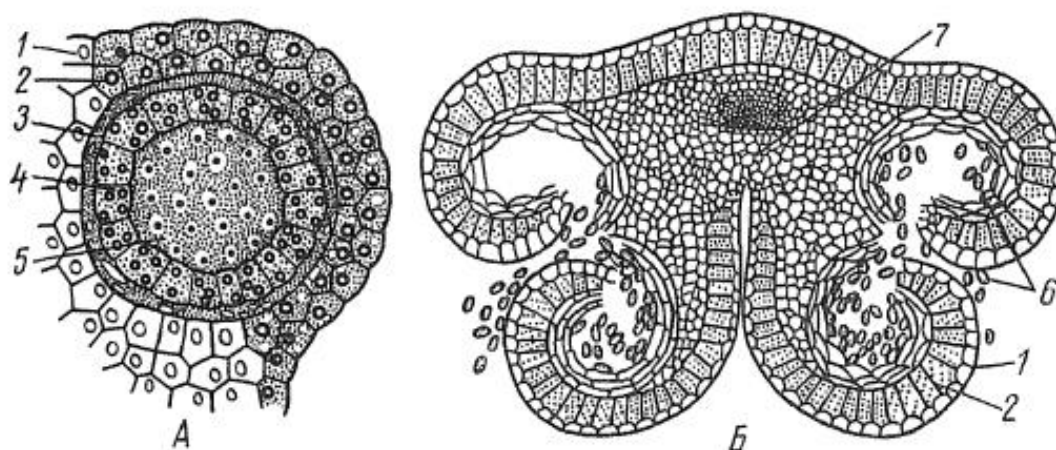


Рис. 90. Пыльник (поперечный разрез): А – пыльцевое гнездо молодого пыльника, Б – зрелый пыльник; 1 – эпидерма. 2 – эндотеций, 3 – дегенерирующий средний слой, 4 – тапетум, 5 – спорогенная ткань, 6 – пыльца, 7 – связник (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1988)

Работа 3. Определение фертильности пыльцы тополя *Populus sp.*

Ход работы

1. Определить фертильность пыльцевых зерен тополя по ацетокарминовому и йодному методам: нанести на предметное стекло каплю реактива, поместить в него пыльцу на кончике препаровальной иглы, накрыть покровным стеклом.

2. Изучить препараты при малом и большом увеличении, результаты исследований оформить в виде таблиц (табл. 13).

Таблица 12.

Фертильность пыльцевых зерен

Объект исследования	Номер поля зрения	Число пыльцевых зерен (n=50)	
		фертильных	стерильных
Итого:		кол-во, %	кол-во, %

Вопросы и задания

1. Что такое андроцей? 2. Каких типов он бывает? 3. Какой андроцей называют двусильным, четырехсильным?
2. В чем различия между многобратственным, двубратственным и однобратственным андроцеями?
3. Из каких частей состоит тычинка? Какой формы может быть тычиночная нить?
4. Что такое стаминодий?
5. Что такое тека, гнездо?
6. Из каких тканей состоит стенка гнезда пыльника?
7. Из какой ткани и в результате какого деления образуются микроспоры? II, Как образуется пыльца, из каких клеток она состоит, чем покрыта?
8. Содержимое клеток каких тканей идет на питание пыльцы?
9. Какие факторы определяют фертильность пыльцевых зерен растений?

ЗАНЯТИЕ № 26. СТРОЕНИЕ ЦВЕТКА. ГИНЕЦЕЙ

Гинецей (от греч. *gune* – женщина) – это совокупность плодолистиков или мегаспорофиллов цветка.

Плодолистик состоит из трех частей: завязи, столбика и рыльца.

Завязь (*ovarium*) обычно несколько увеличенная, иногда вздутая часть плодолистика. По отношению к другим частям цветка она может быть верхней, нижней и полунижней. Верхняя завязь располагается свободно на цветоложе, а все части цветка находятся под ней, например картофель, томат. Нижняя завязь образуется в результате ее срастания с нижними частями других органов цветка. Полунижняя наполовину свободная. В завязи находятся семязачатки. Место завязи к которому они крепятся называется плацентой.

Столбик (*stylus*) – отходит от верхушки завязи, Он выносит рыльце вверх обеспечивая положение благоприятное для улавливания пыльцы.

Рыльце (*stigma*) – обеспечивает восприятие пыльцы, выделяет вещества способствующие ее прорастанию. Иногда столбик не выражен и рыльце находится непосредственно на завязи, в этом случае его называют сидячим.

Различают несколько типов гинецея, в зависимости от характера срастания плодолистиков. Если плодолистики не срастаются между собой, гинецей называют апокарпным, он характерен для наиболее примитивных покрытосеменных растений. Гинецей, состоящий из сросшихся плодолистиков называется ценокарпным. В зависимости от характера срастания плодолистиков различают три типа ценокарпного гинецея (рис. 91):

Синкарпный – образуется в результате срастания замкнутых плодолистиков своими боковыми поверхностями.

Паракарпный – отдельные плодолистики развернулись и срослись своими краями.

Лизикарпный – возник из синкарпного, боковые перегородки разрушаются а в центре остается колонка несущая семязачатки.

В завязи может быть от одного, до нескольких тысяч семязачатков. **Семязачаток** (*ovulum*) состоит из нуцеллуса – гомолога мегаспорангия, окруженного покровами – интегументами, которые на верхушке не смыкаются образуя узкий канал – микропиле, или пыльцевход. Основание нуцеллуса от которого отходят интегументы называется – халазой. Семязачаток прикрепляется к плаценте с помощью фуникулуса, или семенной ножки.

У покрытосеменных растений различают несколько типов семязачатков:

1. **О р т о т р о п н ы й** – микропиле и фуникулус расположены на противоположенных концах оси семязачатка (крапивные, ореховые, гречишные);

2. **А н а т р о п н ы й** – нуцеллус повернут по отношению к прямой оси семязачатка на 180^0 , вследствие чего микропиле и фуникулус расположены рядом (у большинства цветковых растений);

3. **Гемитропный** – семязачаток повернут на 90° , поэтому микропиле и нуцеллус расположены по отношению к фуникулу перпендикулярно (некоторые норичниковые и первоцветные);

