

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Ю. М. Бачура, Н. М. Дайнеко

**БОТАНИКА.
АНАТОМИЯ ВЕГЕТАТИВНЫХ
ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ**

Практическое руководство

для студентов специальности 1-75 01 01
«Лесное хозяйство»

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2015

УДК 582.26/27 + 582.28 (075.8)

ББК 28.591 я73

С 557

Рецензенты:

кандидат биологических наук А. Е. Падутов;
кандидат сельскохозяйственных наук А. Н. Никитин.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Бачура, Ю. М.

С 557 Ботаника. Анатомия вегетативных органов растений: практ. рук-во / Ю. М. Бачура, Н. М. Дайнеко; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – 43 с.

ISBN 978-985-439-725-2

Практическое руководство ставит своей целью оптимизировать учебно-познавательную деятельность студентов по усвоению материала об особенностях анатомического строения корня, стебля и листа растений. Оно может быть использовано как на лабораторных занятиях по соответствующим темам курса «Ботаника», так и для самостоятельной подготовки.

Адресовано студентам биологического факультета специальности «Лесное хозяйство».

УДК 582.26/27 +582.28 (075.8)

ББК 28.591 я73

ISBN 978-985-439-725-2

© Бачура Ю. М., Дайнеко Н. М., 2015
© УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», 2015

Содержание

Введение	4
Занятие 1 Анатомическое строение корня.....	5
Занятие 2 Анатомическое строение стебля	15
Занятие 3 Анатомическое строение листа.....	33
Литература	42

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Введение

В практическом руководстве приводятся основные теоретические сведения, которые необходимы для самостоятельной подготовки студентов и выполнению заданий на лабораторных занятиях по темам «Анатомическое строение корня», «Анатомическое строение стебля», «Анатомическое строение листа» в курсе «Ботаника». Применение предлагаемого руководства позволит аудиторным занятиям быть более эффективными и повысит качество усвоения студентами достаточно сложного учебного материала.

Основная задача руководства – дать представление об особенностях анатомического строения вегетативных органов растений – корня, стебля и листа. В нем содержится минимальный объем знаний, на основе которых можно организовать эффективную самостоятельную работу по более глубокому их изучению.

Изложение материала построено в соответствии с программой курса. Практическое руководство включает три занятия. Материал по каждому из них начинается с плана, затем следует изложение теоретической части, перечисляются материалы и оборудование, ставится цель занятия. Далее приведены лабораторные работы с комментариями по их выполнению для самостоятельной работы студентов. В конце каждого занятия имеются вопросы, которые могут быть использованы преподавателем для текущего контроля усвоения знаний, а также студентами для самоконтроля.

При подготовке практического руководства также использована информация, изложенная в пособиях и учебниках белорусских и российских ученых: Г. А. Бавтуго, М. В. Ерёмкина, И. И. Андреевой, Л. С. Родман, Г. П. Яковлева, В. А. Челомбитько, Н. П. Власовой, И. И. Лотовой, М. Д. Лисова, Т. А. Сауткиной, В. Д. Поликсеновой, В. Г. Хржановского, С. Ф. Пономаренко, Л. С. Пашкевич, Г. Я. Климчика [1-12]. На классические иллюстрации, использованные в руководстве, приведены ссылки.

Руководство адресовано студентам специальности 1-75 01 01 – «Лесное хозяйство», может быть использовано студентами специальности 1-31 01 01-02 – «Биология (научно-педагогическая деятельность)», быть полезно для учителей биологии и студентов специализации «Ботаника».

Занятие 1. Анатомическое строение корня

- 1 Понятие об органах растений
- 2 Первичное анатомическое строение корня
- 3 Вторичное анатомическое строение корня

1 Понятие об органах растений

Орган – это часть организма, имеющая определенное строение и выполняющая определенные функции. Органы растений делят на две группы: вегетативные и генеративные.

Генеративные органы (лат. *genero* – рождаю, произвожу) – органы, обеспечивающие половое размножение; у покрытосеменных растений к генеративным органам относят цветок, плод и семя.

Вегетативные органы (лат. *vegetatio* – произрастание, рост) – органы, выполняющие основные функции питания и обмена веществ растения с внешней средой; представляют вегетативное тело растения.

Основные вегетативные органы растений – листостебельные побеги (стебель и лист; обеспечивают фотосинтез) и корни (обеспечивают водоснабжение и минеральное питание).

Важнейшие *характеристики структурной организации основных вегетативных органов*:

1) *метамерность*: благодаря ритмичным росту и формообразованию тело растения оказывается состоящим из однотипных участков, повторяющих друг друга – метамеров;

2) *разветвленность*;

3) *симметрия*: наблюдается в характере расположения боковых частей органа по отношению к оси; корень и стебель обычно располагаются вертикально, образуя единую ось, и являются поэтому осевыми органами, несущими на себе боковые придатки (листья, шипы, волоски и т. д.). Различают три группы органов – несимметричные, моносимметричные и полисимметричные;

4) *полярность*: каждый орган имеет два полюса (верхний, или верхушечный, – терминальный, апикальный и нижний – базальный).

Различают аналогичные и гомологичные органы.

Аналогичные органы выполняют сходные функции и морфологически подобны, но имеют разное происхождение (колючки растений могут быть производными листьев или стебля).

Гомологичные органы различаются морфологически и часто вы-

полняют различные функции, но имеют одинаковое происхождение (видоизменения листа, например).

Корень – осевой орган, обладающий радиальной симметрией и неопределенно долго нарастающий в длину благодаря деятельности апикальной (верхушечной) меристемы. От стебля он морфологически отличается тем, что на нем никогда не возникают листья, а апикальная меристема всегда прикрыта чехликом.

Функции корней разнообразны. Главной функцией является обеспечение почвенного питания растения: поглощение и проведение воды и растворенных в ней минеральных веществ из почвы. Корни закрепляют («заякоривают») растение в почве, делают возможным вертикальный рост и вынесение побегов вверх. В корнях может осуществляться синтез биологически активных веществ (аминокислот, гормонов, алкалоидов и пр.), которые затем передвигаются в другие органы растения, а также – запасание веществ. Корни могут обеспечивать дыхание и вегетативное размножение растений. При взаимодействии корней с корнями других растений, микроорганизмами и грибами, обитающими в почве, образуются симбиозы или взаимовыгодные сожительства (микоризы, бактериальные клубеньки).

2 Первичное анатомическое строение корня

В строении молодого корешка, покрытого корневым чехликом, выделяют несколько участков (зон), которые отличаются морфолого-анатомическими особенностями и выполняют различные физиологические функции. Это зона деления, зона роста, зона всасывания, зона проведения.

Корневой чехлик представляет собой многоклеточную структуру из паренхимной ткани, которая покрывает кончик корня в виде наперстка. Новые клетки корневого чехлика постоянно образуются внешним слоем клеток апекса, в то время как наружные, наиболее старые клетки, покрытые слизью, постепенно слущиваются.

Корневой чехлик защищает апикальную меристему от трения о почвенные частицы; способствует продвижению корня благодаря образованию слизи при слущивании клеток чехлика в процессе роста корня и продвижения его между почвенных частиц. У многих однодольных в меристеме кончика корня синтезируются гормоны – ауксины, стимулирующие рост корня. Корневой чехлик контролирует реакцию корня на гравитацию (геотропизм). Слизь корневого чехлика

создает благоприятные условия для поселения полезных бактерий, может влиять на доступность почвенных ионов.

Под корневым чехликом находится **зона деления**, или корневой апекс, – это апикальная меристема корня, его точка роста. Она имеет длину от 1 до 5 мм и состоит из мелких многогранных клеток, которые активно делятся в результате митоза, обеспечивая рост корня.

В зоне растяжения (роста) прекратившие деление клетки переходят к растяжению в направлении к оси корня, что обуславливает удлинение органа. Объем корня увеличивается за счет общего оводнения клеток и появления крупных вакуолей. Протяженность зоны роста не превышает нескольких миллиметров.

За зоной роста следует **зона всасывания**. Клетки прекращают растяжение, начинается их дифференциация. На покровной ткани (ризодерма) возникают многочисленные выросты – корневые волоски. Здесь начинают формироваться первичные ткани корня и осуществляться его основная функция – всасывание почвенных растворов. Нарастание корня сопровождается включением старых участков зоны всасывания в вышерасположенную зону – зону проведения.

Зона проведения обладает хорошо развитой проводящей тканью и передает почвенные растворы выше по органу. Корневые волоски вместе с клетками ризодермы погибают, и формируется покровная ткань корня. В этой зоне появляются боковые корни, поэтому ее часто называют зоной боковых корней. Переход от одной зоны к другой происходит постепенно, без резких границ.

Строение корня различно от кончика до основания и меняется в соответствии со сменой функциональной нагрузки по зонам корня (зона деления, зона растяжения, зона всасывания, зона проведения).

Верхушечная меристема корня (зона деления) откладывает клетки наружу и внутрь. Наружу формируются клетки корневого чехлика, внутрь – ткани остальной части корня. У покрытосеменных растений верхушечная меристема корня содержит несколько инициальных клеток. У двудольных они расположены 3-мя слоями. Наружний слой формирует первичную меристему (*дерматоген*) и далее дает начало клеткам чехлика и ризодермису. Средний слой образует основную меристему (*перилемму*), которая дает начало первичной коре. Внутренний слой формирует *прокамбий* (или *плерому*), из которого развивается центральный цилиндр. У однодольных и голосеменных растений ризодермис формируется из наружного слоя перилеммы.

Как отмечено ранее (занятие 1), в зоне растяжения, или роста, клетки увеличиваются в объеме, начинают появляться первые признаки их дифференциации.

Первичная анатомическая структура корня формируется уже в зоне всасывания и одинакова для корней всех голосеменных, покрытосеменных и большинства высших споровых.

На первичной стадии развития постоянных тканей корня выделяют три системы тканей: ризодермис (система покровной ткани), первичную кору (система основной ткани) и систему проводящих тканей, представляющую собой либо сплошной цилиндр (лютик), либо полый цилиндр вокруг паренхимы (кукуруза, ирис).

Ризодермис (эпibleма) – всасывающая ткань молодых корней, которая абсорбирует воду и минеральные соли благодаря корневым волоскам. Корневой волосок представляет собой асимметричный вырост клеток эпibleмы. Цитоплазма в этой волосконосной клетке расположена постенным слоем, вакуоль общая для основной клетки и ее выроста, ядро смещается в корневой волосок, что свидетельствует о его высокой физиологической активности. Оболочка волоска тонкая, кутикула отсутствует, что облегчает всасывание воды из субстрата. Продолжительность жизни корневых волосков 10-20 дней (затем отмирают).

Нередко корневые волоски выделяют кислоты (угольную, а при недостатке кислорода – уксусную и муравьиную), растворяющие минеральные частицы почвы. Корневые волоски играют и механическую роль: дают опору верхушке корня, пробивающейся при росте между частицами почвы и способствуют «заякориванию» корневой системы в земле.

Молодые клетки ризодермиса большей частью имеют тонкую кутикулу, что ограничивает проницаемость клеточной оболочки для воды и минеральных веществ. Поверхность многих корней покрыта слизистым чехлом.

Первичная кора располагается под ризодермисом. Клетки первичной коры паренхимные, округлые, живые с жизнедеятельной цитоплазмой, ядром, содержат лейкопласты, органические и минеральные включения. В коре обычны секреторные клетки, смоляные ходы, млечники, клетки с кристаллами и т. д. Хлорофилл есть только в клетках корней, произрастающих на свету (у водных растений, у эпифитов, имеющих воздушные корни). Коровая паренхима, располагаясь радиальными рядами, образует многочисленные межклетники,

имеющие большое значение для аэрации корня, и многочисленные связи через плазмодесмы клеток.

В *первичной коре* ряда растений можно выделить 3 части: *экзодерму*, *мезодерму* и *эндодерму*.

Клетки **экзодермы** таблитчатые, нередко опробковывают и выполняют защитную функцию после сущивания ризодермиса.

Клетки **мезодермы** более или менее округлые, между ними четко выражены межклетники. Клетки мезодермы снабжают ризодермис пластическими веществами и участвуют в проведении веществ, которые перемещаются как по системе протопластов (*симпласту*), так и по стенкам клеток (*апопласту*).

Внутренний слой коры – **эндодерма** – контролирует перемещение веществ из коры в центральный цилиндр и обратно. Клетки эндодермы расположены плотно, без межклетников, и характеризуются наличием на антиклинальных (т. е. перпендикулярных поверхности корня) в клеточных стенках *поясков Каспари*. Они представляют собой участки клеточной стенки, кутинизированные, иногда пропитанные суберином и лигнином, выполняющие роль барьера для передвижения веществ через клеточные оболочки (у двудольных и голосеменных). У хвойных изменения клеточных оболочек в эндодерме оканчиваются отложением субериновой пластинки.

У однодольных растений образуются *подковообразные утолщения клеточных стенок*, затем происходит одревеснение стенок и отмирание протопластов клеток. При этом некоторые эндодермальные клетки (напротив ксилемы) могут оставаться тонкостенными, только с поясками Каспари. Их называют *пропускными*.

Центральный цилиндр (осевой цилиндр, или стела) в корне всех семенных растений четко отграничен от коры. Центральный цилиндр дифференцируется непосредственно из клеток верхушечной меристемы. В нем располагаются проводящие ткани.

Разграничительной полосой между корой и центральным цилиндром является наружный его слой – *перицикл* (образовательная ткань). Вместе с эндодермой первичной коры перицикл составляет непрерывное монолитное кольцо. В перицикле начинают формироваться боковые корни. У видов с вторичным ростом он участвует в формировании камбия.

Перицикл нередко выполняет и другие функции (например, запасную) или становитсяместищем выделений. При одревеснении перицикл выполняет механическую функцию.

