

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФГБОУ ВПО «БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХО-  
ЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра биологии, кормопроизводства, селекции  
и семеноводства

## **БОТАНИКА**

(учебно-методическое пособие для лабораторно-  
практических занятий

Раздел: «Цитология, гистология и  
органография вегетативных органов»)

Брянск 2014

УДК  
ББК  
М - 47

Милехина, Н.В. Ботаника (учебно-методическое пособие для лабораторно-практических занятий. Раздел: цитология, гистология и органография вегетативных органов). Предназначено для подготовки студентов по направлениям 110400 «Агрономия», 110100 «Агрохимия и агропочвоведение», 110900 «Технология производства и переработки с/х продукции»; квалификация (степень) выпускника – бакалавр). Брянск. Издательство Брянской ГСХА, 2014. – 61 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторно-практических работ по дисциплине «Ботаника» Раздел: цитология, гистология и органография вегетативных органов. Разработано в соответствии с требованиями примерной программы по дисциплине «Ботаника», квалификация (степень) выпускника – бакалавр.

Рецензент: доцент кафедры экологии и рационального природопользования БГУ, к.с.-х. наук Н.А. Сковородникова

*Рекомендовано к изданию решением методической комиссии агроэкологического института от \_\_\_\_\_ года*

©Брянская ГСХА, 2014  
© Н.В. Милехина, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Тема 1. РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА И ЕЕ КОМПОНЕНТЫ.....</b>	
<b>Тема 2. ТКАНИ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ.....</b>	
2.1 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ (МЕРИСТЕМЫ).....	
2.2 ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ.....	
2.3 ОСНОВНЫЕ ТКАНИ.....	
2.4 МЕХАНИЧЕСКИЕ ТКАНИ.....	
2.5 ПРОВОДЯЩИЕ ТКАНИ И КОМПЛЕКСЫ.....	
<b>Тема 3. ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ.....</b>	
3.1 КОРЕНЬ И КОРНЕВАЯ СИСТЕМА.....	
3.2 ПЕРВИЧНОЕ СТРОЕНИЕ КОРНЯ.....	
3.3. ВТОРИЧНОЕ СТРОЕНИЕ КОРНЯ.....	
3.4. КОРНЕПЛОДЫ.....	
<b>Тема 4. ПОБЕГ И СИСТЕМА ПОБЕГОВ.....</b>	
4.1 НАРАСТАНИЕ И ВЕТВЛЕНИЕ ПОБЕГОВ.....	
<b>ТЕМА 5. СТЕБЕЛЬ- ОСЬ ПОБЕГА.....</b>	
5.1 АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЕЙ.....	
5.2 АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ОДНОДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ.....	
5.3 АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЕЙ ТРАВЯНИСТЫХ ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ.....	
5.4 АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ДРЕВЕСНОГО РАСТЕНИЯ.....	
<b>Тема 6. ЛИСТ. МОРФОЛОГИЯ И АНАТОМИЯ ЛИСТА.....</b>	
6.1 МОРФОЛОГИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИСТЬЕВ.....	
6.2 АНАТОМИЯ ЛИСТА.....	
6.3 АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТЬЕВ ОДНОДОЛЬНЫХ И ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ.....	
Источники рисунков.....	
Список литературы.....	

## ТЕМА 1. РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА И ЕЕ КОМПОНЕНТЫ

Клетка – основная структурная единица одноклеточных, колониальных и многоклеточных растений. Клетки многоклеточных организмов разнообразны по размеру, форме и внутреннему строению. Различают две основные формы клеток: паренхимную и прозенхимную (рис.1).

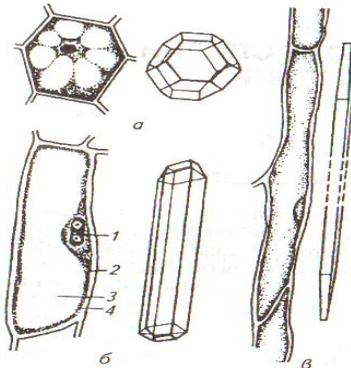


Рис. 1 Растительные клетки:

*а, б – паренхимные клетки;  
в- прозенхимные: 1- ядро с  
ядрышками; 2- цитоплазма;  
3- вакуоль; 4- клеточная  
стенка*

*Паренхимные* клетки - многогранники. Размер их примерно одинаков во всех направлениях, длина не более чем в два-три раза превышает ширину.

Паренхимные клетки, где откладываются запасные питательные вещества, являются наиболее крупными.

*Прозенхимные* клетки - вытянутые, их длина превышает ширину и толщину в 5-100 раз и более.

Растительная клетка эукариотическая и имеет оформленное ядро.

Основными особенностями растительных клеток является:

- наличие пластид,
- целлюлозопектиновая жесткая клеточная стенка,
- хорошо развитая система вакуолей с клеточным соком,
- отсутствие центриолей при делении.

У молодых вновь образовавшихся клеток полость заполнена густой цитоплазмой. Цитоплазма и ядро составляют живое

содержимое клетки – **протопласт**. В протопласте происходят все основные процессы обмена веществ (рис. 2).

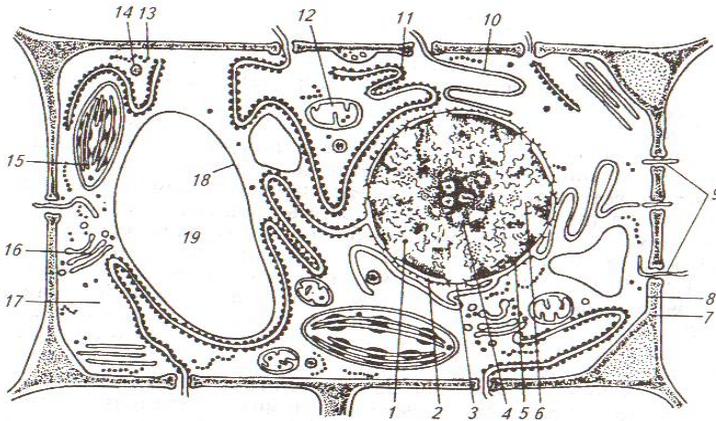


Рис. 2 Схема строения растительной клетки (электронная микроскопия):

1- ядро; 2- ядерная оболочка (две мембраны - внутренняя и внешняя – и перинуклеарное пространство); 3- ядерная пора; 4- ядрышко (гранулярный и фибриллярный компоненты); 5- хроматин (конденсированный и диффузный); 6- ядерный сок; 7- клеточная стенка; 8- плазмалемма; 9- плазмодесмы; 10- эндоплазматическая агранулярная сеть; 11- то же, гранулярная; 12- митохондрия; 13- свободные рибосомы; 14- лизосома; 15- хлоропласт; 16- диктиосома аппарата Гольджи; 17- гиалоплазма; 18- тонопласт; 19- вакуоль с клеточным соком

В состав протопласта входят различные соединения: белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы, вода.

**Цитоплазма** – это обязательная часть живой клетки, где происходят процессы клеточного обмена, исключая синтез нуклеиновых кислот, совершающийся в ядре. Основу цитоплазмы составляет матрикс или гиалоплазма. С гиалоплазмой связано движение цитоплазмы.

**Ядро** – важнейшая структура, регулирующая всю жизнедеятельность клетки (обмен веществ, деятельность других оргanelл). В ядре хранится и воспроизводится наследственная ин-

формация, определяющая признаки данной клетки и всего организма в целом. Клетка без ядра быстро погибает. Обычно клетка имеет одно ядро шаровидной формы, окруженное цитоплазмой. Ядро является коллоидной системой вязкой консистенции с высоким содержанием ДНК, а также в значительном количестве и -РНК и р-РНК. Структура ядра одинакова у всех эукариотических клеток: ядерная оболочка, ядерный сок, хромосомно-ядрышковый комплекс.

Многообразные функции цитоплазмы выполняют специализированные обособленные органеллы - рибосомы, пластиды, митохондрии, и диктиосомы.

**Рибосомы.** Содержатся во всех клетках и осуществляют биосинтез белка. Каждая рибосома состоит из двух субъединиц: большой и малой. Рибосомы по своей структуре являются полужидкими образованиями и легко нанизываются на молекулу информационной РНК. Формирование субъединиц происходит в ядре, сборка в цитоплазме на молекуле и-РНК.

**Пластиды.** Органеллы характерны только для растительных клеток. В них происходит первичный и вторичный синтез углеводов. По наличию пигментов (окраске) различают три типа пластид: зеленые хлоропласты, желто-оранжевые и красные хромопласты, бесцветные лейкопласты. Возможно взаимопревращение пластид. Обычно в клетке встречается только один тип пластид. Пластиды имеют двойную мембрану и заполнены матриксом. В нем имеется кольцевая ДНК и рибосомы.

**Хлоропласты** – это органеллы фотосинтеза.

Хлоропласты высших растений имеют двояковыпуклую форму (рис 3). Располагаются в клетках растений в постенном слое цитоплазмы таким образом, что одна из плоских сторон обращена к освещенной стенке клетки. Положение хлоропластов меняется в зависимости от освещенности: при прямом солнечном свете они перемещаются к боковым стенкам.

Хлоропласты содержат пигменты: хлорофиллы и каротиноиды. Они покрыты двойной мембранной оболочкой, в которой заключена бесцветная мелкозернистая строма – матрикс.

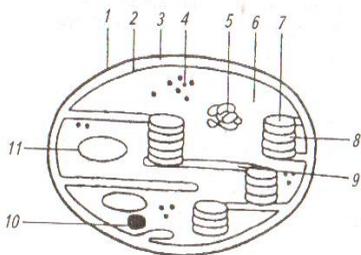


Рис. 3 Хлоропласт:  
схема строения:

1- мембрана оболочки хлоропласта наружная; 2- то же, внутренняя; 3- перипластидное пространство; 4- рибосомы; 5- нить пластидной ДНК; 6- матрикс; 7- грана; 8- тилакоид грана; 9- тилакоид стромы; 10- пластоглобула; 11- крахмальное зерно

Из складок внутренней мембраны образуются плоские мешки - тилакоиды в них локализованы пигменты. Дисквидные тилакоиды собраны в стопки – грана.

**Лейкопласты** – бесцветные округлые пластиды, в которых накапливаются запасные питательные вещества, в основном крахмал. В состав лейкопластов входят: ДНК, рибосомы, ферменты, осуществляющие синтез и гидролиз запасных веществ.

**Хромoplastы** – пластиды оранжево красного и желтого цвета, образуются из лейкопластов и хлоропластов. Они встречаются в клетках лепестков, зрелых плодов, корнеплодах и в осенних листьях.

**Митохондрии** - округлые или цилиндрические органеллы. Имеют двумембранное строение, внутри – бесструктурный матрикс. Внутренняя мембрана образует складки – кристы, которые в растительных клетках имеют вид трубочек. В матриксе имеются молекулы ДНК и рибосомы (рис. 4).

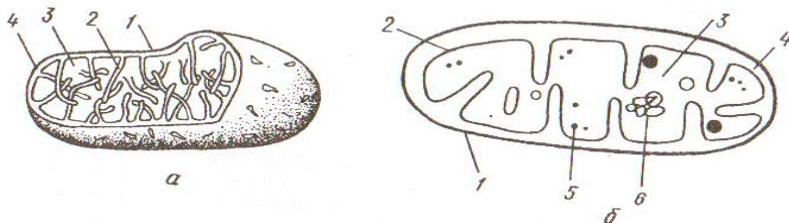


Рис. 4 Схема строения митохондрий:  
а – в объемном изображении; б- на срезе; 1- наружная мембрана; 2- внутренняя мембрана с кристами в виде трубочек; 3-

*матрикс; 4- перимитохондриальное пространство; 5- митохондриальные рибосомы; 6- нить митохондриальной ДНК*

Митохондрии являются энергетическим центром клетки. В них проходит процесс внутриклеточного дыхания, т.е идет окисление органических веществ кислородом воздуха до простых неорганических веществ - углекислого газа и воды, при этом выделяется энергия АТФ.

**Диктиосомы** – это органеллы, которые входят в состав аппарата Гольджи, который также включает пузырьки Гольджи. Они представляют собой стопки плоских округлых цистерн, ограниченных мембраной и заполненных матриксом. Цистерны диктиосом – последний участок многих обменных реакций. Здесь накапливаются, конденсируются и упаковываются вещества, подлежащие удалению из цитоплазмы. Они упаковываются в пузырьки и поступают в вакуоли.

**Клеточная стенка.** Клетки растений в отличие от животных имеют твердые клеточные стенки. Они придают клеткам определенную форму, защищают их от внешних факторов, обеспечивают механическую прочность.

Клеточные стенки бесцветны и легко пропускают солнечный свет. Стенки соседних клеток соединены пектиновой срединной пластинкой.

В состав клеточной стенки входят полисахариды – пектин, гемицеллюлоза и целлюлоза. Они придают прочность и эластичность. Клеточная стенка создается протопластом.

В процессе жизнедеятельности клетки целлюлозная клеточная стенка может претерпевать изменения:

*Одревеснение или лигнификация* – это отложение в межклеточные промежутки лигнина. В результате возрастает твердость и прочность стенки, но уменьшается ее пластичность.

*Опробковение или суберинизация* - отложение в клеточную стенку жироподобного аморфного вещества – суберина. При этом клеточные стенки становятся непроницаемыми для воды и газов. Клетки с опробковевшими клеточными стенками защищают растения от испарения.

*Кутинаизация* – отложение кутина – вещества, близкого к суберину, в поверхностных слоях наружных клеточных стенок и

на их поверхности; образующаяся при этом пленка (кутикула) препятствует испарению.

*Минерализация* – отложение в клеточных стенках солей кальция и кремнезема. Отложение кремнезема характерно для клеток эпидермы хвощей, осок и злаков.