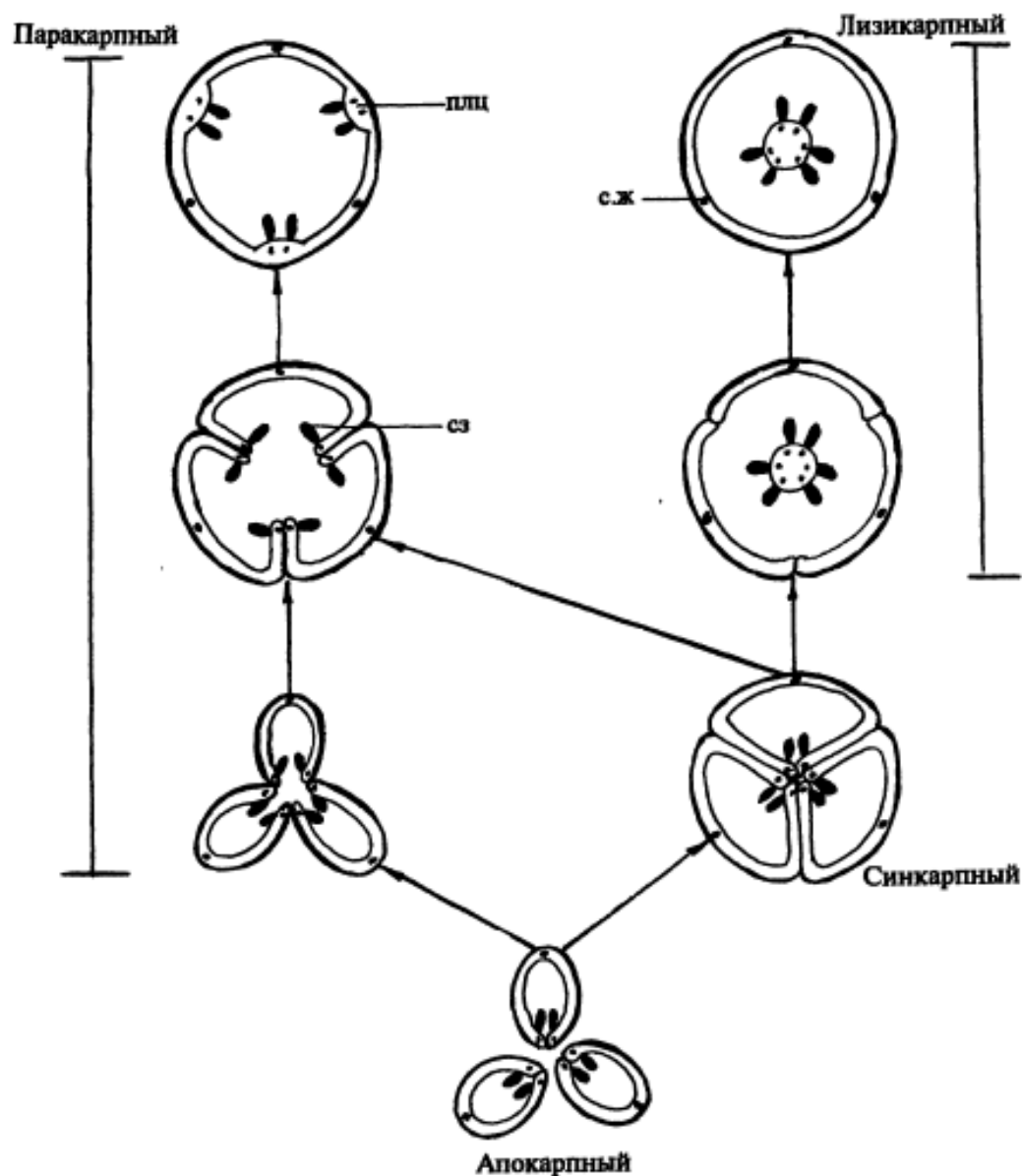


Рис. 91. Эволюционные взаимоотношения между разными типами гинецея. Особенности плацентации. Обозначения: *п.л.ц.* – плацента, *с.з.* – средняя жилка, *с.з.* – семязачаток (по А.Л. Тахтаджяну)

4. **К а м п и л о т р о п н ы й** – нуцеллус изогнут только микропилярным концом к основанию семязачатка, поэтому микропиле расположено рядом с фуникулуcom (мальвовые, бобовые).

5. **А м ф и т р о п н ы й** – нуцеллус изогнут в виде подковы и микропиле поэтому расположено рядом с фуникулуcom (тутовые).

Мегаспорогенез и мегагаметогенез

Еще на ранней стадии развития семязачатка в нуцеллусе обособляется единственная археспориальная клетка (очень редко возникают 2 и более клеток), непосредственно превращающаяся в мегаспороцит (материнскую клетку мегаспор). По размерам он больше остальных клеток нуцеллуса, имеет плотную цитоплазму и крупное диплоидное ядро. В результате редукционного деления ядра мегаспороцита возникают гаплоидные мегаспоры, составляющие линейную тетраду. Из самой нижней, сильно разрастающейся мегаспоры, в дальнейшем развивается женский гаметофит, а остальные мегаспоры отмирают.

Женский гаметофит покрытосеменных называют зародышевым мешком. Он формируется следующим образом. Ядро увеличившейся в размерах мегаспоры митотически делится, возникшие 2 ядра расходятся к разным полюсам клетки. В ее центральной части формируется крупная вакуоль. При втором делении образуются 4 ядра, при третьем восемь. К началу клеточной дифференциации зародышевого мешка исходная клетка достигает значительных размеров. Параллельно с ее ростом разрастается и весь семязачаток, нуцеллус, как правило, истончается, а иногда, как у сложноцветных, исчезает полностью, так как содержащиеся в нем питательные вещества расходуются на развитие заростка. От каждого полюса клетки в ее центральную часть отходит по одному ядру, которые впоследствии сливаются, образуя диплоидное ядро центральной клетки зародышевого мешка.

На микропилярном полюсе зародышевого мешка вокруг каждого из 3 оставшихся ядер обособляется цитоплазма, формируются оболочки и образуется яйцевой аппарат, состоящий из яйцеклетки и двух вспомогательных клеток – **синергид**. Яйцеклетка обычно крупнее, ее ядро находится в нижней части, под вакуолью, а в синергидах, наобо-

рот, ядра располагаются в верхних частях клеток, над вакуолями. На халазальном полюсе зародышевого мешка таким же путем возникают 3 антиподы.

Описанный, наиболее часто встречающийся 8-ядерный зародышевый мешок называют *моноспорическим* (рис. 92). Он образуется из одной (самой внутренней) мегаспоры тетрады. Однако 8-ядерные зародышевые мешки могут формироваться и другими способами. У лука после 1-го деления мейоза возникает диада клеток. Одна клетка дегенерирует. Ядро второй клетки делится митотически, образуящиеся ядра расходятся к разным полюсам клетки. Каждое из этих ядер соответствует ядру одной из 2 мегаспор диады. Формирующийся из двужадерной клетки зародышевый мешок называют *биспорическим*. У адоксы мегаспорогенез вообще не сопровождается цитокинезом, и каждое из 4 образующихся ядер соответствует ядрам неразвившейся тетрады мегаспор. Возникший из такой 4-ядерной клетки зародышевый мешок называют *тетраспорическим*.

Эти примеры показывают, что у покрытосеменных растений существуют разные механизмы, ускоряющие развитие женского гаметофита. Другие отклонения в строении зародышевого мешка связаны с уменьшением или увеличением числа клеток и числа ядер, их плоидности. Особенно сильно варьируют числа антипод.

Таким образом, женский гаметофит покрытосеменных по сравнению с женскими гаметофитами всех других разнотспоровых растений достиг крайней степени редукции. Он состоит из крупной диплоидной центральной клетки, окруженной оболочкой мегаспоры, и 6 находящихся внутри нее мелких клеток. Женский гаметофит покрытосеменных растений утратил архегонии, сохранив способность к формированию женской гаметы – яйцеклетки.

Естественно, возникает вопрос о возможности считать зародышевый мешок покрытосеменных гомологом женских заростков других разнотспоровых растений. Все многочисленные точки зрения практически могут быть сведены к 3 основным.

1. Зародышевый мешок – типичный гаметофит, состоящий из вегетативной части (синергид и антипод) и редуцированного архегония, от которого сохранилась одна яйцеклетка.

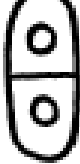
Типы зародышевых мешков	Мега- споро- цит	Мегаспорогенез и развитие зародышевого мешка					
		Деление ядер					Зароды- шевый мешок
		I	II	III	IV	V	
Моноспорический 8-ядерный зародышевый мешок							
Биспорический 8-ядерный зародышевый мешок							
Тетраспорический 8-ядерный зародышевый мешок							

Рис. 92. Разные типы формирования 8ми ядерных зародышевых мешков (по Л.И. Лотовой, 2001)

2. Зародышевый мешок имеет 2 редуцированных архегония, расположенных в микропиллярной и халазальной его частях. При этом яйцеклетку считают гомологом одной из антипод. 2 синергиды и 2 антиподы рассматривают как шейковые канальцевые клетки, а полярные ядра – как ядра брюшных канальцевых клеток. Однако в настоящее время выяснено, что синергиды представляют собой сестринские

клетки, а ядро яйцеклетки – сестринское одному из полярных ядер. Таким образом, эта гипотеза оказалась несостоятельной.

3. Зародышевый мешок – гомолог женского гаметофита остальных разноспоровых растений, так как возникает из мегаспоры, но он настолько видоизменился в процессе эволюции, что нецелесообразно пытаться найти гомологию между его отдельными структурами.

8-ядерный зародышевый мешок соответствует свободно-ядерной стадии развития женского гаметофита голосеменных и некоторых разноспоровых папоротников, например, сальвинии. При общности начальных стадий развития всех женских гаметофитов, конечные стадии развития зародышевого мешка сильно изменились и приобрели специфические особенности, не имеющие гомологов среди голосеменных. В связи с этим, формирование зародышевого мешка можно рассматривать как следствие эволюционное ускорения, сопровождающегося утратой способности к образованию типичных архегониев и вегетативной части заростка. Кстати, этот процесс, хотя и в другом варианте, происходил и у гнетовых из отдела голосеменных у которых отмечены все стадии развития женских заростков от нормально развитого эндосперма с архегониями у эфедры до своеобразных гаметофитов не имеющих архегониев, у гнетума и вельвичии.

•**Цель работы:** выявить особенности строения мегаспорофиллов цветковых растений.

•**Средства обучения:** таблицы, постоянный препарат «Гинецей пролески в поперечном разрезе», лабораторное оборудование для изготовления и изучения микропрепаратов.

Работа 1. Типы гинецея и завязи

Ход работы

1. Познакомиться с различными типами гинецея и завязи, зарисовать их (рис. 91, 93, 94).

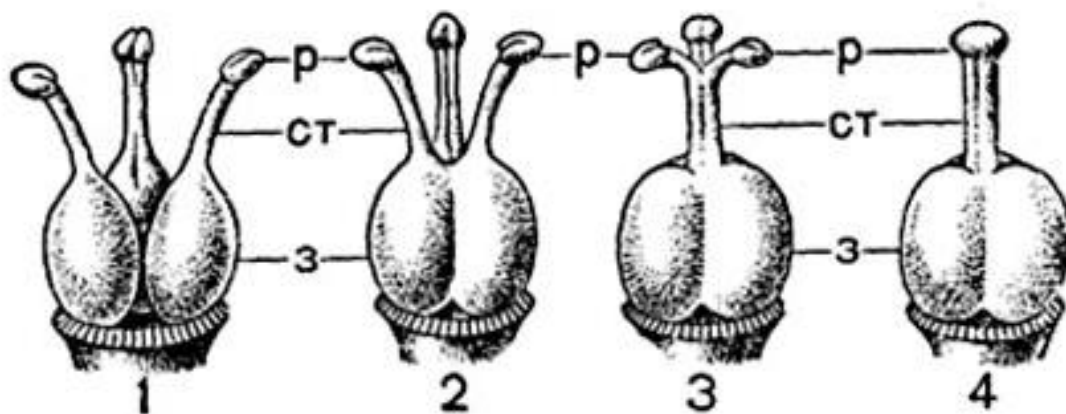


Рис. 93. Гинецей образованный тремя плодолистиками: 1 – апокарпный, 2 – синкарпный, 3 – паракарпный, 4 – лизикарпный, з – завязь, ст – столбик, р – рыльце

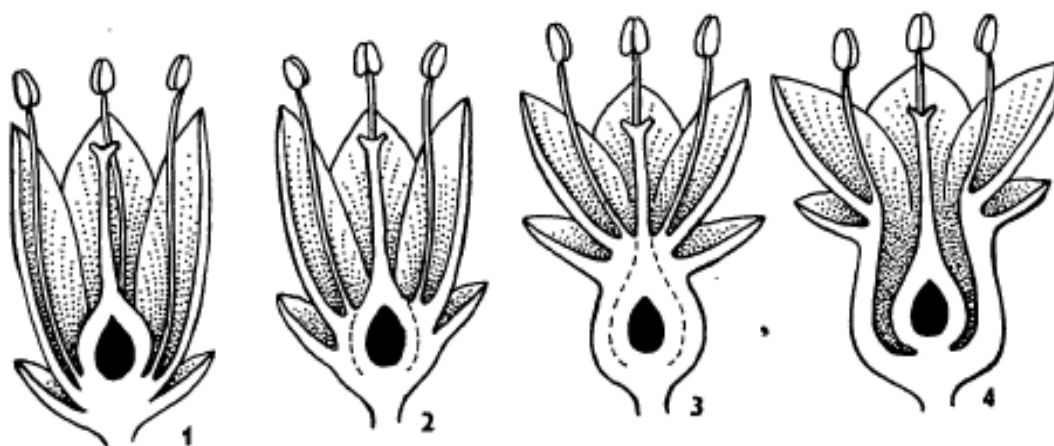


Рис. 94. Типы завязи в зависимости от ее положения относительно места прикрепления других частей цветка: 1 – верхняя, 2 – полунижняя, 3 – нижняя, 4 – верхняя, окруженная стенками гипантия

Работа 2. Гинецей пролески

Ход работы

1. Изучить при малом увеличении постоянный препарат «Гинецей пролески», зарисовать, отметить ткани (рис. 95).

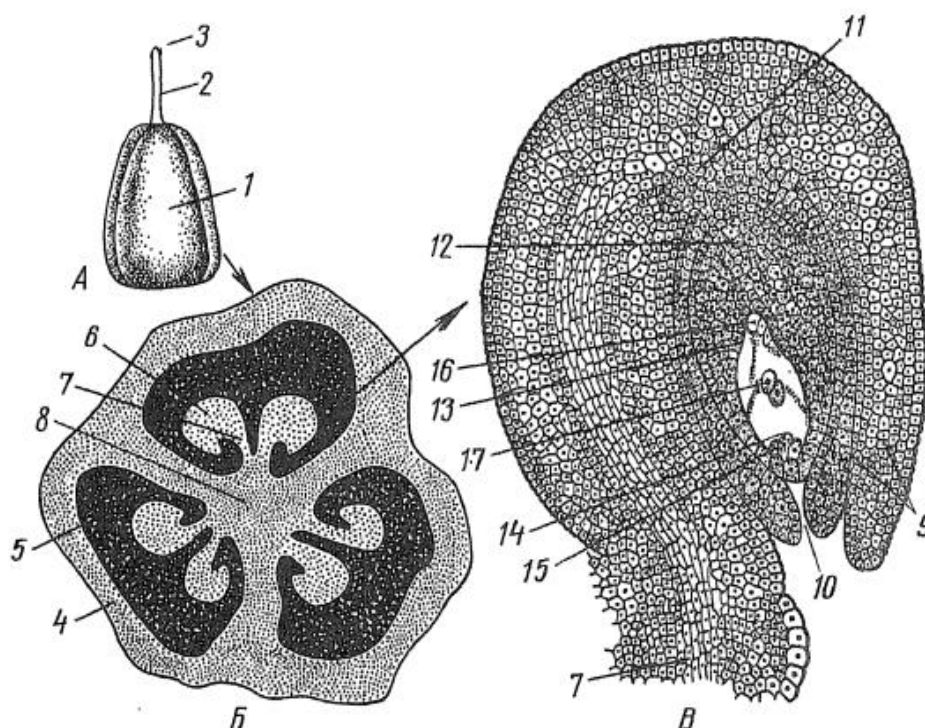


Рис. 95. Гинецей пролески: А – общий вид. Б – поперечный разрез завязи. В – семязачаток; 1 – завязь, 2 – столбик, 3 – рыльце, 4 – стенка завязи 5 – гнездо, 6 – семязачаток, 7 – фуникулус, 8 – плацента, 9 – интегумент, 10 – микропиле, 11 – халаза, 12 – нуцеллус, 13 – зародышевый мешок, 14 – яйцеклетка, 15 – синергиды, 16 – антиподы, 17 – центральная клетка (по В.Г. Хржановскому, С.Ф. Пономаренко, 1988)

Вопросы и задания

1. Что такое плодолистик, гинецей?
2. Какая из трех частей плодолистика (завязь, столбик, рыльце) может отсутствовать?
3. Каких типов бывает ценокарпный гинецей?

4. В чем различие между верхней, нижней и полунижней завязями?
5. Какие бывают типы расположения семязачатков?
6. Какая часть семязачатка является гомологом мегаспорангия?

ЗАНЯТИЕ № 27. СТРОЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СОЦВЕТИЙ

Соцветие – это специализированный цветоносный побег, с развитыми кроющими листьями и прицветниками. Цветки на оси соцветия развиваются в пазухах прицветных листьев.

Для классификации и морфологической характеристики соцветий используют четыре группы признаков: 1 – характер олиственности, 2 – характеру разветвленности побегов, 3 – состояние апикальных меристем на главной и основных боковых осях, 4 – способ ветвления побегов.

По характеру олиственности соцветия делят на *фрондозные*, или олиственные, то есть несущие зеленые листья, *брактеозные* – с видоизмененными чешуевидными листьями и *эбрактеозные* – голые, без листьев.

В зависимости от степени разветвленности побегов соцветия делят на *простые* и *сложные*. У простых соцветий на главной оси располагаются одиночные цветки, и ветвление, таким образом, не превышает двух порядков. У сложных соцветий на главной оси располагаются веточки с цветками, а ветвление достигает трех и более порядков.

Главная ось соцветия может заканчиваться верхушечным цветком, в этом случае его рост ограничен, и его называют *закрытым (или верхоцветный)* (рис. 96). Если же цветки располагаются сбоку от верхушки, рост главной оси не ограничен. Такое соцветие называется *открытым (бокоцветный)* (рис. 97).

По способу ветвления различают соцветия моноподиально ветвящиеся, или *ботрические* и, симподиально ветвящиеся – *цимозные*.

В ботрических соцветиях хорошо выражена главная ось и цветки распускаются от основания к верхушке. Они бывают простыми и сложными.

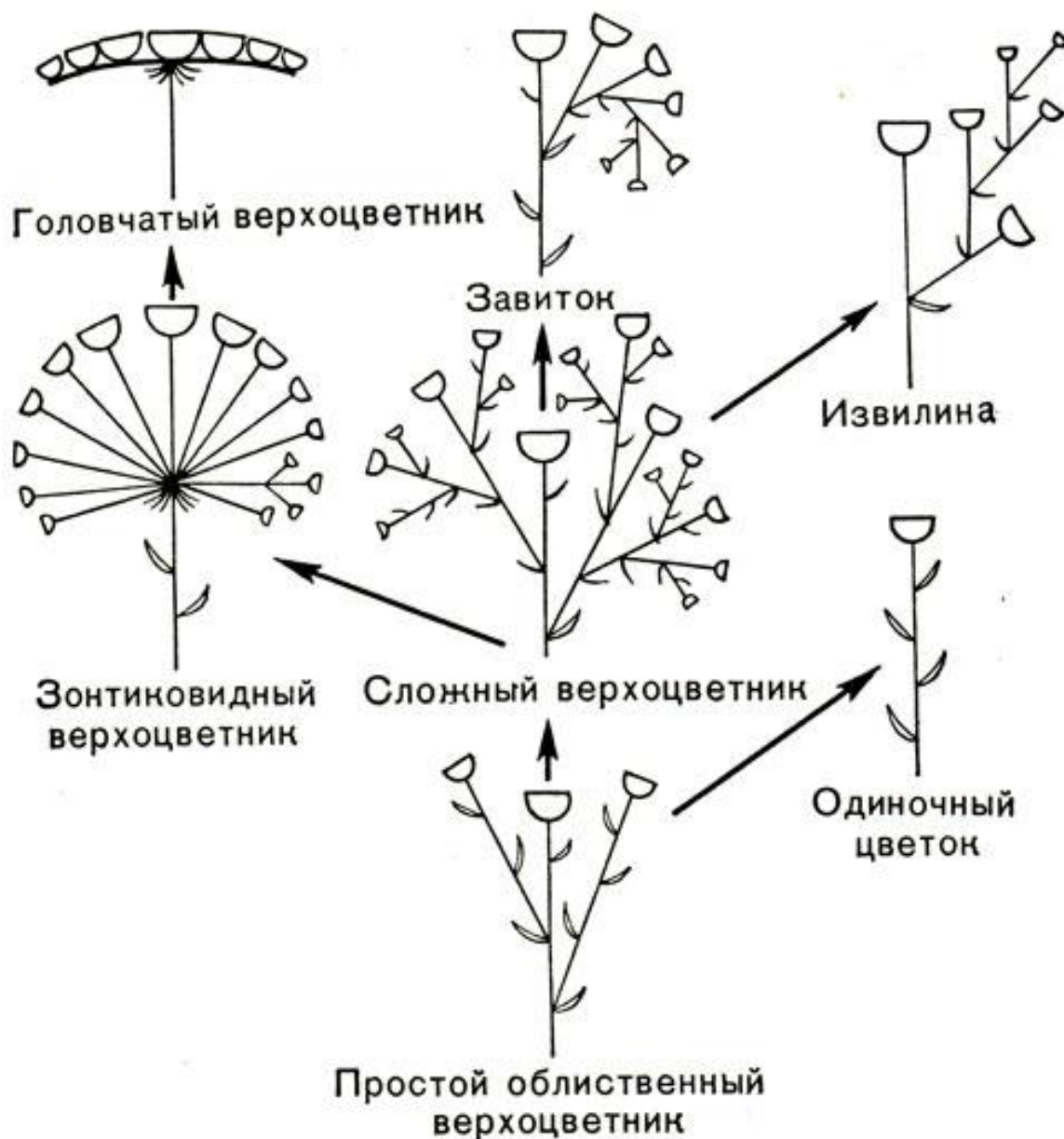


Рис. 96. Схема эволюции закрытых соцветий (по А.Л. Тахтаджяну, 1980)

Простые ботрические соцветия: кисть, простой колос, початок, сережка, щиток, простой зонтик, головка, корзинка. **Сложные бот-**

рические соцветия: сложная кисть или метелка, сложный колос, сложный зонтик, сложный щиток, щиток – корзинка.

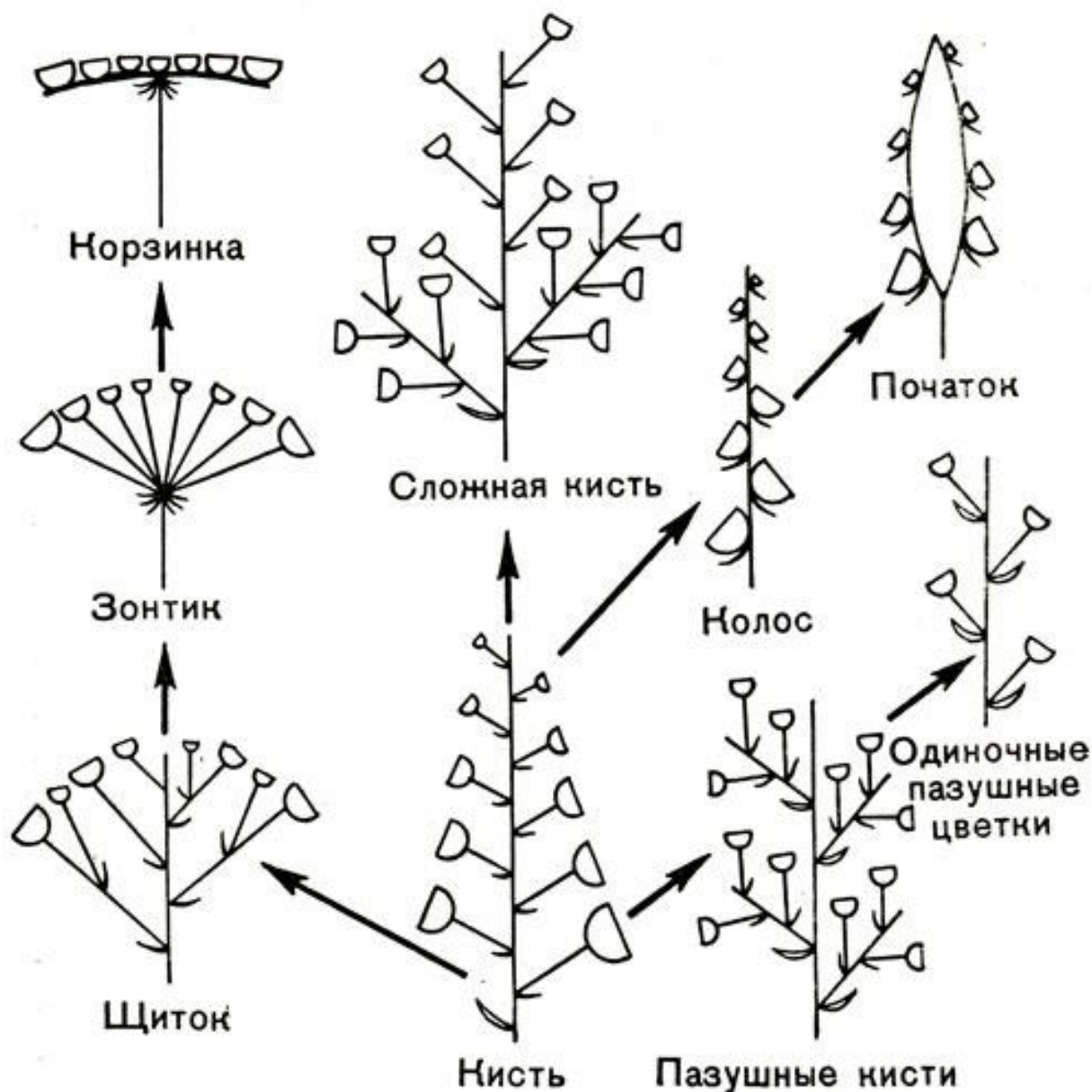


Рис. 97. Схема эволюции открытых соцветий (по А.Л. Тахтаджяну, 1980)

В цимоидных соцветиях главная ось не выражена, цветки распускаются от верхушки к основанию. Цимоидные соцветия бывают трех

типов: монохазии (однолучевик) представлен завитком и извилиной; дихазий (двулучевик); плеохазий (многолучевик).

•**Цель работы:** выявить особенности строения различных типов соцветий, расположения в них цветков и характер ветвления оси.

•**Средства обучения:** таблицы, учебники, морфологический гербарий "Соцветие".

Работа 1. Соцветие

Х о д р а б о т ы

1. Изучить морфологический гербарий. Познакомиться с различными типами соцветий, заполнить таблицу (табл. 13).

Таблица 13.

Соцветия

Тип	Краткая характеристика	Схема	Облиственность	Примеры

Вопросы и задания

1. В чем биологическая роль соцветий?
2. По каким принципам классифицируют соцветия?
3. Какими процессами, на ваш взгляд, сопровождалась эволюция соцветий: от кисти к корзинке, от кисти к початку, в чем сходство и различие этих эволюционных направлений?
4. Что представляют собой монохазии, дихазии и плеохазии? Чем они отличаются друг от друга? Приведите примеры растений с данными типами соцветий.

ЗАНЯТИЕ № 28. СТРОЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛОДОВ

Плод – орган размножения цветковых растений, выполняющий функции формирования, защиты и распространения семян. Как правило, он развивается после оплодотворения цветка, но у некоторых покрыто семенных может образовываться в результате апомиксиса, то есть развития зародыша без оплодотворения.

Морфологической основой плода является гинецей, прежде всего завязь, остальные части цветка обычно быстро увядают, но иногда изменяются и могут принимать участие в формировании плода. Плод несет семя или семена, которых у некоторых растений может быть до нескольких тысяч. Это важнейшая его составляющая часть.

Семена в плодах окружены *околоплодником (перикарпием)*. Он образуется, как правило, из видоизмененных стенок завязи, и на него часто приходится основная масса плода. Он может быть довольно мощным (апельсин, яблоня), тонким (подсолнечник) или даже срастаться с семенной кожурой (пшеница).

Околоплодник несет различного рода выросты (крючки, щетинки, хохолки из волосков, крылья и т. п.). Эти выросты способствуют распространению плодов. Плоды любого типа, снабженные простыми или перистыми волосками часто условно называют летучками, а с крыловидными выростами – крылатками.

В типичном случае околоплодник состоит из трех слоев: экзокарпия (внеплодник), мезокарпия (межплодник), эндокарпия (внутриплодник). Соотношение толщины различных слоев у плодов разных видов неодинаково, что в значительной степени связано с особенностями их распространения. Например, у сливы экзокарпий это тонкий блестящий наружный слой, у плодов цитрусовых – желтый или оранжевый железистый слой, называемый флаведо. У сливы мезокарпий съедобная сочная часть плода, а у цитрусовых – беловатый рыхлый слой – альбедо. Эндокарпий в плодах сливы – твердая косточка, окружающая единственное семя, у цитрусовых он пленчатый окружающий сочные "дольки". Съедобная мякоть плодов (пульпа) форми-

руется в результате появления выростов внутреннего слоя околоплодника.

Плоды чрезвычайно разнообразны по размерам, внешнему виду, строению околоплодника, его окраске и т. п. Очевидно, это самый пластичный орган цветковых растений. Существует несколько классификаций плодов: 1 – морфогенетическая (по типу гинецея), 2 – по числу семян (односемянные, многосемянные), 3 – по типу завязи (верхние нижние полунижние), 4 – по строению околоплодника (сухие сочные), 5 – по способу вскрывания, 6 – по способу распространения.

•**Цель работы:** изучить морфогенетическую классификацию плодов, выявить особенности их строения.

•**Средства обучения:** таблицы, учебники, коллекция плодов.

Работа 1. Апокарпные плоды

Ход работы

1. Провести морфологический анализ коллекции апокарпных плодов. Используя рисунок 98 и текст учебника, заполнить таблицу (табл. 14).

Таблица 14.

Апокарпные плоды

Плод	Тип околоплодника (сухой, сочный)	Основные признаки	Пример
Сочная многолистровка			
Сухая многолистровка			
Земляничина			
Многоорешик			
Боб			
Костянка			
Многокостянка			

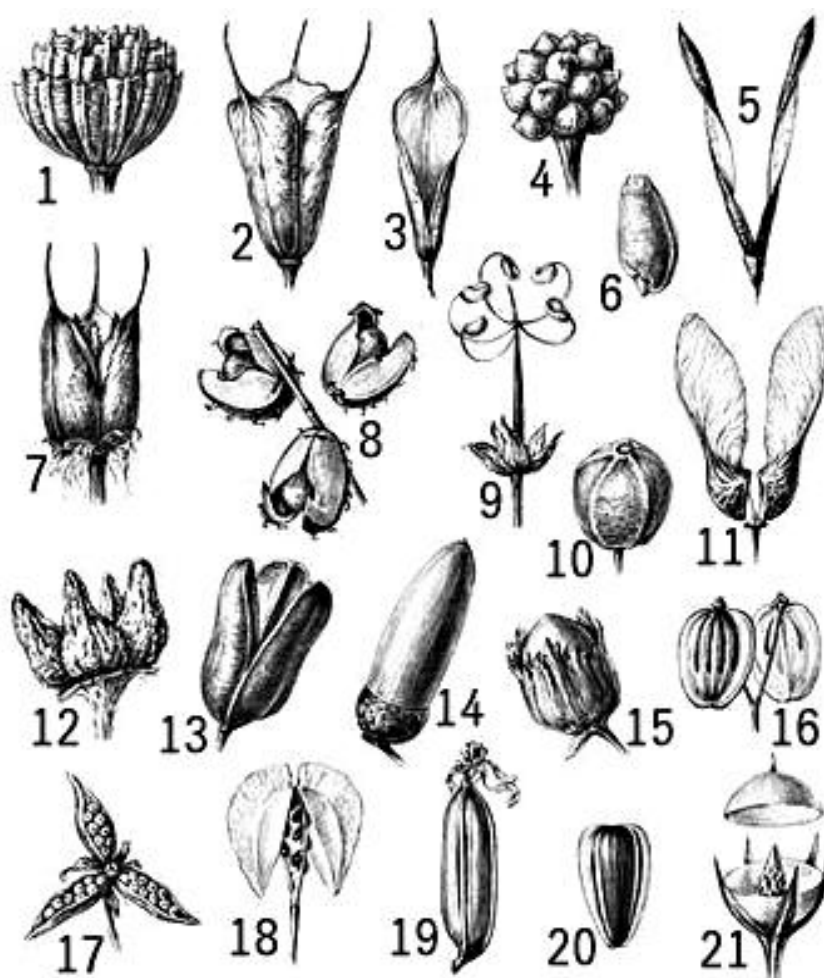


Рис. 98. Плоды. Апокарпные: 1 – многолистовка (купальница европейская), 2 – трёхлистовка (борец высокий), 3 – однолистовка (живокость полевая), 4 – многоорешек (чистяк весенний), 5 – боб (жёлтая акация), 6 – зерновка (пшеница); синкарпные: 7 – верхняя синкарпная коробочка (зверобой продырявленный), 8 – регма (клещевина обыкновенная), 9 – стеригма (герань луговая), 10 – карцерула (липа широколистная), 11 – двукрылатка (клён татарский), 12 – ценобий (воробейник полевой), 13 – нижняя синкарпная коробочка (касатик сибирский), 14 – жёлудь (дуб черешчатый), 15 – орех (лещина обыкновенная), 16 – вислоплодник (борщевик сибирский); паракарпные: 17 – верхняя паракарпная коробочка (фиалка полевая), 18 – стручочек (ярутка полевая), 19 – нижняя паракарпная коробочка (ятрышник), 20 – семянка (подсолнечник); лизикарпные: 21 – лизикарпная крыночка (очный цвет)

Пояснение к работе

Многолистовка – собрание обычно сухих многосемянных плодов, т. е. листовок, каждая из которых образуется из одного плодолистика и вскрывается с одной стороны (магнолиевые, лютиковые). По расположению листовок на оси различают спиральные и циклические многолистовки. У дальневосточной лианы лимонника китайского плод – сочная многолистовка.

Многоорешек – собрание сухих невскрывающихся односемянных орешков (лютиковые, розоцветные). К таким плодам относятся также плод земляники (фрага, земляничина), мякоть которого образуется из разросшегося цветоложа, и цинародий шиповника, в котором орешки сидят на дне бокаловидного гипантия.

Костянка – сочный односемянный плод косточковых (слива, вишня, черемуха).

Многокостянка – несколько костянок на общем цветоложе; иногда они срастаются (малина, ежевика).

Боб – сухой плод, вскрывающийся по брюшному шву и спинной жилке плодолистика (бобовые).

Работа 2. Особенности строения ценокарпных плодов

Ход работы

1. Провести морфологический анализ коллекции ценокарпных плодов. Используя рисунок 98 и текст учебника, заполнить таблицу (табл. 15).

Пояснение к работе

Синкарпные плоды

Синкарпная многолистовка (гемисинкарпная коробочка) – сухой плод, плодолистки которого в основании срослись, а верхние части остались свободными. Вскрывается в области верхних участков плодолистиков по брюшным швам (нигелла).

Синкарпная коробочка (ирис) образуется при полном срастании нескольких плодолистиков. Может развиваться как из верхней, так и из нижней завязи.

Кузовок, или **крыночка** (белена, подорожник), – двухгнездная коробочка, вскрывающаяся при помощи кольцевых трещин. При этом верхние части отпадают в виде крышечек.

Таблица 15.

Ценокарпные плоды

Плод	Тип около- плодника (су- хой, сочный)	Основные при- знаки	Пример
Синкарпные плоды			
Коробочка			
Ягода			
Яблоко			
Дробные пло- ды: Двукрылатка Вислоплодник Ценобий			
Орех			
Померанец			
Желудь			
Паракарпные плоды			
Стручок			
Тыквина			
Семянка			
Зерновка			
Лизикарпные плоды			
Лизикарпная коробочка			

Дробные плоды распадаются на отдельные части (мерикарпии), каждая из которых соответствует одному плодолистику:

- двукрылатка клена, вяза не вскрывается, имеет тонкую окраину

в виде крыла;

- вислоплодник зонтичных развивается из двух плодолистиков, при созревании расщепляется на два односемянных мерикарпия, выходящих на удлинённой осевой части плода – карпофоре;

- ценобии бурачниковых и губоцветных – завязь, состоящая из двух плодолистиков, разделённая ложной перегородкой. Поэтому при созревании плод распадается на четыре орешка (полумерикарпия или эрема).

Синкарпная ягода развивается из верхней (виноград, картофель, томат) или нижней (банан) завязи, имеет сочный околоплодник.

Гесперидий (померанец) – многосемянный плод цитрусовых, имеющий кожистый экзокарпий, губчатый белый мезокарпий и пленчатый эндокарпий. Съедобная мякоть плодов (пульпа) формируется в результате появления выростов, развивающихся в сочные мешочки, которые заполняют гнезда завязи.

Яблоко – плод, развивающийся из нижней завязи, состоящий из пяти сросшихся плодолистиков. Наружная часть его околоплодника мясистая, внутренняя – кожистая или бумажистая (яблоня, груша, айва).

Гранатина развивается из нижней завязи, имеет сухой кожистый околоплодник, раскрывающийся при созревании неправильными трещинами. Гнезда заполнены крупными семенами с сочной кожурой.

Орех – односемянный плод с 2-гнездной завязью и деревянистым околоплодником (лещина, орешник).

Желудь – плод дуба, имеющий кожистый неодревесневающий околоплодник и чашевидную плюску у основания, образованную сросшимися ветвями редуцированного соцветия.

Паракарпные плоды

Паракарпная коробочка вскрывается вдоль средних жилок плодолистиков (фиалка, ива), двумя створками (чистотел), дырочками (мак).

Стручок развивается из двух плодолистиков, между сросшимися краями которых формируется ложная перегородка, а на нем сидят семена (крестоцветные). Вскрывается двумя створками снизу вверх. Плод **стручочек** отличается от стручка тем, что его длина не более чем в 3 раза превышает ширину.

Зерновка – невскрывающийся односемянный плод, околоплодник которого плотно срастается с семенной кожурой (злаки).

Семянка – нижний односемянный плод, околоплодник которого не срастается с сильно редуцированной кожурой, имеющей вид пленочки (сложноцветные). Часто семянки несут различные придатки, способствующие их распространению.

Паракарпная ягода – сочный плод, образующийся из нижней завязи (крыжовник, кактусы).

Тыква – многосемянный плод с сочным эндокарпием, мясистым мезокарпием и довольно твердым экзокарпием. Образуется из нижней завязи (тыква, огурец, кабачок).

Лизикарпные плоды

Лизикарпная коробочка вскрывается с помощью зубчиков, створок, крышечек, в центре имеется колонка (гвоздичные).

Односемянные лизикарпные плоды (гречишные, маревые)

Работа 3. Соплодия

Ход работы

1. Провести морфологический анализ соплодий.
2. Зарисуйте их внешний вид (рис. 99), в наблюдениях приведите краткую характеристику и примеры растений, для которых они характерны.

Пояснение к работе

Соплодия – это совокупность зрелых плодов одного соцветия, четко обособленного от вегетативной части побега. Они могут быть не специализированными, если образовавшиеся из отдельных цветков плоды сидят на обособленных плодоножках (грозди винограда, рябины, кисти черемухи и так далее), и более специализированными из сухих или сочных плодов. Классификация соплодий вызывает определенные затруднения, так как их можно легко спутать с некоторыми и простыми и сборными плодами. Например, соплодия ежеголовника, состоящие из сухих свободных плодов легко спутать с многоорешком.

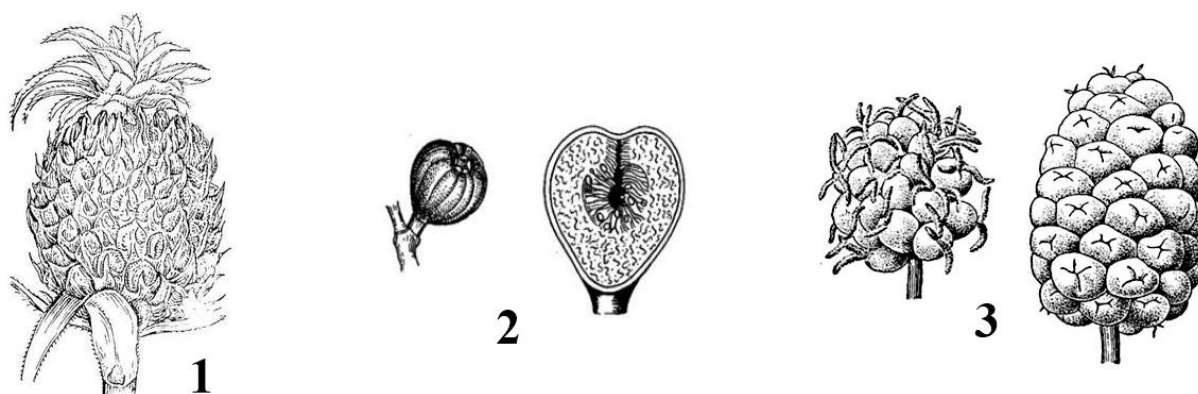


Рис. 99. Соплодия: 1 – ананас, 2 – инжир, 3 – шелковица

Многокамерные плоды томата часто рассматривают как соплодия. Они формируются при срастании зачатков отдельных цветков.

Соплодия инжира развивается из соцветия в результате срастания мясистых веточек, образующих полость с отверстием в верхней части. К моменту созревания плодов соцветие превращается в сочное образование, полость которого покрыта мелкими сухими односемянными плодами.

При срастании околоцветников образуются сочное соплодие у шелковицы или сухие клубочки у свеклы.

У ананаса сильно развита ось соцветия, срастаются завязи многочисленных цветков и основания кроющих листьев, в результате чего

образуется сочная мясистая ткань. Снаружи оно покрыто жестким образованием из верхушек кроющих листьев.

Вопросы и задания

1. Из какой части цветка образуется плод? Каково биологическое значение плода?
2. Что такое околоцветник? Каково его значение?
3. По каким признакам классифицируют плоды?
4. Что собой представляет соплодие?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ «РАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ»

1. Размножение и его формы. Вегетативное размножение.
2. Размножение растений спорами.
3. Половой процесс и половое размножение растений.
4. Чередование поколений и ядерных фаз. Жизненный цикл *Dryopteris filix-mas*.
5. Жизненный цикл разноспоровых растений на примере селягинеллы.
6. Жизненный цикл саговников.
7. Жизненный цикл сосны обыкновенной.
8. Цветок – как уникальный орган размножения покрытосеменных растений.
9. Околоцветник – строение и типы.
10. Андроцей, микроспорогенез и микрогаметогенез.
11. Гинецей, строение и типы.
12. Строение и типы семязачатков.
13. Мегаспорогенез и мегагаметогенез. Двойное оплодотворение.
14. Семя – как единица распространения растений. Внешнее и внутреннее строение семян голосеменных и цветковых растений.
15. Соцветия и их классификация.
16. Опыление – механизмы, типы опыления и их эволюция.

17. Плод – строение и значение.
18. Морфогенетическая классификация плодов.
19. Распространение плодов и семян.
20. Апомиксис и его типы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Завидовская, Т.С. Ботаника : анатомия и морфология: курс лекций / Т.С. Завидовская. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 212 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=484135> (дата обращения: 07.01.2021). – ISBN 978-5-4475-9635-4. – Текст : электронный.
2. Иванов, А.Л. Эволюция и филогения растений: учебное пособие / А.Л. Иванов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 292 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=276518> (дата обращения: 07.01.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-3833-0. – DOI 10.23681/276518. – Текст : электронный.
3. Кищенко, И.Т. Практический курс ботаники (цитология, гистология, морфология, анатомия, систематика): учебник : [16+] / И.Т. Кищенко. – Москва; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 351 с.: ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=594527> (дата обращения: 07.01.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4499-1264-0. – DOI 10.23681/594527. – Текст : электронный.
4. Александров В.Г. Анатомия растений. – М.: Высшая школа, 1966 – 431 с.
5. Бавтуто Г.А., Еремин В.М. Ботаника: Морфология и анатомия растений: Учеб. пособие. – Мн.: 1997 – 375 с.
6. Бавтуто Г.А., Л.М. Ерей Практикум по анатомии и морфологии растений: Учеб. пособие. – Мн.: Новое знание, 2002. – 464 с.
7. Барабанов. Е.И. Ботаника: учебник для вузов / Е. И. Барабанов, С.Г. Зайчикова. – Изд.2-е, стер. – М.: Академия, 2007 – 448с.
8. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004 – 312 с.
9. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений: учебник для вузов/Т.И. Серебрякова, Н.С. Воронин, А.Г. Еленевский и др. – М.: ИКЦ Академкнига, 2006 – 543с.

10. Ботаника: Морфология и анатомия растений: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по биол. и хим. спец. /А.В. Васильев, Н.С. Воронин, А.Г. Еленевский и др. – М.: Просвещение, 1988 – 480 с.
11. Долгачева, В.С. Ботаника: учебное пособие для вузов / В. С. Долгачева, Е. М. Алексахина. - М.: Академия, 2006. – 409с. – (Высшее профессиональное образование). – Литература, 2006 – 396 с.
12. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию: Учеб. пособие / Э.В. Ивантер, А.В. Коросов; ПетрГУ. – Петрозаводск, 2003. – 304 с.
13. Лотова Л.И. Морфология и анатомия растений. М.: Эдиториал УРСС, 2001 – 528 с.
14. Лутова Л.А., Проворов Н.А., Тиходеев О.Н., Тихонович И.А., Ходжайова Л.Т., Шишкова С.О. Генетика развития растений / Под ред. чл.-кор. РАН С.Г. Инге-Вечтомова. – СПб.: Наука, 2000. – 539 с.
15. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 1988 – 271 с.
16. Практикум по анатомии и морфологии растений: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ В.П. Викторов, М.А. Гуленкова, Л.Н. Дорохина и др.; Под ред. Л.Н. Дорохиной. – М.: Издательский центр «Академия», 2001 – 176 с.
17. Практикум по анатомии растений: Учеб. пособие для студентов биол. Спец. вузов /Барыкина Р.П. и др.: Под ред. Д.А. Транковского – М.: Высш. школа, 1979 – 224 с.
18. Родман Л.С. Ботаника. – М.: Колос, 2001 – 328 с.
19. Тимонин А.К. Ботаника: в 4 т. Т.3. Высшие растения: учебник для студ. высш. учеб. заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2007 – 352 с.
20. Тутаюк В.Х. Анатомия и морфология растений. – М.: Высш. школа, 1980. – 317 с.

21. Хржановский В.Г., Пономаренко С.Ф. Практикум по курсу общей ботаники: Учеб. пособие. – М.: Агропромиздат, 1989 – 416 с.
22. Яковлев Г.П., Аверьянов Л.В. Ботаника для учителя. В 2 ч. Ч. 1. – М.: Просвещение: АО «Учеб. лит.», 1996 – 224 с.

Андрей Владимирович Климов



Кандидат биологических наук. Область научных интересов: дендрология, интродукция, флора. Автор и соавтор около 50 различных научных публикаций.

Борис Владимирович Прошкин



Кандидат биологических наук. Область научных интересов: биология, экология, генетика. Автор и соавтор 23 научных публикаций.

Анна Федоровна Гуляева



Кандидат биологических наук. Область научных интересов: геоботаника, флора и растительность, фитоценология, экология растений, антропогенная трансформация растительного покрова. Автор 23 научных публикаций.