Внутреннюю часть центрального цилиндра у большинства корней занимает *радиальный сосудисто-волокнистый пучок*: тяж первичной ксилемы, образующий к перициклу выступы в виде ребер, между ними размещаются тяжи первичной флоэмы. Таким образом, центральный цилиндр корня является *протостелой*.

Ксилема формируется позже флоэмы.

Первые по времени образования сосуды протоксилемы самые наружные, они примыкают к перициклу. В центре располагаются сосуды метаксилемы. Между флоэмой и ксилемой расположена тонкостенная *паренхима*. В отличие от стебля корни не имеют развитой сердцевины, хотя у некоторых однодольных (например, у кукурузы) сердцевина имеется.

У однодольных растений корни имеют только первичную структуру. С возрастом, после слущивания ризодермиса, защитную функцию выполняет экзодерма, реже мезо- или эндодерма (старые корни в диаметре могут быть меньше молодых).

3 Вторичное анатомическое строение корня

Среди однодольных вторичным приростом обладают лишь древовидные однодольные (драцена, юкка, многие пальмы). Камбий закладывается обычно в перицикле, реже в коровой части корня, и формирует внутрь от себя несколько рядов закрытых проводящих пучков со склеренхимными обкладками, разбросанных в паренхиме, а снаружи – элементы флоэмы. После этого камбий превращается в толстостенную постоянную ткань, а в периферической части коровой паренхимы появляется новый слой образовательной ткани. Образуется следующий ряд проводящих пучков и таким образом происходит утолщение корня.

Типичные **вторичные изменения в строении корня** характерны для голосеменных и двудольных растений, они обеспечивают рост растений в толщину. Вторичные изменения происходят за счет вторичных меристем – *камбия и феллогена (пробкового камбия)*.

Участки камбия возникают из прокамбия или паренхимных клеток с внутренней стороны флоэмы между лучами ксилемы. *Внутри* камбий откладывает клетки, формирующие *вторичную ксилему*, *наружу* – *элементы вторичной флоэмы*, что приводит к формированию *коллатеральных проводящих пучков*.

Через некоторое время между этими участками камбия формируется камбий из перицикла, постепенно происходит смыкание всех

участков камбия в кольцо. Камбий перициклического происхождения откладывает паренхимные клетки, образующие сердцевинные, или радиальные, лучи. Сердцевинные лучи закладываются напротив лучей первичной ксилемы.

Первичная кора в корнях со вторичным утолщением корня отсутствует. В перицикле по всей окружности центрального цилиндра возникает пробковый камбий – феллоген, образующий внутри клетки феллодермы, а наружу клетки пробки (феллоген, феллодерма и пробка образуют вторичную покровную ткань – перидерму). Стенки клеток пробки пропитываются суберином и клетки отмирают. Это является причиной отпадания клеток первичной коры вследствие нарушения связи с центральным цилиндром (линька корня). В клетках феллодермы могут откладываться запасные питательные вещества.

Ткани, расположенные снаружи от камбия (флоэма, основная паренхима, феллодерма и пробковый камбий) называют *вторичной корой*.

Снаружи корни двудольных растений, имеющие вторичное строение, покрыты перидермой, на старых корнях деревьев образуется корка.

Таким образом, этапы перехода корня от первичного строения ко вторичному следующие: 1) появление камбия между лучами ксилемы и флоэмы; 2) образование феллогена перициклом; 3) сбрасывание первичной коры; 4) смена радиального расположения тканей ксилемы и флоэмы коллатеральным.

Материалы и оборудование. Постоянные препараты «Корневой чехлик и корневые волоски», «Корень ириса», «Корень тыквы», микроскопы, пинцеты, лезвия, препарировальные иглы, предметные и покровные стекла, чашечки с водой и пипеткой, фильтровальная бумага.

Цель: изучить первичное и вторичное анатомическое строение корня, рассмотреть особенности формирования внутренних структур корня у однодольных и двудольных растений.

Работа 1 Строение кончика корня

Ход работы

1 Рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа постоянный препарат «Корневой чехлик и корневые волоски». Найти корневой чехлик, зоны деления и растяжения клеток, всасывания и проведения.

2 Зарисовать кончик корня (рисунок 1) и обозначить все его зоны. Отметить на рисунке части зоны ветвления.

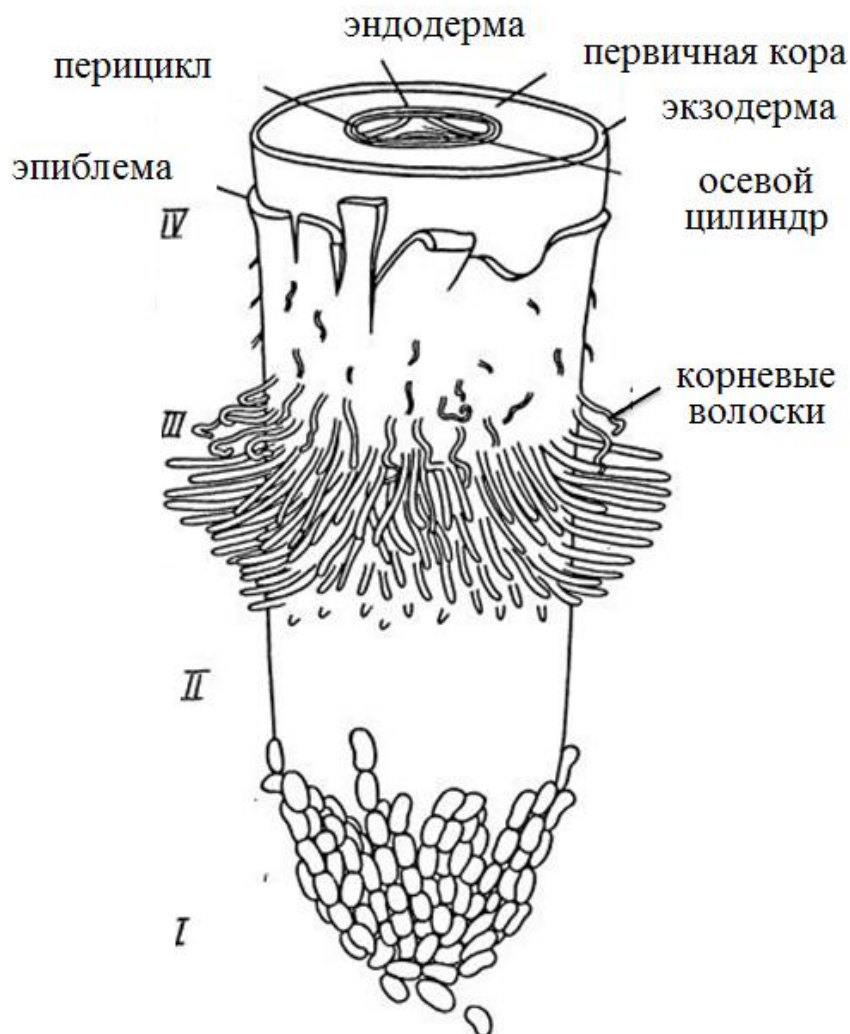


Рисунок 1 – Схема строения кончика корня: I – корневой чехлик, II – зоны роста и растяжения, III – зона всасывания, IV – начало зоны проведения [1]

Работа 2 Первичное строение корня однодольных растений на примере ириса германского (*Iris germanica* L.)

Ход работы

1 Рассмотреть постоянный препарат «Корень ириса». На поперечном срезе при малом увеличении видны широкая первичная кора и центральный цилиндр (рисунок 2 А). Зарисовать общую схему строения корня, обратив внимание на более сильное развитие коры по сравнению с центральным цилиндром.

2 При большом увеличении микроскопа (рисунок 2 Б) рассмотреть и зарисовать центральный цилиндр с прилегающим участком первич-

ной коры. Обозначить: центральный цилиндр, состоящий из радиального проводящего пучка (ксилема, флоэма) и перицикла; первичную кору, состоящую из эндодермы с пропускными клетками, паренхимы первичной коры и экзодермы; эпиблему с корневыми волосками.

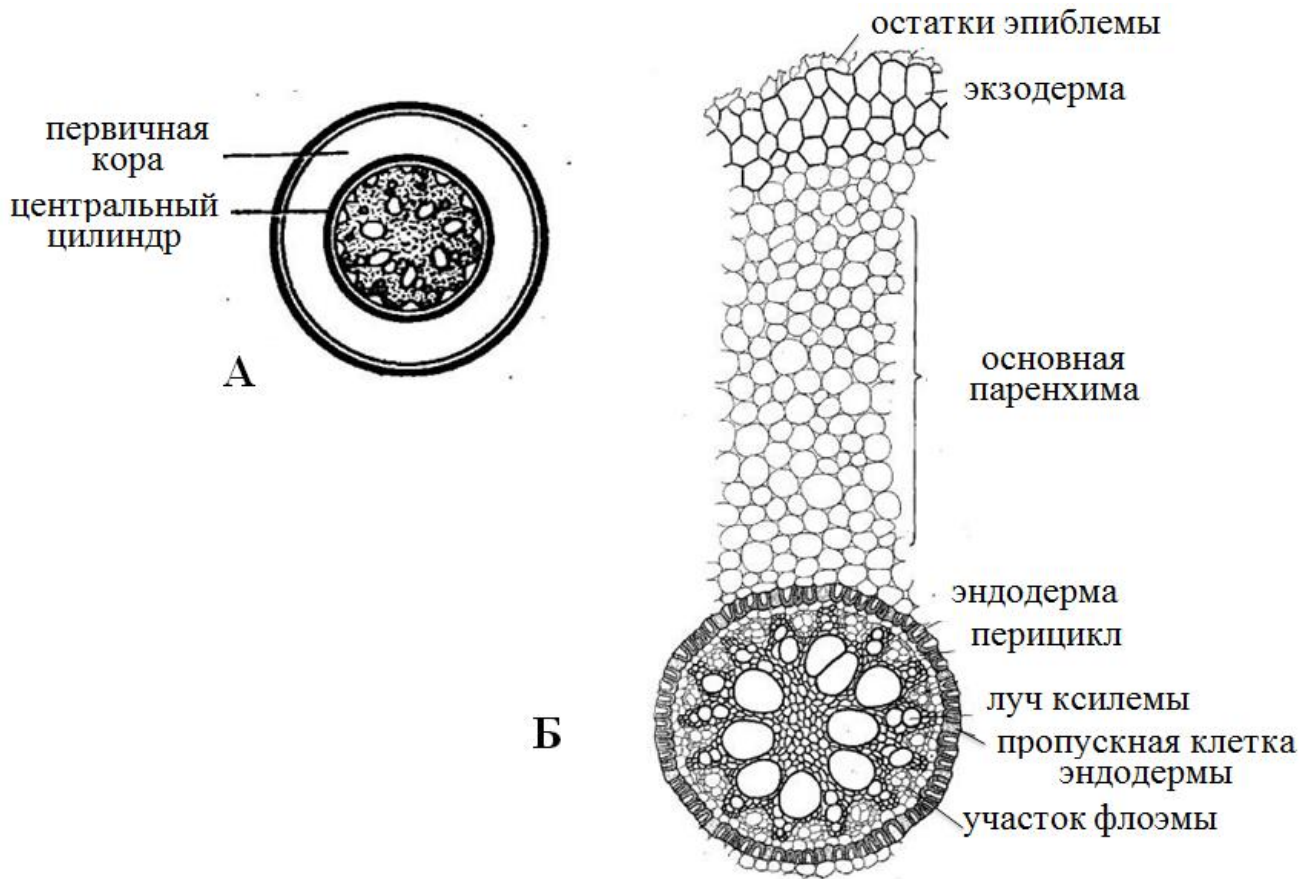


Рисунок 2 – Схемы поперечного среза (А) и первичного строения корня ириса [2]

Работа 3 Строение корня двудольных растений на примере тыквы обыкновенной (*Cucurbita pepo* L.)

Ход работы

1 Рассмотреть постоянный препарат «Корень тыквы» при малом и большом увеличении. В центре корня удастся обнаружить крупный сосуд метаксилемы, от которого 3-5 лучами отходят узкопросветные элементы протоксилемы. Между этими лучами первичной ксилемы располагаются крупные открытые коллатеральные пучки. Внутри их

обращены элементы вторичной ксилемы. К ней примыкает камбиальная зона, отграничивающая вторичную флоэму. Снаружи ко вторичной флоэме примыкают мелкие деформированные тонкостенные клетки первичной флоэмы. Снаружи корень покрыт перидермой.

2 Зарисовать схему перехода от первичного строения ко вторичному (рисунок 3). Отметить первичную и вторичную флоэму, первичную и вторичную ксилему, камбий.

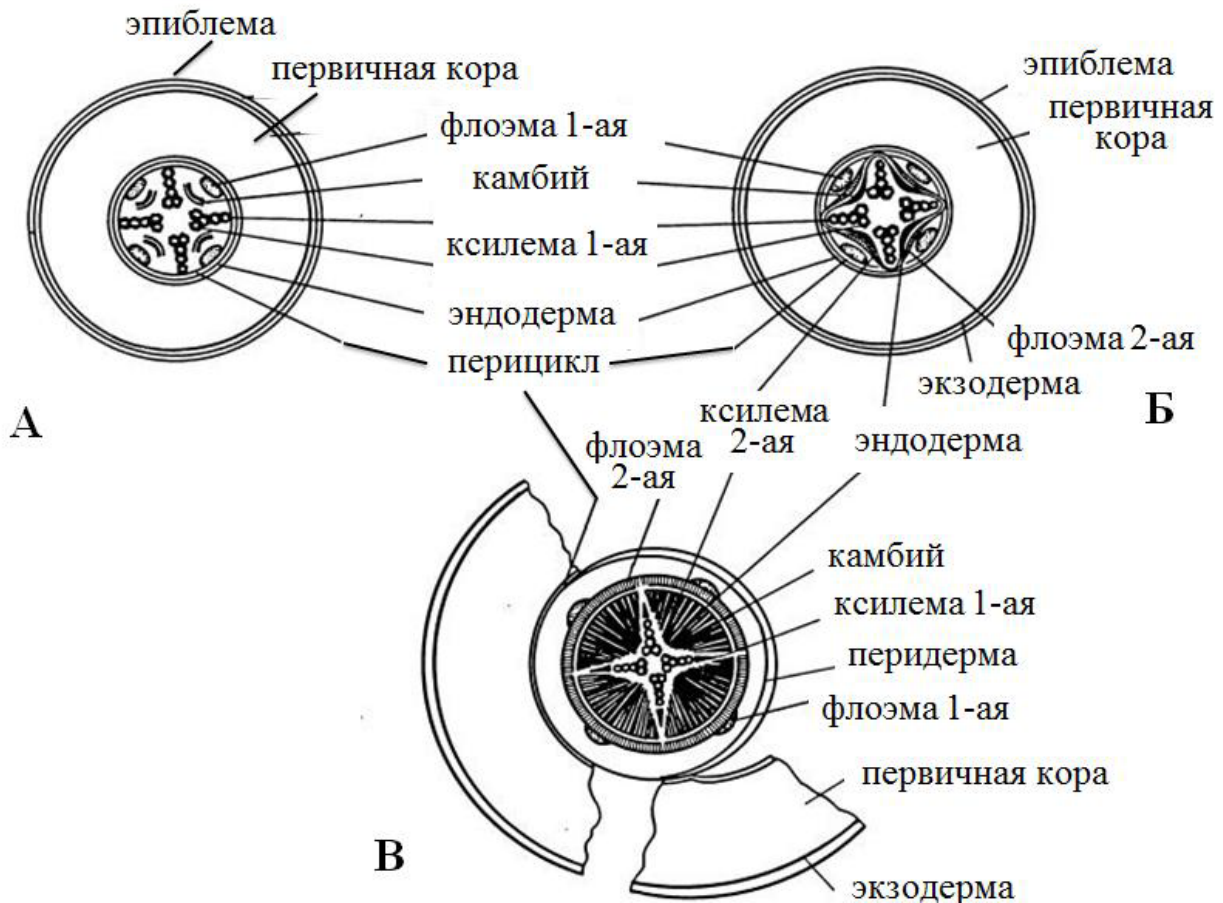


Рисунок 3 – Схема перехода от первичного строения корня ко вторичному у двудольных растений: А – появление камбия между первичной флоэмой и первичной ксилемой, Б – образование камбием вторичной флоэмы и вторичной ксилемы, В – вторичное строение корня [1]

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризуйте зоны корня.
- 2 Каковы особенности формирования структур первичного корня?
- 3 Опишите первичное анатомическое строение корня.
- 4 Каковы происхождение и роль в корне перичикла?

- 5 Эндодерма и ее особенности в корне.
- 6 Как происходит переход ко вторичному строению в корне?
- 7 Опишите вторичное анатомическое строение корня.

Занятие 2. Анатомическое строение стебля

- 1 Понятие о пучковом и беспучковом типах строения стебля
- 2 Первичное и вторичное строение стебля однодольных и двудольных травянистых растений
- 3 Структурная организация стебля древесных растений

1 Понятие о пучковом и беспучковом типах строения стебля

Стебель – осевой орган растения, он вместе с корнем образует единую ось растения. Стебель, как и весь побег в целом, является «открытой системой роста» и нарастает в течении всей жизни. Зона роста стебля относительно более длинная, чем зона роста корня (до 1 см).

Вся анатомическая структура стебля формируется за счет деятельности меристем и соответствует его функциям. В стебле функционирует сложный комплекс образовательных тканей – верхушечные, боковые и вставочные, которые взаимосвязаны между собой: верхушечная меристема дает начало первичной боковой меристеме – прокамбию – и интеркалярной меристеме, самые наружные ее слои преобразуются в протодерму.

Из клеток протодермы формируется первичная покровная ткань – эпидермис. На уровне первых зачатков листьев способность клеток к делению в клетках периферической зоны и сердцевины постепенно затухает. Между этими зонами остается меристематическое кольцо, из которого формируется прокамбий (его клетки прозенхимные).

Из наружных клеток прокамбия образуются элементы первичной флоэмы (тонкостенны, недолговечны); из внутренних – элементы первичной ксилемы (узкие, сравнительно тонкостенные сосуды и трахеиды со спиральными или кольчатыми утолщениями).

У ряда растений клетки периферической части меристематического кольца могут не участвовать в образовании прокамбия и дают начало другой первичной образовательной меристеме – перициклу (позднее дифференцируется в паренхиму или склеренхиму).

Участки стебля, расположенные внутрь и снару́жи от проводящих элементов, остаются паренхимными, составляя соответственно сердцевину и первичную кору стебля.

Заложение прокамбия и формирование им проводящих тканей стимулируется заложением листовых бугорков. Тяж прокамбия в листе и стебле общий, как и проводящий пучок, который формируется почти одновременно в листе и стебле. Часть общего проводящего пучка, идущая по стеблю, называется листовым следом. Таким образом, проводящая система стебля формируется в тесной связи с проводящей системой листа.

В соответствии с особенностями заложения прокамбия выделяют *несколько типов структур строения стебля*:

1) **непучковое** строение – прокамбиальные тяжи закладываются сплошным кольцом и формируют сплошные кольца флоэмы и ксилемы, между которыми сохраняется полоса прокамбия, позже дифференцирующаяся в камбий (у некоторых хвойных и двудольных);

2) **пучковое** строение – прокамбиальные тяжи закладываются отдельными участками, формируя самостоятельные проводящие пучки, в которых между ксилемой и флоэмой сохраняется полоска прокамбия, позже дифференцирующаяся в пучковый камбий. Разделены пучки участками основной паренхимы – сердцевинными лучами, из клеток которых формируется межпучковый камбий (у ряда хвойных и двудольных);

3) **переходное** строение – вначале формируется пучковое строение стебля, затем между проводящими пучками закладывается межпучковый камбий, формирующий новые пучки между прежними и обуславливающий постепенное формирование сплошного цилиндра проводящих тканей (подсолнечник, топинамбур, бодяк и др.);

4) у папоротников и большинства однодольных проводящие пучки рассеяны в основной ткани, которая не подразделяется на первичную кору и сердцевину.

Несмотря на огромное разнообразие внутренней структуры при первичном росте, можно выделить общие черты строения: наличие покровной ткани – эпидермиса; системы проводящих тканей (центральный цилиндр), большого массива паренхимных тканей (первичная кора, сердцевина, сердцевинные лучи), а также механических тканей (колленхима, склеренхима).

2 Первичное и вторичное строение стебля однодольных и двудольных травянистых растений

Анатомическое строение стебля характеризуется радиальной симметрией и очень высокой специализацией тканей. Ткани располагаются концентрическими кругами.

В результате деятельности первичных меристем (верхушечной и боковой) в конусе нарастания формируется первичная структура стебля. Вторичное строение формируется позже за счет деятельности вторичной боковой меристемы – камбия.

У двудольных растений первичное строение наблюдается только в самых молодых органах и очень недолго, затем сменяется вторичным. У однодольных растений первичное строение сохраняется до конца жизни.

Рассмотрим **первичное строение стебля двудольных растений**. На поперечном срезе стебля различают три основные зоны – покровную ткань, первичную кору и центральный цилиндр.

Покровная ткань – эпидермис. Клетки эпидермиса стебля несколько вытянуты вдоль стебля и имеют относительно меньше устьиц. Эпидермис стебля также, как и эпидермис листа, может иметь дополнительные защитные образования – воск, кутикулу, волоски. Образуется эпидермис из наружного слоя верхушечной меристемы.

Первичная кора занимает в стебле периферическое положение. Снаружи она ограничена эпидермисом, изнутри – эндодермой. Первичная кора состоит из двух тканей – колленхимы и основной паренхимы.

Колленхима располагается поверхностно, подстилая эпидермис. В стебле двудольного растения встречаются все виды колленхимы – уголковая, пластинчатая, рыхлая.

Основная паренхима составляет внутренний круг первичной коры. Ее клетки имеют практически округлую форму на поперечном сечении. Часто в паренхиме первичной коры, как и в колленхиме, имеются хлоропласты, что обуславливает зеленую окраску молодых стеблей. Для нее обычны клетки с кристаллами оксалата кальция, эфирными маслами и другими продуктами обмена. У многих двудольных и голосеменных растений первичную кору пронизывают млечники и смоляные ходы.

Внутренний слой первичной коры, окаймляющий центральный цилиндр, – *эндодерма*. Клетки её чуть крупнее основных клеток коры, слегка вытянуты в тангентальном направлении, часто содержат много

крахмала (крахмалоносное влагалище).

Центральный цилиндр состоит из перицикла, проводящих тканей, сердцевинки и сердцевинных лучей.

Перицикл – наружный слой центрального цилиндра, первичная образовательная ткань. В типичных случаях (стебли кирказона, камнеломки, гвоздики, тыквы) наружная часть перицикла дифференцируется – механическую ткань – склеренхиму, внутренняя – в основную паренхиму. В стебле ряда растений перицикл может отсутствовать.

Проводящие ткани располагаются за перициклом почти правильным кругом. У громадного большинства растений проводящие ткани слагаются в пучки, между которыми остаются радиальные участки основной паренхимы – сердцевинные лучи.

Сердцевидные лучи соединяют первичную кору и центральную часть стебля – сердцевинку, их роль – проводящая. Клетки сердцевинного луча живые, паренхимные, слегка вытянутые в радиальном направлении.

Некоторые двудольные растения не обнаруживают пучкового строения – у них прокамбий закладывается сплошным кольцом. Соответственно проводящие ткани образуют почти непрерывный цилиндр (на поперечном разрезе – кольцо) с очень узкими сердцевинными лучами. Такое строение имеют стебли сурепки, табака, вероники, сливы, липы и многих других растений.

Сердцевина стебля – паренхимная ткань. Её центральная часть состоит из более крупных клеток, периферическая часть – из более мелких. У многих растений, особенно многолетних, центральная часть сердцевинки отмирает и на её месте образуется полость. Периферическая часть сердцевинки преимущественно остается живой и выполняет запасную функцию. Она называется *перимедуллярной зоной* (от греч. peri – вокруг, medulla – сердцевина). Эта часть стебля иногда окрашивается под воздействием накапливающихся продуктов обмена.

Вторичные изменения стебля связаны с деятельностью вторичных образовательных тканей – *камбия* и, отчасти, *пробкового камбия (феллогена)*. У многих видов они начинаются уже у однолетних побегов и внешне заметны по изменению окраски побега (коричневая, за счет формирования перидермы).

Начинаются вторичные изменения с заложения камбия из остатков прокамбия (клетки камбия прозенхимны, длина их превышает ширину в десятки раз). Внутри камбий образует вторичную ксилему, наружу – вторичную флоэму. *Дифференциация камбия* идет по одному из следующих типов:

1) из сплошного кольца прокамбия возникает *непрерывное кольцо камбия*, который откладывает сплошные слои проводящих тканей: флоэмы и ксилемы (липа, лен и др.);

2) в первичных пучках вначале *дифференцируется пучковый камбий*, затем между пучками *появляется межпучковый камбий*, постепенно сливающийся с пучковым. Образуется непрерывный камбиальный слой, который откладывает кольца флоэмы и ксилемы (подсолнечник, фасоль, гречиха, георгин и др.);

3) в первичных пучках *возникает пучковый и межпучковый камбий*. Пучковый камбий образует флоэму и ксилему, межпучковый – паренхимные клетки (кирказон, ломонос, виноград и др.);

4) *межпучковый камбий вообще не образуется*, проводящие пучки окружены основной паренхимой. Существует ряд промежуточных типов.

При любом типе строения первичная ксилема оттесняется к центру и ее остатки расположены на границе с сердцевинной; первичная флоэма – к периферии. Центральный цилиндр отграничен от первичной коры склеренхимой перциклического происхождения.

Первичная кора у травянистых растений изменяется мало. Она становится тоньше в результате растяжения стебля, но, как правило, сохраняется и функционирует. Снаружи стебель покрыт эпидермисом, реже образуется перидерма.

Таким образом, в структуре стебля однолетнего травянистого двудольного растения различают: видоизмененный центральный цилиндр (ткани из перицикла, остатки первичной и вторичная флоэма, камбий, остатки первичной и вторичная ксилема, сердцевина). Видоизмененный центральный цилиндр окружен первичной корой.

Стебли **однодольных растений** отличаются от стеблей двудольных иным расположением проводящих пучков и отсутствием камбия.

Лист однодольного растения дает много листовых следов. По этой причине в стебле однодольных имеется *гораздо больше проводящих пучков*, чем в стебле двудольных. На поперечном сечении они кажутся разбросанными без всякого видимого порядка. На продольном разрезе видно, что листовые следы доходят до центра стебля и затем, спускаясь по стеблю, постепенно отклоняются к его поверхности. Пройдя несколько междоузлий, листовые следы сливаются с другими пучками. Такой тип прохождения проводящих пучков по стеблю называется пальмовым.

Вторая характерная особенность однодольных растений – *отсутствие камбия* в проводящих пучках. В связи с этим в стебле отсут-

ствуется вторичный рост. Утолщение стебля однодольных растений с возрастом обусловлено разрастанием клеток, увеличением их объема, но не увеличением их количества. Некоторые исключения наблюдаются у древовидных лилейных.

Типичное для однодольных растений строение имеет стебель кукурузы. Снаружи он покрыт *эпидермисом* с хорошо развитой кутикулой. Под эпидермисом лежит узкое кольцо *склеренхимы*. Внутри от склеренхимы находится *основная паренхима*, клетки которой к центру становятся крупнее. В основной паренхиме располагаются *коллатеральные закрытые проводящие пучки*. Склеренхима образует обкладку вокруг проводящих тканей, сильнее выраженную на внешней и внутренней сторонах пучка. Участок ситовидных трубок имеет характерный вид благодаря наличию клеток-спутников.

В стеблях большинства злаков паренхима междоузлий разрушается и образуется крупная центральная полость; тип стебля – соломина.

3 Структурная организация стебля древесных растений

У древесных голосеменных и покрытосеменных растений работа камбия, а, следовательно, и утолщение стебля может продолжаться долгие годы.

Центр древесного ствола занят древесиной, составляющей 80-90 % его объема. Первичные ткани – сердцевина и первичная ксилема – в многолетнем стволе уже практически неразличимы. На поверхности древесины находится камбиальная зона (слой камбия и недифференцированных проводящих элементов), а снаружи от него – вторичная кора. В состав вторичной коры входят вторичная флоэма (луб), остатки первичной флоэмы и первичной коры, а также перидерма, заменившая эпидермис. Позднее первичная кора становится совершенно неразличимой, а из наружных слоев вторичной коры образуется корка (рисунок 4). Структурные особенности древесного ствола обычно изучаются на срезах, проведенных через него в трех взаимно перпендикулярных направлениях – поперечном, продольном радиальном и продольном тангенциальном.

Камбий откладывает новые слои древесины и луба с определенной периодичностью, зависящей от смены времен года. Наивысшей активностью камбий обладает весной, когда растут молодые побеги и разворачиваются листья. В этот период, элементы, формируемые камбием, крупные, тонкостенные, с широкими просветами. Древесина,

образующаяся в период наибольшей активности камбия, называется ранней (весенней). Во второй половине лета, когда листья окончательно формируются, деятельность камбия постепенно замедляется, элементы, которые он откладывает, – мелкие, с утолщенными оболочками, узкими просветами. Они входят в состав поздней (летней) древесины. Зимой деятельность камбия приостанавливается. Так каждый год происходит чередование весенних и летних элементов луба и древесины, которые в совокупности образуют **слой (кольцо) прироста**, или **годовое кольцо**. Чередование годовых колец хорошо видно в древесине, в коре эти кольца выражены слабо.

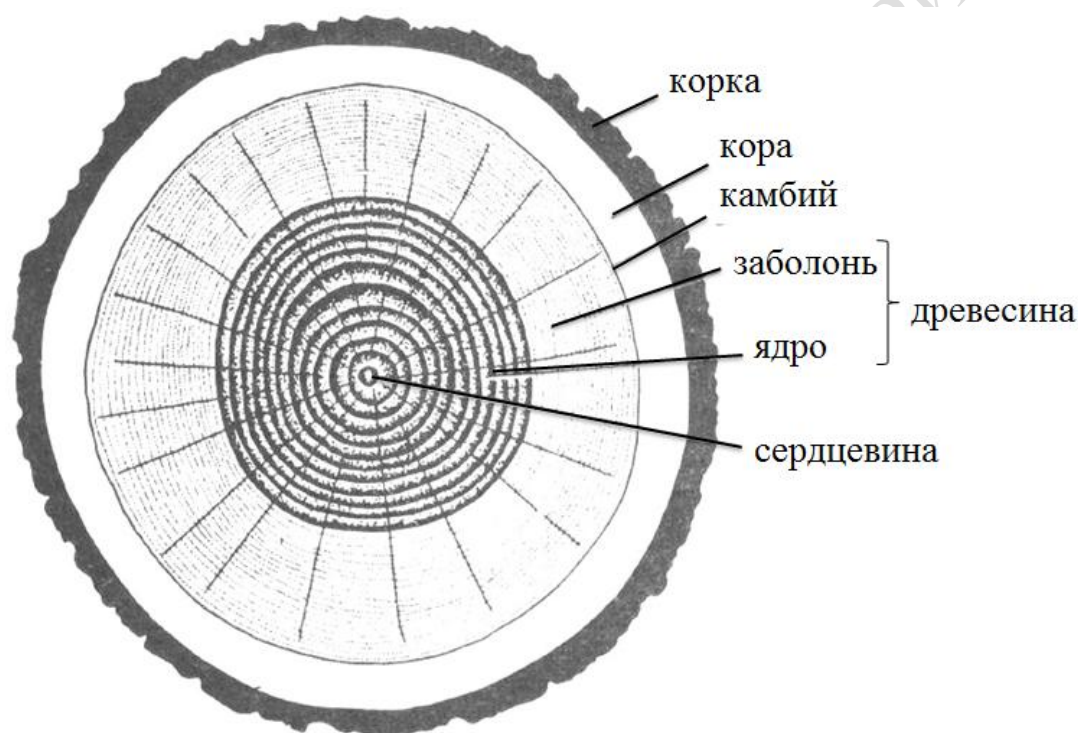


Рисунок 4 – Распил ствола дуба [4]

Ширина годовых колец зависит от многих причин. Одни виды (например, тополь) вообще образуют широкие годовичные слои, другие (кизил) – узкие. Благоприятные климатические условия обуславливают заложение крупных колец. Расположение ветвей в кроне дерева, произрастание деревьев в густом древостое или свободно и другие условия – факторы, влияющие на размеры годовичного прироста.

Древесина и луб стеблей с длительным вторичным утолщением состоят в основном из клеток, отложенных веретеновидными инициалами камбия и вытянутых вдоль органа (сосуды, трахеиды, ситовидные трубки, волокна). Наибольшим числом живых клеток обладают

молодые слои луба и древесины, именно по этим слоям идет активный транспорт веществ. С возрастом живые элементы отмирают – луб обычно через год, древесина – медленнее.

Таким образом, в стволе древесного растения одновременно идут два процесса: отмирают и выключаются из массового транспорта стареющие проводящие элементы, а в проведение веществ включаются новые образующиеся ткани. Эти процессы протекают согласованно и обеспечиваются деятельностью тонкого камбиального слоя.

Большая часть ствола состоит из отмерших клеток, не участвующих в транспорте веществ, но имеющих огромное значение как опорный скелет, поддерживающий крону. Мертвые ткани коры защищают внутренние живые ткани.

Рассмотрим *строение стебля голосеменных растений* на примере хвойных. В ствольной части кора состоит из живой вторичной флоэмы и комплекса мертвых тканей – корки. Уже у однолетних стеблей в конце вегетационного периода кора включает вторичную и первичную флоэму, первичную кору и перидерму. До момента образования перидермы в коре в качестве покровной ткани имеется эпидермис, под которым у представителей некоторых родов сосновых расположены гиподерма и воздухоносная ткань. Формирование перидермы вызывает отмирание этих тканей. По мере образования повторных, более глубоко расположенных перидерм часть тканей, отсекаемых ими, отмирает и формирует ритидом (корку).

Эпидермис у сосновых однослойный. Клетки его у различных родов отличаются по форме, несколько вытянуты по оси органа, тонко или толстостенные. Кутикула развита хорошо. Устьица в эпидермисе отсутствуют.

Спустя две-три недели после начала роста побега из клеток первичной коры дифференцируется феллоген и начинается образование *перидермы*.

Гиподерма располагается как в виде сплошного, так и в виде прерывистого кольца. В молодых ветвях гиподерма содержит хлоропласты и осуществляет фотосинтез.

Первичная кора большинства хвойных содержит смолеместиллища. С возрастом некоторые клетки коровой паренхимы превращаются в склереиды (хорошо развиты у ели, пихты, сосны). В некоторых клетках паренхимы происходит отложение кристаллов оксалата кальция.

Флоэма образует кольцевой пояс между первичной корой и камбием. Первичная флоэма расположена отдельными участками (от 6 до

30 – по числу пучков при первичном строении стебля). Она состоит из ситовидных клеток и паренхимных элементов; функционирует недолго. Вторичная флоэма состоит из ситовидных клеток, тяжелой (радиальной) и лучевой (горизонтальной) паренхимы. Другие элементы (слизевые клетки, склереиды) являются видоизменением паренхимных клеток. Вся вторичная флоэма четко дифференцирована на проводящую и непроводящую зоны. Проводящая зона – это последний годичный слой, и лишь у некоторых видов она включает два годичных слоя. На стенках ситовидных клеток расположены многочисленные ситовидные поля. Важный признак ситовидных клеток хвойных – отсутствие клеток-спутниц, роль которых выполняют клетки Страсбургера, расположенные по краям флоэмных лучей и среди клеток тяжелой паренхимы.

Непроводящая флоэма у всех хвойных постепенно пополняется деформированными ситовидными трубками, потерявшими проводящие функции. В связи с этим уменьшается ширина годичного слоя флоэмы. Тяжелая паренхима несколько увеличивается в объеме в результате деления и разрастания клеток, часть из которых трансформируется в склереиды или слизевые идиобласты. Все эти процессы обуславливают формирование четких границ между годичными слоями в коре почти у всех видов хвойных.

Наиболее легко наблюдаемым возрастным изменением является формирование корки (ритидома). У многих хвойных годичные приросты корки регулярно отслаиваются. У сосен такие слои опадают чешуями (чешуйчатая корка).

В результате возрастных изменений в ствольной части кора приобретает следующие состав и топографию. Начиная от камбия расположена проводящая флоэма, которая переходит в непроводящую, граничащую с ритидомом. Ритидом состоит из участков отмершего луба и слоев последовательно образующихся перидерм.

Главным элементом *ксилемы (древесины)* голосеменных растений являются *трахеиды*. Трахеиды ранней древесины выполняют главным образом водопроводящую функцию; поздней – механическую (они более толстостенные, с узкими просветами). *Сердцевинные лучи* проходят радиально из древесины в кору. Древесинные сердцевинные лучи многорядные, гетерогенные.

В древесине хвойных имеются *смоляные каналы (ходы)*. Это относительно крупные межклеточные пространства, выстланные тонкостенными паренхимными клетками эпителия, которые секретируют в них живицу. При повреждении ствола живица вытекает, ее летучие

соединения испаряются, а оставшиеся затвердевают и закрывают рану.

Строение стебля покрытосеменных растений несколько отличается от строения стебля голосеменных.

Границу между первичной корой и осевым цилиндром у двудольных древесных растений составляет *перицикл* со своими производными. Чаще всего это перициклические волокна, расположенные кольцом или отдельными группами. У некоторых древесных пород перициклические волокна отсутствуют.

В стеблях двудольных вторичные изменения наступают очень рано. У одно-трехлетних веток еще можно наблюдать структурные элементы первичного строения – остатки эпидермиса над перидермой, колленхиму, перициклические лубяные волокна. Эти образования первичной структуры впоследствии либо сдуваются, либо входят в состав корки дерева.

По мере увеличения массы вторичной флоэмы элементы первичной флоэмы сплющиваются и с течением времени исчезают в нарастающей массе вторичной флоэмы.

Древесина, как и первичная ксилема, выполняет водопроводящую, механическую и запасную функции. Наряду с члениками сосудов, трахеидами, волокнами либриформы и клетками лучей (лучевой, или радиальной паренхимы) в состав древесины входят клетки вертикальной (древесинной) паренхимы, а также волокнистые трахеиды, перегородчатые волокна и замещающие волокна.

Древесина лиственных растений (древесных двудольных) имеет сложный гистологический состав и разнообразное строение. Сосуды и трахеиды представлены всеми их типами, но чаще встречаются точечные и сетчатые.

По расположению сосудов в годичном кольце различают кольце-сосудистую и рассеянно-сосудистую древесину. В первом случае в ранней древесине располагается основная масса крупных сосудов, в поздней – они либо мелкие, либо отсутствуют (дуб, ясень, вяз); во втором – сосуды равномерно распределены по всему кольцу прироста хотя размер их в поздней древесине несколько меньше (береза, тополь, клен). Между этими двумя типами древесины существуют различные переходные формы.

Древесинное волокно, или либриформ, характеризуется клетками небольших размеров (0,3-1,7 мм), с одревесневшими, малоупругими стенками.

К либриформу относят и древесинные волокна с живым содержи-

мым, содержащие запасные вещества – крахмал, масло, иногда откладываются гемицеллюлозы.

Паренхима древесины представлена клетками собственно древесинной паренхимы и клетками сердцевинных лучей. Паренхима располагается горизонтальными и вертикальными рядами. Первые образуют сердцевинные лучи, вторые – древесинную паренхиму. Стенки клеток древесинной паренхимы слабо утолщенные, пронизаны порами.

Серцевинные лучи бывают первичными (берут начало от сердцевины и заканчиваются в первичной коре) и вторичными (начинаются от какого-либо годичного кольца древесины и продолжаются до камбиальной зоны). Луч называется гомогенным, если он состоит из одинаковых клеток, и гетерогенным, если его клетки разные по строению; узким, если слагается из одного-двух рядов клеток, и широким, если состоит из нескольких рядов клеток.

Выделительные ткани в древесине двудольных встречаются редко. У большинства вместилищами выделений служат паренхимные клетки, содержащие кристаллы оксалата кальция.

Таким образом, главная масса древесины состоит из мертвых клеток с утолщенными оболочками, среди которых располагаются живые элементы лучевой и вертикальной паренхимы, взаимосвязанные между собой и образующие систему, по которой передвигаются органические вещества. Летом эти вещества, синтезированные в зеленых органах растения, передвигаются вниз, а затем по сердцевинным лучам в живые клетки древесины, где запасаются. Весной вещества запаса, превращаясь в растворимые сахара, с током воды поднимаются по древесине вверх к растущим частям растения.

Самые старые кольца прироста расположены в центре ствола. С возрастом затрудняется перенос воды, кислорода, питательных веществ во внутренние части древесины, они теряют водопроводящую функцию. Постепенно происходит отмирание всех живых элементов древесины. В сосудах начинается *тилообразование* – в их полость врастают ближайшие паренхимные клетки, или тилы. Часто стенки тил сильно утолщаются, а внутри них накапливаются смолы, эфирные масла, камеди, дубильные и другие вещества, которые сохраняют древесину от гниения.

В результате накопления в гистологических элементах различных веществ и их окисления древесина приобретает окраску, характерную для данной породы. Со временем число годичных колец, подвергающихся тилообразованию, возрастает, центр древесины – его наиболее

старая часть – выделяется более темной окраской. Эта часть называется *ядром*, а древесные породы, древесина которых имеет его, – *ядровыми* (дуб, ясень, вяз). Молодую древесину, лежащую под камбием, называют *заболонью*. У некоторых пород ядро и заболонь имеют одинаковую окраску.

Таким образом, в строении древесины хвойных и древесных двудольных четко прослеживается специализация, вызванная их происхождением и эволюцией.

Отсутствие сосудов в стебле голосеменных растений считается примитивным признаком и доказательством древнего происхождения этой группы растений. Вместе с тем древесина голосеменных имеет ряд особенностей, характеризующих ее высокую специализацию. Прежде всего, следует отметить дифференциацию трахеид на водопроводящие и механические элементы, сложный механизм функционирования окаймленных пор, гетерогенность лучей, смолозапасную систему. Это является доказательством особого пути эволюции хвойных независимо от покрытосеменных.

Древесина покрытосеменных растений имеет сложную и разнообразную структуру, каждый элемент древесины несет специфическую нагрузку, подчиняя ее в то же время общей водопроводящей функции. Доказано, что по стволам лиственных деревьев вода поднимается с большей скоростью, чем по стволам хвойных. Структурная эволюция древесины была, несомненно, одной из причин быстрого расцвета покрытосеменных и расселения их на обширных пространствах.

Древесина покрытосеменных высоко специализирована, обладает водопроводящими элементами-сосудами. Важным эволюционным приспособлением было сочетание в одном клеточном элементе – трахеиде – способности проводить воду и механической прочности. Древесина, в которой наряду с сосудами имеется большое число волокон либриформа, естественно, приобретает высокую механическую прочность, что позволяет растению развивать высокий ствол, несущий обширную крону.

Материалы и оборудование. Фиксированные стебли кирказона обыкновенного, кукурузы обыкновенной, подсолнечника однолетнего, льна обыкновенного. Постоянные препараты поперечных срезов стеблей кирказона, кукурузы, льна, подсолнечника, сосны и липы. Реактивы: флороглюцин и соляная кислота, йод, растворенный в йодиде калия, хлор-цинк-йод, микроскопы МБР-1, лезвие, пинцет, препаративные иглы, склянки с водой, предметные и покровные стекла, фильтровальная бумага.

Цель: познакомиться с основными типами анатомической структуры стебля однодольных и двудольных травянистых растений, голозерных и покрытосеменных древесных растений.

Работа 1 Строение стебля кирказона обыкновенного (*Aristolochia clematitis* L.)

Ход работы

1 Приготовить препарат: сделать поперечный срез стебля кирказона, обработать его флороглюцином и соляной кислотой, поместить в глицерин на предметное стекло, накрыв покровным.

2 Рассмотреть препарат простым глазом и при малом увеличении микроскопа, сравнить с изображением на рисунке 5. Отметить на рисунке части стебля: покровную ткань (эпидермис), первичную кору (она включает колленхиму, основную паренхиму и эндодерму) и центральный цилиндр (состоит из склеренхимы и паренхимы, образованных перициклом; ксилемы и флоэмы, камбия, сердцевинных лучей и сердцевины). Для кирказона характерен пучковый тип строения стебля. При большом увеличении микроскопа рассмотреть строение составляющих элементов стебля.

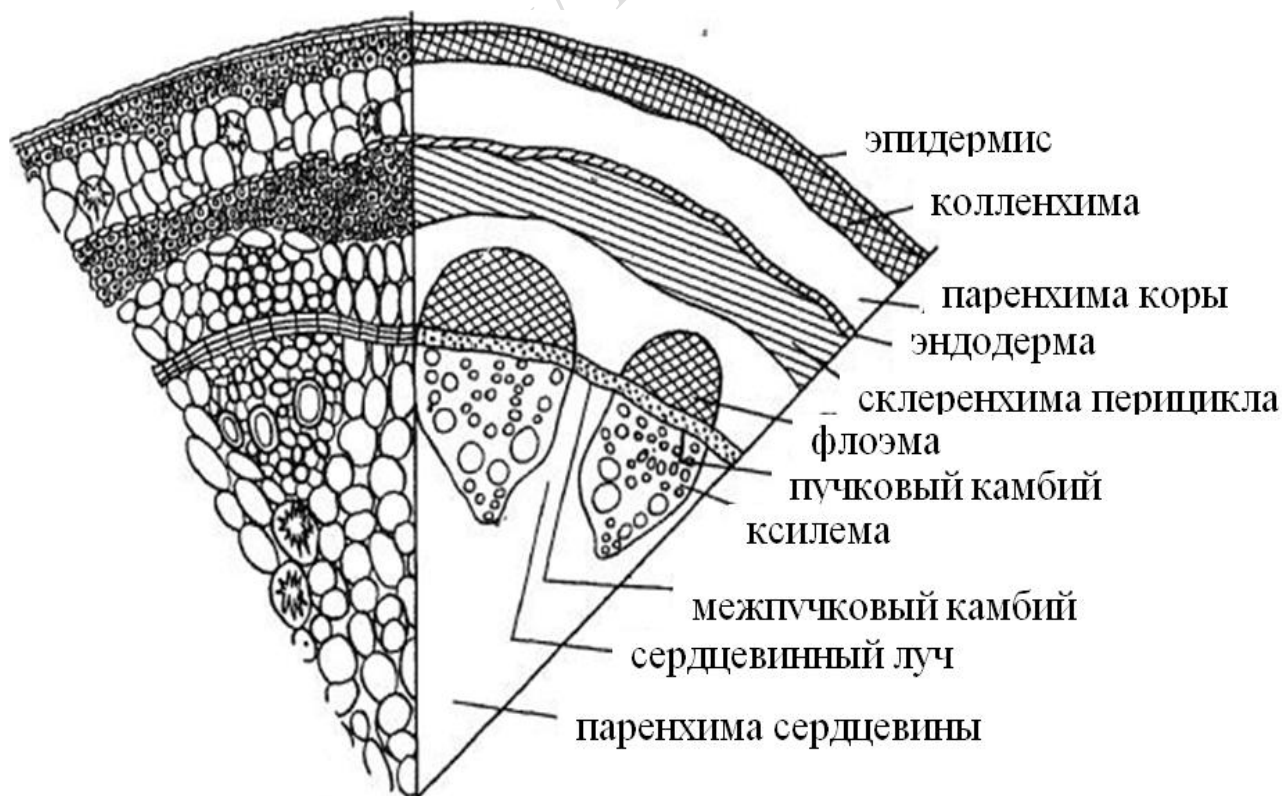


Рисунок 5 – Поперечный срез стебля кирказона [3]

Работа 2 Строение стебля подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.)

Ход работы

1 Приготовить препараты: сделать поперечные срезы стебля подсолнечника разного возраста, обработать флороглюцином с соляной кислотой, поместить в глицерин.

2 Рассмотреть полученные срезы простым глазом и при малом увеличении микроскопа, сравнить с изображениями на рисунке 6.

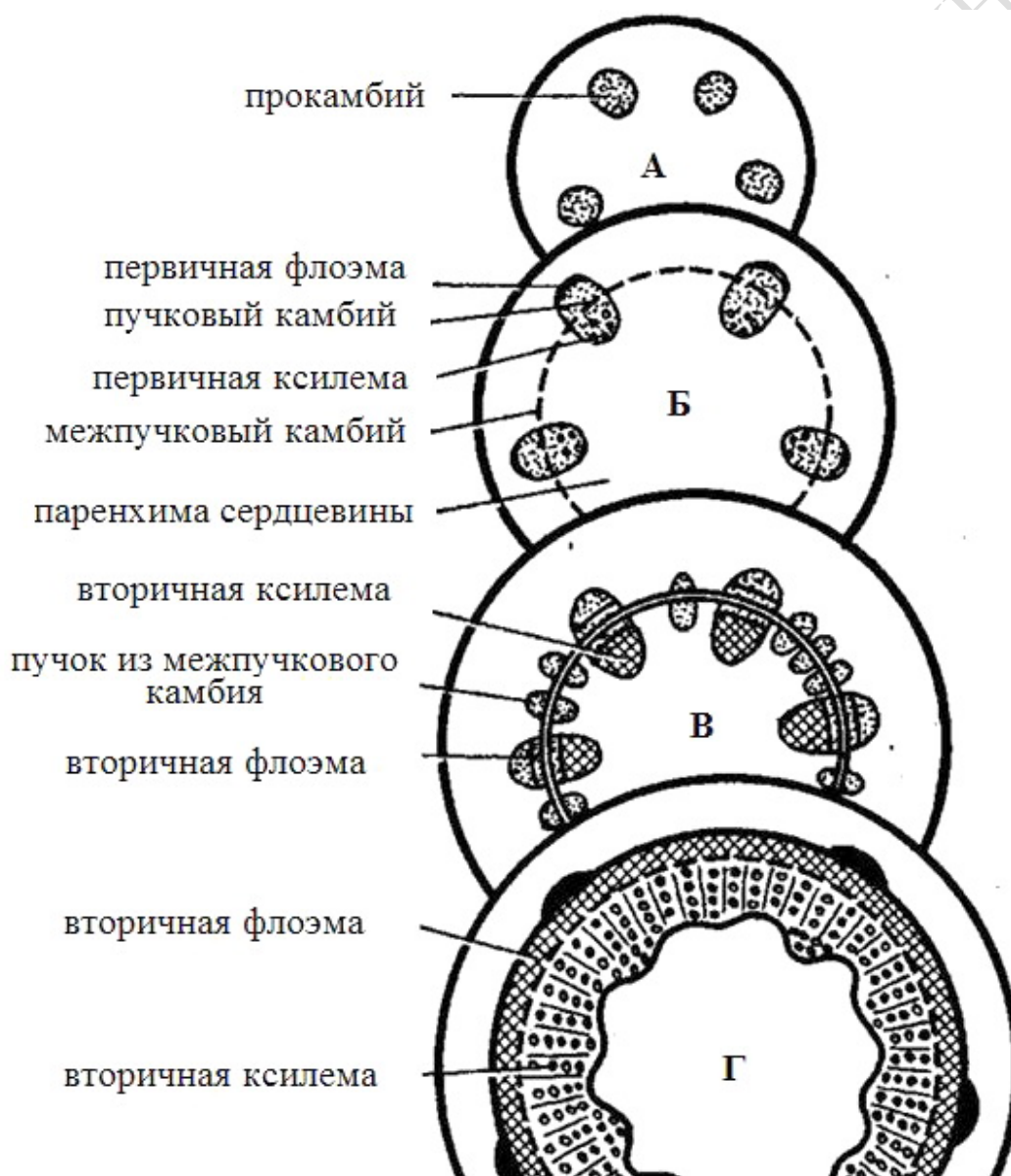


Рисунок 6 – Строение стебля подсолнечника: А – на уровне появления прокамбия, Б – на уровне появления камбия, В – на уровне перехода к непучковому строению, Г – на уровне сформированной структуры [2]

3 Зарисовать схему строения стебля и отметить основные части стебля – покровную ткань, первичную кору, центральный цилиндр и их составляющие. Обратить внимание на изменение центрального цилиндра на срезах: различную степень развития проводящих тканей в пучках; в старых стеблях появление добавочных проводящих пучков за счет деятельности межпучкового камбия и постепенное слияние пучков (переходный тип строения стебля).

Работа 3 Строение стебля льна обыкновенного (*Linum usitatissimum* L.)

Ход работы

1 На постоянном препарате рассмотреть поперечный разрез стебля льна при малом и большом увеличении, сравнить с изображением на рисунке 7. Обратить внимание на то, что для льна характерен непучковый тип строения: в стебле на ранних этапах появляется сплошной слой камбия, образующий затем сплошной цилиндр ксилемы и флоэмы. Обозначить на рисунке эпидермис, хлорофиллоносную паренхиму, эндодерму, лубяные волокна, флоэму, камбий, ксилему, сердцевинные лучи, сердцевину и полость в центре стебля.

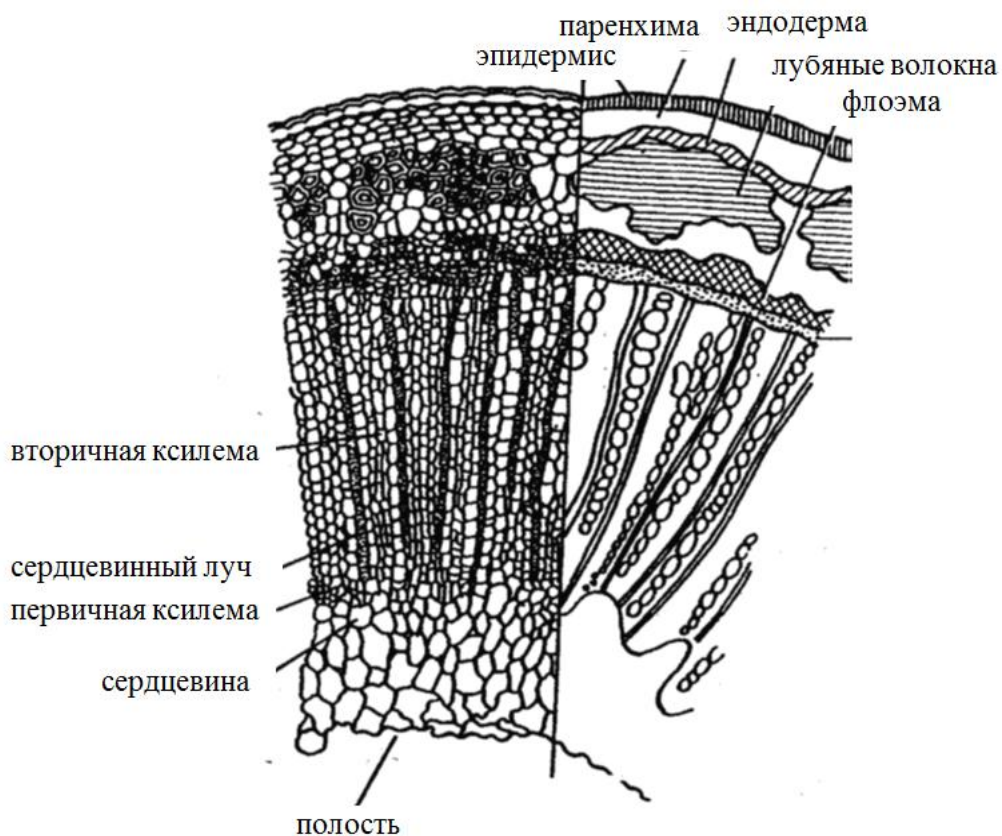


Рисунок 7 – Поперечный разрез стебля льна [2]

Работа 4 Строение стебля кукурузы обыкновенной (*Zea mays* L.)

Ход работы

1 Изготовить препарат тонкого поперечного среза стебля кукурузы, обработать флороглюцином с соляной кислотой, поместить в глицерин.

2 Рассмотреть срез простым глазом и при малом увеличении микроскопа, сравнить с изображением на рисунке 8 и нарисовать схему строения стебля. Отметить на рисунке эпидермис, кольцо механической ткани (перицикл), проводящие пучки, основную паренхиму. При большом увеличении рассмотреть и назвать основные составляющие элементы закрытого проводящего пучка кукурузы.

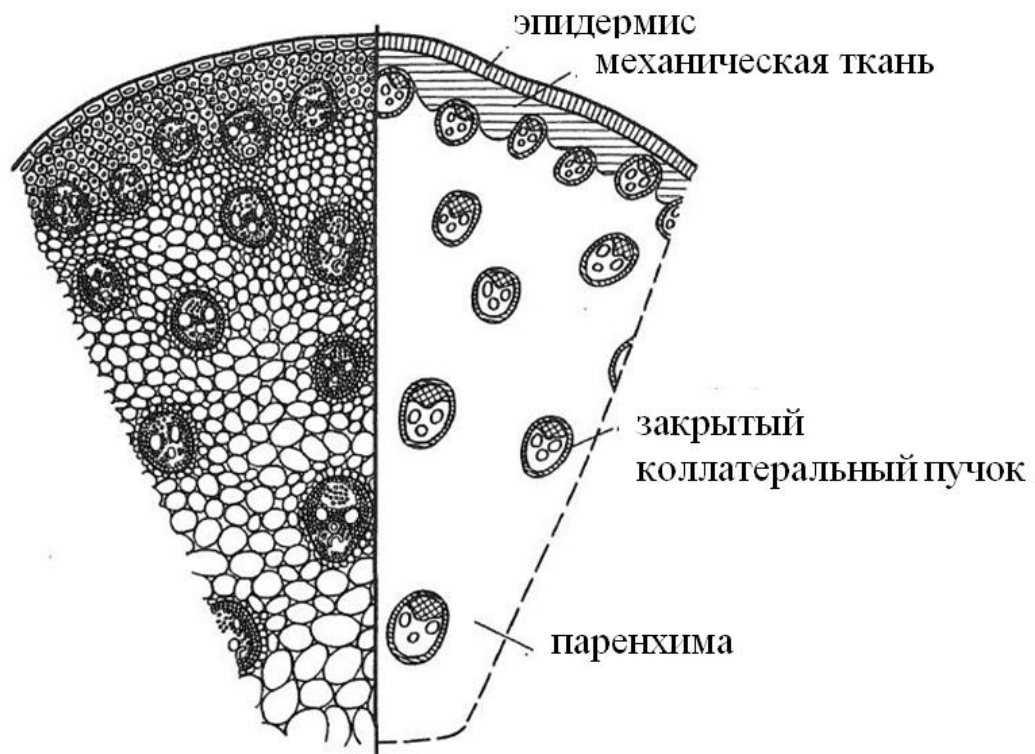


Рисунок 8 – Поперечный разрез стебля кукурузы [3]

Работа 5 Стебель хвойных древесных растений на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)

Ход работы

1 Рассмотреть срез однолетнего и многолетнего стебля сосны под микроскопом при малом и большом увеличении.

2 Зарисовать схематично детальное строение многолетнего стебля сосны, сделав при этом соответствующие обозначения (рисунок 9).

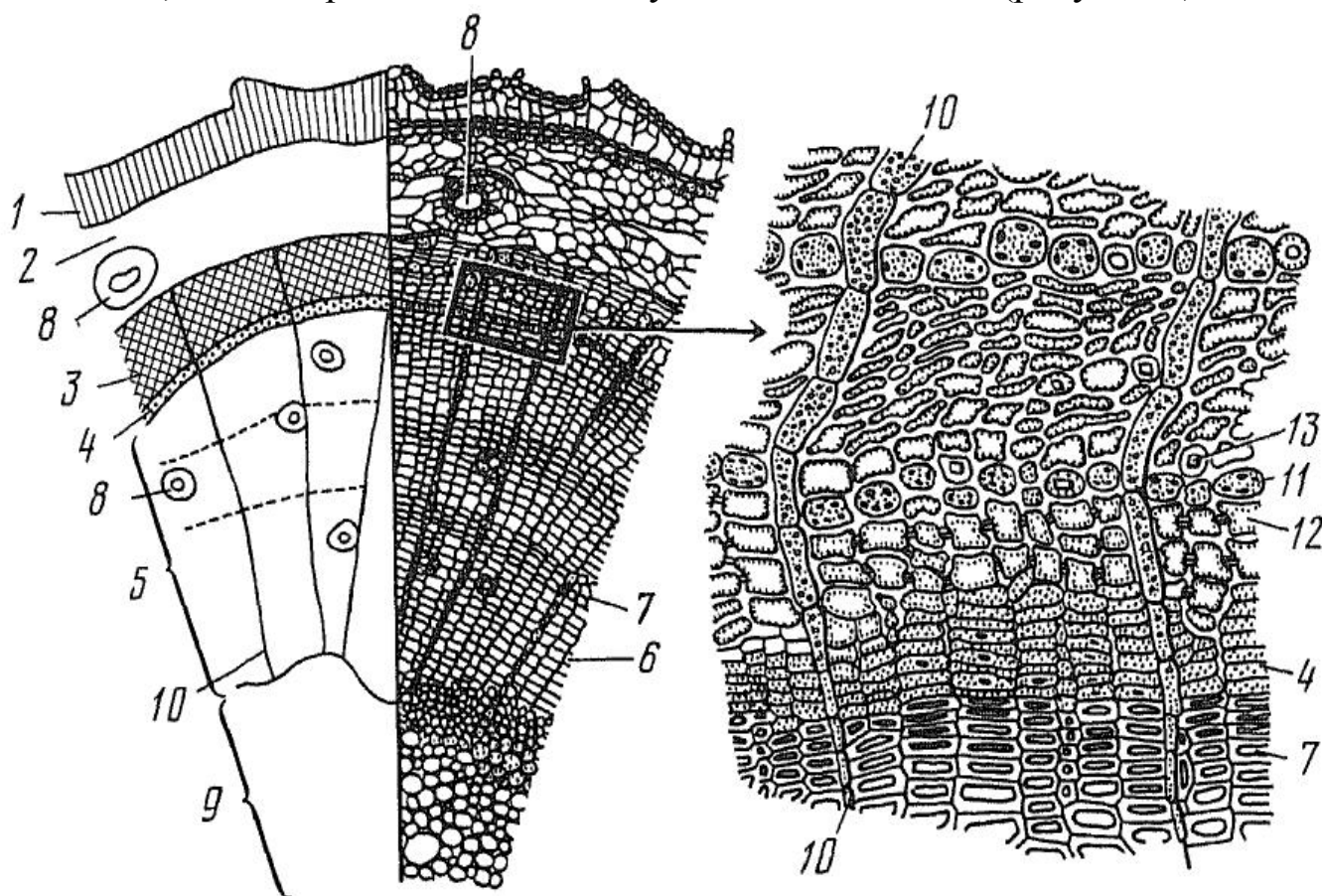


Рисунок 9 – Строение стебля сосны: 1 – пробка, 2 – паренхима первичной коры, 3 – флоэма, 4 – камбий, 5 – ксилема, 6 – весенние трахеиды, 7 – осенние трахеиды, 8 – смоляной ход, 9 – сердцевина, 10 – сердцевинный луч, 11 – лубяная паренхима, 12 – ситовидная трубка, 13 – клетка с кристаллом [2]

Работа 6 Стебель лиственных древесных растений на примере липы сердцелистной (*Tilia cordata* Mill.)

Ход работы

1 Рассмотреть постоянный окрашенный препарат поперечного среза стебля липы (обычная двухцветная окраска): одревесневшие клеточные оболочки на нем красного цвета, а цитоплазма и целлюлозные оболочки – синего. Познакомиться с общим планом внутреннего строения стебля при малом увеличении микроскопа, а затем при большом увеличении детально изучить его структуру (рисунок 10), отметить на предложенной схеме составляющие компоненты стебля.

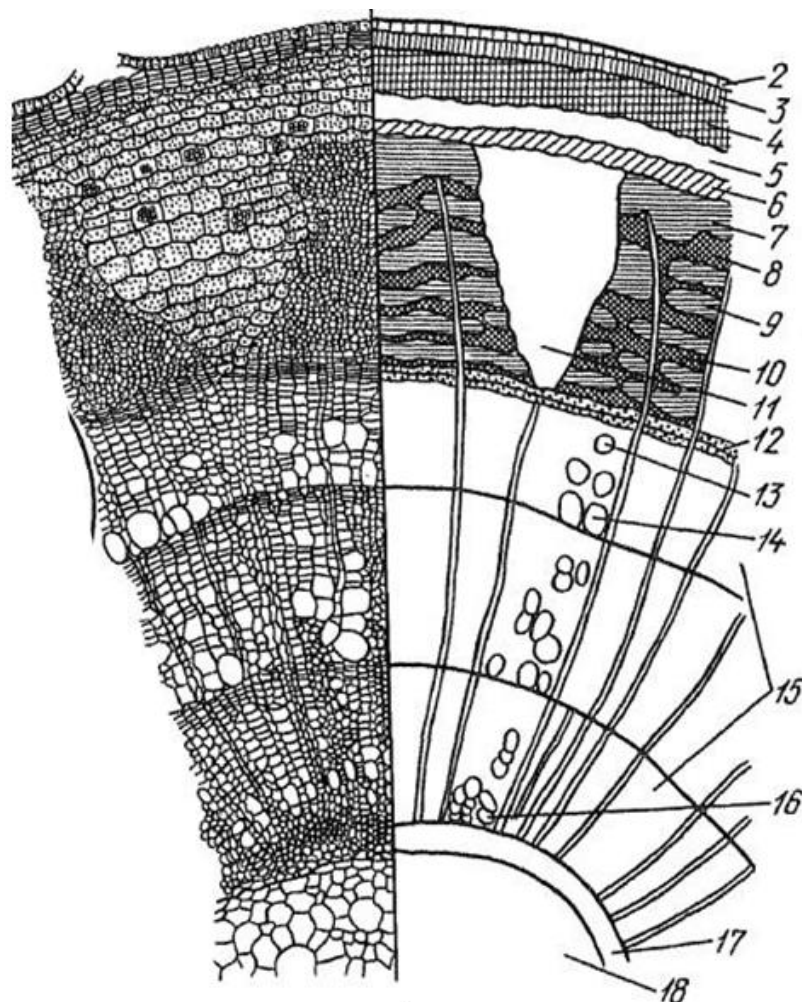


Рисунок 10 – Стебель липы сердцелистной: 2 – остатки эпидермиса, 3 – пробка, 4 – колленхима, 5 – паренхима коры, 6 – эндодерма, 7 – перициклическая зона, 8 – первичная флоэма, 9 – лубяные волокна, 10 – ситовидные трубки. 11 – сердцевинный луч, 12 – камбий, 13 – осенняя древесина, 14 – весенняя древесина, 15 – вторичная древесина, 16 – первичная древесина, 17 – перимедуллярная зона, 18 – основная перенхима [3]

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каковы общие черты анатомического строения стебля?
- 2 Как происходит формирование первичной и вторичной структуры стебля двудольных травянистых растений?
- 3 Назовите типы вторичного строения стебля, приведите примеры.
- 4 Каковы особенности анатомического строения стебля однодольных растений?
- 5 Охарактеризуйте структуру стебля древесных растений.
- 6 Каковы особенности анатомического строения стебля хвойных и

лиственных растений?

7 Опишите особенности деятельности камбия; какова зависимость ширины годичного слоя от внешних условий?

Занятие 3. Анатомическое строение листа

1 Возникновение и формирование листа

2 Анатомическая структура листа

3 Особенности структуры игольчатого листа голосеменного растения

4 Влияние экологических факторов на изменение структуры тканей листа

1 Возникновение и формирование листа

У большинства высших растений лист образовался в результате уплощения и срастания систем конечных боковых осей вегетативного тела первичных наземных растений.

Внутрипочечная фаза развития листа начинается с заложения листа в виде бокового выступа побега – *листового бугорка*, из которого в дальнейшем развивается *зачаток (примордий) листа*. Первое время зачаток листа увеличивается в длину за счет роста верхушки и в ширину за счет краевого роста. При этом вследствие более активного роста со спинной стороны он изгибается по направлению к апексу побега. Однако у семенных растений апикальный рост быстро прекращается.

С момента разворачивания почки начинается **внепочечная фаза** развития листа, которая сопровождается у двудольных поверхностным ростом за счет многократного деления всех клеток зачатка листа и увеличения их размеров.

После прекращения роста всей поверхности происходит дифференциация клеток меристемы в постоянные ткани. Остается лишь интеркалярная меристема в основании листа. Она обеспечивает рост листа основанием еще некоторое время.

2 Анатомическая структура листа

Микроскопическая структура листа определяется его важнейшей функцией – фотосинтезом. Поэтому основной тканью листа является

паренхимный комплекс клеток, несущий хлоропласты – мезофилл. Механические ткани совместно с живыми тургесцентными клетками мезофилла и эпидермиса образуют опорную систему листа.

Эпидермис покрывает лист с обеих сторон. Защитную функцию эпидермиса заметно усиливают кутикулярный слой и трихомы. Кутикула, восковой налет лучше развиваются на верхней стороне листа, которая больше освещается и сильнее нагревается.

У большинства листьев эпидермис однослойный, реже – многослойный. В нижнем эпидермисе больше устьиц, в верхнем их меньше или нет совсем. Устьица могут встречаться на обеих сторонах листа или только на одной его стороне.

В клетках эпидермиса хлоропласты обычно отсутствуют. Исключение составляют некоторые суккуленты, эфемеры с тонкой листовой пластинкой.

У некоторых растений под эпидермисом образуется слой клеток, усиливающих прочность листа, защищают от излишнего испарения. Этот слой называется гиподермой или подкожицей.

Мезофилл (хлоренхима) листа состоит из клеток основной паренхимы, расположенными между верхним и нижним эпидермисом (исключая механические ткани и проводящие пучки). Клетки мезофилла живые, с тонкими оболочками, округлой или слегка вытянутой формы, реже с небольшими выростами; содержит многочисленные хлоропласты.

У типичных листьев мезофилл неоднороден и дифференцирован на *столбчатую (палисадную)* и *губчатую* паренхиму.

Клетки столбчатой паренхимы плотно сомкнуты, имеют продолговатую форму и располагаются перпендикулярно к верхней стороне листа. Столбчатый мезофилл может быть одно- или двуслойным, редко (у светолюбивых растений) многослойный. Его клетки содержат примерно 75% хлоропластов листа, которые размещаются вдоль оболочек и увеличивают активную поверхность поглощения света.

Губчатую паренхиму составляют относительно округлые клетки с большими межклетниками, которые занимают больший объем, чем сами клетки. Рыхлая структура мезофилла обуславливает большую общую площадь поверхности клеток, обращенной к межклетникам. Благодаря устьицам через крупные межклетники губчатого мезофилла идет газообмен.

Клетки губчатого мезофилла, граничащие с палисадной тканью, часто имеют обратноконусовидную форму и прилегают к столбчатой

паренхиме широкой стороной. Это собирающие клетки, через которые вещества передаются в палисадную ткань и обратно.

Листья, у которых двусторонность нарушена, обладают однородным мезофиллом (ирисовые, осоковые, лилейные, некоторые злаки).

Мезофилл листа густо пронизан многочисленными **проводящими пучками**, или **жилками**, непосредственно связанными с проводящей системой стебля.

Проводящие пучки листьев закрытые, коллатеральные; ксилема повернута к морфологически верхней, а флоэма – к нижней стороне.

Проводящие ткани жилок не соприкасаются непосредственно с межклетниками мезофилла, они окружены паренхимой, содержащей мало хлоропластов.

Главной арматурой листа являются **склеренхимные волокна**, отдельные **склереиды** и тяжи **колленхимы**. Механические ткани противостоят растяжению, а клетки мезофилла (заполнитель конструкции) – раздавливанию.

Волокна чаще входят в состав крупных проводящих пучков, располагаясь или сверху и снизу, или вокруг пучка. Колленхима часто присутствует в крупных жилках или по краю листа под эпидермисом, предохраняя его от разрыва. Иногда она формируется напротив жилок первого и второго порядков. В листьях с сочным многослойным мезофиллом, как у кувшинки, кубышки, чая, камелии, встречаются одиночные ветвистые склереиды – опорные клетки.

3 Особенности структуры игольчатого листа голосеменного растения

Своеобразное строение имеют листья хвойных растений (хвоя). У хвои сосны защитный покров состоит из двух слоев: эпидермы и гиподермы. *Эпидерма* покрыта толстым слоем кутикулы. Клетки ее в сечении почти квадратной формы, с толстыми стенками. В углублениях на уровне гиподермы на обеих сторонах листа расположены *устычные аппараты*, под которыми имеется большая воздушная полость. У старых листьев стенки клеток эпидермы одревесневают. *Гиподерма* состоит из одного, а в углах – из двух-трех рядов клеток с менее утолщенными одревесневающими стенками. Она выполняет также водозапасающую и механическую функции. Под гиподермой находится *мезофилл*, состоящий из клеток, стенки которых образуют складки, заходящие в полость клетки (складчатая паренхима). Это

значительно увеличивает площадь прилегающего к стенке слоя цитоплазмы с хлоропластами, а, следовательно, и фотосинтезирующую поверхность. Складчатую паренхиму пронизывают *смоляные ходы*.

В центральной части, отделенной от складчатой паренхимы *эндодермой*, расположены *два проводящих пучка коллатерального типа*. Ксилемная часть обращена к плоской стороне хвои, флоэмная – к выпуклой.

Между проводящими пучками расположена *склеренхима*. Остальное пространство центральной части занято *трансфузионной тканью*, которая обеспечивает связь пучков с мезофиллом.

4 Влияние экологических факторов на изменение структуры тканей листа

Главные факторы внешней среды, на которые растение отзывается структурными изменениями, – это свет и вода. В зависимости от условий освещения и водоснабжения в разной степени развиваются эпидермис, кутикула, палисадная ткань, варьирует количество механической ткани, степень одревеснения клеточных оболочек, плотность сетки проводящих пучков, количество устьиц и другие признаки.

У многих видов листья, выросшие при высокой освещенности – *световые листья*, мельче и толще *теневого*, сформировавшихся при меньшем количестве света. Увеличение толщины световых листьев связано главным образом с усиленным развитием столбчатой паренхимы. Проводящая система в них более протяженная, стенки клеток эпидермиса толще. Теневые листья не приспособлены к яркому свету и фотосинтезируют в таких условиях гораздо слабее световых.

Своеобразная среда обитания накладывает заметный отпечаток на строение *листьев водных растений*. Эти листья очень тонкие, что связано с недостатком света в водной среде. Иногда подводные листья состоят всего из 2-3 слоев клеток, как, например, листья элодеи, рдеста и др. В подводных листьях не развивается палисадная ткань, что также связано с недостатком света. Хлоропласты имеются в поверхностном слое листа. Эпидермис не развит или развит слабо – покровные ткани в условиях водоема теряют биологическое значение. Механические ткани отсутствуют. Проводящие пучки очень примитивны и немногочисленны. Иногда проводящий пучок есть только в центре листа.

Плавающие листья водных растений имеют хорошо развитый эпидермис с кутикулой и большим количеством устьиц на верхней стороне листа. Под верхним эпидермисом находится многослойная палисадная ткань. У листьев некоторых растений, например кувшинки, большое количество каменных клеток.

Материалы и оборудование: постоянные микропрепараты листа камелии, сосны обыкновенной, кувшинки чистобелой, сирени обыкновенной; фиксированные листья кукурузы; микроскопы, пинцеты, лезвия, препарировальные иглы, предметные и покровные стекла, чашечки с водой и пипеткой, фильтровальная бумага.

Цель: изучить анатомическую структуру типичного листа растения, произрастающего в нормальных условиях, а также особенности структуры листьев растений, произрастающих в разных условиях.

Работа 1 Строение листа двудольных растений (на примере камелии (*Camellia japonica* L.))

Ход работы

1 На готовом препарате при малом увеличении микроскопа определить характер расположения тканей листа, при большом – изучить особенности их строения (рисунок 11).

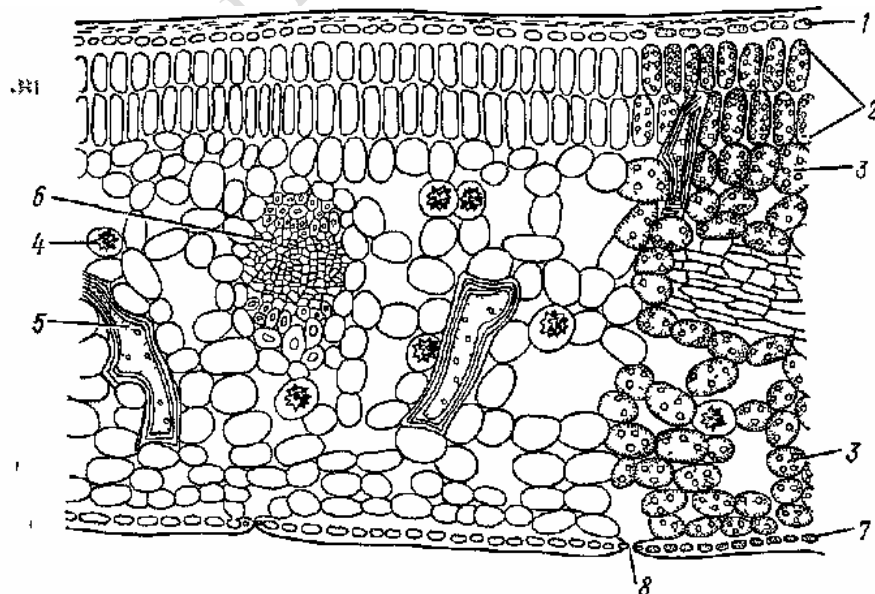


Рисунок 11 – Поперечный разрез листа камелии: 1 – верхний эпидермис; 2 – столбчатый мезофилл; 3 – губчатый мезофилл; 4 – клетка с друзой; 5 – склереида; 6 – проводящий пучок; 7 – нижний эпидермис; 8 – устьичный аппарат [3]

2 Зарисовать схематично лист, детально – по несколько клеток каждой ткани. Обратить внимание на расположение устьиц, склеренхимных волокон, тканей в сосудисто-волокнистом пучке, на смыкание клеток и величину межклетников в слоях мезофилла. Сделать соответствующие обозначения.

Работа 2 Строение листа злаков (на примере кукурузы)

Ход работы

1 Рассмотреть препарат поперечного среза листа при малом и большом увеличении микроскопа (рисунок 12).

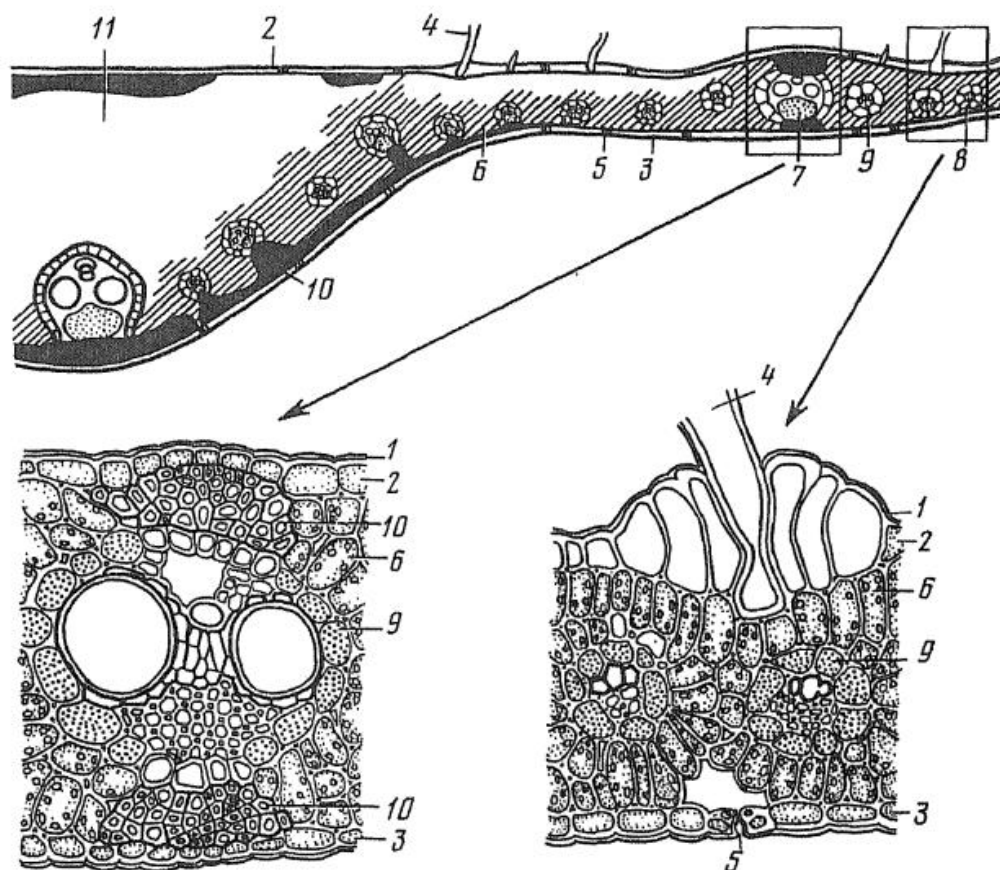


Рисунок 12 – Поперечный разрез листа кукурузы: 1 – кутикула, 2 – верхний эпидермис, 3 – нижний эпидермис, 4 – волоски, 5 – устьице, 6 – мезофилл, 7, 8 – проводящие пучки, 9 – обкладка, 10 – склеренхима, 11 – бесцветная паренхима [3]

2 Зарисовать участок поперечного среза листа, обратив внимание на форму клеток эпидермиса, строение мезофилла, расположение устьиц и степень развития проводящих элементов. Сделать соответствующие обозначения на рисунке.

Работа 3 Лист кувшинки чистобелой (*Nymphaea candida* Presl.)

Ход работы

1 Рассмотреть препарат поперечного среза листа при малом и большом увеличении микроскопа (рисунок 13).

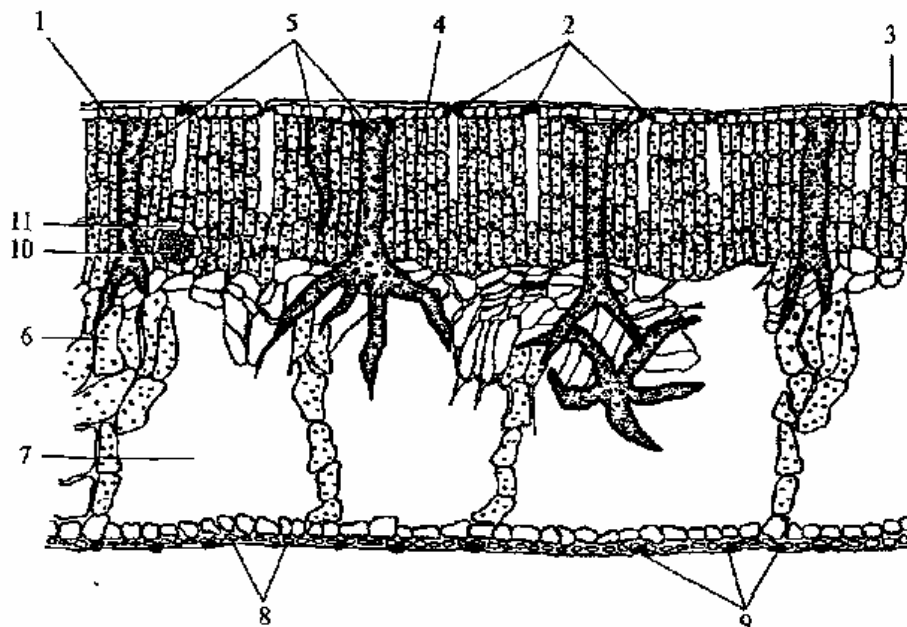


Рисунок 13 – Поперечный срез листа кувшинки: 1 – верхний эпидермис; 2 – устьица; 3 – кутикула; 4 – столбчатый мезофилл; 5 – идиобласты; 6 – губчатый мезофилл; 7 – воздухоносная полость; 8 – нижний эпидермис; 9 – пробковые клетки; 10 – проводящий пучок; 11 – обкладка проводящего пучка [2]

2 Обратить внимание на форму клеток эпидермиса, столбчатого и губчатого мезофилла, большие воздухоносные полости, идиобласты, на расположение устьиц и степень развития проводящих элементов. Сделать соответствующие обозначения на рисунке.

Работа 4 Листья хвойных растений (на примере хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.))

Ход работы

1 Для листьев хвойных характерна ксероморфная структура, что обусловлено прежде всего резкими колебаниями температур в течение года и недостаточным поступлением в растение воды в зимнее

время. Лист у хвойных отличается особой формой – игловидной, благодаря чему у них уменьшается площадь испаряющей поверхности. Рассмотреть срез хвоинки (постоянный препарат) при малом и большом увеличении микроскопа (рисунок 14).

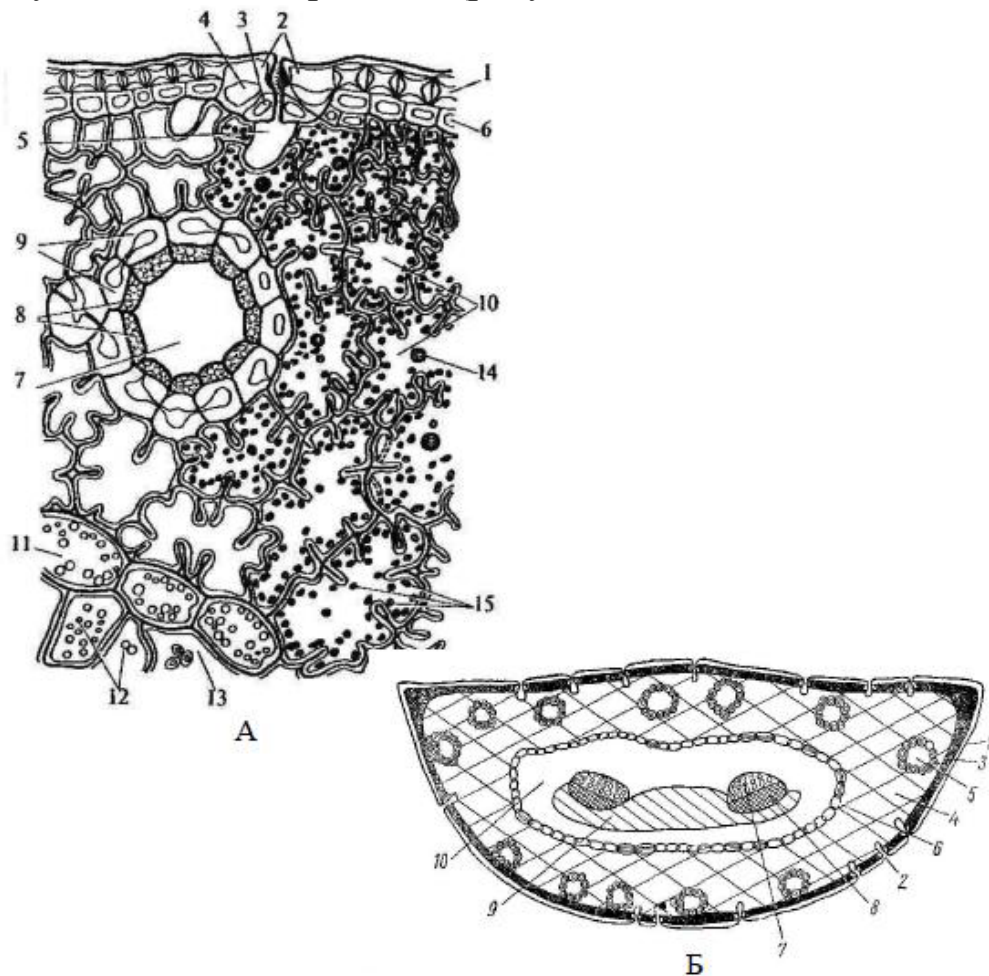


Рисунок 14 – Лист сосны в поперечном разрезе: А – детальное строение: 1 – эпидермис; 2 – устьица; 3 – замыкающая клетка; 4 – околоустьищная клетка; 5 – подустьищная полость; 6 – гиподерма; 7 – смоляной ход; 8 – клетки эпителия; 9 – склеренхима; 10 – складчатый мезофилл; 11 – эндодерма; 12 – клетки трансфузионной паренхимы; 13 – трахеиды; 14 – ядро; 15 – хлоропласты; Б – схематичное: 1 – эпидермис; 2 – устьичный аппарат; 3 – гиподерма; 4 – складчатая паренхима; 5 – смоляной ход; 6 – эндодерма; 7 – ксилема; 8 – флоэма; 9 – склеренхима; 10 – трансфузионная паренхима [2]

2 При малом увеличении микроскопа рассмотреть и зарисовать схематично строение листа, обратив внимание на форму хвои в поперечном сечении, на расположение устьиц, смоляных ходов, проводящих пучков, на степень развития и взаиморасположения гиподермы,

складчатого мезофилла, трансфузионной ткани.

Работа 5* Световые и теневые листья

Ход работы

От степени освещенности листа зависят его внутреннее строение и интенсивность функций. В связи с этим и различают листья световые и теневые.

1 Рассмотреть рисунок 15 и сравнить строение теневого и светового листьев. Выполнить соответствующие обозначения на рисунке.

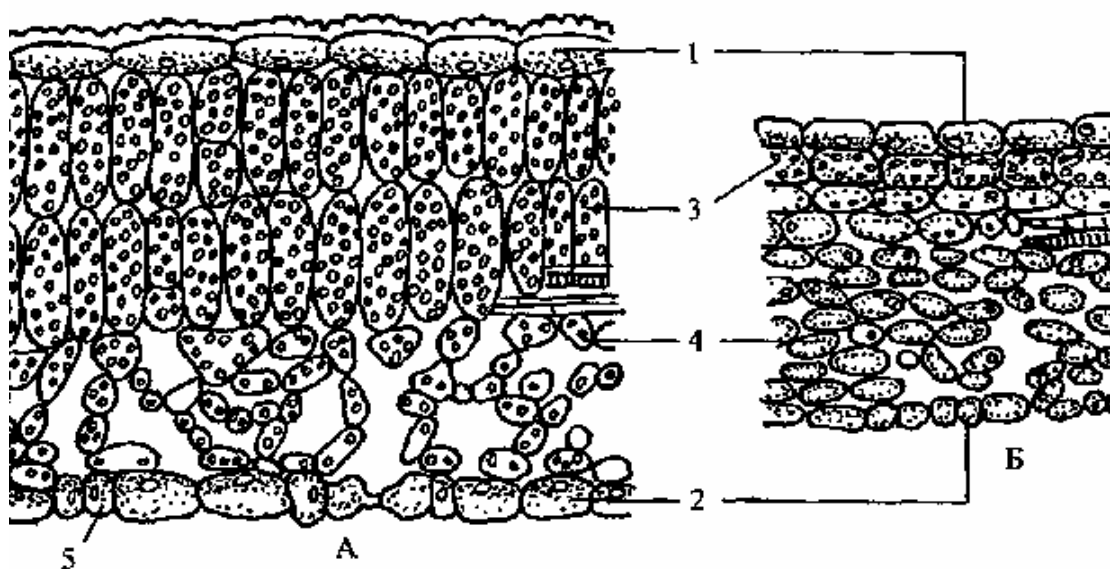


Рисунок 15 – Световой (А) и теневой (Б) листья сирени: 1, 2 – верхний и нижний эпидермис; 3, 4 – столбчатый и губчатый мезофилл; 5 – устьица [2]

Вопросы для самоконтроля

- 1 Как происходит формирование листа?
- 2 Охарактеризуйте структуру листа, связав его строение с выполняемыми функциями.
- 3 Как по анатомической структуре определить нижнюю сторону листа?
- 4 Каковы отличия в строении листьев одно- и двудольных растений?
- 5 Назовите особенности строения листа хвойных растений.
- 6 Как экологические условия влияют на строение листа?

Литература

1. Яковлев, Г. П. Ботаника: учеб. для фармац. институтов и фармац. фак мед. вузов./ Г. П. Яковлев, В. А. Челомбитько; под ред. И. В. Грушвицкого. – М.: Высш. шк., 1990. – 367 с.
2. Бавтуто, Г. А. Практикум по анатомии и морфологии растений: учеб. пособие / Г. А. Бавтуто, Л. М. Ерей. – Мн. : Новое знание, 2002. – С. 349 – 390.
3. Хржановский, В. Г. Ботаника / В. Г. Хржановский, С. Ф. Пономаренко. – М.: Колос, 1988. – 383 с.
4. Власова, Н. П. Практикум по лесным травам: учеб. пособие / Н. П. Власова. М.: Агропромиздат, 1986. – 108 с.
5. Бавтуто, Г. А. Ботаника. Морфология и анатомия растений / Г. А. Бавтуто, М. В. Ерёмин. – Минск: Вышэйшая школа, 1997. – 375 с.
6. Андреева, И. И. Ботаника: учеб. пособие / И. И. Андреева, Л. С. Родман. – М.: КолосС, 2002. – 488 с.
7. Лотова, Л. И. Морфология и анатомия высших растений: учеб. пособие / Л. И. Лотова, под ред. А. П. Меликяна. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 528 с.
8. Лісаў, М. Дз. Батаніка з асновамі экалогіі: вучэб. дапаможнік / М. Дз. Лісаў. – Мінск: Вышэйшая школа, 1998. – 338 с.
9. Сауткина Т. А., Морфология растений: учеб. пособие / Т. А. Сауткина, В. Д. Поликсенова. – Минск: БГУ, 2012. – 311 с.
10. Батаніка: вучэбна-метадычны дапаможнік для студэнтаў спец. 1-75 01 01 «Лясная гаспадарка» і 1-75 01 02 «Садовапаркавае будаўніцтва» / склад. Л. С. Пашкевіч, Дз. В. Шыман. – Мінск: БДТУ, 2006. – 132 с.
11. Анатаічная будова органаў раслін: метадычныя ўказанні да лабараторных заняткаў па дысцыпліне “Батаніка” / склад. Л. С. Пашкевіч, Г. Я. Клімчык. – Мінск: БДТУ, 1994.
12. Анатомия и морфология растений: практ. пособие для студентов спец. 1 – 31 01 01-02 «Биология (научн.-пед. деят.)» / Н. М. Дайнеко [и др.]. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2007. – 143 с.

Производственно-практическое издание

Бачура Юлия Михайловна
Дайнеко Николай Михайлович

БОТАНИКА. АНАТОМИЯ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОГРАНОВ РАСТЕНИЙ

Практическое руководство

для студентов специальности 1-75 01 01
«Лесное хозяйство»

Редактор *В. И. Шкредова*
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 5.01.2014. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл.печ.л. 2,8.
Уч.-изд.л. 3,05. Тираж 50 экз. Заказ 2.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждения образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

ЛИ №02330/0549481 от 14.05.2009.
ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель