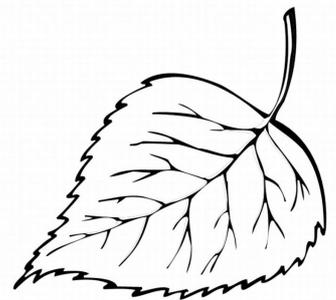


**Методические рекомендации
для выполнения лабораторных занятий
по ботанике (раздел анатомия вегетативных органов)**



СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. Микроскопическое строение корней	3
Работа 1.1 Зоны корня	3
Работа 1.2 Первичное строение корня	5
Работа 1.3 Вторичное строение корня	6
Работа 1.4 Анатомическая структура запасующих корней	8
Тема 2. Микроскопическое строение стебля травянистых семенных растений	12
Работа 2.1 Анатомическое строение стебля однодольных растений	13
Работа 2.2 Анатомическое строение стебля двудольных травянистых растений	15
Тема 3. Микроскопическое строение стебля древесных растений	19
Работа 3.1 Анатомическое строение многолетнего стебля голо-семенных растений	20
Работа 3.2 Анатомическое строение многолетнего стебля древесных покрытосеменных растений	22
Тема 4. Микроскопическое строение стеблей споровых растений	26
Работа 4.1 Анатомическое строение стебля плауновидных	27
Работа 4.2 Анатомическое строение стебля хвощевидных	30
Работа 4.3 Анатомическое строение стебля папоротниковидных	31
Тема 5. Микроскопическое строение листа	34
Работа 5.1 Анатомическое строение листа двудольных и однодольных растений	35
Работа 5.2 Анатомическое строение листа голосеменных растений	38
Работа 5.3 Анатомическое строение листа ксерофитов	39

Тема 1. Микроскопическое строение корней

Материалы и оборудование. Свежие препараты молодых корешков пшеницы, корнеплодов моркови, редиса и свеклы, постоянные микропрепараты корня ириса германского, тыквы обыкновенной, липы мелколистной, свеклы; биологические микроскопы, предметные и покровные стекла, чашки Петри, препаровальные иглы, лезвия, дистиллированная вода, таблицы.

Общие пояснения

Корень – осевой вегетативный орган растения, обладающий длительным неограниченным ростом, положительным геотропизмом, радиальным расположением тканей и способностью к ветвлению. Корневые системы выполняют функцию закрепления в почве, поглощения, накопления и проведения веществ.

На продольном срезе в структуре молодого корня выделяют четыре четко выраженные зоны:

1. *зона деления* – представлена апикальной меристемой. Снаружи зона деления прикрыта *корневым чехликом*.

2. *зона роста или растяжения* – представлена клетками, сильно увеличенными в продольной оси, но клеточные деления здесь отсутствуют.

3. *зона поглощения или всасывания* – клетки резко прекращают свой рост и формируют многочисленные *корневые волоски*.

4. *зона проведения* – зона, где своего максимального развития достигают проводящие ткани.

На поперечном срезе корня в первичной стадии его роста выявляется четкое деление на три системы тканей: покровные (ризодерма), основные (первичная кора) и проводящие (центральный цилиндр или стела), расположенные радиально.

У однодольных растений корни имеют лишь первичную структуру, а у двудольных и голосеменных растений способны к вторичному утолщению за счет действия вторичных латеральных меристем – камбия и феллогена.

Вторичные изменения в анатомической структуре корня происходят в центральном цилиндре и заключаются в образовании камбиального кольца, замене радиального проводящего пучка на коллатеральный, образовании перидермы и сбрасывании первичной коры корня.

Работа 1.1 Зоны корня

Задания:

1. Приготовить временный препарат продольного среза молодого корешка проростка пшеницы (*Triticum aestivum*) и изучить структурное расположение тканей.

2. Схематично зарисовать продольный срез корня пшеницы, обозначить зоны корня, апикальную меристему, гистогены корня, корневые волоски, стелу и первичную кору.

Ход работы:

Приготовить временный препарат молодого корня. Для этого сделать продольный срез корня проростка пшеницы, перенести его на предметное стекло в каплю воды, накрыть покровным стеклом.

▪ При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать общий план топографического размещения зон корня на продольном срезе (Рисунок 1.1).

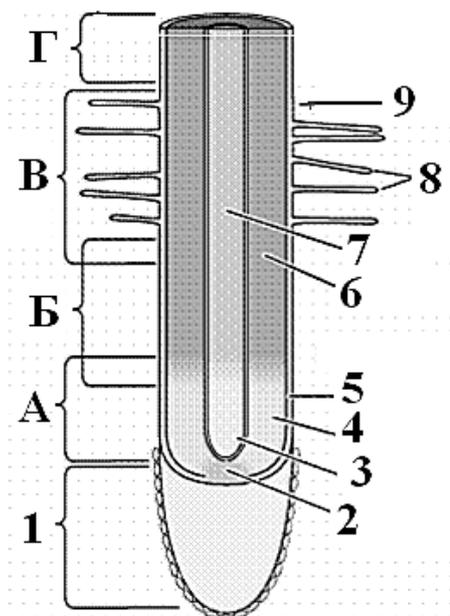


Рисунок 1.1 Топографические зоны корня проростка пшеницы:

А – зона деления; Б – зона роста (растяжения); В – зона всасывания; Г – зона проведения

- 1 – корневой чехлик;
- 2 – апикальная меристема;
- 3 – прокамбий;
- 4 – основная меристема;
- 5 – протодерма;
- 6 – первичная кора;
- 7 – стела (центральный цилиндр);
- 8 – корневой волосок;
- 9 – ризодерма.

▪ Снаружи кончика корня располагаются клетки неправильной формы с округлым ядром, отслаивающиеся по периферии. Это клетки корневого чехлика.

▪ Под корневым чехликом располагается зона деления, представленная апикальной меристемой. На самой верхушке корня располагаются несколько инициальных клеток, затем 1-2 слоя протомеристемы, далее следуют четко различимые гистогены корня – протодерма, прокамбий и основная меристема. Протяженность зоны деления составляет несколько мм.

▪ За зоной деления следует зона роста. Клетки вытянуты вдоль продольной оси, содержат крупные вакуоли.

▪ Выше располагается зона всасывания, которую легко узнать по наличию в ризодерме выростов – корневых волосков. Корневые волоски функционируют 10-20 дней. Ядро перемещается в кончик корневого волоска.

▪ Далее расположена зона проведения, которая тянется вплоть до корневой шейки. Ризодерма в этой зоне сдушивается и покровной тканью становится экзодерма. На этом участке можно увидеть первые боковые корни.

Работа 1.2 Первичное строение корня

Задания:

1. Изучить первичное строение корня ириса германского (*Iris germanica*) на постоянном препарате.

2. Зарисовать участок поперечного среза корня первичного строения в зоне всасывания. Обозначить на рисунке ризодерму с корневыми волосками; первичную кору и ее слои – экзо-, мезо- и эндодерму с поясками Каспари и пропускными клетками; центральный цилиндр, перицикл, островки флоэмы, лучи ксилемы и склеренхиму.

Ход работы:

Для работы использовать постоянный препарат поперечного среза корня ириса германского.

▪ При малом увеличении изучить первичное строение корня ириса. Зарисовать сектор поперечного сечения, нанести основные системы тканей – ризодерму с корневыми волосками, первичную кору и центральный цилиндр (Рисунок 1.2).

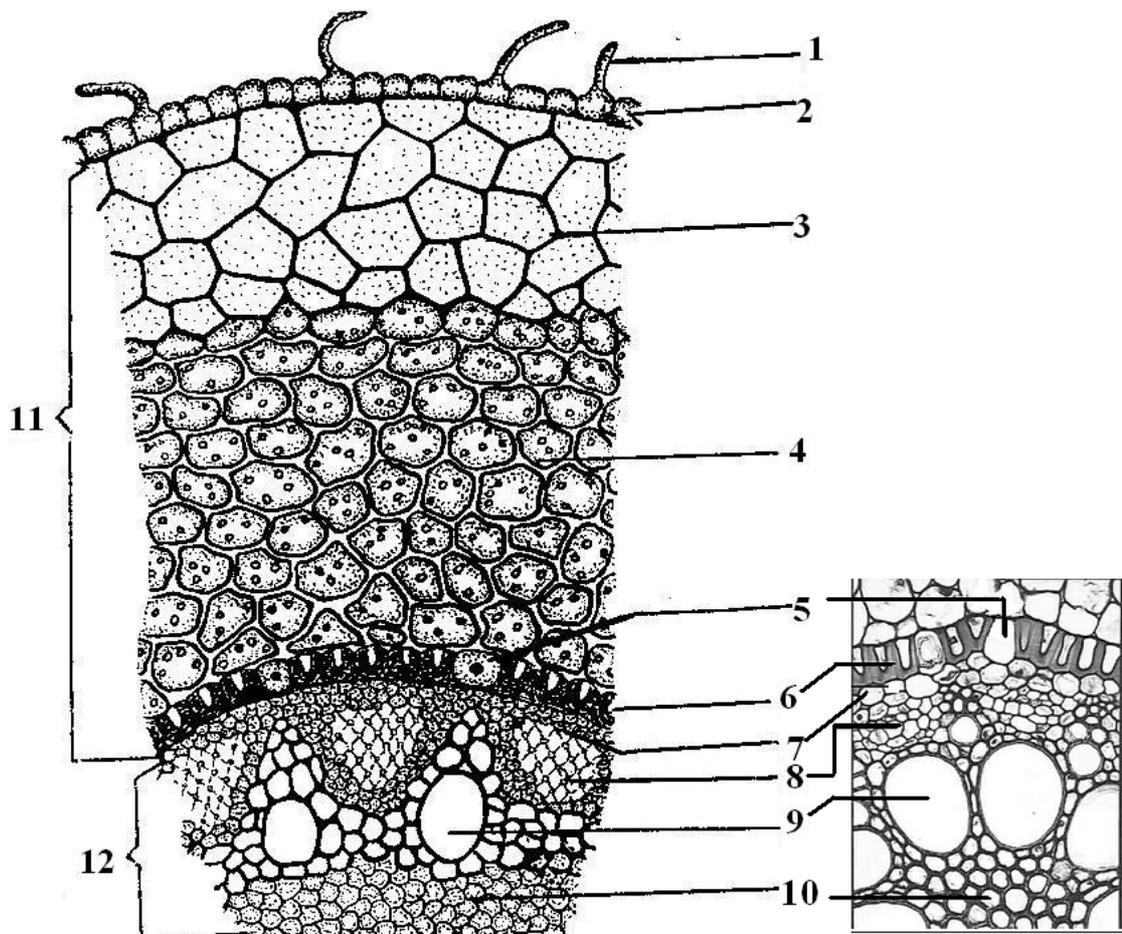


Рисунок 1.2. Участок поперечного среза корня ириса германского:

1 – корневой волосок; 2 – ризодерма (эпиблема); 3 – экзодерма; 4 – мезодерма; 5-6 – эндодерма; 5 – пропускные клетки; 6 – пояски Каспари; 7 – перицикл; 8 – флоэма; 9 – сосуды ксилемы; 10 – склеренхима; 11 – первичная кора; 12 – центральный цилиндр.

- Перевести микроскоп на большое увеличение, изучить структурные особенности тканей, нанести на рисунок детали.
- Снаружи корень покрыт клетками ризодермы с трихомами – корневыми волосками.
- Большая часть поперечного среза корня ириса представлена широким кольцом клеток первичной коры, состоящей из трех слоев: экзодермы, мезодермы и эндодермы.
- Наружный слой первичной коры – экзодерма – состоит из 1-3 слоев плотно сомкнутых, многоугольных клеток. Оболочки клеток экзодермы опробковывают и окрашены в розовый цвет.
- Средний слой – мезодерма – представлен 5-20 слоями крупных округлых рыхло расположенных клеток. Клетки содержат включения – крахмальные зерна.
- Внутренний слой – эндодерма – образована одним слоем плотно сомкнутых дифференцированных клеток. Мертвые, u-образно утолщенные лигнином клетки носят название поясков Каспари, они выполняют механическую и направляющую функцию. Живые клетки эндодермы – пропускные, располагаются строго напротив лучей ксилемы, и их количество соответствует количеству лучей.
- Центральную часть поперечного среза занимает центральный цилиндр, включающий перицикл – латеральную первичную однослойную меристему, подстилающую эндодерму и радиальный проводящий пучок.
- Клетки перицикла мелкие, продольно вытянутые.
- Проводящие ткани центрального цилиндра располагаются радиально. Тяжи первичной ксилемы имеют вид многолучевой звезды. Лучи образованы сосудами разного диаметра. Самые молодые и крупные сосуды располагаются в центре. Первичная флоэма располагается участками между лучами ксилемы.
- В центре пучка видна склеренхима с одревесневшими оболочками клеток.

Работа 1.3 Вторичное строение корня

Задания:

1. Изучить вторичное строение корня тыквы обыкновенной (*Cucurbita pepo*) и липы мелколистной (*Tilia cordata*) на постоянных препаратах.
2. Зарисовать поперечный срез корня тыквы вторичного строения. Обозначить на рисунке феллему, открытые коллатеральные пучки, вторичную кору (первичную и вторичную флоэму и паренхиму), ксилему (вторичную и первичную), сердцевинные лучи.

Ход работы:

А) Изучить постоянный препарат поперечного среза корня тыквы обыкновенной.

- При малом увеличении изучить вторичное строение корня тыквы. Отметить изменения, происходящие в корне по сравнению с первичным строением. Зарисовать поперечное сечение корня тыквы, нанести основные систе-

мы тканей – феллему, коллатеральные проводящие пучки и сердцевинные лучи (Рисунок 1.3).

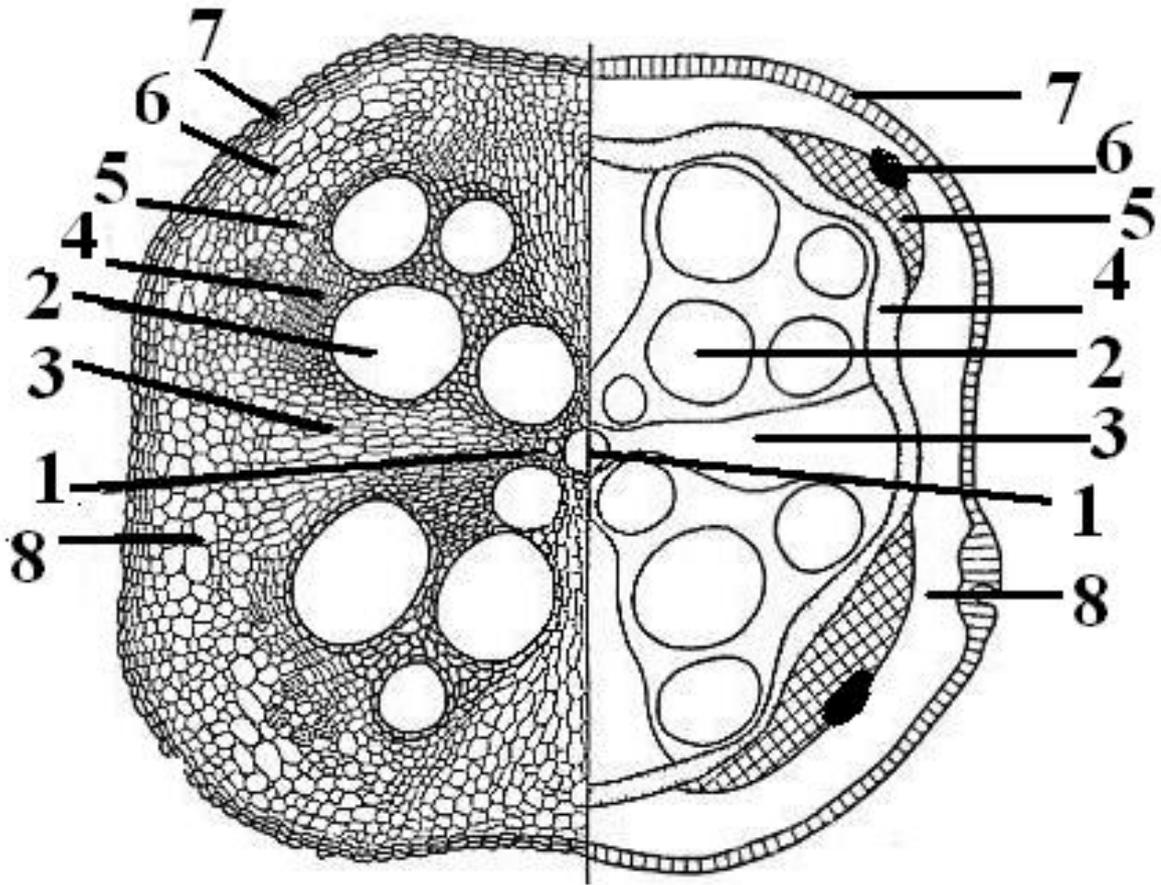


Рисунок 1.3. Поперечный срез корня тыквы обыкновенной.

1 – первичная ксилема; 2 – сосуды вторичной ксилемы; 3 – сердцевинный луч; 4 – камбий; 5 – вторичная флоэма; 6 – первичная флоэма; 7 – пробка (феллема); 8 – паренхима вторичной коры.

- Перевести микроскоп на большое увеличение, на рисунок нанести детали строения, обозначить необходимые элементы.
- На поверхности вторичного корня остается только перидерма, представленная 1-2 плотно прилегающими слоями таблитчатых клеток пробки (феллемы).
- Под перидермой располагается один слой клеток феллогена (пробкового камбия).
- В центре сохраняется первичная ксилема в виде 4 лучей из цепочек очень мелких сосудов.
- Вторичная ксилема представлена крупными сосудами, расположенными в коллатеральных пучках. Ксилемную зону пучков окружает широкое камбиальное кольцо, представленное мелкими тонкостенными клетками, расположенными правильными радиальными рядами. По периферии камбиального слоя находится вторичная флоэма с хорошо заметными ситовидными трубками и пластинками и остатки первичной в виде колпачков на островках вторичной флоэмы.

▪ Между проводящими пучками располагается паренхимная живая ткань с вытянутыми в продольной оси клетками, в виде радиальных лубодревесных (сердцевинных) лучей.

Б) Изучить постоянный препарат липы мелколистной.

▪ На малом увеличении отметить радиальное расположение тканей многолетнего корня липы. Выделить три основные системы тканей – покровную (перидерму с чечевичками), вторичную кору и древесину (ксилему) (Рисунок 1.4).

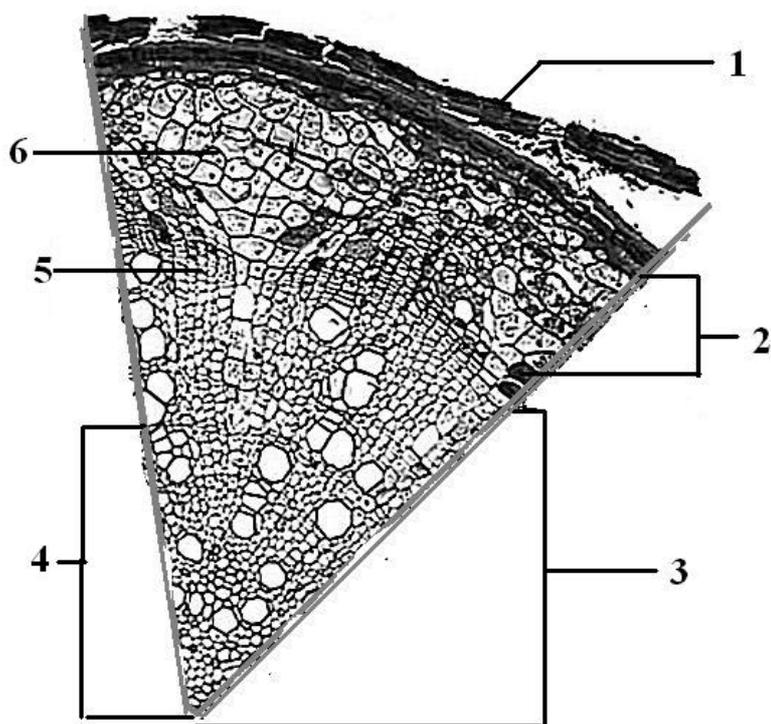


Рисунок 1.4. Многолетний корень липы мелколистной:

- 1 – перидерма;
- 2 – вторичная кора;
- 3 – древесина (ксилема);
- 4 – годовичное кольцо;
- 5 – камбий;
- 6 – сердцевинный луч.

▪ Обратите внимание, что у многолетних корней древесных растений камбий работает циклично, откладывая, как и в стебле, годовичные кольца древесины (ксилемы).

Работа 1.4 Анатомическая структура запасяющих корней

Задания:

1. Изучить макроскопическое строение корнеплодов моркови посевной (*Daucus sativus*), редьки посевной (*Raphanus sativus*) на поперечных срезах, макро- и микроскопическое строение корнеплодов свеклы обыкновенной (*Beta vulgaris*) на поперечном срезе и постоянном препарате.

2. Схематично зарисовать участки поперечных срезов корнеплодов моркови и редьки. Указать на схеме место развития запасящей паренхимы, флоэму, ксилему и камбиальный слой.

3. Зарисовать схему и участок поперечного среза корнеплода свеклы, обозначить первичную и вторичную ксилему, первичную и вторичную флоэму, слои камбия, проводящие пучки и запасящую паренхиму.

Ход работы:

Приготовить поперечные срезы свежих корнеплодов моркови, редьки и свеклы. Для этого отрезать от корнеплода небольшие цилиндры, высотой 0,7 см. От цилиндра отрезать сектор.

- На полученном секторе корнеплода моркови различают две зоны – более узкую внутреннюю, окрашенную в желтый цвет, и наружную широкую оранжевого цвета. Отрезать ломтики от каждой зоны и попробовать на вкус. Мякоть внутренней части более сочная, несладкая, а наружной – насыщена сахарами. В корнеплодах моркови запасаящая ткань развивается во флоэме, этим и объясняется наличие более широкой, ярко окрашенной периферической части мякоти со сладким вкусом. Ксилема развита в меньшей степени, и мякоть этой части насыщена водой с минеральными веществами.

- На участке корнеплода редьки более широкой зоной представлена внутренняя часть корнеплода, обладающая более прозрачной белой окраской, мякоть сочная. Запасаящая паренхима откладывается в ксилеме. Наружная более плотная и сухая часть представлена флоэмой.

- Схематично зарисовать поперечный срез корнеплода моркови и редьки (Рисунок 1.5), отметить первичную и вторичную ксилему, первичную и вторичную флоэму, камбий, запасаящую паренхиму.

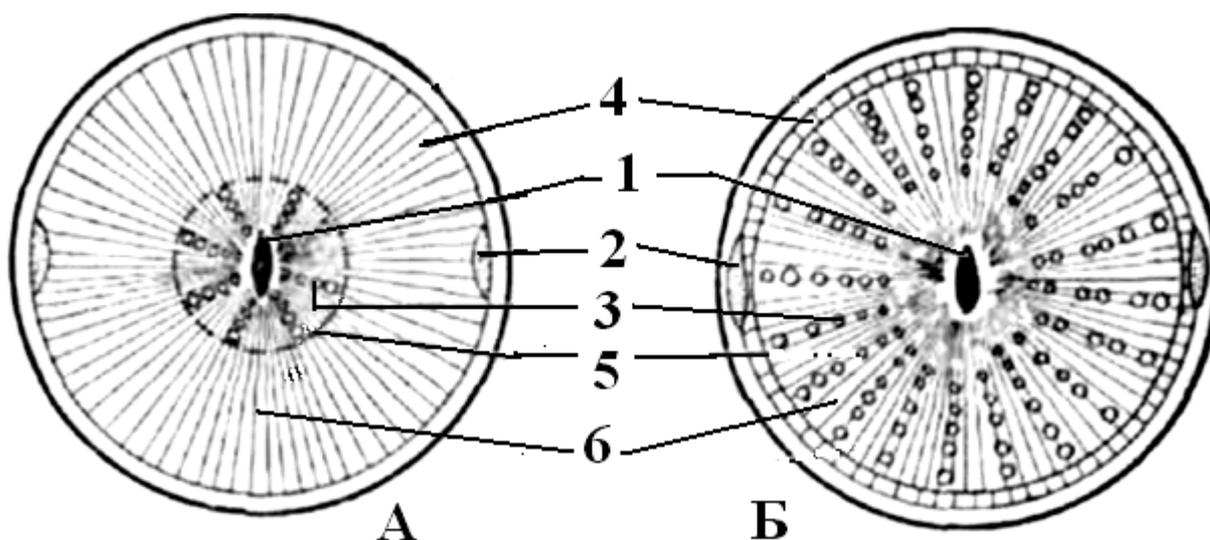
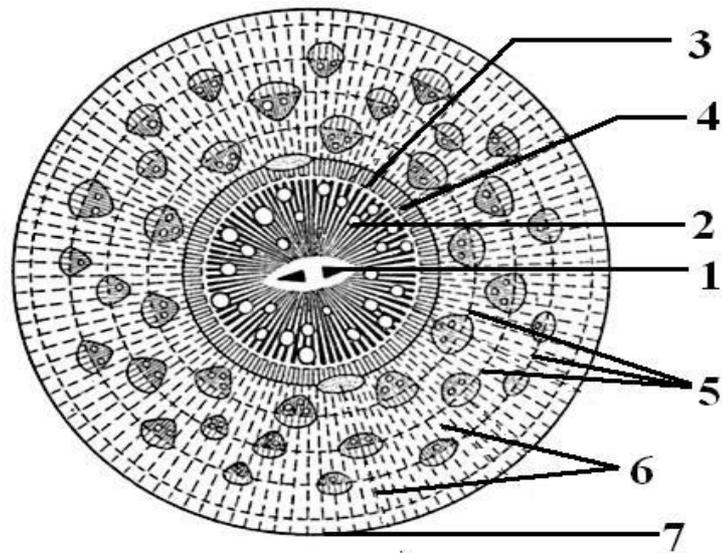


Рисунок 1.5 Схема вторичных образований в корнеплодах редьки (А) и моркови (Б):

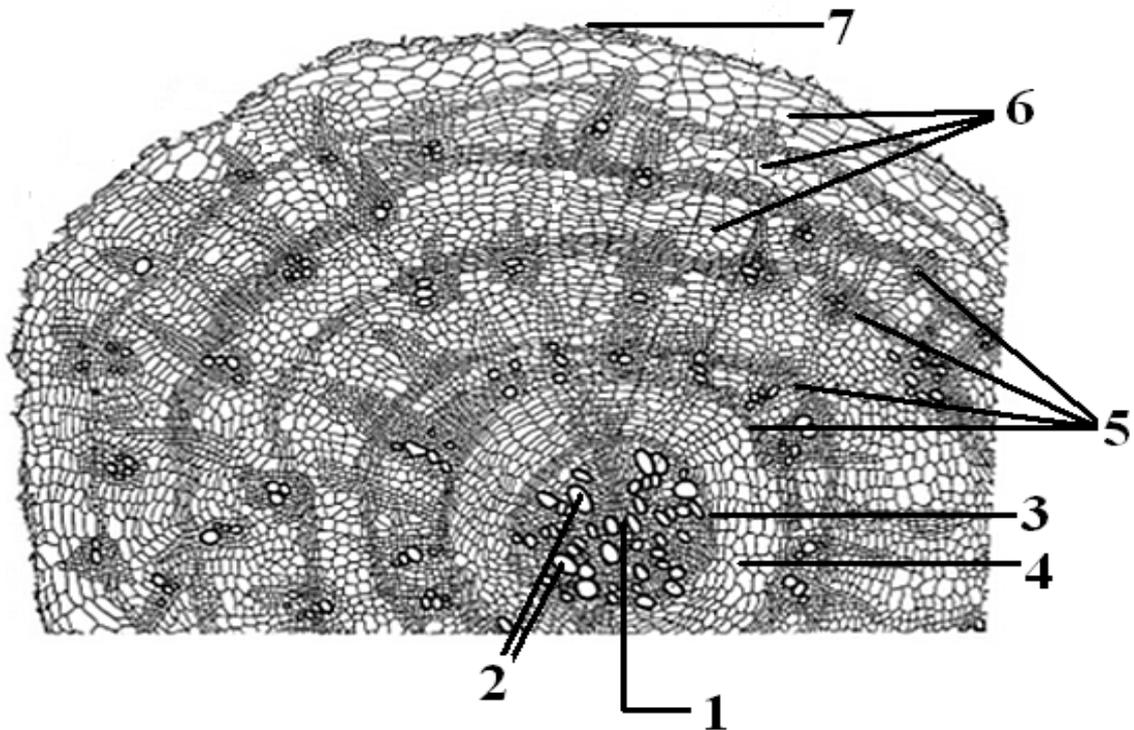
1 – первичная ксилема; 2 – первичная флоэма; 3 – вторичная ксилема; 4 – вторичная флоэма; 5 – камбий; 6 – запасаящая паренхима

- Особенностью строения корнеплода свеклы является наличие нескольких концентрических колец на поперечном срезе. Широкие кольца окрашены темнее, узкие – более светлые. Широкие участки мякоти более сладкие, в них откладываются питательные вещества, а в узких просматриваются проводящие пучки. Образование колец связано с деятельностью нескольких последовательно возникающих слоев камбия.

- На постоянном препарате поперечного среза корня свеклы при малом увеличении найти места развития запасаящей ткани (Рисунок 1.6).



А



Б

Рисунок 1.6 Строение корня свеклы (А – схема вторичных образований; Б – клеточное строение):

1 – первичная ксилема; 2 – вторичная ксилема; 3 – камбий –; 4 – вторичная флоэма; 5 – добавочные слои камбия с сосудами ксилемы; 6 – флоэма с запасующей паренхимой; 7 – перидерма.

- На поперечном срезе корня свеклы найти в центре двулучевую первичную ксилему и веерообразную вторичную. Камбий вокруг ксилемы мало заметен, а прилегающие участки флоэмы видны четко. По периферии вторичной флоэмы виден слой камбия с близко расположенными сосудами ксилемы (узкий слой), а следующий за ним широкий слой представлен флоэмой и запасующей паренхимой. Данная закономерность строения повторяется не-

сколько раз, в зависимости от количества добавочных слоев камбия. Корнеплод свеклы является поликамбиальным.

Задания для самоконтроля:

По результатам работ заполните таблицы:

Таблица – 1. Первичное и вторичное анатомическое строение корня.

Название растения	Зоны корня на поперечном срезе	Элементы тканевой структуры корня	Характеристика клеток	Выполняемые функции	Тип проводящего пучка
Ирис германский					
Тыква обыкновенная					

Таблица – 2. Характеристика типов корнеплодов.

Название растения	Часть корнеплода, в которой запасаются вещества	Тип корнеплода в зависимости от количества слоев камбия	Число добавочных слоев камбия
Морковь			
Редька			
Свекла			

Задания для подготовки к защите лабораторного занятия:

1. Назовите основные зоны корня, дайте их характеристику.
2. Корень – орган поглощения питательных веществ. В какой зоне происходит всасывание растворов минеральных солей? Как происходит движение веществ через ткани корня? Объясните особенности анатомического строения в связи с выполняемыми функциями.
3. Какие изменения происходят в корне при его перестройке из первичной структуры во вторичную? Как функционирует камбий при формировании вторичной структуры корня.
4. Почему корни репы и редьки называются корнеплодами ксилемного типа; моркови, петрушки – корнеплодами флоэмного типа; свеклы – корнеплодами поликамбиального типа. Ответ обоснуйте.

Тема 2. Микроскопическое строение стебля травянистых семенных растений

Материалы и оборудование. Постоянные микропрепараты стеблей кукурузы обыкновенной, ржи посевной, льна обыкновенного, кирказона обыкновенного; биологические микроскопы, таблицы.

Общие пояснения

Стебель – осевой орган надземного побега растений, состоящий из узлов и междоузлий, характеризующийся неограниченным верхушечным ростом, положительным фототропизмом, ветвлением и выполняющий опорную и проводящую функцию, осуществляя связь подземных органов с листьями.

Стебель, подобно корню, состоит из тканей трех типов: покровных, основных и проводящих. В стебле имеется система меристем, поддерживающая нарастание в длину и толщину.

Первичная анатомическая структура стебля формируется в конусе нарастания побега в результате работы гистогенов – протодермы, прокамбия и основной меристемы. Протодерма формирует покровные ткани, прокамбий – проводящие, основная меристема между протодермой и прокамбием превращается в первичную кору стебля, а основная меристема внутри прокамбия – в сердцевину. Первичный прирост стебля в длину осуществляется за счет действия апикальных и интеркалярных меристем, а в толщину – за счет первичной латеральной меристемы – прокамбия. *Вторичная структура стебля* формируется за счет действия вторичных латеральных меристем – камбия и феллогена.

Анатомическая структура стеблей разнообразна и зависит от условий обитания и систематической принадлежности растений.

У однодольных растений нет четкой дифференциации структуры стебля на топографические зоны, она представлена паренхимными тканями с разбросанными по ним проводящими пучками, либо пучками, сгруппированными в два круга – крупные по центру и более мелкие к периферии. Первичные проводящие ткани дифференцируются из прокамбия, который постепенно расходится. В том случае, если клетки прокамбия целиком превращаются в проводящие ткани, возникают закрытые коллатеральные пучки, лишенные камбия и формируется атактостела.

В стебле двудольных травянистых растений, имеющем первичное строение, различают первичную кору, стелу (центральный цилиндр) и сердцевину. В состав первичной коры могут входить паренхимные и механические ткани, стела представлена флоэмой и ксилемой, а сердцевина – неспециализированной паренхимой, в которой часто может образовываться воздухоносная полость. Покровная ткань стеблей первичного строения представлена эпидермой с устьицами. У травянистых двудольных покрытосеменных растений из прокамбия вычлняются клетки камбия, приводящие к образованию вторичных ксилемы (древесины) и флоэмы (луба), обуславливающих вторичное строение стебля.

Характер функционирования камбия может быть различным. Камбий, обычно, располагается в виде кольца на поперечном срезе. Если в результате деятельности камбия проводящие, механические, паренхимные элементы и сердцевинные лучи распределены равномерно по окружности, то формируется *сплошная (непучковая) структура* стебля, при которой сердцевинные лучи выражены слабо. Если же по окружности чередуются фрагменты камбия, которые образуют проводящие ткани с фрагментами, образующими паренхиму сердцевинных лучей, то формируется *пучковое строение* стебля. В том случае, если в паренхимных лучах возникают дополнительные проводящие пучки, которые впоследствии, разрастаясь, сливаются с основными пучками, то возникает *переходное строение* стебля. Во вторичной структуре стебля травянистых растений выделяют зоны: первичная и вторичная кора (луб), камбий, древесина (ксилема), сердцевина.

Работа 2.1 Анатомическое строение стебля однодольных растений

Задания:

1. Изучить особенности микроскопической структуры стеблей кукурузы обыкновенной (*Zea mays*) и ржи посевной (*Secale cereale*) и составляющих их тканей на постоянных микропрепаратах.

2. Схематично зарисовать сектор поперечного среза стебля ржи, обозначить эпидермис, участки хлорофиллоносной паренхимы, малый пучок, склеренхиму, большой пучок, паренхиму сердцевины и полость.

3. Схематично зарисовать сектор поперечного среза стебля кукурузы, обозначить эпидерму, слой склеренхимы, закрытый коллатеральный пучок, основную паренхиму.

Ход работы:

А) Изучить постоянный препарат стебля ржи посевной.

▪ При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать схему топографического размещения тканей стебля ржи на поперечном срезе (Рисунок 2.1).

▪ Снаружи стебель ржи покрыт эпидермисом с устьицами.

▪ Ниже лежит мощный слой склеренхимы, выступы которого доходят до эпидермы.

▪ Между выступами склеренхимы под устьицами располагаются участки хлоренхимы. Отметить, что первичная кора не выражена.

▪ Рассмотреть срез при большом увеличении. В каждом выступе склеренхимы, между участками хлорофиллоносной паренхимы, лежит небольшой проводящий пучок.

▪ Ближе к центру расположены более крупные закрытые коллатеральные проводящие пучки. Они окружены обкладкой склеренхимных клеток и погружены в крупноклеточную паренхиму.

▪ В центре сердцевина не сохраняется, при росте стебля в длину клетки разрываются, и образуется полость, свойственная стеблям большинства зла-

ков. Поэтому у злаков проводящие пучки располагаются в более или менее шахматном порядке в два ряда.

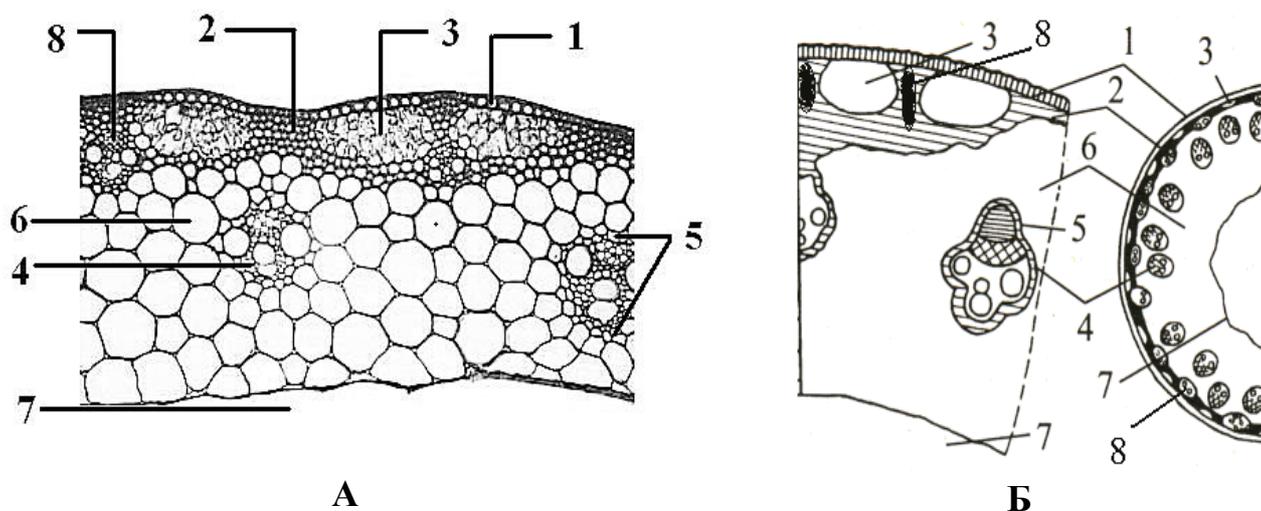


Рисунок 2.1. Анатомическое строение стебля ржи посевной (А – клеточное строение, Б – схема строения):

1 – эпидермис; 2 – склеренхима; 3 – хлоренхима; 4 – большой проводящий пучок; 5 – склеренхимная обкладка пучка; 6 – паренхима; 7 – воздухоносная полость; 8 – малый проводящий пучок.

Б) Изучить постоянный препарат стебля кукурузы обыкновенной.

▪ При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать схему топографического размещения тканей стебля кукурузы на поперечном срезе (Рисунок 2.2).

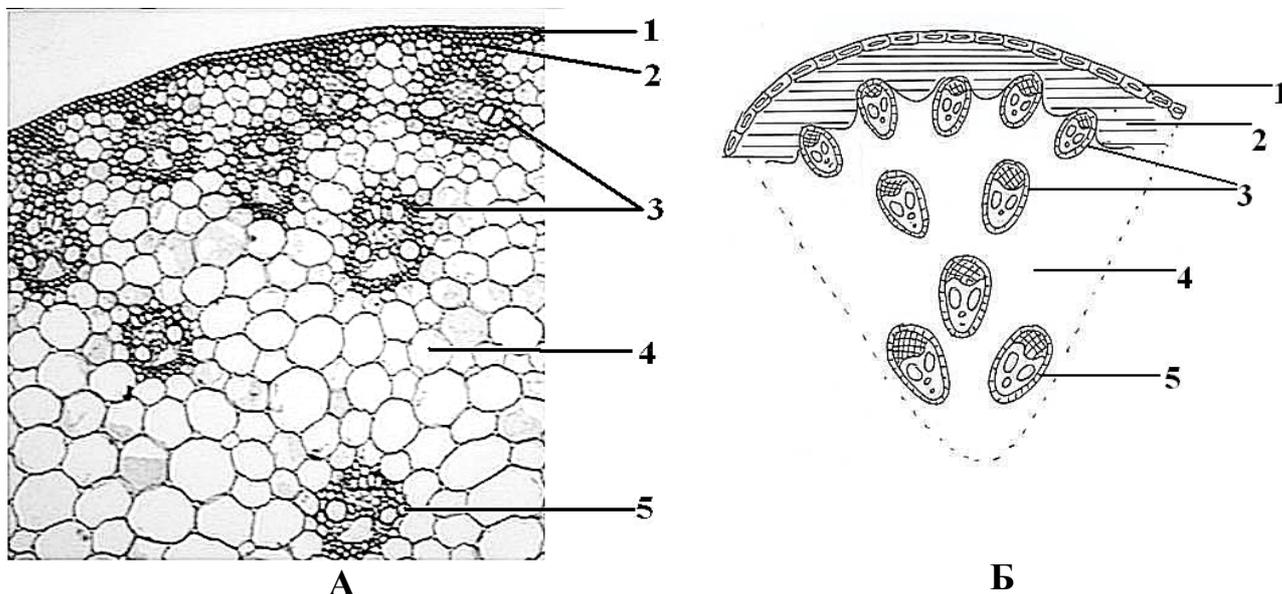


Рисунок 2.2. Анатомическое строение стебля кукурузы обыкновенной (А – клеточное строение, Б – схема строения):

1 – эпидермис; 2 – склеренхима; 3 – закрытые коллатеральные проводящие пучки; 4 – паренхима; 5 – склеренхимная обкладка пучка.

▪ Снаружи стебель покрыт эпидермисом. Отметить, что стебель не имеет полости. В центре его находится основная паренхима, в которую погружены

проводящие пучки. Первичная кора в стебле кукурузы, как и у ржи, не выражена.

▪ Рассмотреть при большом увеличении проводящий пучок. Он имеет характерное строение, свойственное однодольным. Флоэма не имеет лубяной паренхимы. Ситовидные трубки и сопровождающие клетки расположены в виде сеточки. Ксилема содержит два крупных сосуда и несколько более мелких, расположенных радиальным рядом. Под ними имеется полость. Ксилема полуобъемлет флоэму. Камбий отсутствует. Пучок окружен слоем склеренхимы.

Работа 2.2 Анатомическое строение стебля двудольных травянистых растений

Задания:

1. Изучить особенности микроскопической структуры стебля пучкового типа кирказона обыкновенного (*Aristolochia clematilis*) и стебля непучкового типа льна обыкновенного (*Linum usitatissimum*) и составляющих их тканей на постоянных микропрепаратах.

2. Схематично зарисовать сектор поперечного среза стебля льна и кирказона, обозначить первичную кору, лубяные волокна, склеренхиму перицикла, паренхиму перицикла, флоэму, камбий, ксилему, сердцевину, сердцевинные лучи.

Ход работы:

А) Изучить постоянный препарат стебля льна обыкновенного.

▪ При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать схему топографического размещения тканей стебля льна непучкового типа на поперечном срезе (Рисунок 2.3).

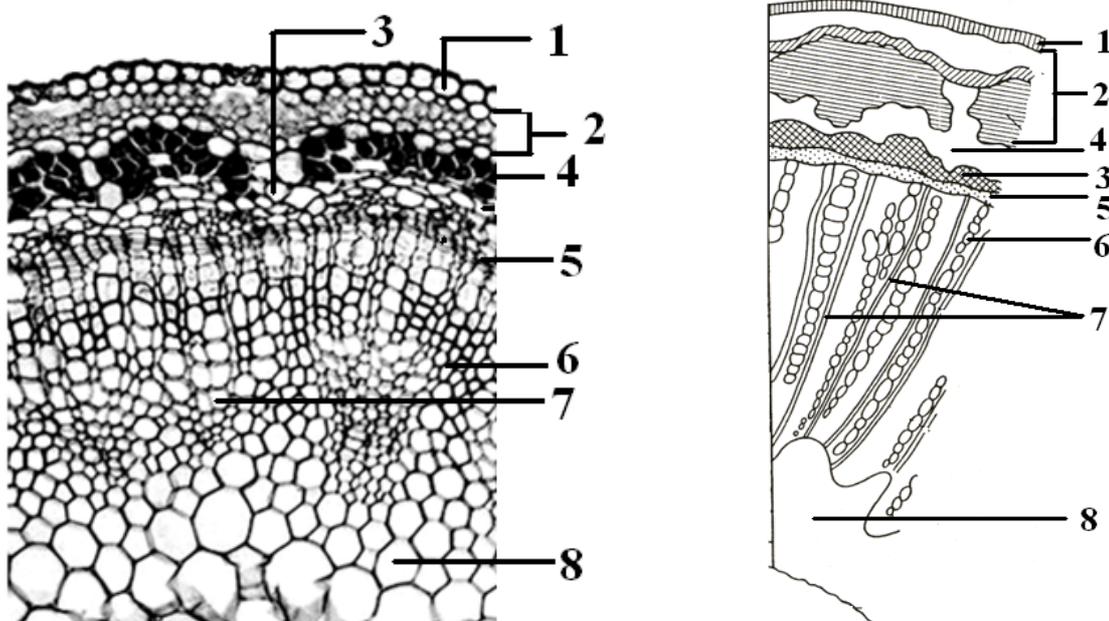


Рисунок 2.3. Анатомическое строение стебля льна обыкновенного (А – клеточное строение, Б – схема строения):

1 – эпидермис; 2 – первичная кора; 3 – флоэма (луб); 4 – лубяные волокна; 5 – камбий; 6 – ксилема (древесина); 7 – сердцевинный луч; 8 – сердцевина.

- Обращают внимание на сплошной мощный слой ксилемы, гистологические элементы которой у льна расположены правильными радиальными рядами.

- К центру от ксилемы находят сердцевину, как правило, с большой полостью. Флоэма, как и ксилема, располагается одним непрерывным слоем.

- Ознакомившись с общим планом строения стебля, ставят объектив большого увеличения. На поверхности видны сравнительно крупные клетки эпидермы, покрытые желтоватой кутикулой.

- За эпидермой лежит небольшой слой мелких клеток хлорофиллоносной паренхимы коры. Первичная кора заканчивается волнистым рядом более крупных клеток эндодермы.

- Под эндодермой расположены плотные группы толстостенных, округлых клеток, с блестящими стенками. Это лубяные волокна перициклического происхождения.

- Внутри от лубяных волокон расположен тонкий слой флоэмы, а за ней – камбий.

- Рассматривая ксилему, замечают, что между более крупными сосудами без протопластов располагаются радиальные ряды мелких клеток, заполненных цитоплазмой и от этого имеющие более темный цвет. Это сердцевинные лучи, состоящие из живых паренхимных клеток. Ближе к центру расположены мелкие первичные элементы ксилемы.

- Ниже ксилемы расположена крупноклеточная паренхима сердцевины.

Б) Изучить постоянный препарат стебля кирказона.

- При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать схему топографического размещения тканей стебля кирказона пучкового типа на поперечном срезе (Рисунок 2.4).

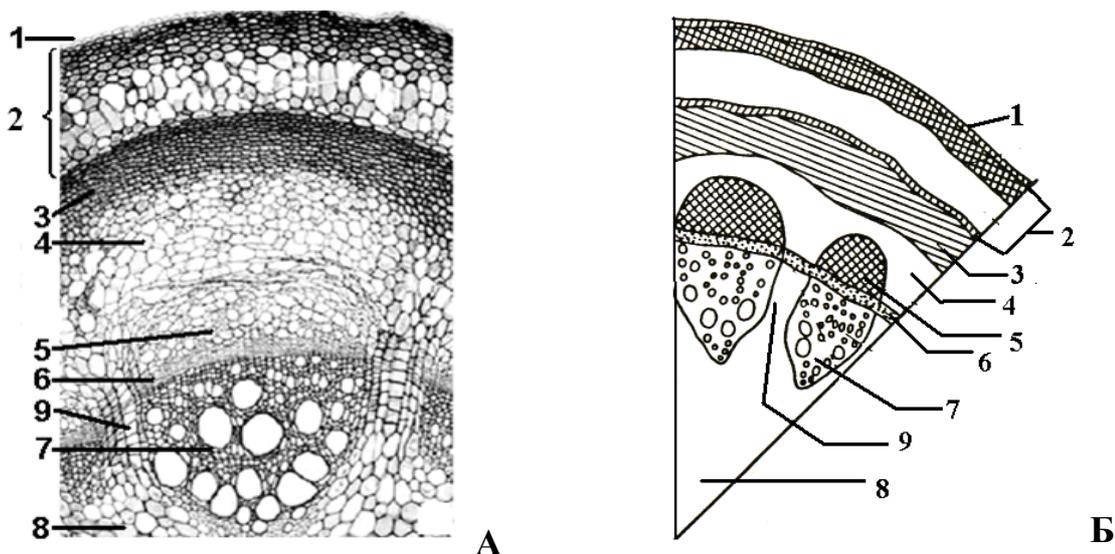


Рисунок 2.4. Анатомическое строение стебля пучкового типа кирказона обыкновенного (А – клеточное строение, Б – схема строения):

1 – эпидермис; 2 – первичная кора; 3 – склеренхима перицикла; 4 – паренхима перицикла; 5 – флоэма; 6 – камбий; 7 – ксилема; 8 – сердцевина; 9 – сердцевинный луч.

- При малом увеличении хорошо видны зоны стебля: эпидерма, первичная кора и центральный цилиндр, который начинается широким кольцом склеренхимы перициклического происхождения. Верхняя граница этого кольца ровная, а нижняя волнистая, над пучками она приподнимается, между пучками опускается. Под склеренхимным кольцом лежит крупноклеточная тонкостенная паренхима так же перициклического происхождения.

- Проводящие пучки расположены в один ряд по кругу. Это коллатеральные пучки. Ксилема окрасилась от реактива в красный цвет. Флоэма отличается от окружающей ее паренхимы более мелкими клетками. Пучки разделены первичными сердцевинными лучами. В центре стебля расположен большой участок паренхимы, образующий сердцевину.

- При большом увеличении отметить, что эпидерма состоит из прямоугольных плотно сомкнутых клеток, покрыта слоем кутикулы.

- Под эпидермой расположен слой мелких клеток с утолщенными стенками. Это колленхима, чаще пластинчатая.

- Ниже расположен слой крупноклеточной тонкостенной паренхимы. Самый нижний слой паренхимы состоит из более мелких клеток, – это эндодерма, которой заканчивается первичная кора.

- Клетки первого слоя стелы – склеренхимы, на поперечном разрезе многоугольные, плотно прилегают друг к другу, стенки толстые, пронизаны простыми порами. Над пучками, примыкая к флоэме, рыхло располагаются клетки перициклической паренхимы.

- Далее изучают структуру проводящих пучков. Первичная ксилема, расположенная на границе с сердцевинной, состоит из небольшого числа кольчатых и спиральных сосудов малого диаметра и трахеид. Вторичная ксилема представлена сосудами большого диаметра, древесинными волокнами и древесинной паренхимой.

- Вторичная флоэма состоит из ситовидных трубок и сопровождающих клеток. Первые – крупные, вторые – мелкие, с густым содержимым. Кроме того, во флоэме имеется тонкостенная лубяная паренхима.

- Между ксилемой и флоэмой лежит камбиальная зона, состоящая из прямоугольных клеток, расположенных правильными радиальными рядами.

- Межпучковый камбий дифференцируется в паренхиму сердцевинных лучей.

- Серцевина состоит из рыхло расположенных паренхимных клеток.

Задание для самоконтроля.

Сравните строение стеблей двудольных и однодольных травянистых растений, данные внесите в таблицу 1. Сделайте выводы относительно основных различий между ними.

Таблица – 1. Сравнительная характеристика анатомической структуры стебля травянистых растений

Элементы структуры	Однодольные (рожь)	Двудольные	
		непучкового типа (лен обыкновенный)	пучкового типа (кирказон)
1. Деление на топографические зоны, названия зон			
2. Тип структуры стебля по времени происхождения			
3. Тип проводящего пучка			
4. Расположение пучков на поперечном срезе			
5. Тип меристемы, формирующей стебель			

Задания для подготовки к защите лабораторного занятия:

1. Перечислите общие черты анатомического строения стебля. Где и как формируется первичная структура стебля? Как осуществляется взаимосвязь проводящих тканей листа и стебля?
2. Какие проводящие пучки характерны для однодольных и двудольных растений?
3. Какую роль в стебле играют прокамбий и камбий?
4. В чем принципиальное различие пучкового и непучкового строения стебля?
5. Назовите общие признаки в строении стебля однодольных и двудольных травянистых растений.
6. В чем заключается сходство и различие первичного строения стебля и корня?
7. Назовите основные этапы эволюции стелы. Дайте пояснения.

Тема 3. Микроскопическое строение стебля древесных растений

Материалы и оборудование. Постоянные микропрепараты веток сосны обыкновенной и липы мелколистной, биологические микроскопы, таблицы.

Общие пояснения

Вторичный рост, являющийся результатом действия камбия – это увеличение объема проводящей ткани в тех частях стебля, которые прекратили рост в длину. Он характерен для голосеменных и древесных двудольных растений.

Камбий возникает частично из прокамбия в проводящих пучках, а частично из межпучковой паренхимы. При вторичном росте камбий превращается в замкнутый цилиндр и производит непрерывные цилиндры вторичной ксилемы и флоэмы. Сердцевина и первичная ксилема покрываются вторичной ксилемой, первичные элементы перестают функционировать. Первичная флоэма отодвигается к периферии, становится непроводящей и формирует волокна. Первичная кора может функционировать несколько лет. Вторичная флоэма (луб) располагается над камбием под первичной корой. Под эпидермой в процессе вторичного роста формируется перидерма, в последствие замещающая ритидомом.

Таким образом, в стебле с длительным вторичным утолщением в центре располагается древесина, основная масса которой представлена проводящими клетками (сосудами или трахеидами), среди которых распределены живые элементы паренхимы, образующие сердцевинные лучи. Весной камбий откладывает тонкостенные трахеальные элементы с широкими полостями, а летом – узкопросветные с толстыми стенками. В результате в древесине возникают годовые слои с отчетливыми границами. Чередующиеся слои весенней и летней древесины, сформировавшиеся за один вегетационный период, называются *годовыми кольцами*. На поверхности древесины находится тонкий слой камбия, а к периферии от него – вторичная кора. В состав вторичной коры входят вторичная флоэма (луб), остатки первичной флоэмы. Далее располагается первичная кора, граница с которой в старых стеблях неразличима, а снаружи стебель покрыт перидермой.

У голосеменных растений камбий формирует сплошной цилиндр вторичной ксилемы и флоэмы. Вторичная ксилема представлена трахеидами, первичная флоэма не образует волокон, представлена ситовидными клетками. Кора содержит смоляные ходы, под эпидермой возникает перидерма.

У древесных двудольных растений цилиндр вторичных проводящих тканей сплошной, разделенный узкими сердцевинными лучами. Первичная кора содержит волокна в периферической части и хорошо отличима от вторичной коры (луба). Древесина представлена сосудами, а вторичная флоэма ситовидными трубками. Сердцевина паренхиматическая, содержит долго функционирующую перимедулярную зону. Эпидермис сменяется многослойной перидермой.

Работа 3.1 Анатомическое строение многолетнего стебля голосеменных растений

Задания:

1. Изучить постоянный препарат поперечного и радиального среза ветки сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), определить черты примитивности структуры.

2. Зарисовать участок поперечного среза, обозначить топографические зоны: перидерму, первичную кору, вторичную кору (луб), камбий, древесину и сердцевину; во вторичной коре отметить ситовидные клетки, в древесине – летние и весенние слои, годовичное кольцо, сердцевинный луч; в коре обозначить смоляные ходы.

3. Изучить и схематично зарисовать структурные элементы радиального среза древесины сосны обыкновенной, обозначить границы годовичного слоя, смоляной ход, летние и весенние трахеиды, радиальный луч.

Ход работы:

А) Изучить постоянный микропрепарат поперечного среза сосны обыкновенной.

▪ При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать общий план топографического размещения зон стебля на поперечном срезе (Рисунок 3.1).

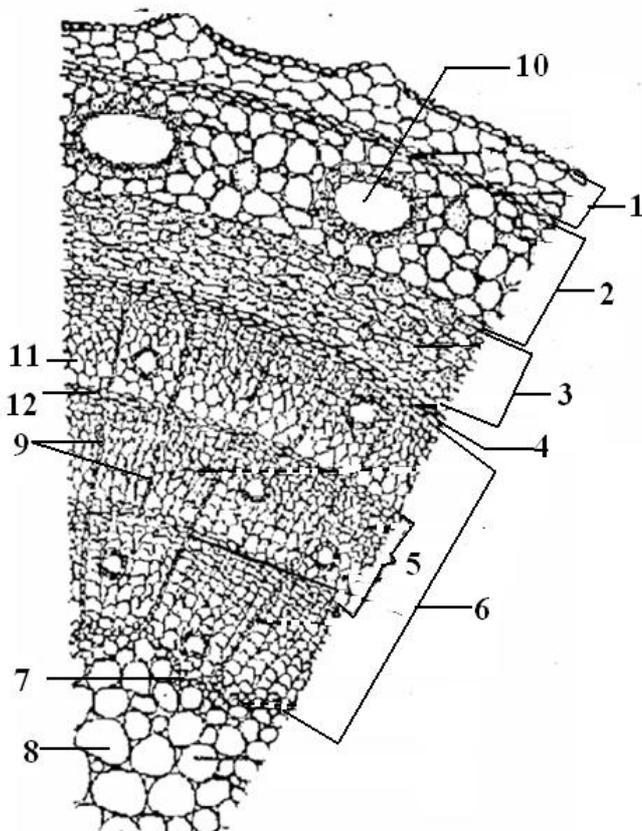


Рисунок 3.1. Анатомическое строение многолетнего стебля сосны обыкновенной:

- 1 – перидерма;
- 2 – первичная кора;
- 3 – луб;
- 4 – камбий;
- 5 – годовичное кольцо;
- 6 – древесина;
- 7 – первичная ксилема;
- 8 – сердцевина;
- 9 – сердцевинный луч;
- 10 – смоляной ход;
- 11 – весенние трахеиды;
- 12 – летние трахеиды.

▪ В центре стебля находят небольшой участок паренхимных клеток. Это сердцевина стебля. К периферии от сердцевины концентрическими слоями располагаются годовичные кольца ксилемы (древесины). В древесине находят-

ся смоляные ходы. Древесина отделена от вторичной коры тонким слоем камбия. К периферии от вторичной коры располагается первичная кора, не имеющая четкой границы с лубом. Снаружи стебель покрыт перидермой.

- Перевести микроскоп на большое увеличение, изучить структурные особенности тканей, нанести на рисунок детали.

- *Перидерма* состоит из нескольких слоев. Наружный ее слой – пробка (феллема) – представлена крупными мертвыми клетками с утолщенными суберином клеточными стенками. Под пробкой расположен слой тонкостенных сплюснутых живых клеток пробкового камбия (феллогена). Ниже хорошо заметны крупные паренхимные живые клетки феллодермы.

- Под перидермой в побеге хорошо различаются слои живой паренхимы *первичной коры*, среди которой выделяются довольно крупные смоляные ходы. Внутри они выстланы одним слоем эпителиальных клеток, снаружи окружены 1-2 слоями клеток сопровождающей паренхимы, отличающейся от паренхимы коры более толстыми оболочками.

- *Вторичная кора (луб)* сосны состоит из довольно мелких ситовидных клеток, располагающихся радиальными рядами, и более крупных клеток лубяной паренхимы с крахмалом, располагающихся однорядными полосками поперек сердцевинных лучей. Отсутствие лубяных волокон и клеток – спутниц является одним из характерных признаков строения стебля хвойных.

- На границе между лубом и древесиной находится *камбий*, клетки которого отличаются от клеток соседних тканей несколько сплюснутой формой и меньшими размерами. Они живые, способны к постоянному делению.

- *Древесина* (вторичная ксилема) сосны состоит из трахеид с утолщенной одревесневшей оболочкой.

- *Радиальные сердцевинные лучи*, проходящие через древесину, состоят из 2-5 или более рядов живых паренхимных клеток с крупными простыми порами и радиальных трахеид. В окончательном сформированном смоляном ходе различают канал, выстланный по периферии крупными тонкостенными эпителиальными клетками. Слой эпителиальных клеток смоляного хода окружен системой паренхимных живых клеток.

- В центре ветки сосны находится *сердцевина*, представленная крупными паренхимными клетками. На границе между древесиной и сердцевиной в молодом побеге можно различить небольшую зону первичной ксилемы. Она отличается от вторичной ксилемы наименьшими размерами трахеид и некоторым количеством паренхимных клеток.

Б) Изучить постоянный препарат радиального среза древесины сосны обыкновенной.

- При большом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать элементы древесины сосны на радиальном срезе (Рисунок 3.2).

- На радиальном срезе трахеиды, составляющие основную массу древесины, представляют собой вытянутые длинные клетки с заостренными концами. На радиальных стенках трахеид видны окаймленные поры в виде двух концентрических кругов.

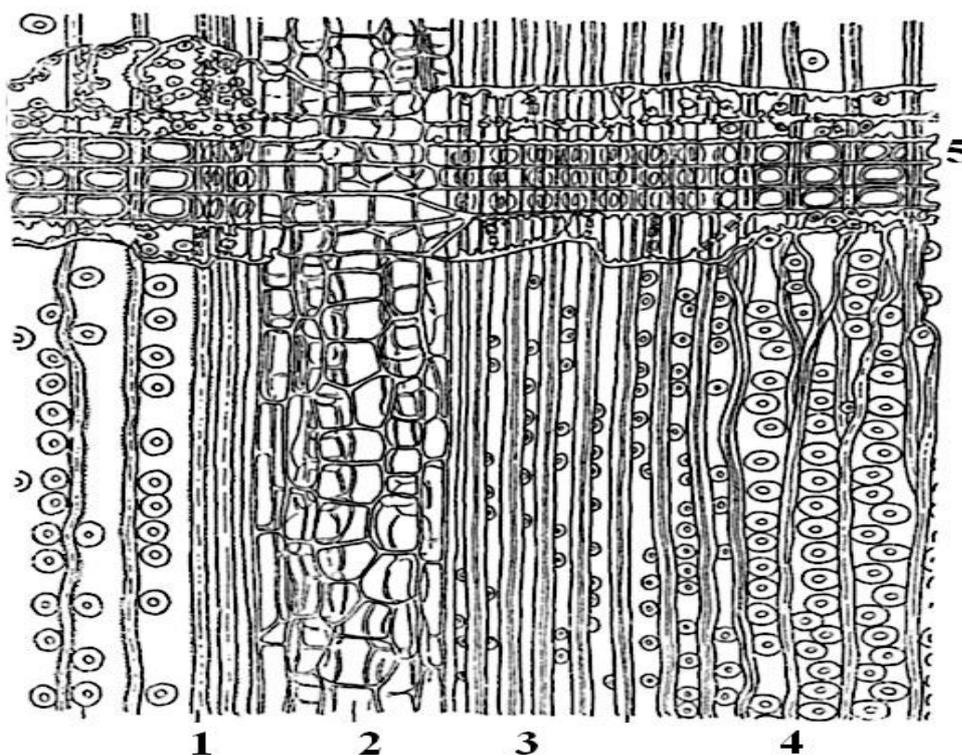


Рисунок 3.2. Радиальный срез древесины сосны обыкновенной:

1 – граница годичного слоя; 2 – смоляной ход, одетый паренхимой; 3 – летние трахеиды; 4 – весенние трахеиды; 5 – радиальный луч.

- Хорошо заметно различие между ранними (весенними) и поздними (летними) трахеидами. Трахеиды весенней древесины отличаются широкими полостями, тонкой стенкой и крупными окаймленными порами; летние трахеиды – узкими полостями, толстыми стенками и редкими мелкими окаймленными порами.

- Трахеиды пересекаются сердцевинными лучами.
- Вертикальные смоляные ходы идут параллельно трахеидам. На радиальном срезе видны живые паренхимные клетки смоляного хода.

Работа 3.2 Анатомическое строение многолетнего стебля древесных покрытосеменных растений

Задания:

1. Изучить постоянный препарат поперечного среза ветки липы мелколистной (*Tilia cordata*), определить прогрессивные черты анатомической структуры по сравнению с голосеменными растениями.

2. Зарисовать участок поперечного среза, обозначить топографические зоны: перидерму, первичную кору, вторичную кору (луб), камбий, древесины и сердцевину; в первичной коре обозначить колленхиму, паренхиму, эндодерму; во вторичной коре отметить флоэму, мягкий и твердый луб, первичные сердцевинные лучи, в древесине – летние и весенние слои, годичное кольцо, вторичные сердцевинные лучи, первичную древесину; в сердцевине выделить перимедулярную зону.

Ход работы:

Изучить постоянный микропрепарат поперечного среза ветки липы мелколистной

- При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать общий план топографического размещения зон стебля на поперечном срезе ветки липы (Рисунок 3.3).

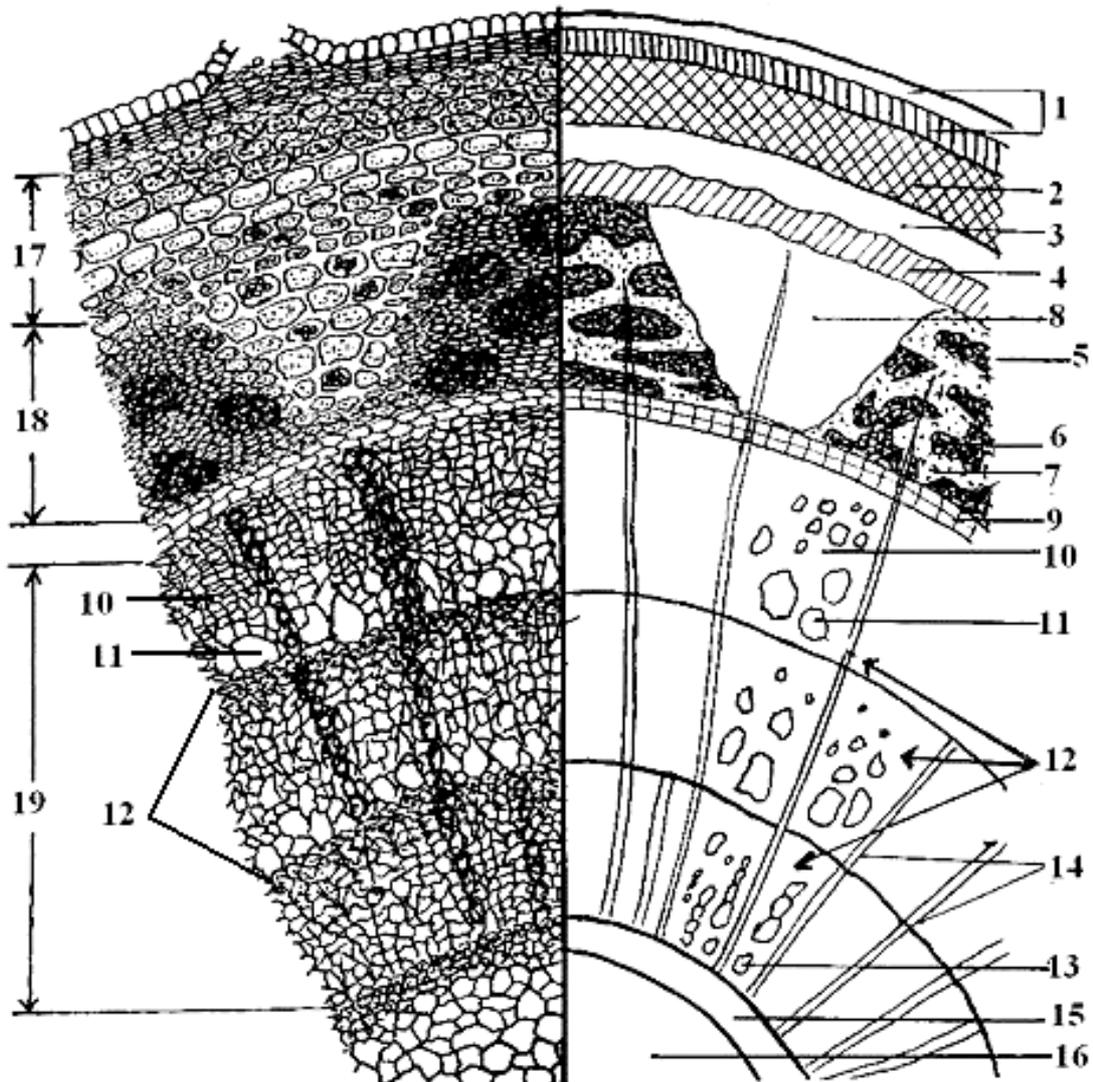


Рисунок 3.3. Анатомическое строение ветки липы мелколистной:

1 – перидерма с остатками эпидермиса; 2 – колленхима; 3 – паренхима первичной коры; 4 – эндодерма; 5 – флоэма; 6 – лубяные волокна (твёрдый луб); 7 – лубяная паренхима с ситовидными трубками (мягкий луб); 8 – первичный сердцевинный луч; 9 – камбий; 10 – летняя древесина; 11 – весенняя древесина; 12 – годовые кольца; 13 – первичная ксилема; 14 – вторичные сердцевинные лучи; 15 – перимедулярная зона; 16 – сердцевина; 17 – первичная кора; 18 – вторичная кора (луб), 19 – древесина.

- На поперечном срезе лиственных деревьев выделяются кора, древесина (ксилема) и сердцевина. Вторичная кора, камбий и древесина (ксилема) образуют центральный проводящий цилиндр стебля.

- Вокруг сердцевины концентрическими кругами располагаются годовичные слои древесины (окрашены в желтый цвет). Древесина окружена узкой темной полоской камбия.

- Выше лежит ряд трапециевидных участков флоэмы, обращенных широким основанием к камбию. Между участками флоэмы видны участки паренхимы треугольной формы, обращенные вершиной к камбию, а основанием к периферии. От вершины такого треугольника в древесину тянется радиальный ряд клеток с темным содержимым. Это сердцевинный луч. Участки флоэмы, паренхима сердцевинных лучей и перициклическая зона, расположенная над ними, составляют вместе вторичную кору.

- С наружной стороны от вторичной начинается первичная кора, в состав которой входят: эндодерма, паренхима и пластинчатая колленхима.

- Сверху стебель покрыт перидермой.

- Перевести микроскоп на большое увеличение, изучить структурные особенности тканей, нанести на рисунок детали.

- *Покровная ткань* ветки липы представлена пробкой, образованной плотно сомкнутыми радиальными рядами клеток. На периферии пробки можно заметить остатки эпидермиса.

- *Первичная кора* представлена колленхимой, образующей сплошное кольцо из клеток с утолщенными стенками, на препарате они окрашены в зеленый или голубой цвет. Под колленхимой лежит слой крупных многоугольных клеток паренхимы первичной коры. Глубже располагается слабо выраженная эндодерма – самый глубокий слой клеток первичной коры. В отличие от стебля голосеменных при разрастании тканей центрального цилиндра первичная кора сохраняется.

- *Вторичная кора* является самой периферической частью центрального цилиндра. Наружный слой вторичной коры, расположенный под эндодермой, называют перициклом.

- К центру от перицикла видны трапециевидные участки флоэмы, внутри которых хорошо заметны группы толстостенных клеток – лубяные волокна (твердый луб) и ситовидные трубки с клетками лубяной паренхимы, которые с паренхимой сердцевинных лучей относят к мягкому лубу. Ситовидные трубки имеют крупные размеры в поперечнике и не имеют содержимого. Рядом с ситовидными трубками находятся мелкие клетки-спутницы с густым темным содержимым. Лубяная паренхима окружает трубки.

- *Камбий*, состоящий из мелких тонкостенных живых клеток, располагается между флоэмой и древесиной.

- *Древесина* – внутренний слой центрального цилиндра, представлена годовичными кольцами. Весенняя древесина состоит из крупных по диаметру сосудов, а летне-осенняя древесина – из мелких сосудов. Резкий переход образует границы годовичных слоев.

- На границе с сердцевиной заметны небольшие выступы – участки первичной древесины с мелкими сосудами.

- *Серцевина* состоит из неоднородных клеток, различающихся по размеру и характеру содержимого. На границе сердцевины и древесины распо-

лагается интенсивно окрашенная перимедулярная зона, представленная мелкими клетками, богатыми крахмалом.

- *Сердцевинные лучи* пересекают стембель в радиальном направлении. В лубе они разрастаются и приобретают вид треугольников. Первичные лучи самые длинные, они тянутся от сердцевины и заканчиваются в коре, а вторичные – короче, т.к. они могут начинаться в любом годичном кольце.

Задание для самоконтроля.

Провести сравнительную характеристику строения стебля сосны обыкновенной и липы мелколистной, данные записать в таблицу 1. На основании анализа сделать выводы об основных чертах примитивности строения стебля голосеменных растений.

Таблица – 1. Сравнительная характеристика анатомической структуры стебля древесных растений

Элементы структуры	Хвойные (сосна обыкновенная)	Покрытосеменные (липа мелколистная)
1. Деление на топографические зоны, название зон		
2. Тип ритидома		
3. Проводящие элементы луба		
4. Проводящие элементы древесины		
5. Либриформ		
6. Лубяные волокна		
6. Наличие смоляных ходов		
7. Количество годичных колец		
8. Рядность сердцевинных лучей		

Задания для подготовки к защите лабораторного занятия:

1. Чем обусловлено формирование древесной структуры растений?
2. Из каких тканей состоит луб и древесина хвойных и лиственных древесных растений? Каковы функции этих тканей?
3. Какие элементы входят в состав сердцевинных лучей сосны и липы?
4. Какие особенности анатомического строения стебля сосны свидетельствуют о его примитивной организации?
5. Что собой представляет вторичная кора? Чем она отличается от первичной коры?
6. Как объяснить образование видимых простым глазом границ годичных колец древесины на спилах стволов деревьев?

Тема 4. Микроскопическое строение стеблей споровых растений

Материалы и оборудование. Временные препараты стеблей хвоща полевого и селягинеллы обыкновенной, постоянные микропрепараты стебля плауна булавовидного и корневища орляка обыкновенного; биологические микроскопы, предметные и покровные стекла, чашки Петри, препаровальные иглы, лезвия, дистиллированная вода, таблицы.

Общие пояснения

Анатомическая структура стеблей растений разных систематических групп разнообразна и зависит от условий обитания. У споровых первичная структура стебля сохраняется в течение всей жизни. В стебле этих растений различают эпидерму с устьицами, центральный цилиндр (стелу) и первичную кору. Наиболее сложное строение имеет стела. Для растений разных систематических групп характерны разные стелярные типы и их эволюционная преемственность.

Наиболее древний и примитивный тип стелы – *гапlostела* (*протостела*) состоит из сплошного тяжа ксилемы, покрытого слоем флоэмы (Рисунок 4.1.1). Встречается в стеблях некоторых плаунов и папоротников, а также в корнях большинства растений. Из гапlostелы развилась *актиностела*, ксилема которой на поперечном срезе имеет вид звезды, окруженной флоэмой (Рисунок 4.1.2).

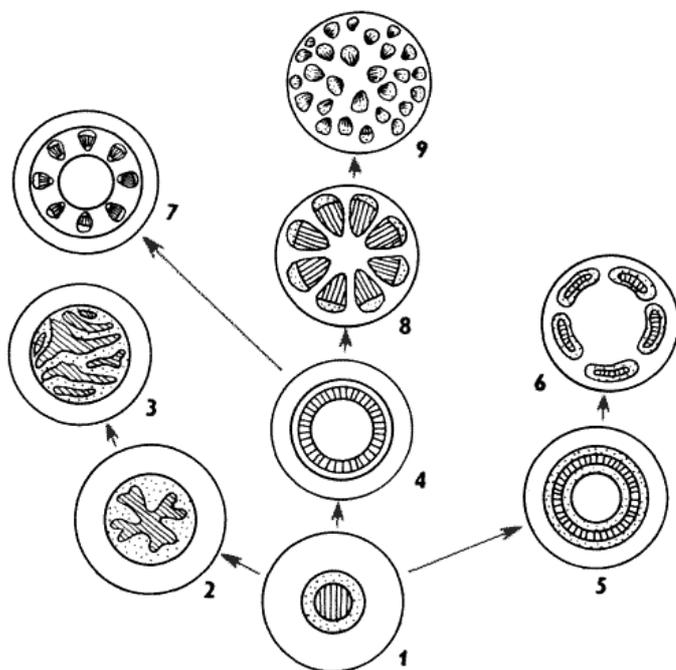


Рисунок 4.1. Схема эволюции стелы (ксилема заштрихована продольными штрихами, а флоэма - точками).

- 1 – протостела, или гапlostела;
- 2 – актиностела;
- 3 – плектостела;
- 4 – эктофлойная сифоностела;
- 5 – амфифлойная сифоностела;
- 6 – диктиостела;
- 7 – артростела;
- 8 – эвстела;
- 9 – атактостела.

Результатом дальнейшей специализации актиностелы является *плектостела* (Рисунок 4.1.3), характерная для стеблей большинства видов плаунов. В плектостеле ксилема разбита на отдельные пластинки, расположенные параллельно или радиально друг к другу.

Следующим этапом эволюции стал переход к *сифоностеле*, в которой появляется сердцевина. Различные типы сифоностелы очень характерны для многих папоротников: *эктофлойная сифоностела* (Рисунок 4.1.4) – ксилема

снаружи обрамлена флоэмой, перициклом и эндодермой и *амфифлойная сифностела* (Рисунок 4.1.5) - ксилема обрамлена флоэмой внутри и снаружи, а за ними следуют перицикл и эндодерма.

Дальнейшее эволюционное усложнение стелы связано с развитием паренхимных полос, идущих от сердцевины к коре в радиальном направлении, рассекая сифностелу на отдельные пучки, сохраняющие кольцевое расположение. Из рассеченной амфифлойной сифностелы формируется *диктиостела* (Рисунок 4.1.6), характерная для многих папоротников, лишенных камбия. У хвощей и родственных форм из эктофлойной сифностелы возникает особый тип стелы – *артростела* (Рисунок 4.1.7), имеющая членистое строение и характеризующаяся наличием центральной полости. В результате рассечения эктофлойной сифностелы возникает также *эвстела* (Рисунок 4.1.8), характерная для большинства семенных растений, представленная коллатеральными открытыми пучками, расположенными по кругу.

У ряда травянистых двудольных и большинства однодольных, проводящие пучки эвстелы разбросаны по сердцевине и коре так, что сходство с единой сетью или кольцом теряется. Такой тип стелы называется *атактостелой* (Рисунок 4.1.9). Атактостела развилась в результате крайнего рассечения эвстелы и представляет собой в эволюционном отношении крайне специализированную форму центрального цилиндра с отсутствием камбия.

В целом эволюция структуры центрального цилиндра шла по пути увеличения поверхности соприкосновения проводящих тканей с живыми тканями, что в свою очередь способствует лучшему проведению веществ.

Работа 2.1 Анатомическое строение стебля плауновидных

Задания:

1. Приготовить временный препарат поперечного среза стебля селягинеллы обыкновенной (*Selaginella selaginelloides*) и изучить структурное расположение тканей.

2. Изучить топографические зоны стебля плауна булавовидного (*Licopodium clavatum*) и составляющие их ткани на постоянном микропрепарате.

3. Зарисовать участок поперечного среза стебля селягинеллы, обозначить эпидермис, кору, воздушную полость, трабекулы, перицикл и гапlostелу с флоэмой и ксилемой.

4. Зарисовать участок поперечного среза стебля плауна булавовидного, обозначить эпидермис, 3-слойную кору (внешнюю из механических элементов, среднюю – паренхимную и внутреннюю с эндодермой), листовые следы, плектостелу с ксилемой и флоэмой и перицикл.

Ход работы:

А) Приготовить временный препарат стебля селягинеллы. Для этого сделать поперечный срез, перенести его на предметное стекло в каплю воды, накрыть покровным стеклом.

- При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать общий план топографического размещения тканей стебля на поперечном срезе (Рисунок 4.2).

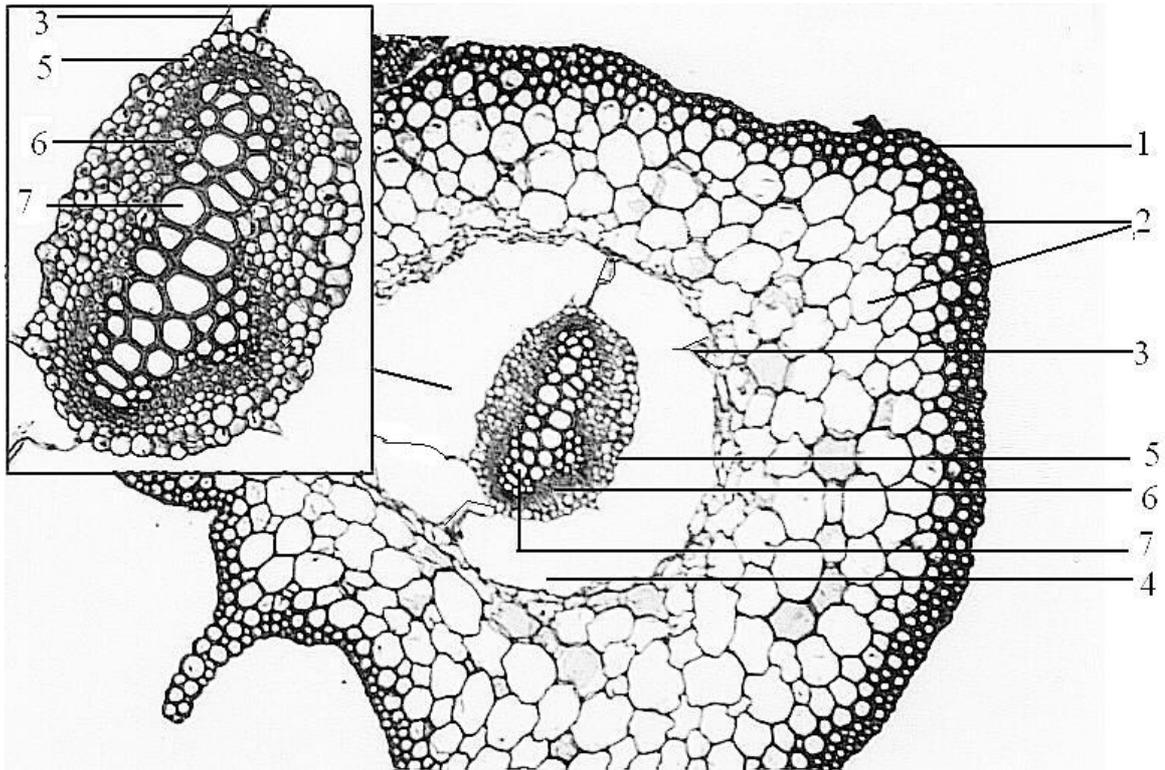


Рисунок 4.2. Анатомическая структура стебля селягинеллы обыкновенной:

1 – эпидермис; 2 – паренхима внешней коры; 3 – трабекулярные нити эндодермы; 4 – аэренхима внутренней коры; 5 – перицикл; 6 – флоэма протостелы; 7 – ксилема протостелы.

- Изучить структуру стебля селягинеллы на большом увеличении микроскопа, на рисунок нанести детали строения и особенностей клеток.
- Снаружи стебель селягинеллы покрыт слабо кутинизированным однослойным эпидермисом без устьиц.
- Первичная кора подразделяется на внешнюю паренхиматозную и внутреннюю трабекулярную ткань, которая представляет собой узкие полоски паренхимы внутренней коры (трабекулярные нити эндодермы), разделенные между собой радиальными участками аэренхимы.
- Стела размещается в воздушной полости, занимающей центральную часть стебля, и подвешена к клеткам внутреннего слоя коры на трабекулярных нитях, представляющих собой эндодерму и состоящих из одного ряда зеленых клеток.
- В центре стелы расположена ксилема, окруженная флоэмой. Ксилема состоит из длинных трахеид, флоэма – из ситовидных клеток и лубяной паренхимы. За флоэмой расположен перицикл.

Б) Изучить постоянный препарат стебля плауна булавовидного.

- На малом увеличении отметить радиальное расположение тканей стебля. Выделить три основные тканевые зоны – покровную (эпидермис), кору и стелу (Рисунок 4.3).

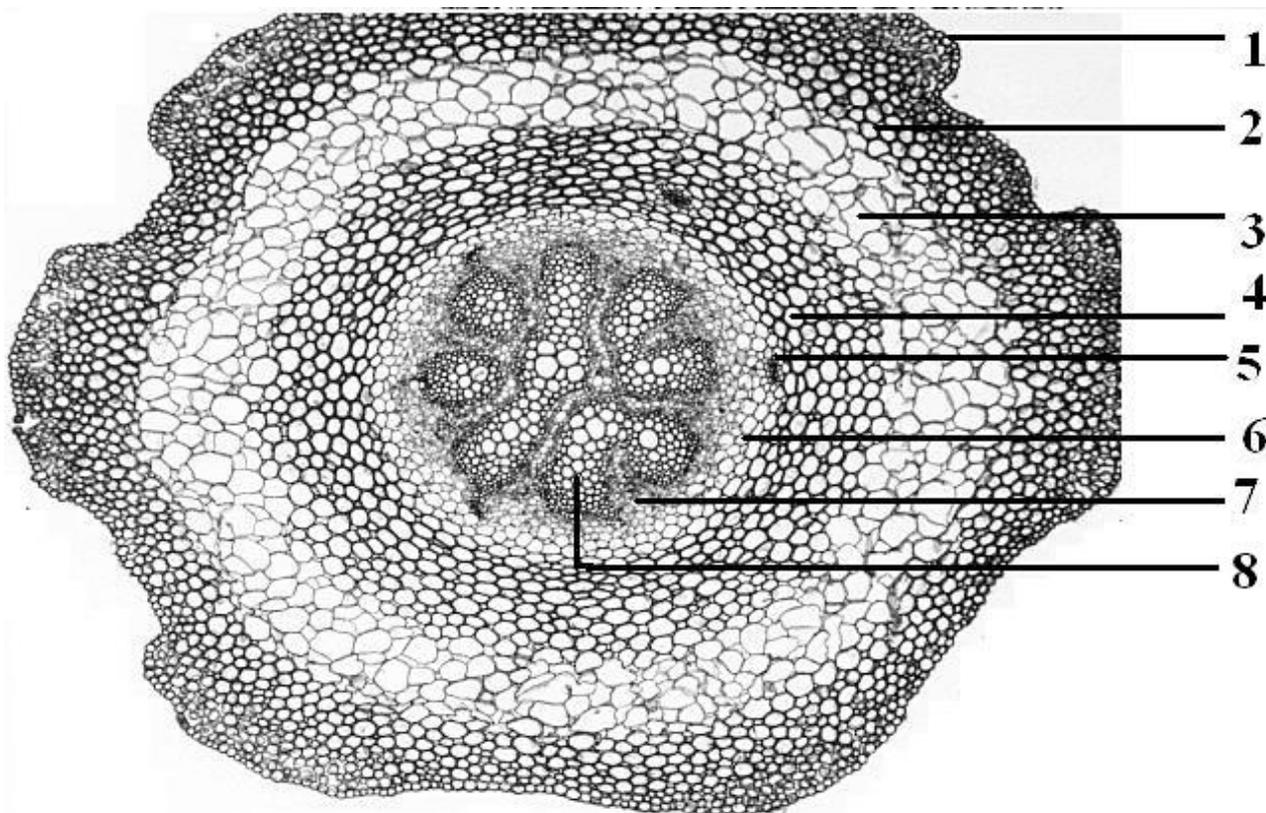


Рисунок 4.3. Анатомическая структура стебля плауна булавовидного:
1 – эпидермис; 2 – внешняя кора; 3 – средняя кора; 4 – внутренняя кора; 5 – эндодерма; 6 – перицикл; 7 – флоэма плектостелы; 8 – ксилема плектостелы.

- Изучить структуру стебля плауна булавовидного на большом увеличении микроскопа, на рисунок нанести детали строения и особенностей клеток.
- Поверхность стебля покрыта однослойным эпидермисом.
- Под эпидермисом располагается широкая 3-слойная кора. Внешняя и внутренняя кора представлены несколькими слоями механической ткани, оболочки клеток которой сильно утолщены. Между ними лежит тонкостенная коровая паренхима.
- Центральная часть стебля занята плектостелой, окруженной перициклом, граничащим с эндодермой коры.
- Ксилема расположена по центру стелы, расчленена на отдельные тяжи или лентовидные участки и состоит из лестничных трахеид, между которыми находятся мелкие клетки древесинной паренхимы. Между тяжами ксилемы и вокруг нее располагается флоэма, состоящая из ситовидных клеток с ситовидными полями и клеток лубяной паренхимы.

Работа 2.2 Анатомическое строение стебля хвоща полевого

Задания:

1. Приготовить временный препарат поперечного среза стебля хвоща полевого (*Equisetum arvense*) и изучить топографию тканей.

2. Зарисовать участок поперечного среза стебля хвоща, обозначить ребра и ложбинки, эпидермис, устьица, механическую ткань, ассимиляционную и коровую паренхиму, валекулярные каналы, эндодерму, перицикл, закрытые коллатеральные пучки стелы, разрушившуюся сердцевину.

Ход работы:

Приготовить временный препарат стебля хвоща. Для этого сделать поперечный срез, перенести его на предметное стекло в каплю воды, накрыть покровным стеклом.

▪ При малом увеличении микроскопа изучить препарат, обратить внимание на ребристость строения стебля и зарисовать общий план топографического размещения тканей на поперечном срезе (Рисунок 4.4).

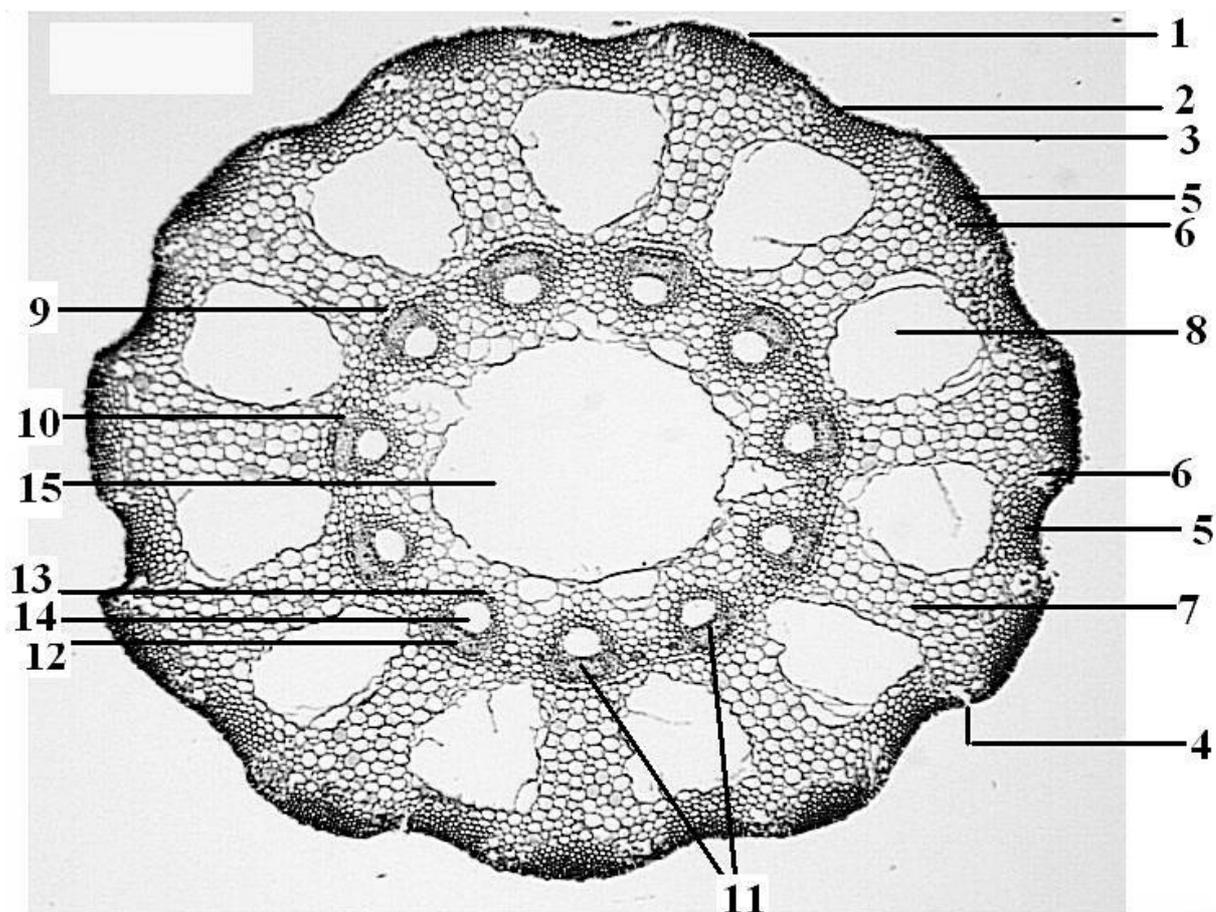


Рисунок 4.4. Анатомическая структура стебля хвоща полевого:

1 – ребра; 2 – ложбинки; 3 – эпидермис; 4 – устьица; 5 – склеренхима внешней коры; 6 – хлоренхима; 7 – паренхима коры; 8 – валекулярные каналы; 9 – эндодерма; 10 – перицикл; 11 – закрытые коллатеральные пучки; 12 – флоэма; 13 – ксилема; 14 – каринальная полость; 15 – воздухоносная полость (разрушившаяся сердцевина).

- Изучить структуру стебля хвоща на большом увеличении микроскопа, на рисунок нанести детали строения и особенностей клеток.
- Снаружи стебель хвоща покрыт эпидермисом, клетки которого сильно вытянуты и утолщаются кремнеземом.
- Под эпидермисом в области ребер лежит склеренхима внешней коры, а под ней ассимиляционная ткань. По склонам ребер, находятся устьица с двумя парами замыкающих клеток, под эпидермисом здесь располагается хлоренхима, а в ложбинках – механическая ткань. Глубже находится коровая паренхима с крупными воздухоносными полостями (валекулярными каналами), расположенными под ложбинками. Самый внутренний слой клеток коры является эндодермой, которая граничит с перициклом, окружающим центральный цилиндр.
- В паренхиме центрального цилиндра располагаются закрытые коллатеральные пучки. В ксилеме пучка, на месте разрушенной протоксилемы, формируется пучковая (каринальная) полость, по которой передвигается вода. Флоэма пучка, лежащая над полостью, состоит из ситовидных клеток и лубяной паренхимы. По бокам флоэмы и под каринальной полостью сохраняются группы лестничных трахеид метаксилемы.
- В центре стебля сердцевина разрушается и замещается воздухоносной полостью. Тип стелы хвоща полевого – артростела.

Работа 2.3 Анатомическое строение стебля орляка обыкновенного

Задания:

1. Изучить постоянный препарат поперечного среза корневища орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum*).
2. Зарисовать участок поперечного среза корневища орляка обыкновенного, обозначить эпидермис, 3-слойную кору (внешнюю из механических элементов, среднюю – паренхимную и внутреннюю), проводящие пучки внешнего и внутреннего круга диктиостелы, отдельный концентрический амфикрибральный пучок с ксилемой и флоэмой и перициклом.

Ход работы:

- Изучить постоянный микропрепарат корневища орляка обыкновенного.
- При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать общий план топографического размещения тканей корневища орляка на поперечном срезе (Рисунок 4.5).
 - Изучить структуру корневища орляка на большом увеличении микроскопа, на рисунок нанести детали строения и особенностей клеток.
 - Снаружи корневище орляка покрыто эпидермисом.
 - Под эпидермисом располагается трехслойная кора: наружная и внутренняя, представленные склеренхимными волокнами, и средняя паренхимная. Слой механической ткани внутренней коры отделяет два круга прово-

дящих пучков, лежащих в паренхиме. По центру корневища размещаются два – три более крупных синтетических концентрических амфикибральных пучка, образованных в результате слияния двух пучков листа. Кнаружи от подковообразных тяжей склеренхимы внутренней коры располагаются индивидуальные проводящие пучки внешнего круга, 5-6 округлых и один овальный.

▪ Каждый проводящий пучок концентрического типа. По центру располагается ксилема, состоящая из лестничных трахеид, а в середине имеются кольчатые и спиральные трахеиды. Кроме проводящих элементов в ксилеме есть клетки древесинной паренхимы. Ксилема окружена несколькими слоями флоэмы, состоящей из ситовидных клеток и лубяной паренхимы. Флоэму окружает перицикл, клетки которого содержат крахмальные зерна, а весь пучок одет толстостенной эндодермой.

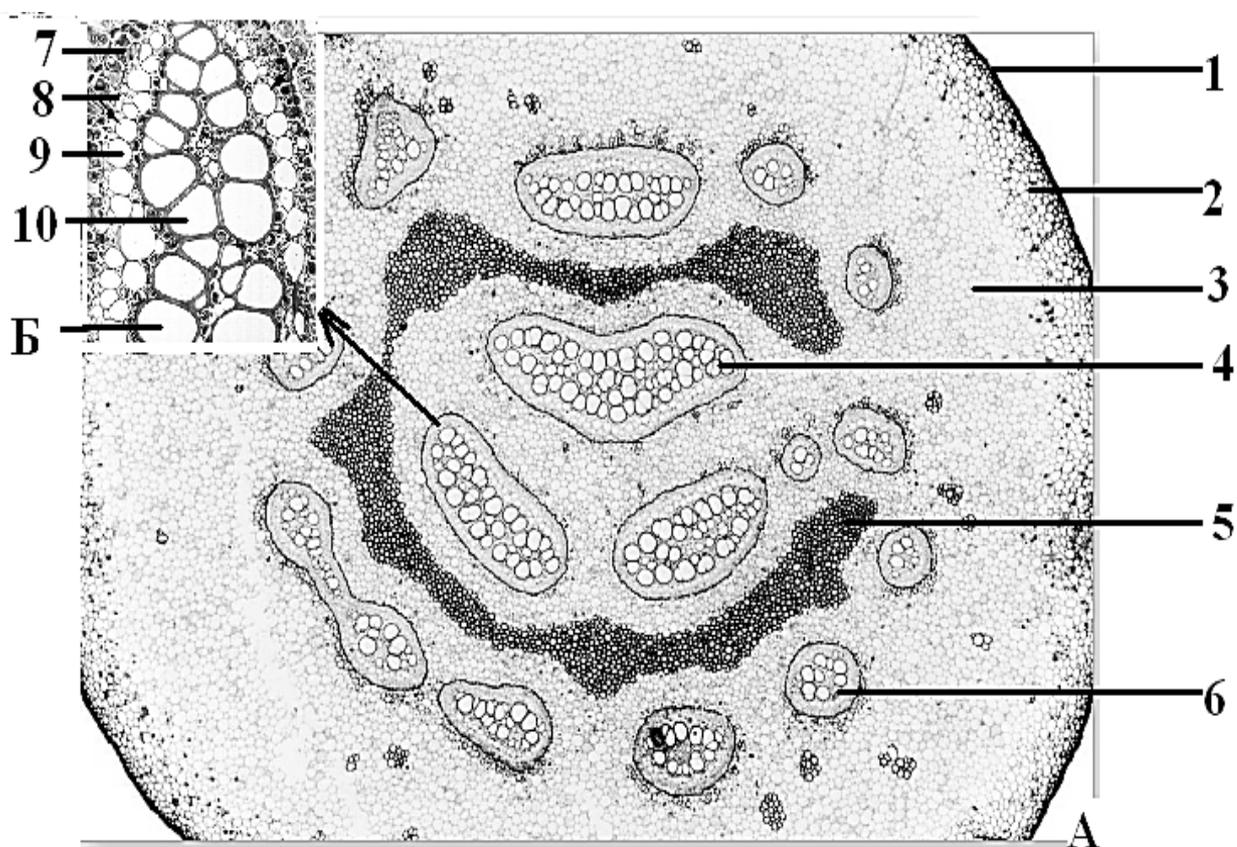


Рисунок 4.5 Анатомическая структура корневища (А) и концентрического амфикибрального пучка (Б) орляка обыкновенного:

1 – эпидермис; 2 – внешняя кора (склеренхима); 3 – коровая паренхима; 4 – синтетические концентрические амфикибральные проводящие пучки диктиостелы; 5 – внутренняя кора (склеренхима); 6 – индивидуальные концентрические амфикибральные проводящие пучки диктиостелы; 7 – эндодерма; 8 – перицикл; 9 – флоэма; 10 – ксилема.

Задания для самоконтроля:

По результатам работ заполните таблицу:

Таблица – 1. Сравнительная характеристика анатомического строения стебля споровых растений.

Отдел	Топографические зоны	Ткани	Тип стелы	Приспособления анатомической структуры к условиям обитания
Плауновидные				
Хвощевидные				
Папоротниковидные				

Задания для подготовки к защите лабораторного занятия:

1. Назовите отличительные особенности анатомической структуры стебля плауновидных.
2. Какие особенности анатомической структуры стебля селягинеллы развиваются в связи с ее адаптацией к месту обитания?
3. Опишите анатомическое строение стебля хвоща полевого. В чем его наиболее существенное отличие от стебля плауна?
4. Укажите элементы структуры стебля орляка обыкновенного. Какие прогрессивные черты появились в анатомической структуре этого растения по сравнению с плауновидными и хвощевидными?
5. Рассмотрите строение стел основных отделов споровых растений. Каковы общие черты их стелярной структуры и в чем особенности (типы стел) у представителей каждого отдела?

Тема 5. Микроскопическое строение листа

Материалы и оборудование. Постоянные микропрепараты листа камелии японской, ириса германского, сосны обыкновенной, временный препарат листа фикуса каучуконосного, алоэ древовидного, биологические микроскопы, предметные и покровные стекла, чашки Петри, препаровальные иглы, лезвия, дистиллированная вода, таблицы.

Общие пояснения

Лист – плоский боковой вегетативный орган растения, обладающий дорсовентральным строением и ограниченным ростом, выполняющий функции фотосинтеза, газообмена и транспирации.

Лист, подобно стеблю и корню, состоит из покровной, проводящей и основной тканевых систем.

Поскольку лист обычно не имеет вторичного роста, в качестве покровной ткани у него сохраняется *эпидермис*. Особенности эпидермиса листа является компактное расположение клеток, наличие кутикулы и устьиц. Устьица могут размещаться в эпидермисе на обеих сторонах листа (*амфистоматический лист*), только на верхней (*эпистоматический лист*) или нижней (*гипостоматический лист*) стороне листа.

Наиболее важной частью листа является *мезофилл* – основные ткани листа, содержащие в клетках хлорофилл, расположенные между нижним и верхним эпидермисом и обеспечивающие ассимиляционную функцию. Мезофилл может быть гомогенным (большинство однодольных растений, тенелюбивые растения) или дифференцированным на губчатый и столбчатый (двудольные растения, гелиофиты).

Столбчатая (палисадная) ткань состоит из компактно расположенных клеток, вытянутых перпендикулярно поверхности пластинки. Листья могут иметь один или несколько рядов палисадной паренхимы. У растений умеренных климатических зон палисадная паренхима прилегает к верхнему эпидермису, а губчатая к нижнему (*бифациальный лист*). Растениям, произрастающим в условиях повышенной инсоляции, свойственно расположение палисадной паренхимы с обеих сторон листа (*изолатеральный лист*). Основная функция столбчатой паренхимы – ассимиляционная.

Губчатая паренхима состоит из клеток неправильной формы, с боковыми выростами, соединяющими клетки между собой. Между выростами располагаются межклетники. Основная функция губчатой паренхимы – газообмен и транспирация, в меньшей степени – фотосинтез.

У голосеменных растений мезофилл листа не дифференцирован на губчатый и столбчатый, а представлен паренхимными клетками, образующими выступы, обращенные внутрь клетки. Выступы формируют выпячивания оболочки, формирующей складку. Такой мезофилл называется *складчатым* и обеспечивает при минимальной площади листа максимальную фотосинтезирующую поверхность.

Проводящие пучки листа образуют единую систему жилок, располагающуюся в медианной плоскости пластинки. Листья, как правило, содержат

одну или несколько крупных жилок – главных, и более мелкие – боковые. Проводящие пучки листа закрытые коллатеральные, причем, ксилема обращена к верхней поверхности листа, а флоэма к нижней. Вокруг жилки (пучка) может формироваться *обкладка* из клеток, отличных от клеток мезофилла. Обкладка может быть паренхимной, склеренхимной, либо эти два типа сочетаются.

Работа 5.1 Анатомическое строение листа двудольных и однодольных растений

Задания:

1. Изучить постоянные препараты поперечного листа камелии японской (*Camellia japonica*) и ириса германского (*Iris germanica*), выявить особенности структуры мезофилла однодольных и двудольных растений.

2. Зарисовать поперечный срез листа камелии и ириса, обозначить верхний и нижний эпидермис, устьица; гомогенный или столбчатый и губчатый мезофилл; проводящие пучки (жилки), в них – ксилему, флоэму, ткани обкладки (указать тип ткани).

Ход работы:

А) Изучить постоянный микропрепарат поперечного среза листа двудольного растения – камелии японской.

▪ При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать общий план строения листа камелии (Рисунок 5.1).

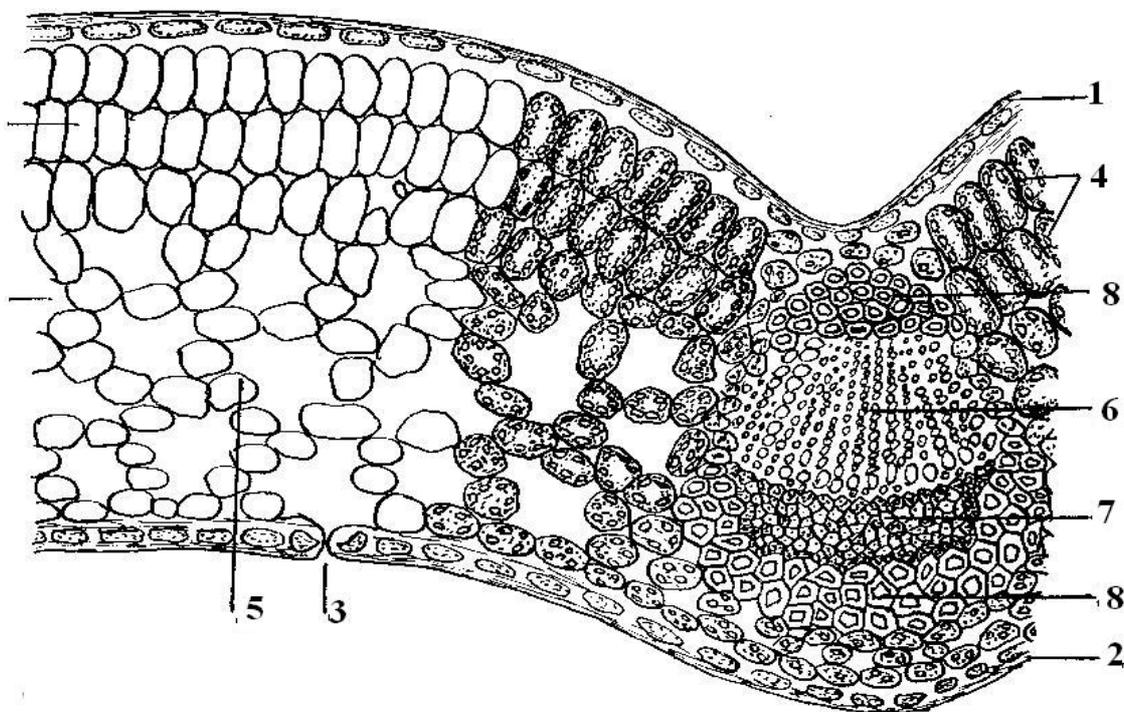


Рисунок 5.1. Анатомическое строение листа камелии японской:

1 – верхний эпидермис; 2 – нижний эпидермис; 3 – устьице; 4 – столбчатый мезофилл; 5 – губчатый мезофилл; 6 – ксилема; 7 – флоэма; 8 – склеренхимная обкладка пучка.

- Снаружи лист покрыт эпидермой. Между верхней и нижней эпидермой находится мезофилл листа – это ассимиляционная паренхимная ткань, которая состоит из клеток, содержащих хлорофилл. По центру лист имеет выпуклую часть, где располагается главная жилка. Между клетками мезофилла на некотором расстоянии друг от друга расположены более мелкие боковые жилки (сосудисто-волокнистые пучки).

- Зарисовать контуры части листа в районе главной жилки и расположение отдельных тканей.

- Перейти к подробному изучению тканей при большом увеличении. Нанести на рисунок детали.

- Верхняя эпидерма листа состоит из живых бесцветных паренхимных клеток, плотно расположенных в один слой. На верхней поверхности клеток есть кутикула. Клетки верхней эпидермы по сравнению с нижней более крупные, с утолщенными наружными стенками и более развитым кутикулярным слоем.

- Клетки нижней эпидермы тонкостенные, среди них располагаются многочисленные устьица.

- Примыкающие к верхней эпидерме клетки мезофилла имеют вытянутую форму, плотно сомкнуты между собой, не имеют межклетников, содержат большое количество хлоропластов. Это столбчатая (палисадная) паренхима, расположена в два слоя. Основная функция этой ткани – фотосинтез.

- Ниже располагается губчатая паренхима, представленная клетками округлой формы с крупными межклетниками между ними. Межклетники связаны между собой и имеют сообщение с внешней средой через устьичные щели, в некоторых клетках можно заметить друзы оксалата кальция, а также крупные разветвленные механические клетки – склереиды (идиобласты). Главная функция этой ткани газообмен и транспирация.

- Строение проводящего пучка лучше рассматривать на главной жилке. На срезе хорошо различается ксилема, обращенная к верхней стороне листа, и примыкающая к ней флоэма, обращенная к нижней стороне.

- Ксилема мощная, состоит из сосудистых элементов, расположенных правильными рядами и некоторого количества древесинной паренхимы.

- Флоэма представлена ситовидными трубками и клетками–спутницами, имеющими тонкие не одревесневшие оболочки и живой протопласт.

- Около проводящего пучка, преимущественно на верхней и нижней его стороне, находятся многоугольные клетки с толстыми одревесневшими стенками, лишенные протопласта – склеренхимные волокна.

- Паренхимная обкладка пучка состоит из одного слоя тонкостенных клеток, не содержащих хлоропластов. Она отделяет пучок от мезофилла. Выше и ниже пучка расположена колленхима, примыкающая к эпидерме. Таким образом, это закрытый коллатеральный сосудисто-волокнистый пучок.

Б) Изучить постоянный микропрепарат поперечного среза листа однодольного растения – ириса германского.

При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать общий план строения ириса германского (Рисунок 5.2).

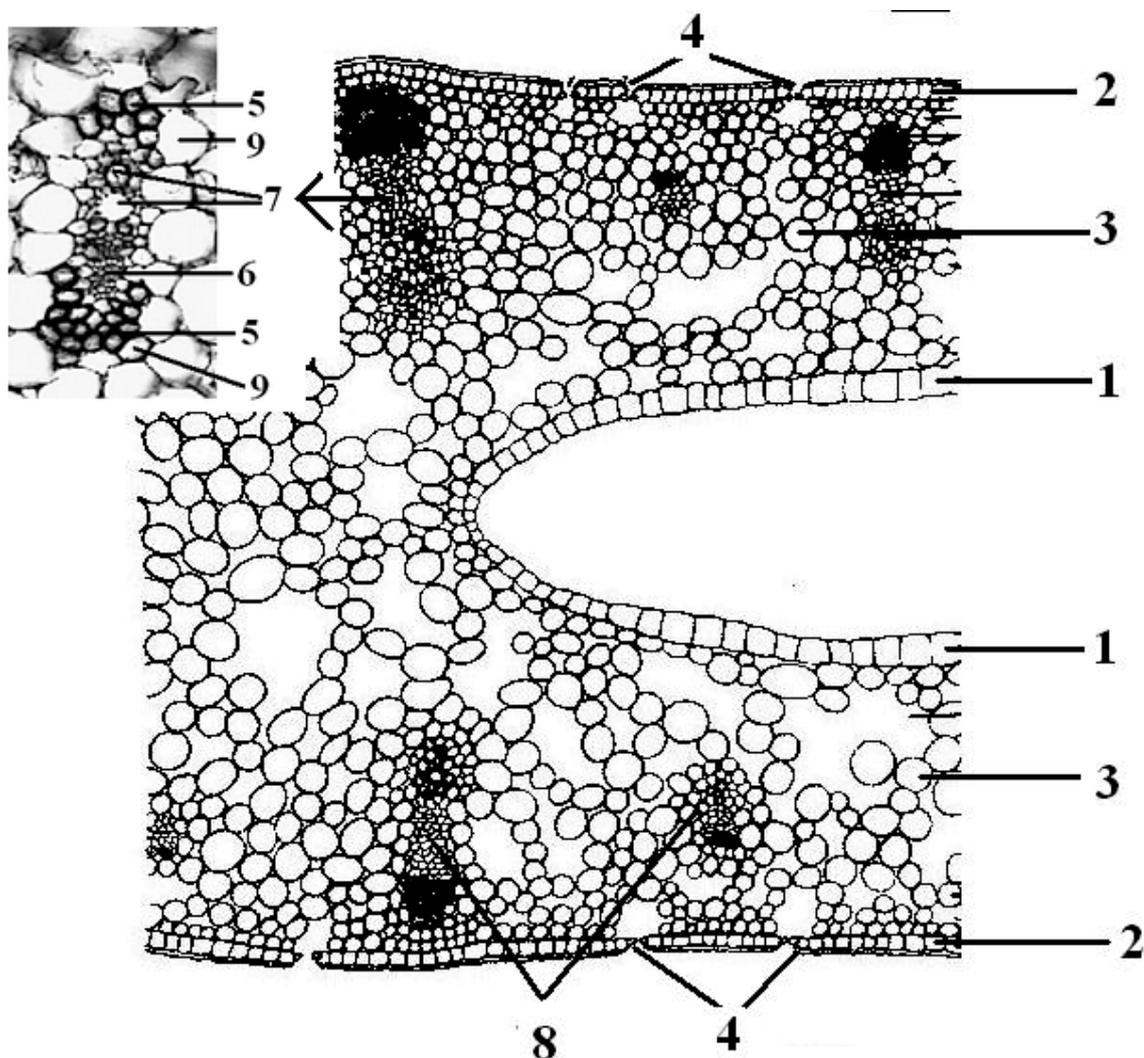


Рисунок 5.2. Анатомическое строение листа ириса германского:
1 – верхний эпидермис; 2 – нижний эпидермис; 3 – однородный мезофилл; 4 – устьица; 5 – склеренхима; 6 – флоэма; 7 – ксилема; 8 – закрытый коллатеральный проводящий пучок, 9 – паренхимная обкладка пучка.

▪ Лист ириса, мечевидный по форме, складывается вдоль жилки так, что морфологически верхняя сторона у него обращена внутрь, а нижняя наружу. Отметить своеобразное расположение нижнего и верхнего эпидермиса. Мезофилл листа однородный, содержит проводящие пучки, расположенные равномерно вдоль оси листа.

▪ Перейти к детальному изучению тканей при большом увеличении. Нанести на рисунок детали.

▪ Эпидермис однослойный. На нижнем эпидермисе видны устьица, а под ними – хорошо развитые воздухоносные полости. Устьице состоит из двух замыкающих клеток, на которых формируются две пары клювовидных вы-

ростов кутикулы. Большая часть стенок замыкающих клеток устьиц сильно утолщена. Внешние стенки клеток нижнего эпидермиса покрыты кутикулой.

- Клетки внутреннего (верхнего) эпидермиса более крупные, тонкостенные, без устьиц и кутикулы.

- Под эпидермисом лежит однородный мезофилл, представленный округлыми тонкостенными клетками, разделенными межклетниками. Ближе к нижнему эпидермису клетки мезофилла богаче хлоропластами.

- В толще мезофилла с обеих сторон листа располагаются закрытые коллатеральные пучки, состоящие из ксилемы и флоэмы. Флоэма граничит с тяжем толстостенных склеренхимных волокон.

Работа 5.2 Анатомическое строение листа голосеменных растений

Задания:

1. Изучить постоянный препарат поперечного листа сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), выявить адаптационные особенности структуры хвои голосеменных растений.

2. Зарисовать поперечный срез хвоинки сосны, обозначить эпидермис, устьица, замыкающие клетки, гиподерму, складчатый мезофилл, эндодерму, флоэму, ксилему, склеренхиму, трансфузионную ткань, смоляные ходы.

Ход работы:

Изучить постоянный микропрепарат поперечного среза листа сосны обыкновенной.

- При малом увеличении микроскопа изучить препарат и зарисовать общий план строения хвои сосны (Рисунок 5.3).

- В поперечном сечении лист сосны полукруглый; морфологически верхняя его сторона плоская, нижняя выпуклая. Хвоя покрыта эпидермой с кутикулой. Под эпидермой располагается гомогенный мезофилл, в котором видны смоляные ходы. Два проводящих пучка занимают центральное положение в хвоинке и разделены слоем механической ткани. Весь пучок окружен специфической трансфузионной тканью.

- Перевести микроскоп на большое увеличение, продолжить подробное изучение структуры хвои, на рисунок нанести детали.

- Эпидерма состоит из одного слоя паренхимных клеток, имеющих утолщенные оболочки и мощный слой кутикулы. Устьица располагаются на обеих сторонах хвои, глубокопогруженные, над ними нависают околоустьичные клетки.

- Гиподерма располагается под эпидермой и представляет собой один ряд клеток механической ткани с утолщенными и одревесневшими оболочками.

- Ассимиляционная ткань представлена складчатой паренхимой, клетки которой однородные, плотно сомкнутые, тонкостенные, оболочки их образуют многочисленные выпячивания для увеличения площади ассимилирующей поверхности. В клетках складчатой паренхимы многочисленные хлоро-

пласты распределены равномерно. В мезофилле просматриваются смоляные ходы.

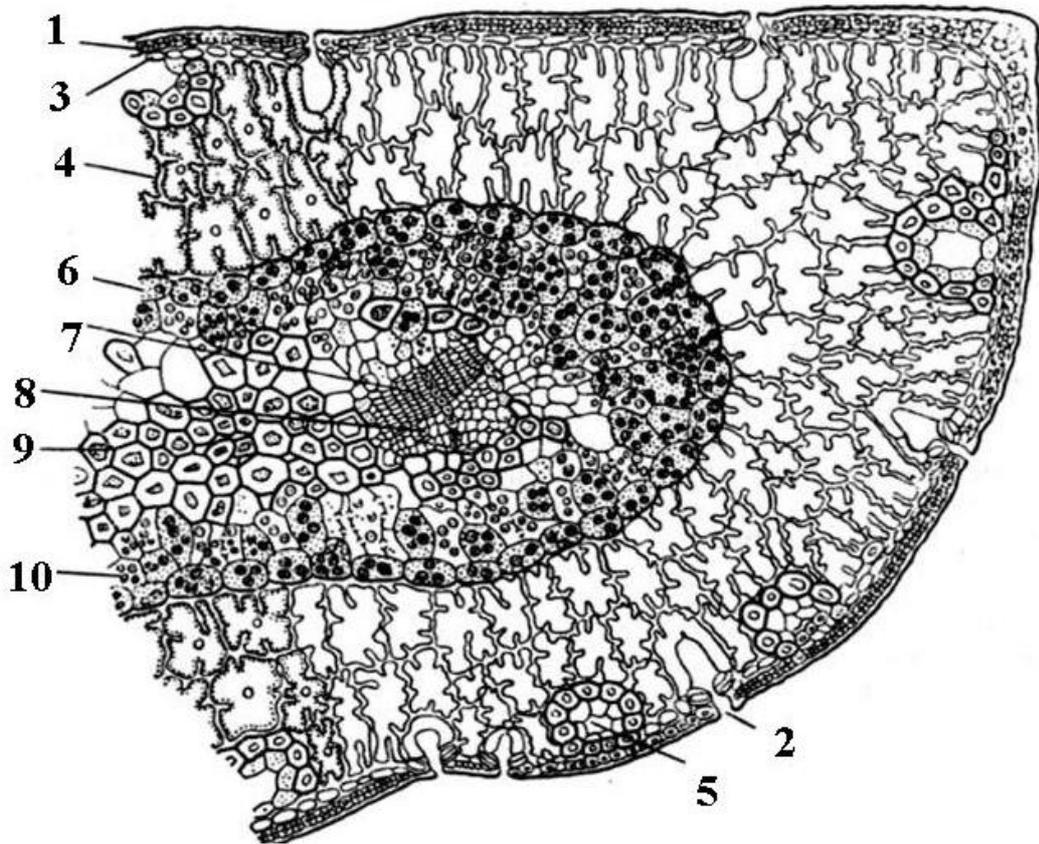


Рисунок 5.3. Поперечный срез хвои сосны:

1 – эпидермис; 2 – устьице; 3 – гиподерма; 4 – складчатый мезофилл; 5 – смоляной ход; 6 – эндодерма; 7 – ксилема; 8 – флоэма; 9 – склеренхима; 10 – трансфузионная ткань.

- Смоляной ход внутри выстлан тонкостенными эпителиальными клетками, выделяющими живицу, а снаружи окружен слоем механической обкладки.

- В центре хвои находится центральный цилиндр с двумя проводящими пучками, окруженный одним рядом тонкостенных живых клеток эндодермы.

- Проводящие пучки состоят из ксилемы и флоэмы. Ксилема обращена к плоской стороне хвои и представлена толстостенными трахеидами. Флоэма состоит из живых тонкостенных ситовидных клеток. Между проводящими пучками хорошо видны склеренхимные волокна.

- Остальное пространство между эндодермой и проводящими пучками заполнено трансфузионной тканью, состоящей из трахеид и паренхимных клеток, осуществляющей связь мезофилла с проводящими пучками.

Работа 5.3 Анатомическое строение листа ксерофитов

Задания:

1. Приготовить временный препарат поперечного среза гелиоморфного листа фикуса каучуконосного (*Ficus elastica*) и листа суккулентного типа

алоэ древовидного (*Aloe arborescens*), изучить особенности адаптации анатомической структуры.

2. Провести сравнительный анализ анатомической структуры листьев гелиоморфного и суккулентного типа.

Ход работы:

А) Изучить временный препарат поперечного среза листа фикуса каучуконосного.

▪ На малом и большом увеличении микроскопа изучить поперечный срез листа фикуса (Рисунок 5.4).

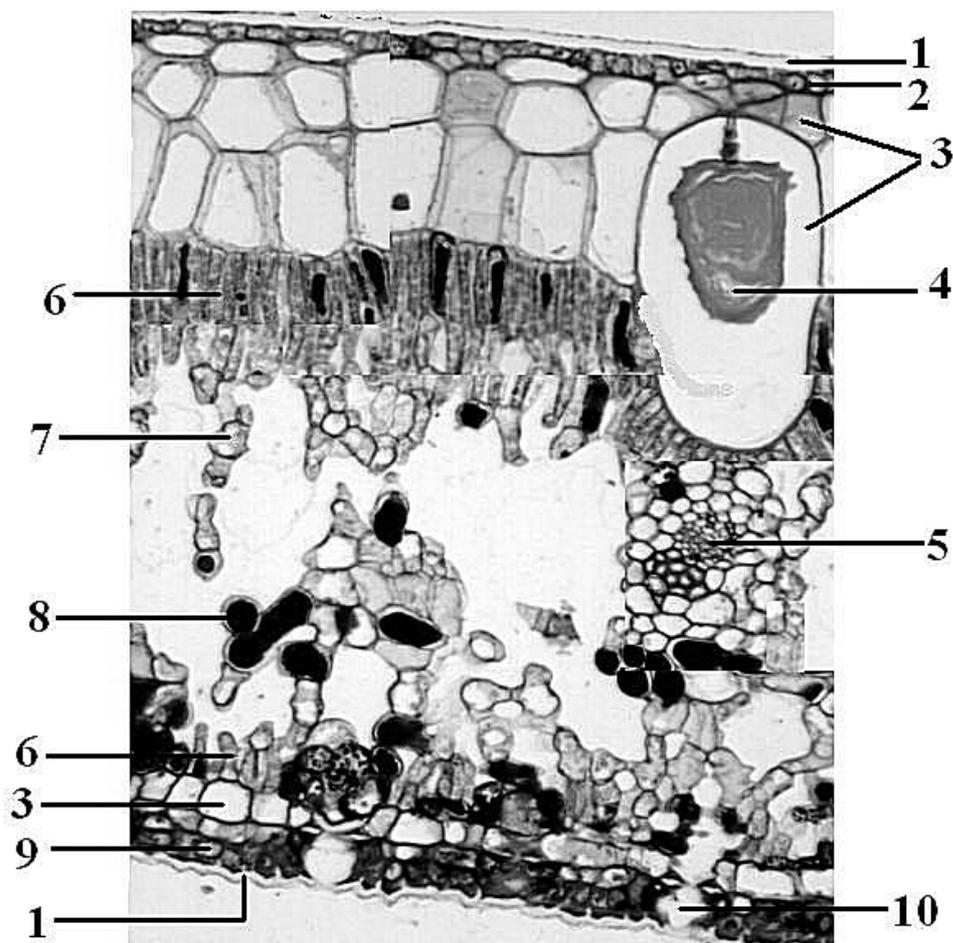


Рисунок 5.4. Анатомическое строение листа фикуса каучуконосного:
1 – кутикула; 2 – верхний эпидермис; 3 – гиподерма; 4 – цистолит; 5 – проводящий пучок; 6 – столбчатый мезофилл; 7 – губчатый мезофилл; 8 – млечники; 9 – нижний эпидермис; 10 – устьице.

▪ Верхняя эпидерма состоит из плотно прилегающих клеток с утолщенными оболочками, снаружи покрыта толстым слоем кутикулы. На нижнем эпидермисе размещаются погруженные устьица. На замыкающих клетках развиты мощные кутикулярные гребни – «клювики», ограничивающие передний и задний дворики. Эпидермальные клетки нависают над устьищем, формируя устьичную ямку.

▪ Под верхним и нижним эпидермисом располагаются 2-3 слоя крупных тонкостенных клеток гиподермы, выполняющей механическую функцию.

- В клетках гиподермы встречается специфическое минеральное образование грушевидной формы, являющееся особым типом утолщения врастающего в полость клеточной оболочки – *цистолит*. Тело цистолита представлено целлюлозой, пропитанная пектинами, углекислым кальцием, кремнием и прикреплено к клеточной оболочке ножкой.

- Хлоренхима дифференцирована на столбчатую, примыкающую к гиподерме с обеих сторон, и губчатую. Палисадный мезофилл представлен вытянутыми вдоль продольной оси клетками с хлоропластами, причем с адаксиальной стороны он состоит из 2 слоев, а с абаксиальной из 1 слоя клеток.

- Средняя часть листовой пластинки занята губчатым мезофиллом, состоящим из многолопастных клеток. Среди клеток губчатого мезофилла проходят млечники.

Б) Изучить временный препарат поперечного среза листа алоэ древовидного.

- На малом и большом увеличении микроскопа изучить поперечный срез листа алоэ (Рисунок 5.5).

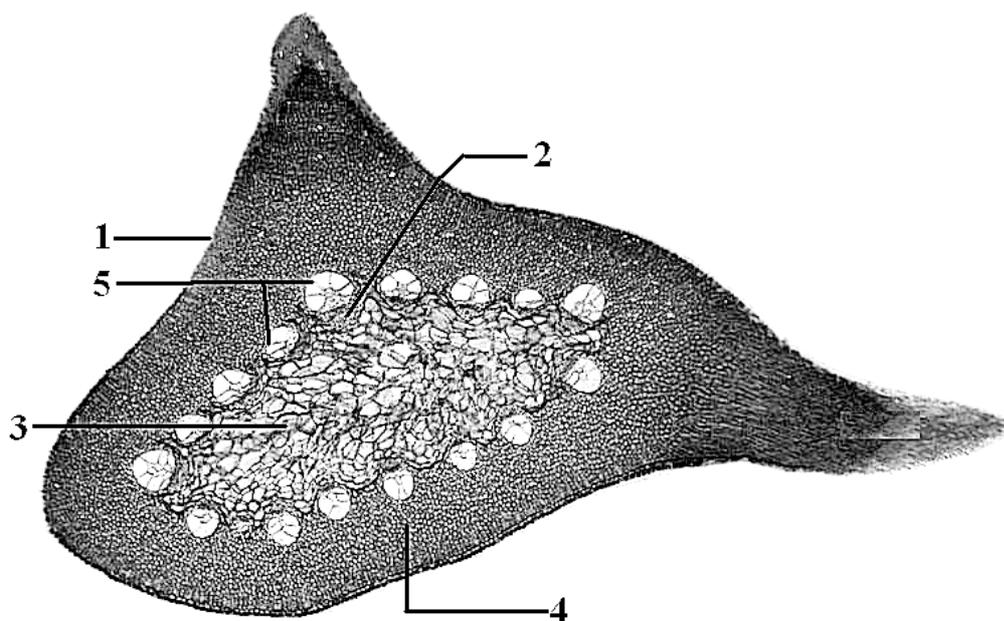


Рисунок 5.5 Анатомическое строение листа алоэ древовидного:

1 – эпидермис с кутикулой; 2 – проводящие пучки; 3 – водоносная паренхима; 4 – хлоренхима; 5 – секреторные клетки.

- Снаружи лист покрыт толстой кутикулой, валиками вздымающейся вокруг устьиц. Эпидерма однослойная, устьица погруженные.

- Мезофилл дифференцирован на 2-4-слойную периферическую зону, представленную мелкими хлорофиллоносными клетками, и центральную зону, состоящую из крупных тонкостенных клеток, запасавших воду, слоистость которых не выражена.

- По границе между зонами мезофилла проходят коллатеральные закрытые пучки, снабженные со стороны флоэмы неполными обкладками из бесцветных паренхимных клеток, а со стороны ксилемы – секреторными клет-

ками. Все пучки обращены флорой к эпидерме, а ксилемой к центральной зоне мезофилла.

Задание для самоконтроля.

1. Провести анализ структурной организации листьев растений разных систематических групп (однодольных, двудольных и голосеменных). Выявить черты сходства и отличия. По результатам заполнить таблицу 1.

Таблица – 1. Сравнительная характеристика анатомической структуры листа растений разных систематических групп

Лист растений	Отличительные признаки			
	Характер размещения устьиц	Тип мезофилла	Количество проводящих пучков, тип	Наличие эндодермы
Однодольные (ирис)				
Двудольные (камелия)				
Хвойные (сосна)				

2. Провести сравнительный анализ структуры гелиоморфных и суккулентных листьев, указать приспособления к условиям обитания. По результатам анализа заполнить таблицу 2.

Таблица – 2. Сравнительная характеристика анатомической структуры листа ксерофитов

Лист растений	Отличительные признаки			
	Эпидермиса, гиподерма	мезофилла	количество проводящих пучков, тип	выделительные ткани
Гелиоморфного типа (фикус)				
Суккулентного типа (алоэ)				

Задания для подготовки к защите лабораторного занятия:

1. Из каких тканей состоит лист двудольного растения? Можно ли по анатомическому строению различить верхнюю и нижнюю стороны листа?
2. В каких тканях листа происходит фотосинтез? Дайте их характеристику.
3. Назовите основные отличия в анатомической структуре листьев однодольных и двудольных растений.
4. Почему устьица двудольных растений находятся в основном на нижней стороне листа?
5. Почему столбчатый мезофилл находится под верхним эпидермисом листа?
6. С чем связаны особенности анатомической структуры листьев хвойных растений?
7. Какие особенности характерны для анатомической структуры гелиоморфных и суккулентных листьев?