*Ослизнение* – превращение целлюлозы и пектина в слизи и близкие к ним камеди, которые при соприкосновении с водой способны сильно набухать. Явление можно наблюдать в кожуре семян, например у льна.

**Запасные питательные вещества.** Растения в процессе жизнедеятельности накапливают продукты обмена веществ. Включения клетки представляют собой вещества, временно выведенные из обмена, или конечные его продукты. Запасные питательные вещества являются продуктами первичного обмена веществ, остальные группы – вторичного.

Запасные питательные вещества накапливаются в клетках в течение вегетационного периода и используются частично зимой, весной и во время цветения.

Широко распространено у растений отложение *запасных жиров* в виде липидных капель в цитоплазме. Наиболее богаты ими плоды и семена.

*Запасные белки (протеины)* наиболее часто встречаются в виде алейроновых зерен (образуются при созревании семян из высыхающих вакуолей) в клетках семян бобовых, гречишных, злаков и других растений. Они имеют различную форму и размеры. Алейроновое зерно, окруженное тонопластом и содержащее аморфный белок альбумин, в который погружены белковые кристаллы глобулина, является сложным зерном (семена льна, подсолнечника, тыквы). Алейроновые зерна, содержащие только аморфный белок, называют простыми (бобовые, рис, кукуруза, гречиха).

*Крахмал* – наиболее распространенное запасное вещество растений. Следует различать крахмал ассимиляционный (или первичный), запасной (или вторичный) и транзиторийный. Ассимиляционный образуется в процессе фотосинтеза в хлоропластах из глюкозы. Запасной крахмал откладывается в лейкопластах (амилопластах) в виде крахмальных зерен (рис. 5).

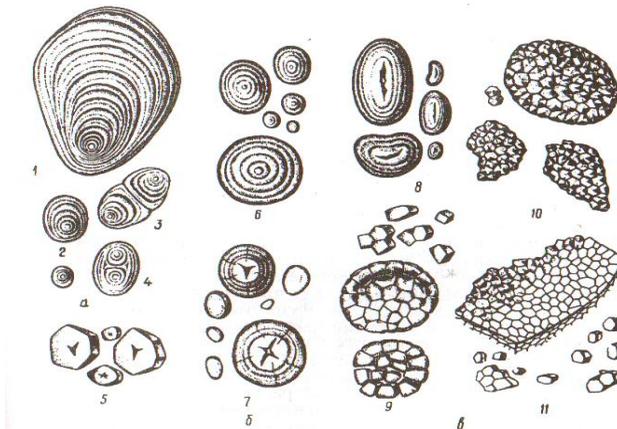


Рис. 5 Крахмальные зерна:

*а- из клеток клубней картофеля: 1- простое эксцентрическое; 2- простые концентрические; 3- сложное; 4- полусложное; б- простые зерна из клеток эндосперма: 5- кукурузы; 6- пшеницы; 7- ржи; 8- фасоли; в – сложные зерна из клеток эндосперма: 9- овса; 10- риса; 11- гречихи*

Крахмальные зерна бывают простые, сложные и полусложные. Простые зерна имеют один центр крахмалообразования, вокруг которого формируются слои крахмала (пшеница, рожь, кукуруза). У сложных зерен в одном лейкопласте несколько центров, имеющих свои собственные слои (рис, овес, гречиха). В полусложных зернах также несколько центров, но кроме слоев крахмала, возникших возле каждого центра, по периферии зерна имеются общие слои. В клубнях картофеля встречаются все три типа крахмальных зерен.

Крахмальные зерна представляют собой сферокристаллы, состоящие из игольчатых кристаллов.

Продуктами вторичного происхождения для растительных клеток служат соли щавелевой кислоты, дубильные вещества, алкалоиды, эфирные масла, смолы, оксалат кальция и др.

Клетки многоклеточного организма, образовавшиеся путем митоза, обладают одинаковыми наследственными свойствами. Свойство клеток реализовывать всю генетическую информацию

ядра, обеспечивающую их дифференцировку и развитие до целого организма, называют тотипотентностью.

В многоклеточном организме клетки выполняют различные функции и имеют разное строение, приобретенное в ходе онтогенеза, или жизненного цикла.

**Жизненный цикл клетки** - это развитие ее от момента возникновения в результате предшествующего деления до деления на две новые клетки или до ее смерти.

## ТЕМА 2. ТКАНИ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

**Ткани** – это группы клеток, сходных по строению, происхождению и приспособленных к выполнению одной или нескольких определенных функций. Наиболее часто различают шесть типов тканей: образовательные, или меристематические, и постоянные – покровные; основные; механические; проводящие; выделительные.

У растений происходит постоянное деление клеток по типу митоза. В зависимости от происхождения различают первичные и вторичные меристемы.

### 2.1 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ (МЕРИСТЕМЫ)

**Первичные меристемы.** Из первичной образовательной (эмбриональной) ткани состоит зародыш семени. У взрослых растений первичные меристемы сохраняются лишь на самой верхушке стебля и вблизи кончика корня. Остальные клетки перестают делиться и превращаются в клетки постоянных тканей.

**Вторичные меристемы** образованы или первичными меристемами, или постоянными тканями.

По положению в растении выделяют: *верхушечные (апикальные)*, *боковые (латеральные)*, *вставочные (интеркалярные)* меристемы.

**Верхушечные меристемы** находятся на полюсах зародыша – кончике корешка и почечке. Они обеспечивают рост корня и побега в длину. Меристемы являются первичными и образуют конусы нарастания корня и побега.

**Боковые меристемы** располагаются по окружности осевых органов и обеспечивают утолщение корня и стебля. Первичные боковые меристемы – прокамбий и перицикл - возникают под апексами. Вторичные – камбий и феллоген (пробковый камбий формируются позднее из меристем или постоянных тканей путем их дифференцировки. Из прокамбия и камбия образуются проводящие ткани, из феллогена – пробка.

**Вставочные меристемы** располагаются в основаниях междоузлий, черешков листьев. Особенно хорошо заметны у злаков и обеспечивают поднятие хлебов после полегания.

Раневые меристемы образуются при повреждении тканей и органов. Они образуют каллус – плотную ткань беловатого или желтоватого цветов, состоящую из паренхимных клеток, расположенных беспорядочно. Из каллуса может возникнуть любая ткань или орган растения. В нем могут закладываться придаточные корни и почки. Каллус образуется из раневых меристем при прививках, обеспечивая срастание привоя с подвоем; в основании черенков.

## 2.2 ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ

**Покровные ткани** расположены снаружи всех органов растений на границе с внешней средой и предохраняет их от неблагоприятных воздействий окружающей среды.

**Эпиблема** (ризодерма) – это первичная однослойная поверхностная ткань корня. Основной функцией эпиблемы является всасывание и поглощение из почвы воды с растворенными в ней минеральными веществами. В свою очередь через эпиблему могут выделяться биологически активные вещества, например кислоты.

Клетки эпиблемы тонкостенные, лишены кутикулы, с вязкой цитоплазмой и содержат большое число митохондрий. Поглощающая поверхность эпиблемы может увеличиваться за счет образования корневых волосков. Они представляют собой выросты клетки длиной 1-3 мм.

**Эпидерма** (кожица) – первичная покровная ткань образуется из наружного слоя клеток конуса нарастания побега на листь-

ях, стеблях, цветках, плодах и семенах. Ткань защищает внутренние ткани от высыхания и повреждений.

В состав эпидермы входят разные по морфологии клетки: основные клетки эпидермы, замыкающие и побочные клетки устьиц, трихомы.

**Основные клетки эпидермы** плотно сомкнуты, межклетников нет, боковые стенки клеток извилистые. Клеточные стенки могут быть пропитаны кремнеземом (хвощи, осоки, злаки) или содержать слизи (семена льна).

С наружной стороны клетки ткани покрыты сплошным слоем кутикулы. В ее состав может входить воск, образуя сплошной налет, состоящий из чешуек, палочек и других структур. Хорошо заметен сизый налет на листьях капусты, плодах сливы и винограда.

**Устьица** являются специализированными структурами, осуществляющими газообмен и транспирацию. Устьице состоит из двух замыкающих клеток, между ними находится устьичная щель. Под ней расположена дыхательная подустьичная полость. К замыкающим клеткам могут примыкать побочные клетки, которые совместно представляют собой устьичный аппарат (рис.6).

Стенки замыкающих клеток содержат много хлоропластов и митохондрий и неравномерно утолщены: брюшные (обращенные к щели) толще спинных (примыкающих к эпидерме). При повышении тургора тонкие стенки растягиваются, увлекая за собой толстые, и устьичная щель увеличивается.

Роль хлоропластов заключается в том, что в процессе фотосинтеза повышается содержание сахаров и осмотическое давление. В результате в клетку засасывается большое количество воды, увеличивается тургор и размер вакуоли устьице открывается. В темноте устьичная щель закрыта за счет недостатка воды. В условиях достаточного увлажнения замыкающие клетки располагаются на одном уровне с основными клетками эпидермы, при избыточном – приподняты, при недостаточном – залегают глубже.

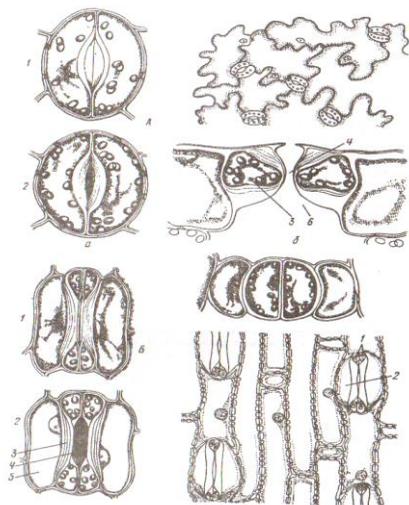


Рис. 6 Эпидерма листа гороха (А) и пшеницы (Б):  
 1- устьице закрытое; 2- устьице открытое (а- в плане, б- в разрезе); 3- замыкающие клетки; 4- устьичная щель; 5- побочные клетки; 6- подустыичная полость

**Трихомы** - различные по форме, строению и функциям выросты эпидермы. Они имеют форму волосков (кроющие и железистые, одноклеточные, многоклеточные неразветвленные и разветвленные, звездчатые) (рис 7).

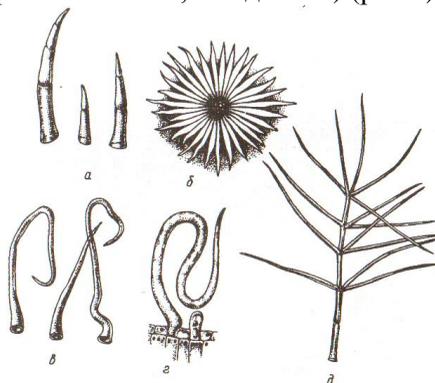


Рис. 7 Эпидермальные трихомы:  
 а- простые многоклеточные на листе картофеля; б- звездчатые на листе лоха; в- простые одноклеточные на листе яблони; г- то же на семени хлопчатника; д- ветвистые многоклеточные на листе коровяка

Волоски долго могут оставаться живыми, но при отмирании протопласта они заполняются воздухом и защищают растения от излишнего испарения и перепадов температуры. Жесткие, колючие, жгучие волоски защищают растения от насекомых, способствуют опылению и распространению плодов.

На эпидерме могут образовываться *эмергенцы*, их образуют ткани расположенные более глубоко (крапива, роза, ежевика).

Эпидерма функционирует, как правило, один вегетационный период, обычно к осени ее заменяет пробка.

**Пробка (феллема)** – вторичная покровная ткань развивается из клеток пробкового камбия, феллогена. Феллоген (образовательная ткань) – слой клеток боковой вторичной меристемы. Он возникает из основной паренхимы, лежащей под эпидермой (бузина) или более глубоко (смородина, вишня, малина), а иногда в самой эпидерме (груша, ива). При делении клеток феллогена наружу откладываются клетки феллемы, внутрь – феллодермы (основная ткань, хлорофиллоносная паренхима). Феллема, феллоген и феллодерма – это единый покровный комплекс – перидерма (рис 8).

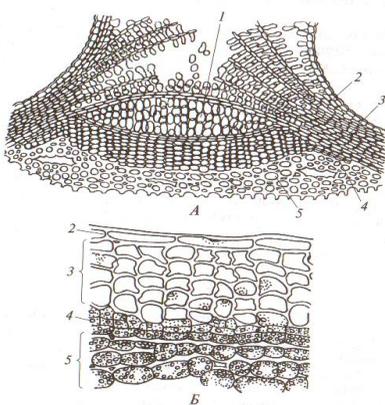


Рис. 8 Перидерма стебля бузины:  
А- чечевичка; Б- участок перидермы; 1- выполняющая ткань; 2- остатки эпидермы; 3- пробка (феллема); 4- пробковый камбий (феллоген); 5- феллодерма

Перидерма образуется на ветвях, стволах, корнях и почечных чешуях (у древесных); на некоторых плодах; на корнях, гипокотиле, иногда на корневищах и клубнях (у трав).

Клетки пробки соединены очень плотно, без межклетников. Сначала клеточные стенки тонкие, а затем утолщаются и состоят из чередующихся слоев суберина и воска, не пропуская воду и воздух. По мере того как эпидерму сменяет перидерма, зеленый цвет побегов приобретает бурый цвет.

Газообмен и транспирация в органах покрытых перидермой, происходят через чечевички. Чечевички – это участок пе-

ридермы с рыхло расположенными клетками пробки с поверхности выглядит как бугорок.

С наступлением холодов феллоген откладывает под выполняющей тканью замыкающий слой из плотно соединенных клеток, препятствующий испарению. Весной этот слой разрывается за счет вновь формирующихся клеток. По мере утолщения ветвей чечевички растягиваются.

У большинства древесных растений по мере утолщения перидерма заменяется коркой. Она состоит из нескольких слоев пробки и заключенных между ними отмерших тканей (рис.9).

Если образование перидерм происходит не по всей окружности ствола, а отдельными полудугами такая корка называется *чешуйчатой* (большинство растений).

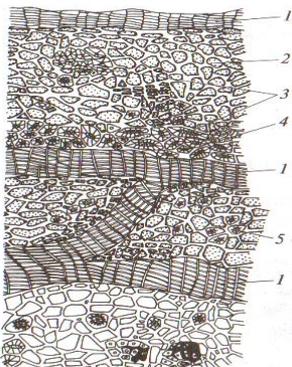


Рис. 9 Схема строения корки:

1- пробка; 2- паренхима коры; 3- склереиды; 4- лубяные волокна; 5- клетки с друзами кристаллов

*Кольцевая корка* формируется по всей окружности ствола, периодически сбрасывается на всем протяжении стебля, снижая его массу (виноград, лимонник, жимолость).

Корка предохраняет стволы от механических повреждений, погрызов животными, пожаров, перепадов температур.

### 2.3 ОСНОВНЫЕ ТКАНИ

**Основные ткани** составляют большую часть тела растения. Клетки ткани живые паренхимные, тонкостенные с простыми порами. В зависимости от выполняемой функции различают ос-

новную (типичную), ассимиляционную, запасную и воздухоносную паренхиму.

**Основная паренхима** не имеет строго определенных функций, располагается внутри тела растения. Она заполняет сердцевину стебля, внутренние слои коры стебля и корня. Клетки ткани образуют вертикальные и горизонтальные тяжи, по которым в радиальном направлении перемещаются вещества. Из основной паренхимы могут возникнуть вторичные меристемы.

**Ассимиляционная паренхима (хлоренхима)** осуществляет процесс фотосинтеза. Ткань обычно располагается под эпидермой, хорошо развита в листьях, меньше в молодых стеблях. Клетки тонкостенные с межклетниками имеют большое число хлоропластов.

**Запасная паренхима** служит для отложения избытка питательных веществ. Клетки ткани живые тонкостенные. Особенности строения клеток зависят от характера запасных веществ. Если это крахмал, клетки содержат много лейкопластов; если сахара или инулин, то крупные вакуоли; если белок, то много мелких вакуолей, образуют алейроновые зерна; если гемицеллюлоза, то толстые клеточные стенки.

Запасные ткани широко распространены и развиваются в разных органах (клубни картофеля, корнеплоды свеклы, моркови, луковицы лука, зерновки злаков, семена подсолнечника, клещевины) (рис. 10).

У растений засушливых мест (агавы, алоэ, кактусы) в клетках запасной паренхимы накапливается вода.

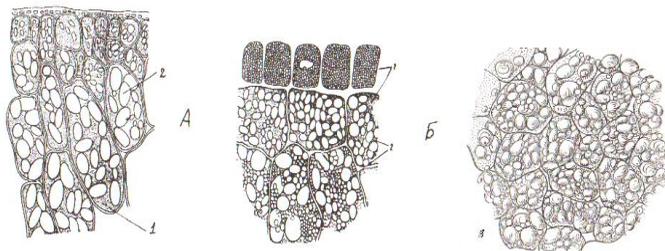


Рис. 10 Запасная паренхима:  
А- семядоли гороха, Б- эндосперм пшеницы: 1- алейроновые зерна; 2- крахмальные зерна; В- клубень картофеля

**Воздухоносная паренхима (аэренхима)** выполняет вентиляционные, дыхательные функции, обеспечивая ткани кислородом. Ткань хорошо развита у растений погруженных в воду (кувшинка, белокрыльник, рдест и др.) (рис. 11).

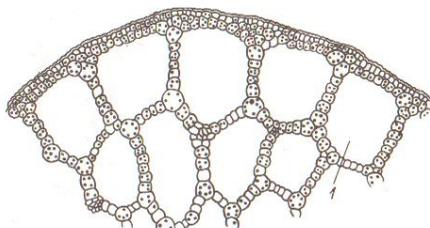


Рис. 11 Аэренхима  
стебля рдеста:

1- межклетник

## 2.4 МЕХАНИЧЕСКИЕ ТКАНИ

Механические ткани обеспечивают прочность растения и играют роль скелета. Клетки имеют утолщенные стенки. Различают *колленхиму*, *склеренхиму* и *склериды*.

**Колленхима** развивается в стеблях и черешках листьев двудольных растений под эпидермой или несколько глубже. Клетки ткани вытянутые, живые, часто содержат хлоропласты. Клеточные стенки неравномерно утолщены. В утолщениях чередуются слои целлюлозы и сильно обводненные слои, богатые пектином и гемицеллюлозой. Функции опорной ткани колленхима может выполнять только в состоянии тургора.

В зависимости от характера утолщения стенок и их соединения различают уголковую, пластинчатую и рыхлую колленхиму (рис 12).

**Уголковая колленхима** имеет стенки, утолщенные в углах клеток. Часто ткань встречается под эпидермой над главной жилкой листьев, по ребрам травянистых стеблей. Хорошо развита уголковая колленхима в стеблях тыквы, георгины, черешке листа свеклы.

**Пластинчатая колленхима** имеет утолщенные тангентальные (параллельные поверхности органа) стенки клеток. Часто образует в стебле сплошное кольцо (подсолнечник, клевер, баклажан).

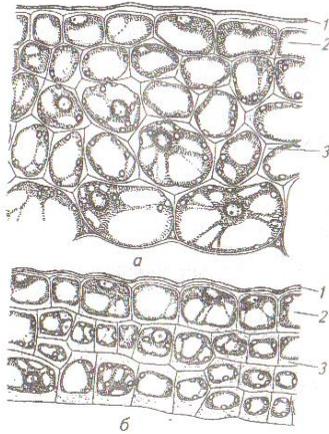


Рис. 12 Колленхима:  
*а- уголковая колленхима в черешке листа свеклы; б- пластинчатая колленхима в стебле подсолнечника: 1- кутикула; 2- эпидерма; 3- утолщенные стенки клеток колленхимы*

**Склеренхима.** Первичная склеренхима развита во всех вегетативных органах однодольных, реже двудольных растений; вторичная – у двудольных. Клетки склеренхимы – волокна, имеющие равномерно утолщенные, как правило, одревесневшие стенки. Протопласт отмирает рано, опорную функцию выполняют мертвые клетки (рис. 13).

Склеренхимные волокна – сильно вытянутые прозенхимные клетки, обеспечивают прочность органов растений на растяжение, сжатие и изгиб. Концы клеток часто заострены (лен), могут быть ветвистыми (конопля), тупыми (крапива).

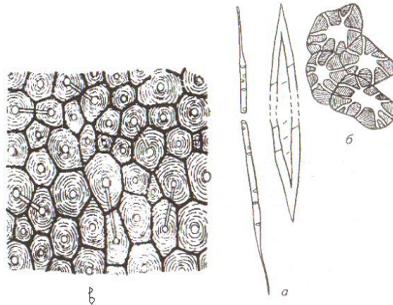


Рис. 13 Склеренхима и склереиды:  
*а- волокна склеренхимы; б- каменные клетки из плода груши; в- склеренхима на поперечных срезах стебля льна*

Склеренхимные волокна располагаются в растении в виде отдельных клеток (элементарное волокно) или, соединяясь друг с другом по длине, образуют пучок (техническое волокно).

**Склереиды** – чаще всего имеют паренхимную форму и располагаются в растении плотными группами или одиночно. Окончательно сформировавшиеся ткани это мертвые клетки с толстыми одревесневшими стенками, пронизаны поровыми каналами, нередко ветвистыми. Поры простые. Склереиды имеют первичное происхождение. К ним относят *каменистые и ветвистые клетки* (рис.13).

Каменистые клетки – округлые, обычно встречаются группами. Из них состоят косточки вишни, сливы, персика и скорлупа ореха. Встречаются также в сочных плодах груши, айвы, рябины, в корнях хрена.

Ветвистые клетки имеют причудливую форму, выполняют роль опоры в листьях чая, камелии, маслины, в стеблях водных растений.

## 2.5 ПРОВОДЯЩИЕ ТКАНИ И КОМПЛЕКСЫ

Они образуют в теле растения не прерывную разветвленную систему, соединяющую все органы. В растениях все вещества транспортируются в двух направлениях: от корней к листьям поднимается восходящий ток водных растворов минеральных солей. В этом участвуют *трахеальные элементы (трахеиды и сосуды)* (рис. 14);

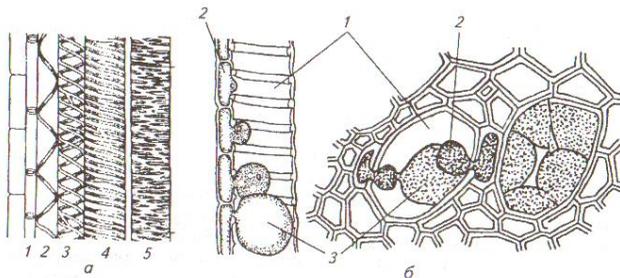


Рис. 14 Трахеальные элементы:

*А- типы сосудов: кольчатый (1), спиральный (2...4), сетчатый (5); б- закупорка сосуда (1) выростами клеток древесинной паренхимы – тилами (2,3)*

от листьев к корням идет нисходящий ток органических веществ, который обслуживают *ситовидные элементы (ситовидные клетки и ситовидные трубки)* (рис. 15).

**Трахеида** представляет собой удлинённую клетку с острыми или округлыми концами и одревесневшими стенками. Поры только окаймленные. Живое содержимое трахеи постепенно отмирает. Большая часть окаймленных пор находится на концах клеток, где раствор переходит из одной поры в другую.

Трахеиды встречаются у всех высших растений, а у большинства хвощей, плаунов, папоротников и голосеменных являются единственной проводящей тканью.

**Трахея (сосуд)** состоит из многих клеток-члеников. Они располагаются друг над другом и образуют полые трубки. Поперечные стенки соприкасающихся клеток местами растворяются и возникают отверстия (перфорации), по которым и перемещается влага из одного членака сосуда в другой. Растворы передвигаются и в поперечном направлении через неутолщенные участки боковых стенок или поры в них. В зависимости от характера утолщения боковых стенок различают: кольчатые, спиральные, сетчатые, лестничные и точечно-поровые трахеиды и сосуды (рис.14).

Сосуды функционируют ограниченное время. Они прекращают свою деятельность, если их закупоривают тилы (выросты соседних клеток, проникающие в полость сосуда через поры. В дальнейшем сосуда выполняют механические функции.

В обеспечении восходящего тока участвует и **ксилема** (древесина). В ксилеме имеются живые клетки древесинной паренхимы и древесинные волокна (либриформ). По паренхиме, окружающей трахеальные элементы и контактирующей с ними, происходит ближний радиальный транспорт. В этих клетках накапливаются запасные вещества. Весной они превращаются в растворы сахаров и поступают в сосуды. Основная функция сосудов – проведение минеральных веществ и воды.

Нисходящий ток *обеспечивают ситовидные клетки и ситовидные трубки с клетками-спутницами*. Они сохраняют живой протопласт, клеточные стенки целлюлозные.

**Ситовидная клетка** сильно вытянута в длину, концы заостренные. В зрелых клетках сохраняется ядро. Такие клетки характерны для высших споровых и голосеменных растений.

**Ситовидные трубки** состоят из удлинённых живых клеток-члеников, расположенных друг над другом. Поперечные стенки члеников ситовидных трубок представляют собой ситовидные пластинки. Они пронизаны множеством мелких отверстий (перфораций), образующих каналы. Через эти отверстия из клетки в клетку идут тяжи цитоплазмы. Ядра в этих клетках отсутствуют. Рядом с члеником ситовидной трубки располагаются одна или несколько **клеток-спутниц** с густой цитоплазмой, ядром, митохондриями и рибосомами. Ситовидные трубки с клетками-спутницами характерны для покрытосеменных (рис. 15).

Осенью ситовидные пластинки затягиваются каллезой и трубка перестает функционировать. У некоторых древесных растений ситовидные трубки действуют в течение трех-четырех лет (липа), у других - два года (виноград, пихта), у большинства растений - в течение одного вегетационного периода.

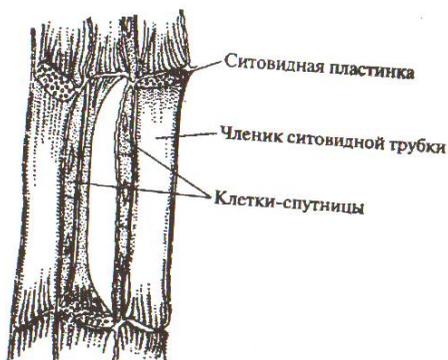


Рис. 15 Элементы флоэмы на продольном срезе

Ситовидные элементы - основные компоненты проводящего комплекса, который получил название **флоэма** (луб). Живые

тонкостенные клетки лубяной паренхимы участвуют в ближнем транспорте ассимилятов, в них откладываются запасные вещества. Лубяные волокна играют опорную роль.

Ксилема и флоэма образуются в результате работы специальных меристем – прокамбия (первичные) и камбия (вторичные).

**Проводящие пучки** образуются за счет располагающихся рядом друг с другом тяжей ксилемы и флоэмы (рис. 16).

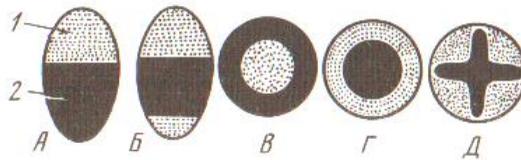


Рис. 16 Проводящие пучки (схема поперечных срезов): А- коллатеральный, Б- биколлатеральный, В, Г, - концентрические (В- с наружной ксилемой, Г- с наружной флоэмой), Д- радиальный; 1- флоэма, 2- ксилема

Развитие проводящих пучков начинается под конусом нарастания из клеток прокамбия. Часть клеток, обращенные к периферии органа, превращаются в элементы первичной флоэмы, а остальные - в элементы первичной ксилемы. Между ними не остается меристематических клеток, которые могли бы дать новые проводящие элементы. Такие пучки закончили свой рост, их называют **закрытыми** (рис. 17 А). Они свойственны однодольным и папоротникообразным растениям, но встречаются и у двудольных.

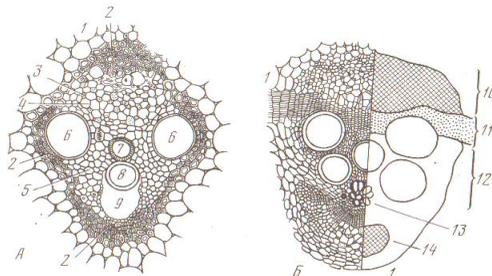


Рис. 17 Сосудисто-волокнистые пучки в поперечном разрезе:

А- коллатеральный закрытый стебля кукурузы, Б- биколлатеральный открытый стебля тыквы (слева- детальный, справа – схематичный); 1- тонкостенная основная паренхима стебля, 2- склеренхима, 3- сопровождающая клетка, 4- ситовидная трубка, 5- древесинная паренхима, 6- сетчатые сосуды, 7- кольчатоспиральный сосуд, 8- кольчатый сосуд, 9- полость, 10- наружная флоэма, 11- камбий, 12- вторичная ксилема, 13- первичная ксилема, 14- внутренняя флоэма

В большинстве случаев после образования первичных флоэмы и ксилемы между ними остаются меристематические клетки. Они начинают делиться и образуется камбий. Благодаря делению клеток камбия к периферии нарастают элементы вторичной флоэмы, а к центру - вторичной ксилемы. Такой пучок открыт для дальнейшего роста и его называют **открытым** (рис. 17 Б).

По взаиморасположению ксилемы и флоэмы различают пучки нескольких типов:

- **Коллатеральные** (флоэма лежит кнаружи от ксилемы) пучки могут быть открытыми и закрытыми (встречаются наиболее часто).

- **Биколлатеральные** пучки имеются у семейства Пасленовые, Тыквенные, Вьюнковые. В таких пучках флоэма расположена с обеих сторон ксилемы, пучки открытые (подсолнечник). Наружная флоэма – первичная и вторичная – отделена от ксилемы камбием, внутренняя флоэма - только первичная.

- **Концентрические** пучки, в которых или ксилема окружает флоэму, или флоэма - ксилему, всегда закрытые (рис. 18).

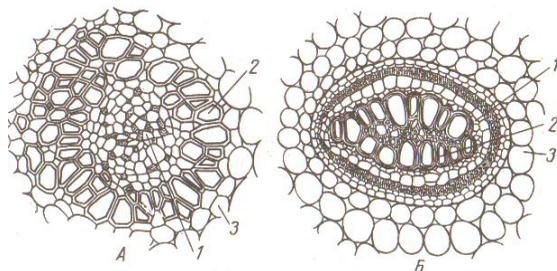


Рис. 18 Концентрические проводящие пучки:

А- с наружной ксилемой в корневище ландыша, Б- с наружной флоэмой в корневище папоротника- орляка; 1- флоэма, 2- ксилема, 3- основная паренхима стебля.

В молодых корнях у всех растений развиваются **радиальные закрытые пучки**. В них ксилема и флоэма расположены по радиусам (рис 16).

## ТЕМА 3. ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ

### 3.1 КОРЕНЬ И КОРНЕВАЯ СИСТЕМА

**Корень** – один из основных вегетативных органов растений. Обладает радиальной симметрией и нарастает в длину до тех пор, пока сохраняется апикальная меристема. Корень растет за счет новообразования клеток на его верхушке – апексе, или конусе нарастания. Участки корня, находящиеся на различном удалении от апекса, выполняют неодинаковые функции и различаются по своему строению. Они получили название зон корня (рис 20). Верхушечную меристему защищает *корневой чехлик*. Он предохраняет нежные клетки верхушечной меристемы от механических повреждений о частицы почвы.

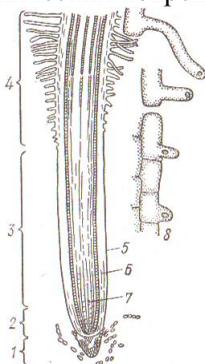


Рис. 19 Кончик корня проростка пшеницы:  
1- корневой чехлик, 2- зона деления клеток, 3- зона растяжения клеток, 4- зона всасывания, 5- дерматоген, 6- перилема, 7- плерома, 8- образование корневого волоска из клеток эпилемы

Под чехликом располагается *зона деления* (около 1мм). Клетки корневого чехлика мелкие, плотно сомкнутые с тонкими оболочками и крупными ядрами. В этой зоне происходит интенсивное деление клеток и увеличение их количества.

Выше располагается *зона растяжения*, или роста. Клетки зоны роста практически не делятся, а сильно растягиваются за счет увеличения вакуолей.

Далее идет *зона всасывания* (поглощения), или зона корневых волосков (несколько сантиметров). В эпиблеме возникают многочисленные корневые волоски, через которые в корень поступает основная масса воды и растворов солей. Корневые волоски живут 10-20 дней. После их отмирания этот участок корня переходит в зону проведения. В зоне всасывания происходит специализация клеток, дифференциация их в клетки постоянных тканей. Из дерматогена формируется слой эпіблемы с корневыми волосками, из периблемы – первичная кора, из плеромы – центральный цилиндр.

*Зона проведения* начинается выше зоны всасывания и включает всю остальную часть корня.

### 3. 2 ПЕРВИЧНОЕ СТРОЕНИЕ КОРНЯ

Первичное строение корня всех растений приобретают в зоне всасывания. Здесь происходит специализация клеток, и формируются постоянные ткани. При рассмотрении поперечного разреза всасывающей зоны корня, обнаруживаются три блока тканей: *покровная ткань – эпиблема (ризодерма) с корневыми волосками, первичная кора и центральный цилиндр* (рис 20).

Клетки *эпіблемы* способны образовывать корневые волоски. Они всасывают из почвы воду и растворы минеральных солей.

Первичная кора занимает большую часть поперечного среза корня. Основную массу первичной коры составляет паренхима. Различают три вида паренхимы: экзодерма, мезодерма и эндодерма. *Экзодерма* располагается под эпіблемой и представлена опробковевашей паренхимой, выполняющей защитную функцию. По мере отмирания корневых волосков, оболочки клеток мезодермы пропитываются суберином и становятся непроницаемыми для воды и газов.

*Мезодерма* представляет собой совокупность паренхимных клеток ткани, по которым транспортируется водной раствор минеральных солей к центральному цилиндру корня в горизон-

тальном направлении. Кроме того в клетках мезодермы могут откладываться про запас питательные вещества.

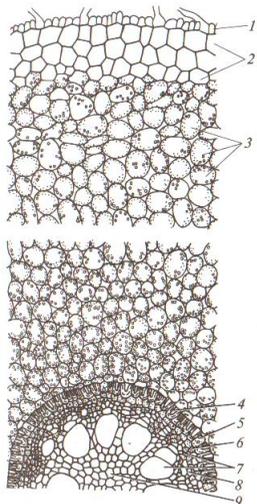


Рис. 20 Поперечный срез корня ириса касатика в зоне проведения:

1- ризодерма (эпibleма), 2- экзодерма, 3- мезодерма, 4- эндодерма (2- 4 – первичная кора), 5- пропускная клетка эндодермы, 6- перицикл, 7- первичная ксилема, 8- первичная флоэма, 9- механическая ткань (6-9) – проводящий цилиндр

Эндодерма самый внутренний слой первичной коры. Часто состоит из одного ряда плотно сомкнутых клеток с утолщенными стенками (пояски Каспари). Утолщению подвергаются радиальные и поперечные стенки. Утолщению подвергаются радиальные и поперечные стенки. Против элементов ксилемы в эндодерме имеются пропускные клетки с тонкими целлюлозными стенками. Через эти клетки проходит вода с растворенными минеральными веществами из коровой части в центральный цилиндр.

Центральный цилиндр формируется из прокамбия. Он представлен радиальным проводящим пучком и перициклом. Перицикл - наружный слой центрального цилиндра чаще всего состоит из одного ряда живых паренхимных клеток. Радиальный проводящий пучок располагается внутрь от перицикла. Состоит из первичной ксилемы, между лучами которой находятся участки первичной флоэмы.

У однодольных растений первичное строение корня сохраняется в течение всей жизни; у двудольных и голосеменных - вслед за первичным возникает вторичное строение.

### 3.3. ВТОРИЧНОЕ СТРОЕНИЕ КОРНЯ

Вторичное анатомическое строение - результат деятельности вторичных латеральных меристем: камбия и феллогена (рис 21).

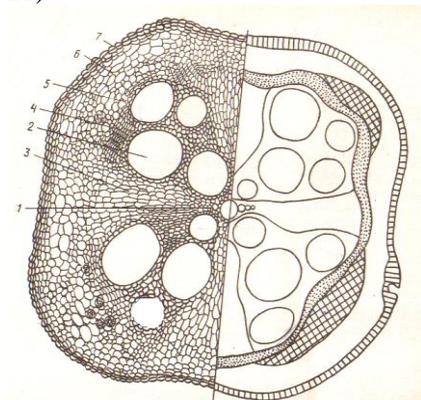


Рис. 21 Вторичное строение корня тыквы (слева – детальный рисунок, справа – схематичный):

*1- первичная ксилема, 2- вторичная ксилема, 3- радиальный луч, 4- камбиальная зона, 5- первичная и вторичная флоэмы, 6- основная паренхима вторичной коры, 7- пробка (1-3 ксилема, 5-7 – вторичная кора)*

Переход от первичного строения к вторичному осуществляется в зоне проведения. Начинается переход с формирования камбия из остаточного прокамбия.

Камбий прокамбиального происхождения производит во внутрь вторичную ксилему, наружу – вторичную флоэму. Поскольку камбий откладывает элементов ксилемы больше, чем элементов флоэмы, извилистое кольцо его вскоре принимает правильную форму. Камбий перициклического происхождения продуцирует паренхиму радиальных лучей, которые как бы продолжают лучи первичной ксилемы.

Утолщение корня приводит к растрескиванию первичной коры. Одновременно из клеток перицикла формируется пробковый камбий (феллоген), который откладывает наружу слои пробки, а во внутрь – феллодерму. Первичная кора, отрезанная от проводящих тканей, отмирает и сбрасывается, происходит линька корня.

Благодаря возникновению камбия, заложению феллогена и сбрасыванию первичной коры образуется типичное вторичное строение корня. В центре корня находится первичная ксилема,

затем вторичная ксилема, которая пронизана радиальными лучами. Далее идет кольцо камбия, за ним вторичная флоэма и остатки сплюсненной от давления на нее первичной флоэмы, а также расширенные радиальные лучи. Снаружи корень покрыт перидермой. Между камбием и перидермой расположена флоэмная часть – вторичная кора, внутрь от камбия – ксилемная часть – древесина.

Таким образом, переход от первичного к вторичному анатомическому строению корня связан:

- со сбрасыванием первичной коры (линька корня)
- заложением камбия и образованием вторичной ксилемы, вторичной флоэмы и радиальных паренхимных лучей;
- образованием феллогена из перицикла с последующим формированием перидермы.

Между перидермой и камбием располагается флоэма – вторичная кора, под камбием - ксилема, или древесина.

### 3.4. КОРНЕПЛОДЫ

Корнеплод – метаморфоз главного корня, является сложной структурой. Корнеплод состоит из главного корня (собственно корень), гипокотыля (шейка) и укороченного главного корня (головка) с розеткой листьев (рис. 22).

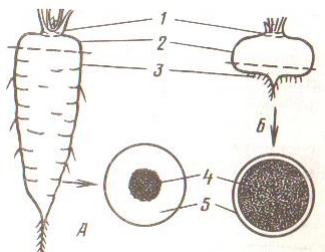


Рис. 22 Корнеплоды моркови (А) и репы (Б):  
1- головка, 2- шейка, 3- собственно корень, 4- ксилема, 5- флоэма

Все эти части корнеплода хорошо заметны снаружи: от собственно корня отходят боковые корни, от головки – листья. Шейка гладкая, лишена, как правило, и того и другого. У плоских округлых корнеплодов (репа, редис, некоторые сорта столовой свеклы) основную часть составляет разросшаяся шейка,

собственно же корень практически не утолщен. Удлиненные корнеплоды (морковь, редька, турнепс, некоторые сорта кормовой и столовой свеклы) имеют утолщенный собственно корень с короткой шейкой.

Корнеплоды снаружи покрыты перидермой, среди тканей преобладает запасаящая паренхима, механические ткани отсутствуют. Корнеплоды растений большинства семейств монокамбиальные, они имеют вторичное анатомическое строение. У корнеплодов растений семейства Капустные (редька, репа, турнепс, брюква) крупноклеточная запасаящая паренхима сосредоточена главным образом в ксилеме (древесине). У корнеплодов семейства Сельдерейные (морковь, петрушка, пастернак) – во флоэме (коре) (рис. 23). Корнеплоды с сильно развитой ксилемой более жесткие.

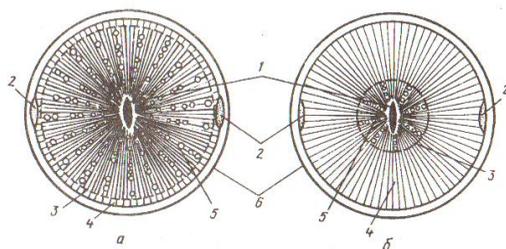


Рис. 23 Схемы поперечных срезов корней редьки (а) и моркови (б):

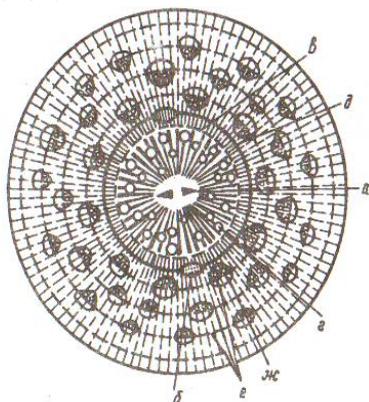
*1- первичная ксилема, 2- первичная флоэма, 3- камбий, 4- вторичная флоэма, 5- вторичная ксилема с широкими радиальными лучами, 6- перидерма*

Корнеплоды свеклы (и другие представители семейства Маревые) имеют аномальное третичное строение (рис. 24).

Это поликамбиальные корнеплоды, в них закладывается не одно кольцо камбия, а несколько.

В самом центре корня свеклы видна двухлучевая первичная ксилема, к которой с двух сторон прилегают два участка вторичной ксилемы, разделенные радиальными лучами. Камбий вокруг ксилемы слабо заметен, а прилегающие участки вторичной флоэмы видны отчетливо. Таким образом, вторичное строение свеклы такое же, как и у редьки и моркови. Но затем насту-

пают третичные изменения. Вокруг вторичной флоэмы благодаря делению клеток перицикла образуется слой паренхимных клеток.



*а - первичная ксилема; б - первичная флоэма; в - первый камбий, отложивший вторичную ксилему (г) и вторичную флоэму (д); е - дополнительные камбии, образовавшие три кольца проводящих пучков (ж) с паренхимой между ними. Снаружи корнеплод покрыт перидермой*

Рис. 24 Схема поперечного среза корня свеклы:

В этом слое один ряд клеток начинает делиться тангентальными перегородками и преобразовываться в новый слой камбия, откладывающий коллатеральные проводящие пучки паренхимные клетки основной ткани. Одновременно в периодическом слое паренхимы образуется новый ряд камбиальных клеток и т.д. За вегетационный период у культурных сортов свеклы может образоваться до 19 колец камбия.

#### ТЕМА 4. ПОБЕГ И СИСТЕМА ПОБЕГОВ

**Побег** – это стебель с расположенными на нем листьями и почками. Он состоит из повторяющихся участков – метамеров. Метамер побега включает узел с расположенным на нем листом (листьями), боковую пазушную почку и междоузлие. Побег развивается из апикальной меристемы почки.

Участок стебля, несущий лист (листья) называется *узлом*. *Междоузлие* – участок стебля от узла до узла. Угол между листом и идущим вверх от узла участком стебля называется *пазухой листа*. Здесь находятся пазушные, или боковые, почки.

Лист, в пазухе которого находится почка или развившийся из нее побег, является кроющим по отношению к ним. Когда лист опадает, на стебле остается *листовой рубец*. В узлах могут формироваться придаточные корни. Каждый узел стебля обладает потенциальной способностью к образованию бокового побега из почки и придаточных корней.

В зависимости от длины междоузлий различают побеги с хорошо развитыми междоузлиями – *удлиненные (ауксибласты)*. Они выполняют функцию опорных или скелетных органов. Побеги с короткими междоузлиями и сближенными узлами – *укороченные (брахибласты)*. От развития брахибластов зависит густота кроны (рис. 25).

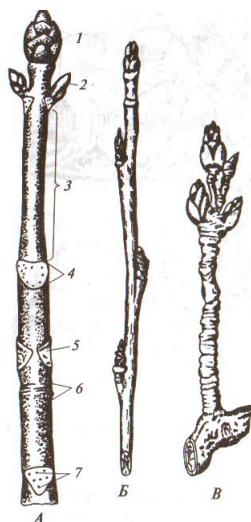


Рис. 25. Побеги:

*А*- побег каштана конского без листьев: 1- верхушечная почка, 2- пазушная почка, 3- междоузлие, 4- листового рубца, 5- узел, 6- место прикрепления чешуи почки (граница годовичного прироста), 7- листовые следы; *Б*- удлиненный однолетний побег осины; *В* – укороченный побег осины

Стебель нарастает в длину обычно верхушкой, которая несет верхушечную почку. Конус нарастания, или точка роста стебля, - самая активная часть побега. Здесь формируются первичная структура стебля, листья, боковые побеги, генеративные органы.

**Почка** - это видоизмененный зачаточный побег с укороченными междоузлиями. Почки классифицируются по строению, составу и функции, местоположению.

По строению, т.е. по наличию или отсутствию почечных чешуй почки бывают:

- *закрытые* – хорошо выражены почечные чешуи, выполняют защитную функцию и предохраняют конус нарастания от иссушения и низких температур. Они формируются у зимующих почек деревьев и кустарников средних широт (липа, береза, дуб, ольха, ива и т.д.) и многолетних трав.

- *открытые (голые)* – лишены почечных чешуй. Формируются у многолетних деревьев влажных тропиков и субтропиков. В умеренных широтах с открытыми почками зимуют также некоторые травянистые многолетники (живучка ползучая, зеленчук желтый, кошачья лапка), и кустарники (свидина, калина обыкновенная, крушина ломкая).

По составу и функции почки подразделяют на:

- *генеративные (цветочные)* – заключают в себе зачаток соцветия или одиночный цветок (ива, тополь, вишня).

- *вегетативно-генеративные* – в почках заложен ряд вегетативных метамеров, а конус нарастания превращен в зачаточный цветок или соцветие (яблоня домашняя, бузина кистевидная, копытень европейский и др.).

По местоположению почки бывают:

- *верхушечные,*

- *боковые:*

- *пазушные* – расположены в пазухах кроющих листьев;
- *придаточные* – образуются на стебле вне пазухи листа, на корне (у корнеотпрысковых растений) и на листе (бегония, сенполия).

Пазушные почки бывают *одиночные* – в пазухе одного листа закладывается одна почка и *групповые* – в пазухе одного листа формируется несколько почек, которые подразделяют на коллатеральные и сериальные (рис. 26).

**Коллатеральные** - почки расположены рядом друг с другом в пазухе листа с широким основанием (вишня войлочная, облепиха крушиновидная, спирея японская, чеснок).

**Сериальные** - почки находятся в пазухе кроющего листа одна над другой, образуя вертикальный ряд (жимолость, ежевика, орех грецкий, белая акация).

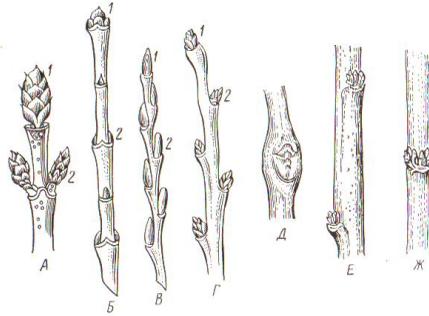


Рис. 26 Типы расположения одиночных (А-Г) и групповых (Д-Ж) почек; А-Б- *верхушечное и пазушное супротивное* (А- каштан конский, Б- клен); В-Г- *верхушечное и пазушное очередные* (В- ива, Г- ильм), Д- *серияльное* (сифизия); Е- *коллатеральное* (волчье лыко); Ж- *мутовчатое* (слива); 1- *верхушечная почка*, 2- *пазушная почка*

#### 4.1. НАРАСТАНИЕ И ВЕТВЛЕНИЕ ПОБЕГОВ

Нарастание – это рост побеговой системы в длину. Различают моноподиальное и симподиальное нарастание.

При моноподиальном нарастании отмечается неограниченный верхушечный рост побега за счет верхушечной почки. Побеги, развившиеся из боковых почек, всегда отстают в росте (ель, сосна, пихта, осина, клевер луговой).

Симподиальное нарастание (перевершинивание) отличается ранним прекращением верхушечного роста. Ежегодно нарастание обеспечивается боковыми почками.

Частный случай симподиального нарастания – ложнодихотомическое, возникающее при супротивном листорасположении (сирень обыкновенная, конский каштан, гвоздика) (рис. 27).

Ветвление – это увеличение числа осей. Ветвление бывает двух типов:

- верхушечное – конус нарастания ветвится, давая начало осям следующего порядка: двум (дихотомическое ветвление) или многим (политомическое ветвление).

- боковое ветвление осуществляется за счет боковых почек с образованием побегов всевозрастающих порядков.

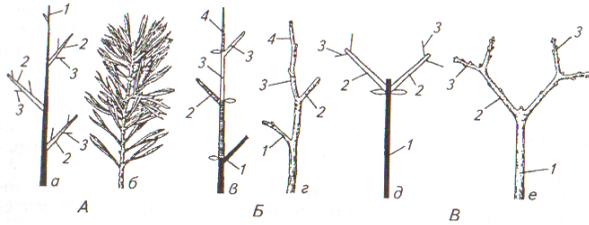


Рис. 27 Нарастание побегов:

*А- моноподиальное (а- схема, б- ветка сосны); Б- симподиальное (в- схема, г- ветка черемухи); В- ложнодихотомическое (д- схема, е- ветка сирени); 1-4 – оси первого и второго порядков*

**Кущение** – особый тип ветвления, встречающийся у травянистых и деревянистых растений. При кущении боковые побеги (побеги кущения) развиваются только из приземных и подземных почек материнского побега. Междоузлия в основании побега укорочены, следовательно, многие боковые почки расположены в непосредственной близости друг от друга. Участок укороченных междоузлий, где идет образование побегов кущения, называется *зоной кущения* или *узлом кущения* (рис. 28).



Рис. 28 Кущение злаков:

*А- плотнокустовое (белоус); Б- рыхлокустовое (мятлик); В- корневищное (пырей): 1- придаточные корни, 2- зона кущения, 3- побег первого порядка*

Особенно четко зона кушения выражена у злаков. На побегах кушения развиваются придаточные корни. По типу кушения злаки делят на: корневищные, образующие более или менее длинные, горизонтально распространяющие под землей побеги – корневища, служащие для вегетативного размножения; рыхлокустовые, побеги которых от узлов кушения отходят косо вверх и образуют рыхлый куст; плотнокустовые, побеги которых отходят от узлов кушения вертикально вверх, плотно прижимаясь друг к другу, вследствие чего куст приобретает форму кочки.

## ТЕМА 5. СТЕБЕЛЬ- ОСЬ ПОБЕГА

Стебель - вегетативный орган растения, он характеризуется радиальной симметрией и неограниченным ростом в длину. Функции: опорная (механическая) и проводящая. По форме стебли бывают: цилиндрические, округлые. Также могут быть – двугранные (рдест), трехгранные (осоки), четырехгранные (шалфей и другие растения семейства Яснотковых), многогранные (тыква и др.). Основные типы стеблей: травянистые, существуют обычно один вегетационный период, отличаются слабым утолщением и сильным развитием паренхимы; деревянистые – многолетние, утолщающиеся неопределенно долго, образованные одревесневающими тканями.

### 5.1 АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЕЙ

Внутреннее строение стебля тесно связано с выполняемыми функциями. Различают первичное и вторичное строение стебля.

Первичное анатомическое строение стебля возникает в результате деятельности первичных меристем: протодермы, основной меристемы и прокамбия. В стебле первичного анатомического строения выделяют: *эпидерму (образуется из протодермы), первичную кору, центральный цилиндр и сердцевину*. Паренхима первичной коры, сердцевина и связывающие их радиальные лучи формируются из основной меристемы. Проводящие пучки образует прокамбий.

Для стебля характерно значительное развитие механических тканей: колленхимы – в первичной коре двудольных, склеренхимы – в перicycle центрального цилиндра и в обкладках пучков.

Первичное строение стебля сохраняется у однодольных в течение всей жизни, а у двудольных и голосеменных лишь в ранние фазы развития.

## 5.2 АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ОДНОДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Стебли однодольных растений характеризуются:

- первичным строением в течение всей жизни;
- наличием лишь первичной покровной ткани – эпидермы;
- слабо выраженной первичной корой, состоящей из хлорофиллоносной паренхимы;
- пучковым строением центрального цилиндра;
- разбросанным расположением коллатеральных проводящих пучков;
- отсутствием в пучках камбия (пучки закрытые).

В стеблях большинства злаков паренхима междоузлий разрушается в процессе роста, и образуется крупная центральная полость. Формируется особый тип стебля – соломина – с полыми междоузлиями и узлами, выполненными паренхимой, где сливаются пучки, идущие из листа, пазушных почек и вышележащих междоузлий (рис. 29).

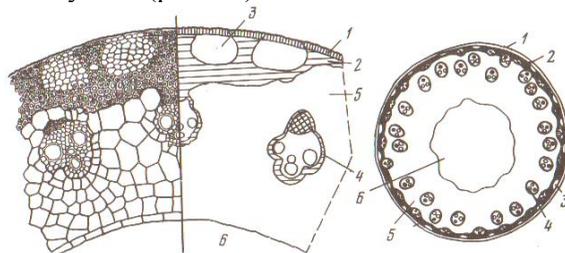


Рис. 29 Стебель ржи (поперечный разрез):  
1- эпидерма, 2- склеренхима, 3- хлоренхима, 4- закрытый коллатеральный пучок, 5- основная паренхима, 6- полость

Снаружи стебель покрыт одним слоем клеток эпидермиса с устьицами. Под эпидермисом участками располагается ассимиляционная паренхима (остатки первичной коры). Между участками паренхимы располагается склеренхима перициклического происхождения. В солоmine ржи, пшеницы и других злаков проводящие пучки оттеснены к периферии, где располагаются в шахматном порядке. Внутренние пучки более крупные, наружные – более мелкие, но окруженные мощной склеренхимой. Склеренхимные обкладки пучков сливаются со склеренхимой перицикла, образуя кольцо механической ткани. Хлорофиллоносная паренхима первичной коры с возрастом утрачивает хлоропласты, стенки клеток одревесневают. Одревесневает и эпидерма. Зеленая соломина становится желтой. Прочность ее возрастает и достигает максимума к моменту созревания зерна. Периферическое положение склеренхимы и одревесневшей паренхимы придает прочность полой солоmine, обеспечивая ее сопротивление на изгиб.

Стебель кукурузы имеет типичное для однодольных растений строение (рис. 30).

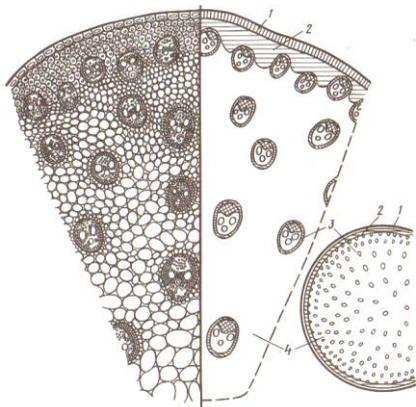


Рис. 30 Стебель кукурузы (поперечный разрез):

1- эпидерма, 2- механическая ткань, 3- закрытый коллатеральный пучок, 4- основная паренхима

Стебель покрыт эпидермой, в которой имеются устьица. Под эпидермой находится тонкий слой хлорофиллоносных паренхимных клеток первичной коры. Далее расположен центральный цилиндр. Он начинается перициклом, состоящим из склеренхимы. Кольцо перициклических волокон обеспечивает

механическую прочность. Местами они примыкают к эпидерме, так как первичная кора в стебле кукурузы развита слабо.

Основная часть центрального цилиндра представляет собой паренхиму, пронизанную проводящими пучками. Ксилема, расположенная ближе к центру, подковой охватывает флоэму, образуя закрытый коллатеральный пучок. Пучки, расположенные ближе к периферии, имеют меньшие размеры и более широкую склеренхимную обкладку, чем пучки центральной части стебля. Часть протоксилемы разрушается, и образуется водоносная полость. Отсутствие камбиального утолщения и сильное развитие листьев, привели к такой структуре стебля, при которой пучки распределены по всему поперечному сечению.

### 5.3 АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЕЙ ТРАВЯНИСТЫХ ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Стебли двудольных растений в отличие от стеблей однодольных характеризуются:

- вторичным строением, очень рано возникающим вслед за первичным;
- развитием помимо эпидермы вторичных покровных комплексов - перидермы и корки (на многолетних стеблях);
- развитой первичной корой, состоящей из колленхимы, хлорофиллоносной паренхимы и крахмалоносного влагалища;
- пучковым или непучковым (сплошным) строением;
- правильным расположением коллатеральных или биколлатеральных проводящих пучков по периферии центрального цилиндра;
- наличием камбия (пучки открытые).

В зависимости от характера заложения тяжей прокамбия в конусе нарастания, их последующей дифференциации и работы камбия у двудольных трав формируется *пучковое, переходное и сплошное, или непучковое*, строение стебля.

*Пучковое строение* стебля встречается у укропа, клевера, лютика, гороха, люцерны и др. Заложённые в конусе нарастания прокамбиальные тяжи располагаются в один круг по периферии центрального цилиндра (рис. 31).

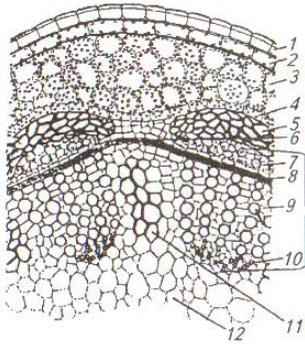


Рис. 31 Пучковое строение стебля клевера лугового (поперечный разрез):

1- эпидерма, 2- пластинчатая колленхима, 3- хлоренхима, 4- крахмаленосное влагалище, 5- склеренхима перициклического происхождения, 6- межпучковый камбий, 7- флоэма, 8- пучковый камбий, 9- вторичная ксилема, 10- первичная ксилема, 11- одревесневающая склеренхимоподобная паренхима, 12- паренхима сердцевины. Фигурной скобкой показан открытый коллатеральный пучок

Под эпидермой располагается пластинчатая колленхима, слабо развита и составляет 1-2 ряда клеток. Центральный цилиндр начинается склеренхимой и паренхимой перициклического происхождения. Склеренхима располагается отдельными островками над проводящими пучками, которые образуют правильный круг. Сердцевинные лучи располагаются между проводящими пучками.

Каждый прокамбиальный тяж превращается в открытый коллатеральный пучок, состоящий из первичной ксилемы, первичной флоэмы и полоски камбия между ними. Клетки камбия делятся и дают новые – вторичные элементы проводящего пучка: внутрь – ксилему, к периферии – флоэму. При этом наиболее молодые участки флоэмы и ксилемы будут примыкать непосредственно к камбию, а более старые отодвинутся к периферии пучка. Самые крайние положения займут первичные флоэма и ксилема.

У большинства растений камбий работает активно, и диаметр пучков значительно увеличивается. Деятельность пучкового камбия оказывает возбуждающее действие на паренхиму, разделяющую пучки. Эти клетки также начинают делиться, возникает вторичная образовательная ткань. Пучковая и межпучко-

вая меристемы соединяются и образуют сплошное камбиальное кольцо, деятельность которого обеспечивает равномерное утолщение стебля. Но если пучковый камбий дает элементы вторичной ксилемы и флоэмы, то межпучковый камбий производит паренхиму. У некоторых растений (клевер, люцерна, яснотка) паренхимные клетки удлиненные, толстостенные и одревесневающие. Они образуют ткань, сходную со склеренхимой. Отчетливое пучковое строение сохраняется у растений в течение всей жизни стебля.

*Переходное строение* характерно для стеблей подсолнечника, георгины, клещевины, петрушки и др. (рис. 32).

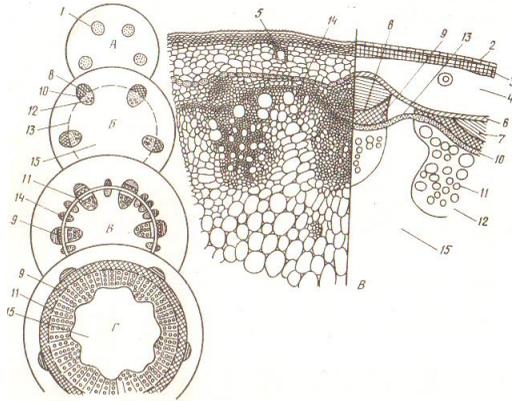


Рис. 32 Схема строения стебля подсолнечника на разных уровнях (слева) и поперечный разрез стебля на уровне перехода к непучковому строению (справа):

*А- срез на уровне появления прокамбия; Б- на уровне появления камбия; В- на уровне перехода к непучковому строению; Г- на уровне сформированной структуры: 1- прокамбий, 2- эпидерма, 3- колленхима, 4- паренхима коры, 5- смоляной канал, 6- эндодерма, (3-6 – первичная кора), 7- склеренхима, 8- первичная флоэма, 9- вторичная флоэма, 10- пучковый камбий, 11- вторичная ксилема, 12- первичная ксилема, 13- межпучковый камбий, 14- пучок из межпучкового камбия, 15- паренхима сердцевины (7-15- центральный цилиндр)*

При таком типе стебля пучковое строение с возрастом сменяется непучковым (сплошным). Межпучковый камбий формирует в этом случае не паренхиму, а добавочные проводящие пучки. Постепенно все пучки сливаются в сплошной трехслойный (ксилема, камбий, флоэма) цилиндр. В верхней (молодой) части стебель имеет пучковое строение, у основания (в старой части) – непучковое.

Снаружи стебель подсолнечника покрыт эпидермисом с крупными волосками. Под эпидермисом расположена первичная кора, которая состоит из пластинчатой колленхимы, основной ткани и крахмаленосного влагалища (эндодермы). В основной ткани расположены смоляные ходы. Центральный цилиндр начинается участками склеренхимы и паренхимы перициклического происхождения. К каждому участку склеренхимы прилегал крупный открытый коллатеральный проводящий пучок. Пучки располагаются в один ряд по кругу. Пучковый и межпучковый камбий проходит извилистой полоской клеток по всей окружности стебля. Между крупными проводящими пучками, состоящими из первичных и вторичных элементов, заметны меньшие пучки полностью вторичного происхождения. В нижней части стебля более старого растения образуется сплошной слой древесины с острыми выступами, вдающимися в сердцевину. Снаружи к древесине будет прилегал сплошной слой камбия, а за ним – слой флоэмы. Центральная часть стебля занята паренхимными клетками крахмаленосного влагалища.

*Непучковое (сплошное)* строение стеблей трав можно рассмотреть на примере стебля льна (рис 33).

Сверху стебель льна покрыт эпидермисом, клетки которого могут иметь развитую кутикулу. За эпидермой лежит небольшой слой паренхимных клеток основной хлорофиллоносной ткани.

Центральный цилиндр стебля начинается участками склеренхимы и паренхимы перициклического происхождения. Склеренхима у льна представлена лубяными волокнами (сырье для текстильной промышленности).

Внутри от лубяных волокон расположен совсем небольшой слой флоэмы и тонкий слой камбия. За камбием сплошным кольцом расположена хорошо развитая вторичная ксилема.

Первичная ксилема примыкает к перимедулярной зоне сердцевинной. Во вторичной ксилеме расположены радиальные ряды мелких клеток паренхимы сердцевинных лучей. Центральная часть стебля заполнена паренхимными клетками. Иногда вследствие разрушения сердцевинной в центре стебля образуется полость.

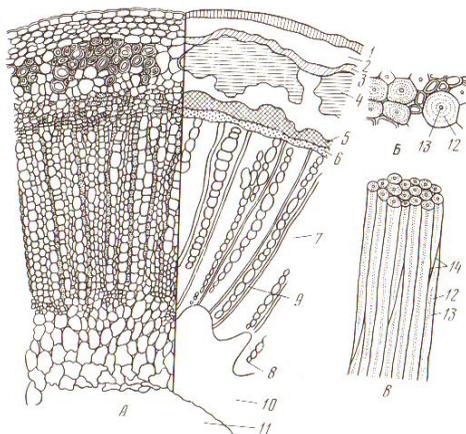


Рис. 33 Стебель льна:

А- поперечный разрез, Б,В – лубяные волокна (Б- поперечный разрез, В- продольный); 1- эпидерма, 2- паренхима первичной коры, 3- эндодерма, 4- лубяные волокна, 5- флоэма, 6- камбий, 7- вторичная ксилема, 8- первичная ксилема, 9- сердцевинный луч, 10- паренхима сердцевинной, 11- полость, 12- стенка клетки, 13- полость клетки, 14- заостренные концы клетки

#### 5.4 АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ ДРЕВЕСНОГО РАСТЕНИЯ

Стебли двудольных растений (яблони, липы, дуба и др.) имеют типичное непучковое строение. Если у трав все клетки камбия к осени превращаются в клетки постоянных тканей, то в древесных стеблях камбий функционирует в течение всей жизни. Многолетняя деятельность камбия и определяет особенности структуры ствола дерева и стебля кустарника.

Камбий, активизируясь весной, откладывает в течение вегетационного периода вторичную ксилему (древесину) и вторичную флоэму (луб). Осенью его деятельность затухает. Массовый транспорт веществ в стволе идет по молодым слоям луба и древесины. Луб теряет способность к проведению веществ обычно через год (после перезимовки), древесина служит дольше - несколько лет. На смену стареющим тканям камбий откладывает новые. В стволе дерева наиболее развита древесина. В ее состав входят не только проводящие элементы (сосуды, трахеиды) и паренхима, но и множество волокон склеренхимы. Стенки клеток древесины, пропитываясь лигнином (одревесневая), придают стволу особую прочность. Основная масса ствола состоит из мертвых клеток и не принимает непосредственного участия в транспорте. Однако нефункционирующие ткани имеют большое значение: древесина поддерживает колоссальную тяжесть кроны, а мертвые ткани коры защищают внутренние жизнедеятельные ткани.

В первый год жизни побега эпидерма сменяется перидермой, а позже, в зрелом возрасте ствола, - коркой.

Рассматривают строение ствола дерева на примере липы (рис. 34).

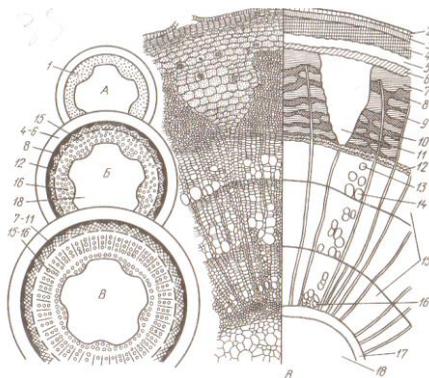


Рис. 34 Стебель липы (поперечные разрезы на разных уровнях): А- на уровне появления прокамбия, Б- на уровне появления камбия, В- на уровне сформированной структуры;

1- прокамбий, 2- остатки эпидермы, 3- пробка, 4- колленхима, 5- паренхима коры, 6- эндодерма (4-6- первичная кора), 7- перидермическая зона, 8- первичная флоэма, 9- лубяные волокна, 10-

*ситовидные трубки, 11- сердцевинный луч (7-11- вторичная кора), 12- камбий, 13- осенняя древесина, 14- весенняя древесина (13-14 – годовичное кольцо древесины), 15- вторичная древесина, 16- первичная древесина (15-16- древесина), 17- перимедулярная зона, 18- основная паренхима (17-18 – сердцевина, 7-18- центральный цилиндр).*

Клетки пробки расположены плотно друг к другу. В ней заметны чечевички. Под перидермой расположена первичная кора, в состав которой входят: колленхима пластинчатая с хлоропластами, основная хлорофиллоносная ткань, состоящая из более и менее растянутых в тангентальном направлении крупных клеток, эндодерма или крахмалоносное влагалище – один ряд клеток.

В клетках первичной коры хорошо заметны друзы. За первичной корой расположена вторичная кора – ряд трапеций, в которых различают твердый и мягкий луб. Твердый луб – одревесневшие утолщенные лубяные волокна. На срезе он окрашен в красный и розовый цвет. Мягкий луб – синего цвета. Остальные элементы флоэмы выполняют проводящую, запасующую и отчасти выделительную функции.

Между участками флоэмы располагаются треугольники паренхимы, обращенные вершиной к камбию, а основанием – к периферии. Это первичные сердцевинные лучи. Они служат для продвижения веществ в горизонтальном направлении и местом отложения питательных веществ. В ксилеме сердцевинные лучи представлены одним рядом клеток. Внутри от коры располагается сплошным кольцом камбий, который образован из прокамбия. Камбий состоит из узких прямоугольных клеток, расположенных друг над другом с более густым (темным) содержимым.

Древесина включает первичную и вторичную ксилему. последняя характерна наличием годовичных колец. Происхождение их связано с периодичностью в деятельности камбия. Весной, вместе с началом сокодвижения, камбий образует крупноклеточную древесину, в середине лета деятельность камбия замедляется и откладываются уже более мелкие элементы древесины – трахеиды, древесинная паренхима и большое количество либ-

риформа. Весенняя, летняя и осенняя древесины составляют годичное кольцо.

Первичная древесина примыкает к сердцевине. Серцевина состоит из неоднородных паренхимных клеток. Крупные клетки лишены живого содержимого, стенки их более или менее одревесневают. Вокруг них располагаются мелкие клетки с темным содержимым, богатым дубильными веществами и крахмалом.

Стебель сосны, как и липы непучкового типа, но имеет свои следующие особенности:

- в перидерме отсутствуют чечевички;
- в коре нет механических тканей (в первичной – колленхимы, во вторичной – склеренхимы);
- флоэма состоит из очень мелких, плоских, узких элементов, прерываемых тангентальными рядами более крупных паренхимных клеток. Ситовидные трубки флоэмы не имеют клеточ-спутниц;
- древесина состоит в основном из трахеид, расположенных длинными радиальными рядами. Осенняя древесина состоит из трахеид с очень тонкими оболочками, а сосудов нет. Небольшое количество древесинной паренхимы имеется в виде сердцевинных лучей и эпителиальных клеток смоляных ходов;
- в коре и древесине сосны имеются смоляные ходы. На поперечном срезе они видны как округлые полости, окруженные эпителиальными клетками. Наружные стенки смоляного хода толстостенные, одревесневшие (рис. 35).

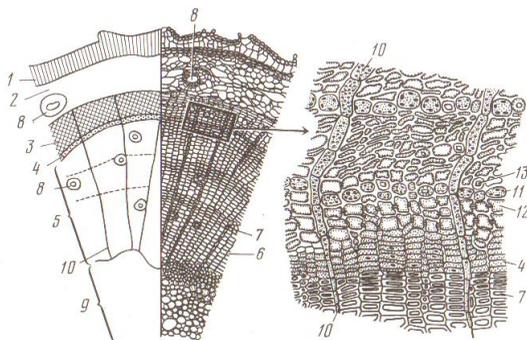


Рис. 35 Стебель сосны (поперечный разрез):

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

## ТЕМА 6. ЛИСТ. МОРФОЛОГИЯ И АНАТОМИЯ ЛИСТА

Лист – один из основных вегетативных органов высших растений, занимающий боковое положение на стебле. Лист - орган моносимметричный, т.е. для него характерно наличие верхней (брюшной или вентральной) и нижней (спинной или дорсальной) поверхностей. Функции листа: фотосинтез, газообмен, транспирация. Кроме того лист может быть местом отложения питательных веществ, запасать воду, защищать от неблагоприятных условий среды (колючки), прикреплять растение к опоре (усики).

### 6.1 МОРФОЛОГИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИСТЬЕВ

Лист состоит из *пластинки* (плоская расширенная часть листа), *черешка* (узкая стеблевая часть листа между пластинкой и основанием) и *основания* (часть листа соединенная со стеблем). Если черешок отсутствует, лист называют *сидячим*. Если пластинка сидячего листа прирастает к стеблю на некотором протяжении, образуется *нисбегающий лист* (рис. 36).

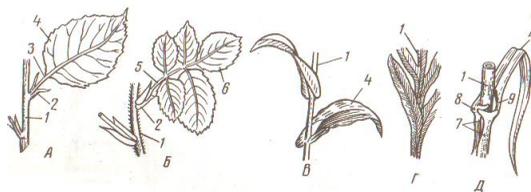


Рис. 36 Типы листьев:

А-Б- черешковые с прилистниками (А- простой, Б- сложный), В- сидячий, Г- нисбегающий, Д- влагалищный; 1- стебель, 2- прилистники, 3- черешок, 4- листовая пластинка, 5- рахис, 6- листочек, 7- влагалище, 8- ушки, 9- язычок

Часто у основания черешка образуются парные боковые выросты – *прилистники*. Если прилистники срастаются, то образуется *раструб* (гречишные). Иногда основание черешка расширяется во *влагалище*, охватывающее стебель (семейство Сельдереиные). У злаков лист состоит из длинного трубчатого влагалища и узкой пластинки. У основания пластинки имеется плечатый придаток – *язычок*, а иногда еще два выроста по бокам – *ушки*.

Листья бывают *простые и сложные*. У простых листьев одна листовая пластинка, сложных – несколько листовых пластинок (листочков). В зависимости от расположения листочков различают *перисто - и пальчатосложные* листья. В перистосложных листьях листочки располагаются по сторонам общей оси (рахиса) и заканчиваются парой листочков - *парноперистосложные*, а оканчивающиеся непарным листочком – *непарноперистосложные* (рис. 37).



Рис. 37 Сложные листья.

А- пальчатосложный, Б- тройчатый, В- парноперистый, Г- непарноперистый, Д- двоякоперистосложный

Листовая пластинка простого листа может быть расчленена (рис. 39).

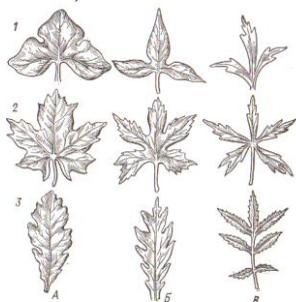


Рис. 39 Простые листья с расчлененной пластинкой: А- лопатные; Б- раздельные; В- рассеченные: 1- тройчато-, 2- пальчато-, 3- перисто-

Листья весьма разнообразны по своим признакам: общему очертанию (форме листьев), форме основания цельной листовой пластинки, верхушки, характеру края, жилкованию (рис.40, 41).

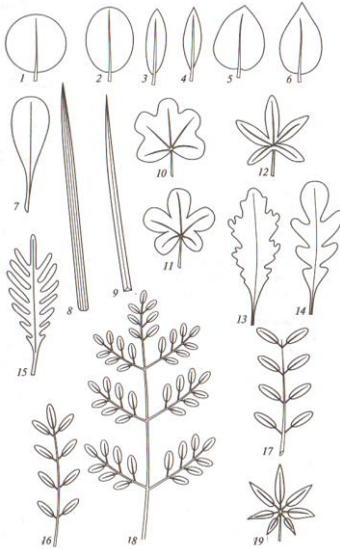


Рис. 40 Основные формы листьев:

1- округлый; 2- эллиптический; 3- продолговатый, 4- ланцетный, 5- яйцевидный, 6- заостренно-яйцевидный, 7- лопатчатый, 8- линейный, 9- игловидный, 10- пальчато-лопастной, 11- пальчато-раздельный, 12- пальчато-рассеченный, 13- перисто-лопастной, 14- перисто-раздельный, 15- перисто-рассеченный, 16- непарноперисто-сложный, 17- парноперисто-сложный, 18- дваждыперисто-сложный, 19- пальчато-сложный

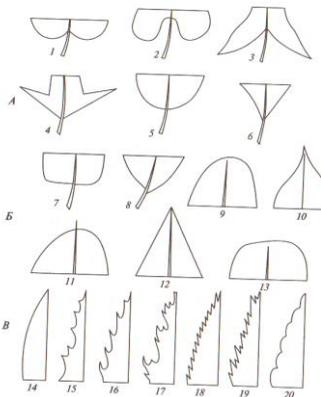


Рис. 41 Формы основания (А, 1-8), верхушки (Б, 9-13)

листовой пластинки и край листа (В, 14-20):

1-сердцевидное, 2- почковидное, 3- стреловидное, 4- копьевидное, 5- округлое, 6- клиновидное, 7- усеченное, 8- неравностороннее; 9- округлая, 10- заостренная, 11- остроконечная, 12- острая, 13- усеченная; 14- цельнокрайний, 15- выемчатый, 16- зубчатый, 17- двоякозубчатый, 18- пильчатый, 19- двоякопильчатый, 20- городчатый

Жилкование листьев. Система проводящих пучков (жилок) называется жилкованием. Жилки выполняют проводящую и механическую функции. По ксилеме в лист поступают вода и минеральные соли; по флоэме из листа оттекают органические вещества. Жилки, входящие в пластинку из стебля через основание и черешок, называют главным. От них берут начало боковые жилки второго и последующих порядков. Между собой жилки соединяются сетью мелких поперечных жилок – анастомозов.

Различают следующие типы жилкования:

- у однодольных растений жилкование бывает *параллельное* (кукуруза, злаки), *дуговидное* (ландыш, тюльпан, подорожник);
- у двудольных – *перистое* (груша, сирень) и *пальчатое* (клен, герань);
- для большинства папоротниковидных, голосеменных (гинкго) характерно дихотомическое жилкование (рис. 42).



Рис. 42 Жилкование листьев:

*а- дихотомическое, б- дуговидное, в- пальчатое, г- перистое, д- параллельное*

*Листорасположение.* Различают спиральное (очередное – на узле имеется только один лист, на стебле листья располагаются по спирали; супротивное – на узле имеются два листа, расположенные друг на против друга; мутовчатое – на узле находятся три или более листьев (рис.43).



Рис. 43 Типы листорасположения:  
*А- спиральное, или очередное (персик), Б- супротивное (бирючина), В- мутовчатое (олеандр)*

## 6.2 АНАТОМИЯ ЛИСТА

Важнейшей тканью листа является мезофилл. Это хлорофиллоносная паренхима листа. Сверху и снизу листовая пластинка покрыта покровной тканью эпидермой. Между клетками эпидермы находятся устьица. Они регулируют газообмен и транспирацию. Проводящие пучки (жилки) обеспечивают поступление воды, и отток ассимилятов. Механические ткани (колленхима и склеренхима) вместе с остальными тканями обеспечивают прочность листа.

*Эпидерма.* Клетки ткани плотно соединены друг с другом. На поверхности эпидермы могут образовываться трихомы.

*Устьица.* У листьев, расположенных в пространстве горизонтально (таких большинство) устьица располагаются главным образом на нижней стороне листа. У листьев, расположенных вертикально, устьица равномерно располагаются на обеих сторонах листа. У плавающих на воде листьев устьица образуются лишь на верхней (вентральной) стороне листа, на нижней (дорзальной) они отсутствуют.

Мезофилл (основная паренхима) составляет основную массу листа, где происходит процесс фотосинтеза. Мезофилл находится между верхней и нижней эпидермой. Ткань может быть однородной (листья злаков, льна, гороха) или дифференцирована

на палисадный (столбчатый) и губчатый мезофилл. *Палисадный мезофилл* состоит из одного или двух-трех слоев прозенхимных клеток, вытянутых перпендикулярно поверхности пластинки. В клетках содержится большое количество хлоропластов (до 75-80%) от всех хлоропластов листа, и располагаются они в постенном слое цитоплазмы. При сильном освещении хлоропласты собираются на вертикальных стенках клеток, расположенных параллельно солнечным лучам, при недостатке света перемещаются на горизонтальные стенки. В дневные часы хлоропласты собираются у стенки, примыкающей к межклетнику, по которому поступает углекислый газ.

Губчатый мезофилл – рыхлая ткань с крупными межклетниками. Клетки примыкают к палисадному мезофиллу, обеспечивая быстрый отток из них органических веществ. Содержание хлоропластов в таких клетках в 2-6 раз меньше, чем в клетках палисадного мезофилла.

*Жилки* образуют проводящую систему листа, связанную с проводящей системой стебля. Проводящий пучок закрытый коллатеральный. Ксилема обращена к верхней стороне листа, а флоэма – к нижней. Через черешок и основание листа проводящие пучки входят в стебель и образуют единое целое с его проводящей системой.

*Механические ткани* обеспечивают прочность листа. Волокна *склеренхимы* окружают жилки или примыкают к ним сверху и снизу. У двудольных под эпидермой над крупными жилками обычно расположена *колленхима*. В мезофилле могут встречаться отдельные клетки – одиночные звездчатые *склереиды* (чай, камелия, кувшинка).

### 6.3 АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТЬЕВ ОДНОДОЛЬНЫХ И ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Анатомическое строение листа двудольных рассмотрим на примере камелии (рис. 44).

Снаружи лист покрыт первичной покровной тканью – эпидермой. Эпидерма прозрачна и способна пропускать солнечный свет к мезофиллу. Устьица располагаются на нижней стороне листа. Под верхним эпидермисом располагаются клетки столб-

чатой палисадной паренхимы, расположенные плотно друг к другу. Основной объем листа занимает губчатая паренхима, между ней находятся межклетники, сообщающиеся через устьица с атмосферой.

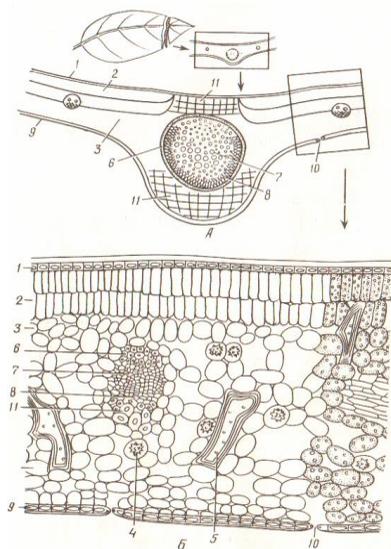


Рис. 44 Схема строения листа камелии в районе главной жилки (А) и его поперечный разрез (Б):  
 1- верхняя эпидерма, 2- столбчатая паренхима, 3- губчатая паренхима, 4- клетка с друзой, 5- склереида, 6- склеренхима, 7- ксилема, 8- флоэма (6-8 – закрытый коллатеральный проводящий пучок), 9- нижняя эпидерма, 10- устьичный аппарат, 11- колленхима

В проводящих пучках ксилема снабжает водой и минеральными солями клетки мезофилла. Органические вещества – ассимиляты, образующиеся в мезофилле при фотосинтезе, транспортируются из листа по флоэме, так же находящейся в жилках. Каждый проводящий пучок содержит механическую ткань – склеренхиму, которая обеспечивает листу устойчивость в горизонтальной плоскости.

Дополнительную механическую прочность листу придают отдельные клетки склереид, называемые также каменистыми клетками. Эти клетки расположены в мезофилле и препятствуют его сжатию, также в нем накапливаются друзы кристаллов оксалата кальция. Листья с такой структурой называются *дорсо-вентральными*.

У большинства однодольных растений в отличие от двудольных мезофилл листа гомогенный, т.е. он не подразделен на столбчатый и губчатый, а представлен хлоренхимой - однород-

ными по форме и величине ассимилирующими паренхимными клетками. Устьица как правило, располагаются на нижней стороне листовой пластинки, но некоторая их часть может быть и на верхней. Проводящие пучки – закрытые коллатеральные. У ряда мятликовых вокруг пучков хорошо различимы более крупные, чем в хлоренхеме, вытянутые вдоль жилки живые паренхимные клетки. Они образуют так называемую обкладку.

Строение листа однодольного растения рассматривают на примере кукурузы (рис.45). У листа кукурузы клетки верхней эпидермы образуют простые волоски двух видов: короткие шиловидные и длинные нитевидные. У основания длинных волосков клетки эпидермы более крупные, возвышающиеся над поверхностью листа. Эпидерма покрыта кутикулой. Устьица расположены на верхней и на нижней стороне листа. Проводящие пучки закрытые коллатеральные, ксилема обращена к верхней стороне листа, флоэма – к нижней. Пучки двух размеров: крупные и мелкие. Каждый пучок окружен округлыми тонкостенными обкладочными клетками.

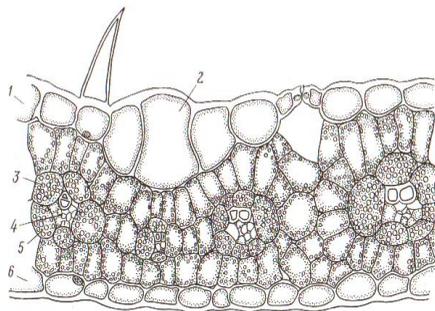


Рис. 45 Лист кукурузы в поперечном разрезе:

1- верхняя эпидерма, 2- маторные клетки, 3- мезофилл, 4- проводящий пучок, 5- обкладочные клетки, 6- нижняя эпидерма

Мезофилл состоит из более или менее однородных клеток. Вокруг мелких пучков они расположены венцом. В средней утолщенной части пластинки мезофилл имеется лишь у нижней стороны, остальное пространство заполнено крупными клетками, не содержащими хлоропластов. В этой же части листа под эпидермой расположены тяжи одревесневающей склеренхимы, которые на нижней стороне пластинки образуют выступы, достигающие до пучков. В остальной части пластинки тяжи примыкают с обеих сторон к крупным проводящим пучкам. Такой лист

называют *изолатеральным*. Такая структура свойственна листьям, расположенным более или менее вертикально.

Своеобразное строение имеют листья некоторых хвойных растений (например, сосны) (рис.46).

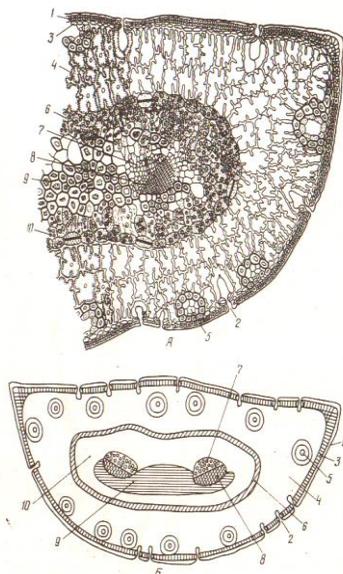


Рис. 46 Хвоя сосны на поперечном разрезе (А) и схема ее строения (Б):  
 1- эпидерма, 2- устьичный аппарат, 3- гиподерма, 4- складчатая паренхима, 5- смоляной канал, 6- эндодерма, 7- ксилема, 8- флоэма (7-8 – проводящий пучок), 9- склеренхима, 10- паренхима

С наружной стороны лист сосны состоит из толстостенных клеток эпидермиса, покрытого слоем кутикулы. Под эпидермисом находится слой гиподермы, состоящей из склеренхимных волокон. Устьица расположены по всему эпидермису в углублениях.

Мезофилл состоит из складчатой паренхимы. Вдоль складок располагаются хлоропласты. В мезофилле хвои имеются смоляные ходы. Каждый смоляной ход выстлан слоем живых клеток эпителия, выделяющих смолу. Клетки эпителия окружены слоем склеренхимных волокон. Два сосудисто-волокнистых пучка находятся в центре хвои и окружены особой паренхимой. Самый центр хвои занят участком склеренхимных волокон, которые плотно примыкают к сосудистым пучкам и соединяют два пучка в единое целое.

## Источники рисунков

Рис. 1 Растительные клетки:	И.И. Андреева, Л.С. Родман 2005, 9, рис. 1
Рис. 2 Схема строения растительной клетки (электронная микроскопия)	И.И. Андреева, Л.С. Родман 2005, 10, рис. 2
Рис.3 Хлоропласт: схема строения	Л.С. Родман, 2006, 15, рис. 5 с изменениями
Рис. 4 Схема строения митохондрий	И.И. Андреева, Л.С. Родман 2005, 18, рис. 4
Рис. 5 Крахмальные зерна	И.И. Андреева, Л.С. Родман 2005, 47, рис. 14
Рис. 6 Эпидерма листа гороха (А) и пшеницы (Б)	И.И. Андреева, Л.С. Родман 2005, 60, рис. 17
Рис. 7 Эпидермальные трихомы	И.И. Андреева, Л.С. Родман 2005, 62, рис. 18
Рис. 8 Перидерма стебля бузины	А.С. Родионова и др, 2010, 85, рис. 6.8
Рис. 9 Схема строения корки	А.С. Родионова и др, 2010, 87, рис. 6.9
Рис. 10 Запасающая паренхима	1. Л.С. Родман, И.И. Андреева, 2008, 47, рис. 17 2. В.Г. Хржановский и др, 1989, 58, рис. 34 с изменениями
Рис. 11 Аэренхима стебля рдеста	В.Г. Хржановский и др, 1988, 46, рис. 37
Рис. 12 Колленхима	Л.С. Родман, 2006, 56, рис. 18
Рис. 13 Склеренхима и склереиды	Л.С. Родман, 2006, 56, рис. 19
Рис. 14 Трахеальные элементы	Л.С. Родман, 2006, 58, рис. 20

Рис. 15 Элементы флоэмы на продольном срезе	Л.С. Родман, И.И. Андреева, 2008, 56, рис. 25
Рис. 16 Проводящие пучки (схема поперечных разрезов)	В.Г. Хржановский и др, 1988, 52, рис. 47
Рис. 17 Сосудисто-волокнистые пучки в поперечном разрезе	В.Г. Хржановский и др, 1988, 53, рис. 48
Рис. 18 Концентрические проводящие пучки	В.Г. Хржановский и др, 1988, 53, рис. 49
Рис. 19 Кончик корня проростка пшеницы	В.Г. Хржановский и др, 1989, 85, рис. 53
Рис. 20 Поперечный срез корня ириса касатика в зоне проведения	А.С. Родионова и др, 2010, 128, рис. 7.10
Рис. 21 Вторичное строение корня тыквы (слева - детальный рисунок, справа – схематичный)	В.Г. Хржановский и др, 1989, 91, рис. 57
Рис. 22 Корнеплоды моркови (А) и репы (Б):	В.Г. Хржановский и др, 1988, 67, рис. 65
Рис. 23 Схемы поперечных срезов корней редьки (а) и моркови (б):	И.И. Андреева, Л.С. Родман 2005, 108, рис. 42
Рис. 24 Схема поперечного среза корня свеклы	И.И. Андреева, Л.С. Родман 2005, 108, рис. 43
Рис. 25. Побеги	А.С. Родионова и др, 2010, 16, рис. 1.4

Рис. 26 Типы расположения одиночных (А-Г) и групповых (Д-Ж) почек	В.Г. Хржановский и др, 1979, 102, рис. 72
Рис. 27 Нарастание побегов	Л.С. Родман, 2006, 90, рис. 35
Рис. 28 Кущение злаков	В.Г. Хржановский и др, 1979, 97, рис.65 с изменениями
Рис. 29 Стебель ржи (поперечный разрез)	В.Г. Хржановский и др, 1988, 81, рис.78
Рис. 30 Стебель кукурузы (поперечный разрез)	В.Г. Хржановский и др, 1988, 81, рис.79
Рис. 31 Пучковое строение стебля клевера лугового (поперечный разрез)	Л.С. Родман, 2006, 108, рис. 47
Рис. 32 Схема строения стебля подсолнечника на разных уровнях (слева) и поперечный разрез стебля на уровне перехода к непучковому строению (справа)	В.Г. Хржановский и др, 1989, 126, рис.83
Рис. 33 Стебель льна	В.Г. Хржановский и др, 1988, 77, рис.75
Рис. 34 Стебель липы (поперечные разрезы на разных уровнях)	В.Г. Хржановский и др, 1988, 75, рис.74
Рис. 35 Стебель сосны (поперечный разрез):	В.Г. Хржановский и др, 1988, 74, рис.73
Рис. 36 Типы листьев	В.Г. Хржановский и др, 1988, 83, рис.81

Рис. 37 Сложные листья	В.Г. Хржановский и др, 1979, 134, рис.89
Рис. 39 Простые листья с расчлененной пластинкой:	В.Г. Хржановский и др, 1979, 133, рис.88
Рис. 40 Основные формы листьев	А.С. Родионова и др, 2010, 24, рис. 1.8
Рис. 41 Формы основания (А, 1-8), верхушки (Б, 9-13) листовой пластинки и край листа (В, 14-20)	А.С. Родионова и др, 2010, 25, рис. 1.9
Рис. 42 Жилкование листьев	И.И. Андреева, Л.С. Родман 2005, 157, рис. 75
Рис. 43 Типы листорасположения	В.Г. Хржановский и др, 1989, 106, рис. 71
Рис. 44 Схема строения листа камелии в районе главной жилки (А) и его поперечный разрез (Б):	В.Г. Хржановский и др, 1989, 143, рис. 95
Рис. 45 Лист кукурузы в поперечном разрезе	В.Г. Хржановский и др, 1979, 139, рис. 94
Рис. 46 Хвоя сосны на поперечном разрезе (А) и схема ее строения (Б):	В.Г. Хржановский и др, 1989, 148, рис. 99

## Список литературы:

1. И.И. Андреева, Л.С. Родман. Ботаника.- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: КолосС, 2005.- 528 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

2. А.С. Родионова и др. Ботаника: учебник для студ.Образоват, учреждений сред. проф. образования/ (А.С. Родионова и др.), - 3-е изд., стер. – М,: издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.

3. Л.С. Родман. Ботаника с основами географии растений.- М.: КолосС, 2006. – 397 с.: ил.- (Учебники и учеб. пособия для студентов средних специальных учеб. заведений).

4. Л.С. Родман, И.И. Андреева. Ботаника. Ч. 1. Уч. пособие. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2008.- 163 с.

5. В.Г. Хржановский и др. Практикум по курсу общей ботаники: Учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 1979. -422 с., ил.

6. В.Г. Хржановский и др. Ботаника. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 38/3 с.: ил. - Учебники и учеб. пособия для учащихся техникумов).

7. В.Г. Хржановский и др. Практикум по курсу общей ботаники. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Агропромиздат, 1989.- 416 с.: ил.- (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

Учебное издание

## БОТАНИКА

Ботаника (учебно-методическое пособие для лабораторно-практических занятий, Раздел: цитология, гистология и органография вегетативных органов). Предназначено для подготовки студентов по направлениям 110400 «Агрономия», 110100 «Агрехимия и агропочвоведение», 110900 «Технология производства и переработки с/х продукции»; квалификация (степень) выпускника – бакалавр).

---

Подписано к печати    Формат    Бумага писчая  
Усл. п.л    Тираж 100 экз.

---

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии 243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХА