

+16

# АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ

РУМЯНЦЕВ Д. Е., ЗАГРЕЕВА А.Б.

Учебно-методическое пособие

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский  
университет), Мытищинский филиал

Румянцев Д. Е., Загреева А.Б.

# АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

Москва  
2021

УДК 581.8

ББК 28.56

А64

**Рецензент:**

*Вахнина Ирина Леонидовна* - кандидат биологических наук, и.о. зав. лабораторией, н.с. лаборатории географии и регионального природопользования Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, старший научный сотрудник Сибирской дендрохронологической лаборатории Сибирского Федерального университета

**Авторы:**

*Румянцев Д. Е.* – доктор биологических наук, профессор кафедры лесоводства, экологии и защиты леса МФ МГТУ им. Баумана

*Загреева А. Б.* – техник кафедры лесоводства, экологии и защиты леса МФ МГТУ им. Баумана

Анатомия растений [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие – Эл. изд. - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 105 с.). - Румянцев Д. Е., Загреева А.Б. 2021. – Режим доступа: <http://scipro.ru/conf/plants25.03.21.pdf>. Сист. требования: Adobe Reader; экран 10'.

ISBN 978-1-005-49856-6

Изложены основные положения современной ботаники, касающиеся раздела «Анатомия растений». Рассматриваются основы цитологии, типы деления клеточного ядра, основные группы растительных тканей, анатомия вегетативных органов (корень, стебель, лист) однодольных и двудольных покрытосеменных растений, хвойных растений.

Для бакалавров направления подготовки 35.03.01 «Лесное дело», направленность подготовки «Лесоводство и защита леса», «Лесовосстановление и лесоразведение», «Лесоустройство и лесоуправление», «Охрана лесов и природных ландшафтов от пожаров».

ISBN 978-1-005-49856-6



© Румянцев Д. Е., Загреева А.Б. 2021

© МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021

© Оформление: издательство НОО Профессиональная наука, 2021

## Содержание

<b><i>Предисловие</i></b> .....	<b>5</b>
1. Основы цитологии .....	6
2. Типы деления клеточного ядра.....	22
3. Группы растительных тканей .....	28
4. Образовательные ткани.....	29
5. Проводящие ткани.....	34
6. Механические ткани .....	37
7. Основные ткани.....	40
8. Покровные ткани .....	43
9. Выделительные ткани.....	50
Лабораторные работы.....	55
<i>Лабораторная работа № 1.</i> .....	55
<i>Лабораторная работа № 2.</i> .....	62
<i>Лабораторная работа № 3.</i> .....	68
<i>Лабораторная работа № 4.</i> .....	80
<i>Лабораторная работа № 5.</i> .....	84
<i>Лабораторная работа № 6.</i> .....	91
<b><i>Библиографический список</i></b> .....	<b>93</b>
<b><i>Вопросы для самоконтроля</i></b> .....	<b>94</b>

## Предисловие

Модуль «Анатомия растений» является одним из сложных разделов дисциплины ботаника и возможно одним из наиболее сложных среди других разделов дисциплин биологического профиля, изучаемых бакалаврами в рамках учебного плана по специальности «Лесное дело». Специфичная терминология, отсутствие базовых «бытовых» знаний по этому разделу делают изучение этого раздела достаточно сложной и ответственной задачей. Практическая значимость получаемых в ходе освоения данного модуля знаний связана с формированием базовых компетенций необходимых, например для полноценного освоения курса «Физиология растений», для понимания закономерностей роста и развития, механизмов формирования устойчивости к абиотическим и абиотическим факторам у древесных и травянистых растений.

Анатомия растений изучает внутреннее их строение, детально исследует ткани и клетки растений с помощью микроскопа. Изучение анатомии растений логично начинать с углубления базовых знаний в области цитологии полученных в рамках школьной программы.

## 1. ОСНОВЫ ЦИТОЛОГИИ

В XVII веке английский врач Роберт Гук, используя микроскоп собственной конструкции, заметил, что пробка и другие растительные ткани состоят из маленьких клеток, разделенных перегородками. Он назвал эти ячейки клетками. В современном значении это слово стали употреблять только 150 лет спустя.

В 1838 году немецкий ботаник Маттиас Шлейден пришел к выводу, что все растительные ткани имеют клеточное строение. На следующий год зоолог Теодор Шванн подтвердил наблюдение Шлейдена на тканях животных и предположил, что клетка – основа жизни.

Созданная этими учеными клеточная теория подразумевает единство всех живых систем и объединяет различные направления биологии. В 1838 году известный патолог Рудольф Вирхов сделал общее заключение, что клетки могут появляться только от других клеток: «Где существует клетка, там должна быть и предшествующая клетка, точно так как животное происходит только от животного, а растение только от растения... Над всеми живыми формами, будь то организмы животных или растений, или их составные части, господствует вечный закон непрерывного развития».

Концепция Вирхова имеет значение с точки зрения теории эволюции. Существует непрерывная связь между современными клетками и организмами, в состав которых они входят, и примитивными клетками, появившимися на Земле 3,5 млрд лет назад.

Все живые организмы, в первую очередь делятся на доклеточные организмы и клеточные организмы. Доклеточные организмы или вирусы представляют простейшую форму жизни на Земле, находящуюся на границе между неживой и живой материей. Вирус состоит из носителя генетической информации - нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки (капсида). В целом, вирусы легче проникают в животные клетки, так как они не имеют жесткой клеточной оболочки. Вирусы, паразитирующие в клетках растений чаще всего, относятся к РНК содержащим вирусам. Вирусы это внутриклеточные паразиты, они развиваются и размножаются только внутри живых клеток. В свободном состоянии все клетки вирусов прочно сохраняют свою жизнеспособность. Вирусная частица прикрепляется к клетке и проникает внутрь. Белковая оболочка вируса разрушается и в клетке остается только вирусная нуклеиновая кислота. Она включается в обмен веществ клетки, направляя всю ее деятельность на производство нуклеиновой кислоты и вирусных белков. Размножившиеся вирусные частицы высвобождаются, что приводит к гибели клетки (рисунок 1).

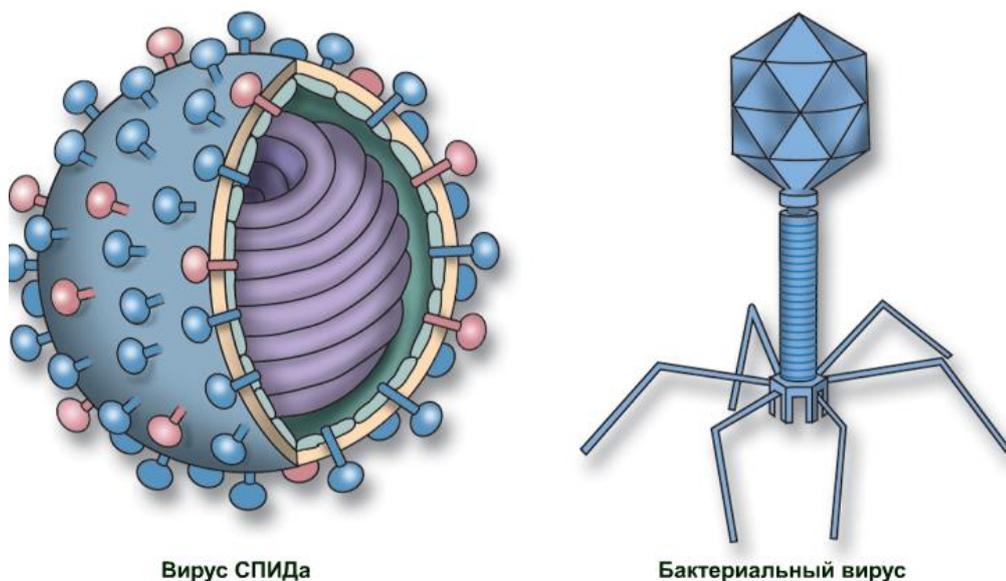


Рисунок 1. Схематическое изображение строения вирусных частиц

Однако иногда генетический аппарат вируса встраивается в генетический аппарат хозяина и далее размножается в месте с клетками хозяина, будучи их частью. Обычно такой особенностью обладают ДНК-содержащие вирусы. Но и РНК-содержащие вирусы (ретровирусы), могут перейти в ДНК-овую форму и включиться в генетический аппарат хозяина. К ретровирусам относится вирус ВИЧ (СПИД), а также ряд онковирусов, вызывающих злокачественное размножение клеток (рак).

Считается, что вирусы имеют двоякое происхождение. Крупные вирусы (например возбудитель черной оспы) представляют собой сверхупрощенные организмы, потерявшие клеточное строение. Другие происходят от элементов генетической программы клеток-хозяев, которые «одичали», то есть приобрели самостоятельность – защитные оболочки и механизмы для проникновения в клетку.

Однако и вирусы не являются самой простой формой организации органических соединений, проявляющих признаки живого: структуру, специфичность, самовоспроизводимость, потребление энергии, обмен веществ. Часть из этих свойств присуща относительно простым органическим соединениям, примером которых являются белки прионы. Прионы способны увеличивать свою численность, используя функции живых клеток (в этом отношении прионы схожи с вирусами). Прион способен катализировать конформационное превращение гомологичного ему нормального клеточного белка в себе подобный (прион). Как правило, при переходе белка в прионное состояние его  $\alpha$ -спирали превращаются в  $\beta$ -слои. Появившиеся в результате такого перехода прионы могут в свою очередь перестраивать новые молекулы белка; таким образом, запускается цепная реакция, в ходе которой образуется огромное количество неправильно свёрнутых молекул.

Прионы — единственные известные инфекционные агенты, размножение которых происходит без участия нуклеиновых кислот.

Все известные клеточные организмы делятся на две большие группы: прокариоты и эукариоты. Основные отличия между ними приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Основные отличия прокариотической и эукариотической клеток

Характерные признаки клетки		
№	прокариотической	эукариотической
1	Размеры составляют 2-3 мкм и как правило не превышают 10 мкм	Размеры варьируют от 10 до 100 мкм
2	Морфологически обособленное ядро отсутствует.	Имеется ядро, окруженное ядерной мембраной
3	Нуклеоид включает ДНК не организованную в хромосомы	ДНК, связанная с белком, организована в носители генов – хромосомы
4	Эндоплазматическая сеть отсутствует	Цитоплазма пронизана эндоплазматической сетью
5	Органоиды отсутствуют (кроме рибосом)	В протопласте имеются внутриклеточные структуры – органоиды
6	Делятся путем образования перетяжки (амитоз) или почкованием (образованием дочерей клетки меньшего размера).	Делятся путем митоза. Хромосомы при этом «расщепляются» продольно (каждая нить ДНК воспроизводит свое подобие) и их «половинки» хроматиды (копии нити ДНК) расходятся к противоположным полюсам клетки. Таким образом, каждая из образующихся затем клеток получает идентичный набор хромосом.
7	Подвижные клетки имеют двигательные приспособления в виде жгутиков или ресничек, состоящих из белка флагеллина.	Подвижные клетки имеют двигательные приспособления в виде ундулиподиев, закрепляющихся с помощью особых телец – кинетосом.

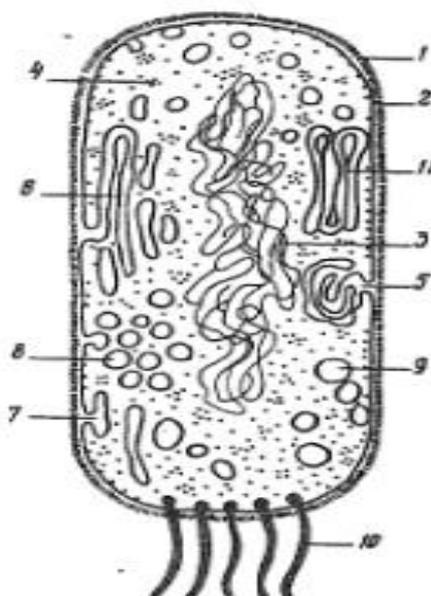


Рисунок 2. Схема строения прокариотической клетки

1 – клеточная стенка; 2 – плазматическая мембрана; 3 – ДНК; 4 – полирибосомы; 5 – лизосома; 6 – ламеллярные структуры; 7 – впячивание плазматической мембраны; 8 – хроматофоры; 9 – вакуоли с включениями; 10 – жгутики; 11 – пластинчатые тилакоиды

Основное отличие прокариот от эукариот заключается в том, что они не имеют оформленного ядра, генетическая информация у них сосредоточена в одной половой молекуле ДНК. У прокариот есть клеточная стенка, в состав которой входит гликопептид муреин. Однако у прокариот группы архебактерий муреин отсутствует.

Архебактерии представляют собой настолько своеобразную группу прокариот, что существует мнение о необходимости рассматривать их в качестве самостоятельного надцарства, равнозначного надцарству прокариот и надцарству эукариот. Например, о существенных отличиях в физиологии прокариот и архебактерий свидетельствует следующий индикатор. Все эукариоты чувствительны к дифтерийному токсину, останавливающему у них синтез белка. Прокариоты к нему нечувствительны, однако архебактерии чувствительны. Также важно, что как у прокариот, так и у эукариот в основе клеточных мембран лежат липиды – эфиры глицерина и жирных кислот. У архебактерий скелет мембраны строится эфирами глицерина и изопреновых углеводов.

Прокариоты — это одноклеточные и колониальные организмы, многоклеточных среди них нет. Исключением являются некоторые формы цианобактерий, среди которых может наблюдаться определенная специализация между клетками: фиксация азота, либо фотосинтез, однако их статус как многоклеточных организмов дискусионен.

У прокариот нет пластид, митохондрий, аппарата Гольджи, эндоплазматической сети и центриолей.

По способу питания прокариоты могут быть автотрофами: хемосинтез, фотосинтез, фоторедукция. Среди них также много гетеротрофов, которые могут быть сапрофитами и паразитами. Для человека прокариоты в первую очередь известны как возбудители опасных заболеваний: чумы, холеры, сифилиса, туберкулеза, сибирской язвы.



Рисунок 3. Клетки кишечной палочки *Escherichia coli*

Эукариоты как правило делятся на три царства: растения, животные и грибы. Основные различия между клетками представителей этих царств приводятся в таблице 2. Микрофотографии клеток представителей трех царств отражены на рисунке 4, 5, 6.

Таблица 2

Отличительные признаки животной, грибной и растительной клетки.

Характерные признаки клетки			
№	животной	грибной	растительной
1	Клеточная оболочка отсутствует	Имеется плотная клеточная оболочка	Имеется плотная клеточная оболочка
2		Основой клеточной оболочки является азотсодержащий полимер хитин	Основой клеточной оболочки является полисахарид целлюлоза
3	Резервное энергетическое вещество – полисахарид гликоген	Резервное энергетическое вещество – полисахарид гликоген	Резервное энергетическое вещество – полисахарид крахмал
4	Пластиды отсутствуют (организмы гетеротрофные)	Пластиды отсутствуют (организмы гетеротрофные)	Всегда имеются пластиды (в большинстве организмы автотрофные)



Рисунок 4. Мицелий гриба Мисор со спорангиеносцами и спорангиями

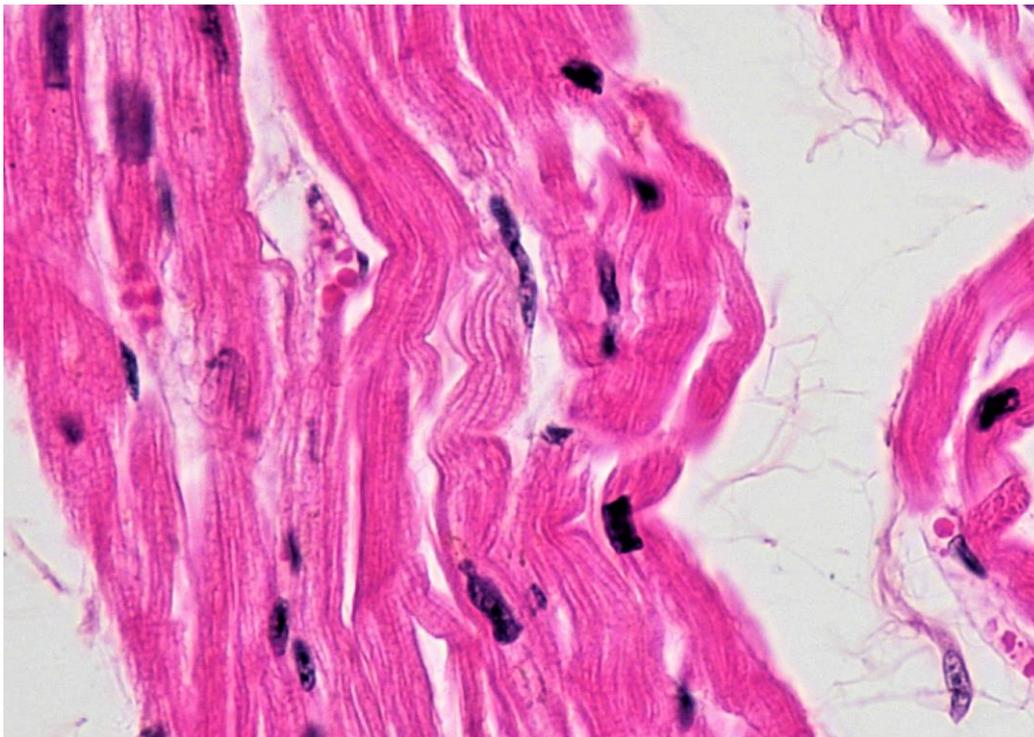


Рисунок 5. Клетки мышечной ткани человека (сердечная мышца)

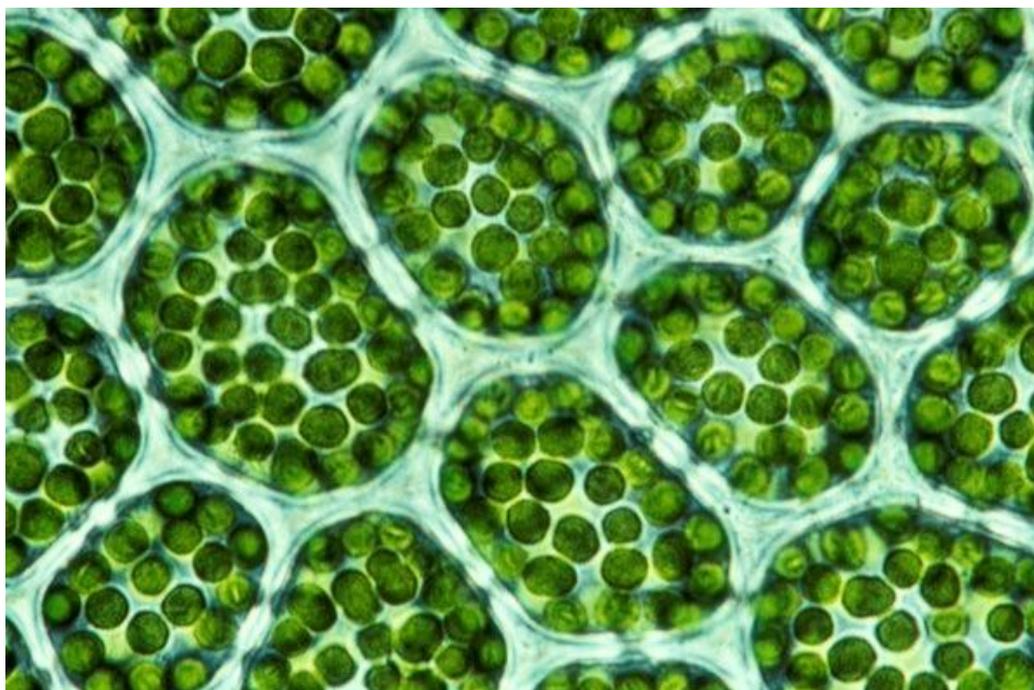


Рисунок 6. Хлоренхима мха *Rhizomnium pseudopunctatum*

Современные представления подразумевают деление эукариот не на три, а на четыре и более царства. В системе из четырех царств выделяются следующие: высшие растения, грибы, многоклеточные животные и простейшие. В царство простейшие в этом случае относят многоклеточные водоросли, «бывшие» грибы группы хитридиомицетов и оомицетов, а также миксомицетов; фораминеры и

радиолярии, амебу эвглену, хламидомоанду, хлореллу, инфузорию туфельку, малярийный плазмодий, и другие подобные им организмы. Объем царства простейшие отличается в трактовке разных авторов, кроме того, оно простейшим образом может быть разделено на два отдельных царства: автотрофные простейшие и гетеротрофные простейшие. Более подробно особенности деления эукариот на царства рассматриваются в рамках модуля «Систематика растений».

Во взрослой растительной клетке выделяют протопласт и его производные: целлюлозную клеточную стенку, вакуоль и включения (рисунок 7).

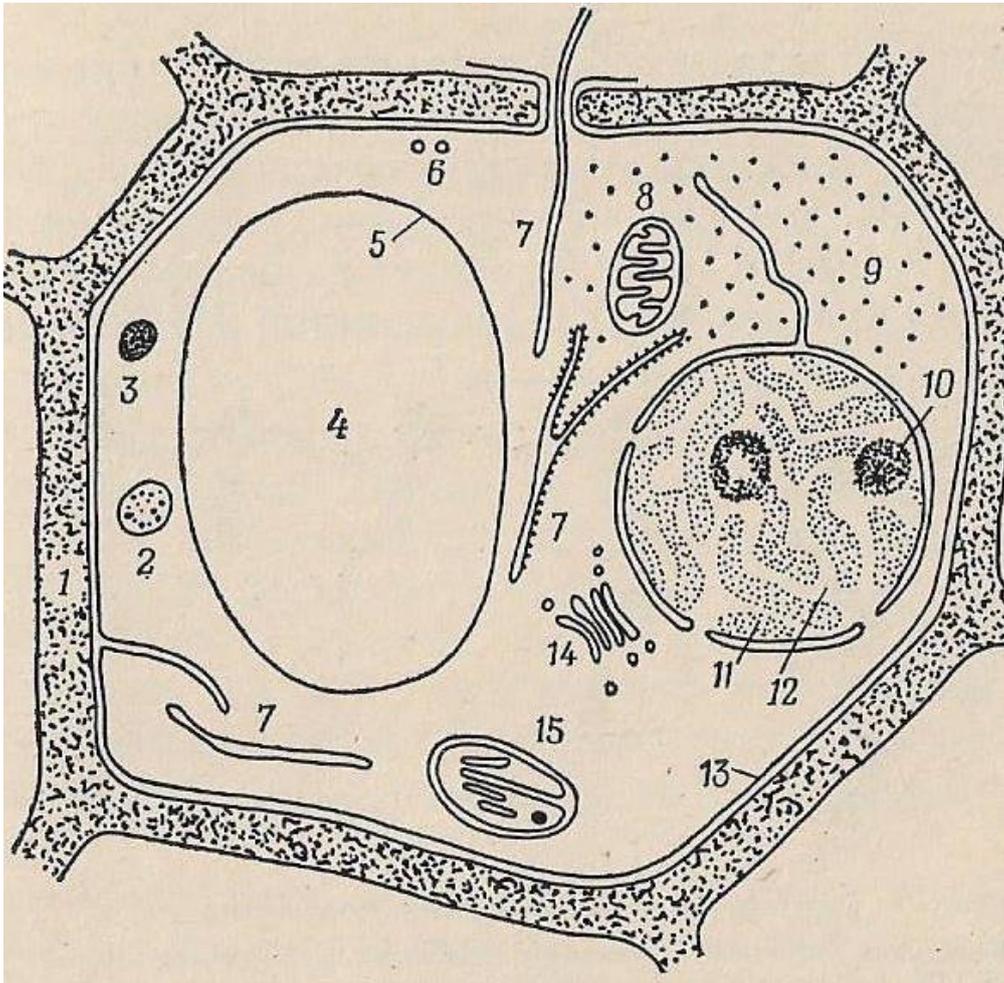


Рисунок 7. Схема строения клетки растения.

1- жесткая клеточная стенка; 2 - рибосома ; 3 - лизосома; 4 - вакуоль; 5 - тонопласт; 6 -пероксисома; 7- гладкая и шероховатая ЭПС; 8 -митохондрия ; 9 -алеироновые зерна ; 10 - ядрышко; 11 - хромосомы; 12 -ядро; 13 - плазмалемма; 14 – аппарат Гольджи ; 15 – хлоропласт

Протопласт- это живое содержание клетки. Он включает в себя цитоплазму и клеточное ядро. В состав цитоплазмы входит гиалоплазма — внутренняя жидкая среда клетки и погруженные в нее клеточные органеллы.

Гиалоплазма — это сложный коллоидный раствор слизистой консистенции. Она содержит до 90% воды, в которой растворены ионы солей. В состав гиалоплазмы входят также растворимые белки, полисахариды, липиды.

Постоянство внутренней среды клетки обеспечивает плазмалемма. Это мембрана, окружающая клетку. Она представляет собой двойной слой фосфолипидов с мозаикой белков, располагающихся на поверхности липидов, свободно «плавающих в липидном озере» или пронизывающих двойной слой липидов насквозь. Общие принципы организации мембран обеспечивают выполнение ими общих функций – опорной, рецепторной, барьерной, транспортной, ферментативной. Плазмалемма содержит транспортные системы для переноса в клетку или из нее определенных веществ, благодаря чему состав цитоплазмы оптимален для жизнедеятельности клетки.

Митохондрии — это двухмембранные органоиды. Внутренняя мембрана митохондрий образует выросты- кристы. Во внутреннем содержимом митохондрий— матриксе, находятся рибосомы, кольцевая молекула ДНК и фосфатные гранулы. При аэробном дыхании на кристах происходит окислительное фосфорилирование и перенос электронов, в матриксе находятся ферменты, участвующие в цикле Кребса и в окислении жирных кислот.

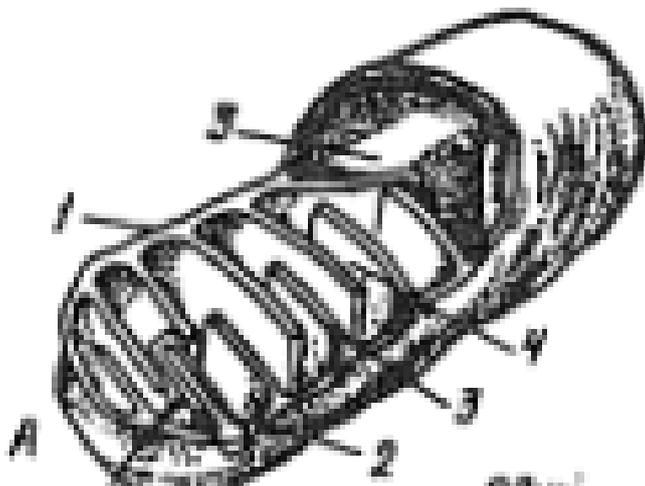


Рисунок 8. Схема ультраструктуры митохондрии. 1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3 – кристы; 4 – митохондриальный матрикс.

Количество, величина, форма, ультраструктура (расположение крист, плотность матрикса) и локализация митохондрий в клетке зависят от интенсивности их функционирования. Обычно митохондрии располагаются вблизи источников энергетических субстратов. Количество митохондрий увеличивается в тех участках клетки, где возникает большая потребность в энергии.

Содержащаяся в митохондриях кольцевая молекула ДНК включает около 16,5 тыс. пар нуклеотидов, однако они не обеспечивают полной генетической автономии

митохондрии. Большая часть необходимых белков и ферментов кодируется ДНК ядра, синтезируется на рибосомах клетки и затем транспортируется в митохондрию. Общее количество митохондриальной ДНК, наследуемой строго по материнской линии, составляет менее 1% по сравнению с ядерной ДНК.

Пластиды представлены хлоропластами, хромопластами и лейкопластами. Хромопласты представляют собой видоизмененные хлоропласты. Сохраняя общий тип строения, хромопласты имеют ряд существенных отличий. Размеры у них меньше, отсутствует внутренняя мембранная система, нет хлорофилла. Цвет хромопластов обусловлен пигментами из группы каротиноидов. Хромопласты обеспечивают желтую, оранжевую и красную окраску лепестков венчиков цветков (что обеспечивает привлечение насекомых опылителей), окраску плодов (что обеспечивает привлечение животных, распространяющих семена), осеннюю окраску листьев.

Лейкопласты - это бесцветные пластиды, запасающие крахмал, белки, масла. Они имеют слабо развитую внутреннюю мембранную систему. Лейкопласты есть в клетках эмбриональных тканей высших растений, в цитоплазме спор и женских гамет, в клетках семян, клубней, корневищ, волосков, в кожице многих однолетних растений.

Все типы пластид генетически связаны между собой, хотя функции их строго специфичны. Исходной формой пластид являются пропластиды, по внешнему виду сходные с митохондриями, но более крупных размеров, удлинённой формы, с неупорядоченным расположением крист.

При созревании плодов хлоропласты превращаются в хромопласты, при выставлении клубней на свет они зеленеют, что связано с превращением лейкопластов в хлоропласты.

Хлоропласт — крупная двухмембранная пластида, в которой протекает фотосинтез. Содержит светочувствительные пигменты: хлорофиллы, каротиноиды и ксантофиллы. Хлоропласт заполнен студенистым веществом — стромой. В ней находится система мембран — тилакоидов, собранных в стопки — граны. В тилакоидах протекает световая фаза фотосинтеза, связанная с синтезом сахаров. Хлоропласты могут превращаться в хромопласты или в лейкопласты.

Подобно митохондриям, хлоропласты имеют собственную ДНК, которая находится в строме и представляет собой кольцевую молекулу, а также рибосомы. Хлоропласты способны самостоятельно синтезировать около сотни белков, которые, в частности, входят в состав рибосом и мембран тилакоидов. Однако автономия хлоропластов не полная, они нуждаются в белках синтезируемых геномом ядра.

В строме хлоропластов присутствуют включения в виде капель жира или крахмальных зерен, их структура может нести специфическую информацию о клетке.

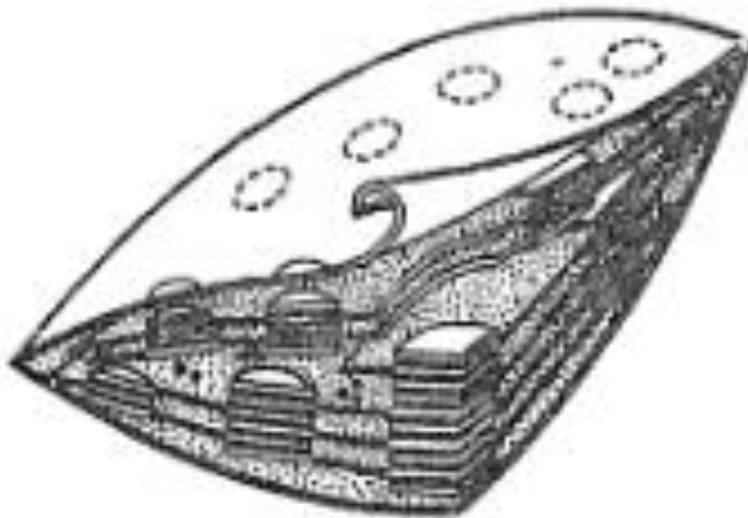


Рисунок 9. Схема строения хлоропласта (ламеллы стромы и граны связаны в единую систему).

Важно подчеркнуть, что в хлоропластах содержатся собственные рибосомы. Рибосомы хлоропластов очень сходны с бактериальными рибосомами, тогда как рибосомы митохондрий несколько больше отличаются от последних поэтому проследить происхождение митохондрий сложнее. Однако сходство между белками дает основание предполагать, что те и другие органеллы произошли от бактерий, вступивших в устойчивый симбиоз (в качестве эндосимбионтов) с какими-то примитивными эукариотическими клетками. Как полагают, митохондриям дали начало пурпурные бактерии, а хлоропластам (позднее) - цианобактерии или близкие к ним организмы. Хотя многие гены этих древних бактерий все еще используются для синтеза белков органеллы, большая их часть по неясным причинам вошла в ядерный геном, где они кодируют ферменты, которые сходны с бактериальными и синтезируются на рибосомах в цитозоле, а затем переходят в органеллу.

Эндоплазматическая сеть — это система уплощенных одномембранных мешочков в виде трубочек и пластинок. Если на поверхности ЭПС имеются рибосомы, они называются шероховатой, при отсутствии рибосом — гладкой. На мембранах шероховатой ЭПС синтезируются белки, на мембранах гладкой углеводы и гликопротеиды. Еще одна важная функция ЭПС заключается в транспорте веществ из одного участка клетки в другой; полости ЭПС служат также местом хранения поступающих в них веществ.

Аппарат Гольджи представляет собой стопку уплощенных одномембранных мешочков. На одном конце стопки мешочки образуются непрерывно, на другом стимулируются в виде пузырьков Гольджи. Аппарат Гольджи участвует в процессе обмена веществ.

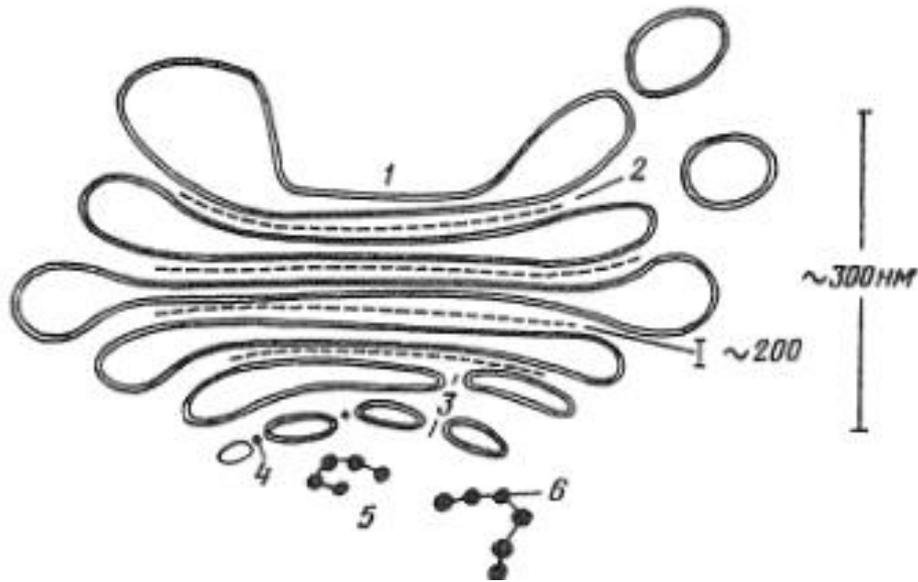


Рисунок 10. Схематическое изображение диктиосом аппарата Гольджи. 1 – дистальный, или секретирующий полюс; 2 – слой основной плазмы; 3 – поры; 4 – гранулы (нуклеопропротеиды); 5 – проксимальный, или формирующий полюс; 6 – рибосомы

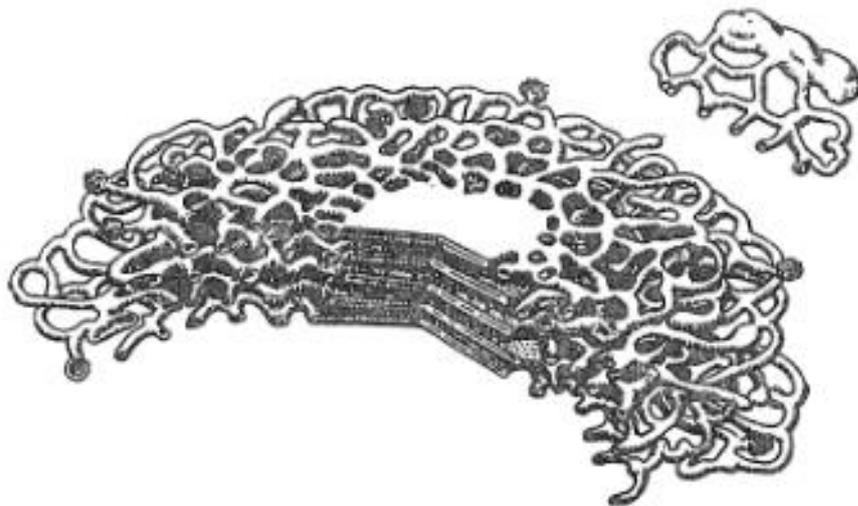


Рисунок 11. Трехмерная модель ультраструктуры комплекса Гольджи

Участие комплекса Гольджи в процессах секреции – это одна из важных его функций. Поступив туда секретлируемые продукты уплотняются, приобретая вид гранул, и окружаются мембранами, накапливаются, а затем перемещаются к плазмалемме и их содержимое выделяется за пределы клетки. Вакуоли, образовавшиеся в комплексе Гольджи могут передвигаться к оболочке клетки и встраиваться в нее, их мембрана сливается с плазмалеммой, и таким образом могут формироваться новые участки клеточной оболочки.

Рибосомы - находятся в цитоплазме, ядре, митохондриях и пластидах в виде мельчайших гранул, выявляемых только на ультратонких срезах под электронным микроскопом. Рибосомы – единственные в клетке без-мембранные органоиды, величина которых колеблется от 17 до 23 нм. Каждая клетка содержит десятки и сотни тысяч рибосом. Располагаются рибосомы поодиночке либо группами, образуя полирибосомы (полисомы), где отдельные рибосомы связаны нитевидной молекулой информационной РНК (рибонуклеиновой кислоты). Рибосомы эукариотических клеток состоят из двух неравных по величине субъединиц: большой и малой. В состав рибосом эукариот входит четыре молекулы рибосом-ной РНК и белки. Молекулы рибосомной РНК образуют структурный каркас, с определенными участками которого связаны белки (каждый из белков рибосомы представлен в ней одной молекулой), которых в составе рибосом эукариот насчитывается около ста видов. Формирование субъединиц рибосом происходит в ядре, сборка – в цитоплазме на молекуле информационной РНК, несущей информацию о первичной структуре белка. Рибосомы (точнее, полисомы) – это органоиды осуществляющие биосинтез белка из аминокислот. Часть рибосом связана белками большой субъединицы с эндоплазматической сетью. Эти рибосомы синтезируют белки, поступающие в комплекс Гольджи и секретирующиеся клеткой. Рибосомы, расположенные в гиалоплазме, синтезируют белки для собственных нужд клетки.

Лизосомы – это мембранные органеллы округлой или овальной формы, различного размера, содержащие набор ферментов – гидролаз. Лизосомные гидролазы способны расщеплять все основные соединения клетки – белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды и др. В норме мембраны лизосом препятствуют проникновению гидролаз в цитоплазму, предохраняя клетку от саморазрушения. Лизосомные ферменты синтезируются на рибосомах, связанных с мембранами ЭПС по его канальцам либо в отпочковавшихся от них мелких пузырьках поступают в комплекс Гольджи. В нем лизосомные гидролазы модифицируются и соединяются с синтезированными здесь сложными углеводами. Углеводный компонент – один из факторов, обеспечивающих неактивное состояние ферментов первичных лизосом. В комплексе Гольджи также формируются мембраны, ограничивающие лизосомы.

Пероксисомы представляют собой пузырьки 0,2 -0,5 мкм, ограниченные мембраной. В их состав входят ферменты, катализирующие процесс образования и разложения перекиси водорода. Пероксисомы могут содержать ферменты, контролирующие превращение жиров в сахара, расщепляющие мочевую кислоту и др. Функциональное значение пероксисом определяется входящими в их состав ферментами.

Ядро — самая крупная органелла, заключенная в оболочку из двух мембран. Ядро выполняет функцию хранения, воспроизведения и передачи закодированной в ДНК наследственной информации. В ядре находится хроматин, из которого состоят

хромосомы. Хромосомы представляют собой комплекс между нуклеиновой кислотой ДНК и белками гистонами. Внутри ядра находится особая структура - ядрышко, в нем происходит синтез рибосомальной РНК и биогенез рибосом.

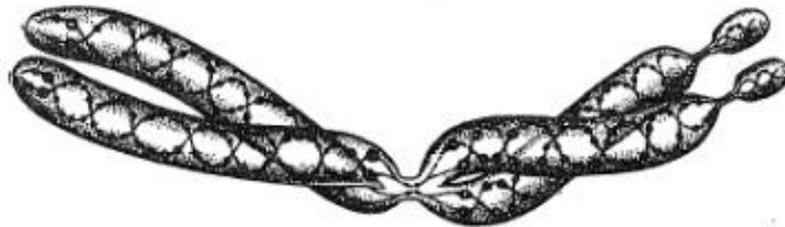


Рисунок 12. Общий вид метацентрической хромосомы со спутником, центромерой, первичной и вторичной перетяжками.

Цитоплазма отделена от клеточной стенки плазмолеммой, а от вакуоли — мембраной тонопластом. Вакуоль заполнена клеточным соком, в состав которого входят минеральные соли, сахара, пигменты, органические кислоты и ферменты. В зрелой растительной клетке вакуоль может занимать до 90% объема. Функция вакуоли заключается, с одной стороны, в накоплении запасных продуктов. С другой стороны — в накоплении продуктов обмена, с третьей стороны - в поддержании тургора и водно- солевого обмена.

Кроме того в растительной клетке содержатся микротельца, микротрубочки, микрофиламенты, жгутики выполняющие комплексные структурные функции.

Жесткая клеточная стенка состоит из целлюлозных микрофибрилл, погруженных в матрикс, содержащий гемицелюлозы и пектиновые вещества. Клеточная стенка обеспечивает сохранение форм клетки, ее механическую опору и защиту протопласта. Наличие клеточной стенки больше других отличает растительные клетки от животных. Между первичными оболочками соседних клеток располагается срединная пластинка, состоящая из пектиновых веществ.

Клеточная стенка в процессе мацерации может подвергаться различным видоизменениям - одревеснению, опробковению, ослизнению, кутинизации, минерализации. Дифференциация многих клеток сопровождается изменением химического состава их оболочек, что придает им специфические свойства, позволяющие выполнять специальные функции.

1. Одревеснение (лигнификация). Связана с отложением в клеточной оболочке лигнина – высокополимерного аморфного, не растворимого в воде вещества фенольной природы. Инкрустируя клеточную оболочку, лигнин вытесняет находящейся между микрофибриллами целлюлозы матрикс. Интенсивность одревеснения разных слоёв клеточной оболочки увеличивается по мере уменьшения в них количества целлюлозы. Наиболее сильно одревесневает срединная пластинка,

которая может накапливать от 60 до 90% всего лигнина оболочки. Лигнифицированная оболочка теряет эластичность, поэтому одревеснение начинается после окончания роста клеток. Оболочка приобретает твёрдость, но становится более хрупкой, что увеличивает её прочность на сжатие, но уменьшает прочность на изгиб. Такие особенности оболочек важны для клеток механических и водопроводящих тканей.

В некоторых случаях наблюдается и обратный процесс - раздревеснения клеточных оболочек, вызываемый как естественными, так и патологическими причинами. Естественное раздревеснение толстостенных трахеид можно наблюдать в процессе созревания плодов айвы. Патологическое раздревеснение может быть следствием деятельности некоторых видов дереворазрушающих грибов, разлагающих лигнин с помощью вырабатываемых ими ферментов.

2. Опробковение (суберинизация). Связано с накоплением в оболочке *суберина*, состоящего, в основном, из насыщенных жирных кислот, в том числе из феллоновой кислоты ( $C_{21}H_{42}(OH)COOH$ ). Суберин устойчив против сильных окислителей, но растворяется в кипящих растворах щелочей. Процесс суберинизации представляет собой отложение во вторичной оболочке пластинок суберина, чередующихся со слоями воска. Суберинизированные оболочки не проницаемы для воды и газов, поэтому опробковевшая клетка быстро отмирает. Суберинизации подвергаются клетки феллемы (внешнего слоя вторичной покровной ткани – перидермы) и эндодермы корня, что связано с защитой растения от потери воды. Нередко этот процесс происходит близ мест повреждения. Опробковевшие клетки создают преграду на пути проникновения в растение гиф паразитических грибов, бактерий и вирусов.

3. Кутинизация. Связана с отложением внутри клеточной стенки и выделением на ее поверхности кутина. В химическом отношении кутин сходен с суберином, но отличается от него составом жирных кислот, среди которых нет феллоновой кислоты. В отличие от суберина кутин не растворяется в концентрированных кипящих щелочах. Кутинизация свойственна наружным стенкам клеток эпидермы, кутинизируются оболочки клеток семенной кожуры, а также стенки клеток ассимиляционной ткани листьев, отграничивающих крупные межклетники и воздухоносные полости. Химические компоненты кутина, синтезируемые протопластом эпидермальных клеток, проходят через их наружную стенку в виде полужидкого продукта. На воздухе они окисляются, полимеризуются и затвердевают, образуя *кутикулу*. На поверхности кутикулы обычно откладывается воск, представляющий собой, как и кутин – липидный компонент клеточной оболочки. Иногда кутин остаётся внутри клеточной оболочки, образуя кутинизированный слой, содержащий, наряду с кутином также целлюлозу, пектиновые вещества и воск. Кутинизация способствует уменьшению транспирации,

однако в отличие от суберина, кутин склонен к некоторому набуханию, поэтому через кутикулу растение всё же теряет некоторое количество воды.

4. Ослизнение. Этот процесс связан с химическим преобразованием целлюлозы, в результате чего образуются углеводы – пентозаны ((C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>)<sub>n</sub>), гексозаны ((C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>) и их производные. Эти вещества не растворимы в спирте, эфире, сероуглероде. В воде они сильно набухают. Так как при набухании разные вещества имеют разную концентрацию, их делят на сильно расплывающиеся *слизи* и более клейкие, вытягивающиеся в нити *камеди*. Чётких различий между ними нет. Сухие слизи и камеди приобретают роговую консистенцию, но при набухании вновь становятся желеобразными.

Ослизнение клеток корневого чехлика выполняет функцию «смазки» при проникновении растущего кончика корня вглубь почвы и усиливает поступление в корень воды. Набухшие семена с ослизневшейся кожурой лучше прикрепляются к почве.

Образование камедей обычно связано с патологическими процессами, при этом химическое перерождение затрагивает не только оболочки, но и протопласты клеток. Камедетечение (гуммоз) наблюдается при механических повреждениях стволов многих плодовых растений (слива, вишня, персик, миндаль и др.), а также некоторых видов акаций и астрагалов. Из аравийской акации промышленно получают камедь, известную под названием гумми – арабик.

5. Минерализация. Процесс минерализации состоит в инкрустации клеточной оболочки химическими веществами, вытесняющими матрикс. Чаще всего в оболочках встречаются кремнезём и соли кальция, в том числе углекислая известь и оксалаты (соли щавелевой кислоты).

#### Основные функции клеточной оболочки.

1. Клеточная оболочка противостоит высокому осмотическому давлению центральной вакуоли и препятствует разрыву клетки.
2. Совокупность клеточных оболочек выполняет роль скелета растения, поддерживающего его форму и придающего ему механическую прочность.
3. Клеточная оболочка защищает протопласт (живое содержимое клетки) от неблагоприятных факторов внешней среды, высыхания и проникновения патогенных микроорганизмов.

Одревеснение клеточных стенок связано с внедрением между молекулами целлюлозы лигнина. Опробковение связано с пропитыванием клеточной стенки жироподобным веществом суберином.

Кутинизации подвергаются обычно клетки эпидермы, она связана с тем, что на поверхности клеток эпидермы откладывается кутин и формируется кутикула.

При минерализации клеточные стенки пропитываются оксалатом кальция или кремнеземом.

При ослизнении происходит превращение целлюлозы и пектина в слизи и камеди. Например, у стеблей вишни камедь выделяется из пораженных участков.

При образовании клетки в процессе митоза формируется первичная клеточная стенка. У некоторых клеток протопласт откладывает на внутреннюю поверхность первичной оболочки еще один слой - вторичную клеточную стенку.

Жизненный цикл клетки складывается из трех главных стадий:

1. в интерфазе, в которой происходит активный рост и функционирование клеток;
2. деления ядра;
3. цитокинеза - то есть процесса разделения цитоплазмы между дочерними клетками.

Деление, при котором сохраняется идентичность хромосомного набора материнских и дочерних клеток называется митозом. Митоз — это основной способ деления соматических клеток. Деление, при котором происходит редукция хромосомного набора от диплоидного к гаплоидному, называется мейозом. Из одной диплоидной клетки образуется четыре гаплоидных. Мейоз у растений наблюдается при образовании новых клеток.

## 2. Типы деления клеточного ядра

Клеточное деление впервые было описано в 1824 г. французскими учеными Ж.-Л. Прево и Ж.-Б. Дюма, которые наблюдали дробление яиц у животных, но их открытие не было оценено по достоинству современниками. Во второй половине 70-х годов XIX века последовала серия работ Э. Страсбургера и его учеников, описавших отдельные фазы деления клетки, В. Флемминга, открывшего различные типы деления ядра и других исследователей, в том числе и российского ученого И.Д. Чистякова. Термин «митоз» принадлежит В. Флеммингу. Деление клетки происходит поэтапно. На каждом этапе деления происходят определенные процессы, которые приводят к удвоению генетического материала и его распределением между дочерними клетками. Период жизни клетки от одного деления до следующего называется клеточным циклом.

Для митоза характерны сложные преобразования ядра клетки, которые сопровождаются формированием специфических структур — хромосом. Хромосомы постоянно присутствуют в клетке, но в период между делениями — интерфазе — находятся в деспирализованном состоянии и поэтому не видны в световом микроскопе. В интерфазе осуществляется подготовка к митозу, в основном заключающаяся в удвоении ДНК.

В период интерфазы в клетке происходит процесс биосинтеза белка, удваиваются важнейшие структуры клетки. Вдоль исходной хромосомы из имеющихся в клетке химических соединений синтезируется ее точная копия, молекула ДНК удваивается. Удвоенная хромосома состоит из двух половинок — хроматид, каждая из которых содержит одну молекулу ДНК. Совокупность процессов, происходящих в период подготовки клетки к делению, а также на протяжении самого митоза, называется митотическим циклом.

После завершения деления, клетка может вступить в период подготовки к синтезу ДНК. В это время в клетке усиленно синтезируется РНК и белки, также повышается активность ферментов, которые участвуют в синтезе ДНК.

Далее же клетка приступает к синтезу ДНК. Две спирали старой ДНК расходятся и каждая становится матрицей для синтеза новых цепей ДНК. В результате же каждая из дочерних молекул включает в себя одну старую спираль и одну новую. Новая молекула идентична старой.

Продолжительность синтеза ДНК в разных клетках различна и колеблется от нескольких минут у бактерий до 6-12 часов в клетках млекопитающих. После завершения синтеза ДНК клетки не начинают сразу же делиться. Процесс митотического деления клетки состоит из четырех фаз: профазы, метафазы, анафазы и телофазы.

В профазе увеличивается объем ядра и клетки в целом, клетка округляется, снижается или же прекращается ее функциональная активность. Центриоли попарно

расходятся к полюсам, хромосомы спирализуются и вследствие этого утолщаются и становятся видимыми. Синтез РНК прекращается и ядрышко исчезает. Между полюсами клетки протягиваются нити веретена деления -- формируется аппарат, который обеспечивает расхождение хромосом к полюсам клетки. На протяжении профазы происходит спирализация хромосом, которые позже становятся толстыми и короткими. В конце ядерная оболочка распадается и хромосомы оказываются рассеянными в цитоплазме.

Спирализация хромосом достигает максимума на этапе метафазы. Укороченные хромосомы устремляются к экватору клетки, располагаясь на равном расстоянии от полюсов. Образуется экваториальная пластинка. На этой стадии митоза видна структура хромосом и их легко сосчитать и изучить индивидуальные особенности.

На стадии метафазы хромосома состоит из двух хроматид, соединенных между собой только в области центромеры, области первичной перетяжки. Во всех соматических клетках любого организма содержится строго определенное число хромосом. Число хромосом организмов, которые относятся к одному виду, одинаково. Число хромосом не зависит от высоты организации и не всегда указывает на филогенетическое родство. Совокупность признаков хромосомного набора (кариотип) -- форма, размеры и число хромосом -- свойственна только одному какому-то виду растений или животных. В соматических клетках число хромосом одинаково парное. Объясняется это тем, что в клетках находятся две одинаковые по форме и размеру хромосомы. Такие хромосомы называются гомологичными. Хромосомный набор соматической клетки носит название двойного, или диплоидного набора, и обозначается  $2n$ . Количество ДНК, соответствующее диплоидному набору хромосом, обозначают  $2c$ . В половые клетки из каждой пары гомологичных хромосом попадает только одна, поэтому хромосомный набор гамет называется одинарным или гаплоидным.

В анафазе вязкость цитоплазмы уменьшается, центромеры разъединяются, после чего хроматиды становятся самостоятельными хромосомами. Нити веретена деления, которые прикреплены к центромерам, тянут хромосомы к полюсам клетки. Таким образом, в анафазе хроматиды удвоенные еще в интерфазе хромосом расходятся к полюсам клетки. В этот момент в клетке находятся два диплоидных набора хромосом ( $4n4c$ ).

В последней стадии — телофазе — хромосомы раскручиваются и деспирализуются. Из мембранных структур цитоплазмы образуется ядерная оболочка.

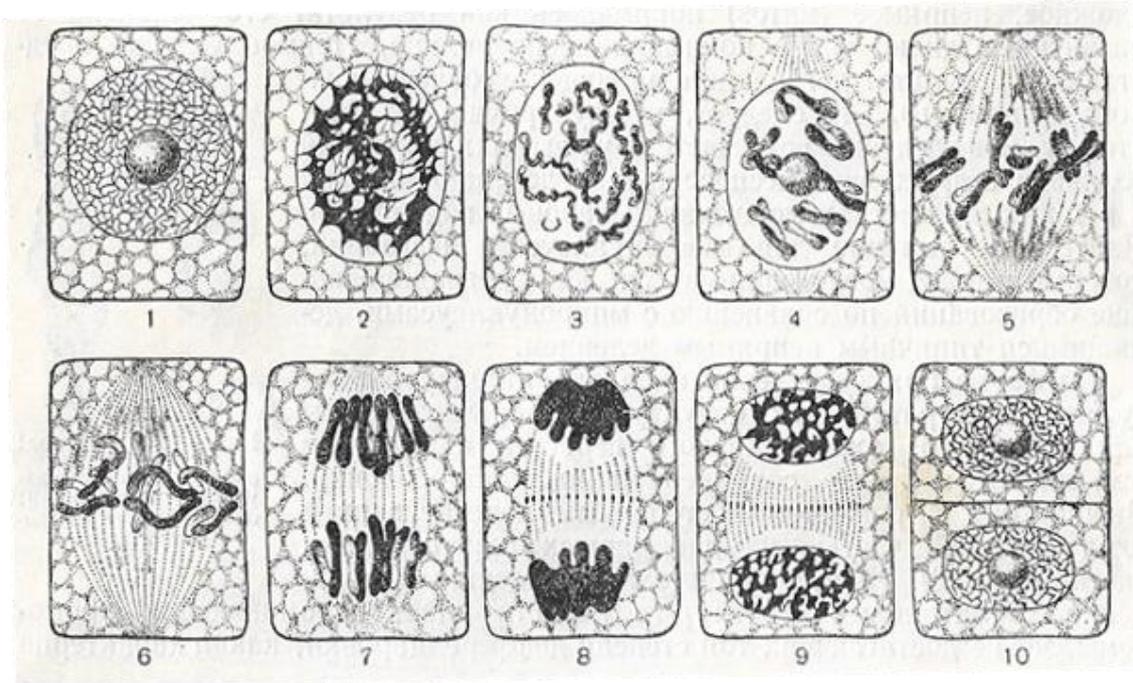


Рисунок 13. Фазы митоза.

1 - интеркинез; 2 – ранняя профаза; 3 – поздняя профаза; 4 - метафаза ; 5 - метафаза; 6 - анафаза; 7 - анафаза; 8 - телофаза; 9 - телофаза; 10 – деление клетки, интеккинез.

Начиная с первого митотического деления оплодотворения яйцеклетки все дочерние клетки, которые образовались в результате митоза, содержат одинаковый набор хромосом и одинаковые гены.

Следовательно, митоз — это способ деления клеток, заключающийся в точном распределении генетического материала между дочерними клетками. В результате митоза обе дочерние клетки получают диплоидный набор хромосом.

В основе полового размножения организмов лежит деление клеток путем мейоза. Половое размножение организмов осуществляется с помощью специализированных клеток, так называемых гамет, – яйцеклетки (яйца) и спермия (сперматозоида). Гаметы, сливаясь, образуют одну клетку – зиготу. Каждая гамета гаплоидна, т.е. имеет по одному набору хромосом. Внутри набора все хромосомы разные, однако каждой хромосоме яйцеклетки соответствует одна из хромосом спермия. Зигота, таким образом, содержит уже пару таких соответствующих друг другу хромосом, которые называют гомологичными. Гомологичные хромосомы сходны, поскольку имеют одни и те же гены или их варианты (аллели), определяющие специфические признаки.

В результате многократных митотических делений из образовавшейся зиготы возникает либо многоклеточный организм, либо многочисленные свободноживущие клетки, как это происходит у обладающих половым размножением простейших и у одноклеточных водорослей.

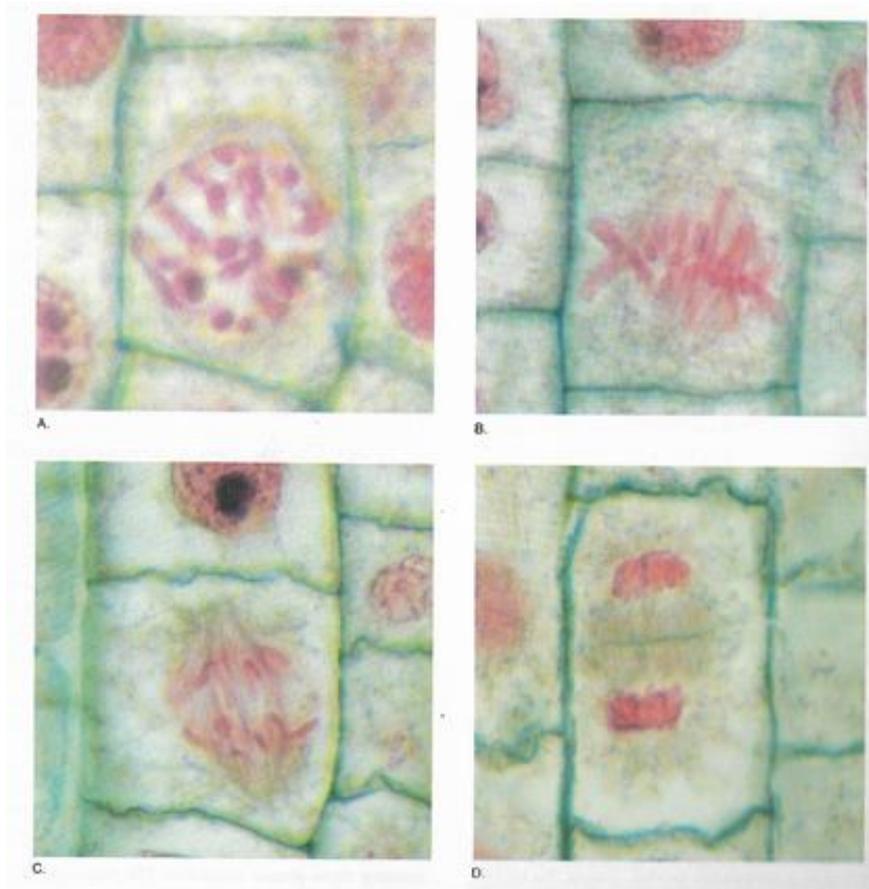


Рисунок 14. Микрофотографии фаз митоза.

A – профаза; B – метафаза; C – анафаза; D – телофаза.

При образовании гамет диплоидный набор хромосом, имевшийся у зиготы, должен наполовину уменьшиться (редуцироваться). Если бы этого не происходило, то в каждом поколении слияние гамет приводило бы к удвоению набора хромосом. Редукция до гаплоидного числа хромосом происходит в результате редукционного деления – так называемого мейоза, который в определенной степени представляет собой модифицированный вариант митоза.

Одни и те же зиготы могут продуцировать гаметы с различными комбинациями аллелей генов и давать начало разным генотипам в потомстве. Мейоз – значительно более сложный процесс, так как включает два последовательных деления. Главное в мейозе то, что хромосомы удваиваются только один раз, тогда как клетка делится дважды, в результате чего происходит редукция числа хромосом и диплоидный набор превращается в гаплоидный. Во время профазы первого деления гомологичные хромосомы конъюгируют, то есть сближаются попарно. В результате этого очень точного процесса каждый ген оказывается напротив своего гомолога на другой хромосоме. Обе хромосомы затем удваиваются, но хроматиды остаются связанными одна с другой общей центромерой.

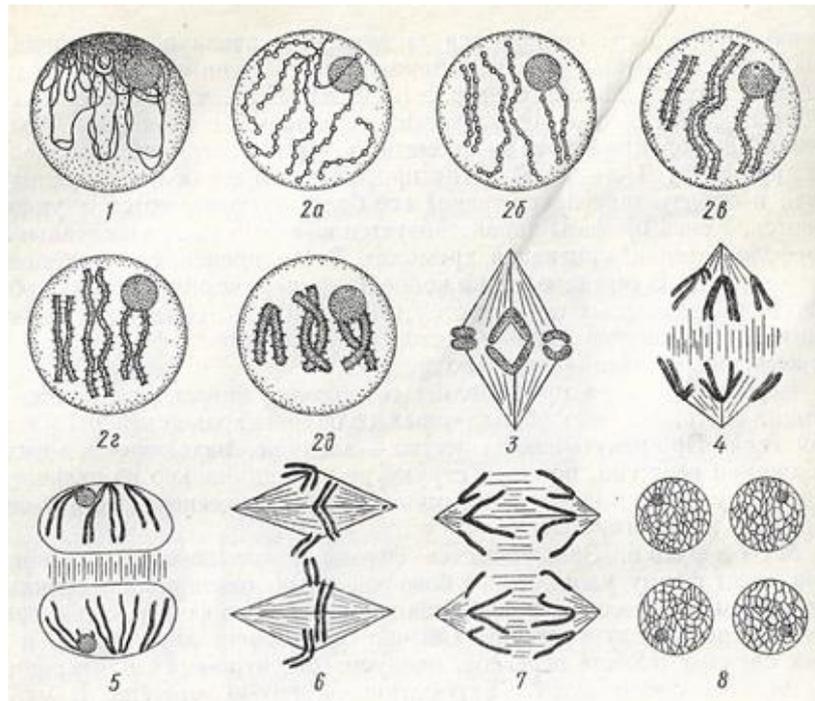


Рисунок 15. Фазы мейоза.

1 - интерфаза; 2а -профаза, лептонема; 2б – профаза, зигонема; 2в – профаза, пахинема; 2г – профаза, зигонема; 2д -профаза, диакинез; 3 - метафаза; 4 - анафаза; 5 – телофаза I; 6 – метафаза II; 7 – анафаза II; 8 – цитокинез (образование тетрады клеток).

В метафазе четыре соединенные хроматиды выстраиваются, образуя экваториальную пластинку, как если бы они были одной удвоенной хромосомой. В противоположность тому, что происходит при митозе, центромеры не делятся. В результате каждая дочерняя клетка получает пару хроматид, все еще связанных центромерой. Во время второго деления хромосомы, уже индивидуальные, опять выстраиваются, образуя, как и в митозе, экваториальную пластинку, но их удвоения при этом делении не происходит. Затем центромеры делятся, и каждая дочерняя клетка получает одну хроматиду.

В результате двух мейотических делений диплоидной клетки образуются четыре клетки. При образовании мужских половых клеток получается четыре спермия примерно одинаковых размеров. При образовании же яйцеклеток деление цитоплазмы происходит очень неравномерно: одна клетка остается крупной, тогда как остальные три настолько малы, что их почти целиком занимает ядро. Эти мелкие клетки, так называемые полярные тельца, служат лишь для размещения избытка хромосом, образовавшихся в результате мейоза. Основная часть цитоплазмы, необходимой для зиготы, остается в одной клетке – яйцеклетке.

Во время конъюгации хроматиды гомологичных хромосом могут разрываться и затем соединяться в новом порядке. Обмен участками гомологичных хромосом называется кроссинговером (перекрестом). Кроссинговер ведет к возникновению новых комбинаций аллелей сцепленных генов. Механизм появления новых генных

комбинаций дополняет эффект независимой сортировки хромосом, происходящей в ходе мейоза. Различие состоит в том, что кроссинговер разделяет гены одной и той же хромосомы, тогда как независимая сортировка разделяет только гены разных хромосом.

Схема, отражающая черты сходства и отличия митоза и мейоза отражена на рисунке 16.

Амитоз – более простой процесс, чем митоз или мейоз. Амитоз у эукариотов встречается довольно редко и более свойственен прокариотам. Это более быстрый и экономичный процесс, чем митоз. Наблюдается при стремительном восстановлении тканей. Амитозом делятся стареющие клетки и клетки ткани, которые в дальнейшем не будут делиться митотическим способом. Чаще всего это группа клеток, выполняющая строго определённые функции.

Термин “амитоз” был предложен гистологом В. Флеммингом, а описан был немецким биологом Р. Ремарком.

При амитозе, в отличие от митоза, ядерная оболочка и ядрышки не разрушаются, веретено деления в ядре не образуются, хромосомы остаются в деспирализованном состоянии, ядро или перешнуровывается или в нём, внешне неизменном, появляется перегородка. Деление клетки как правило не происходит. Обычно амитоз не обеспечивает равномерного деления ядра и отдельных его компонентов.

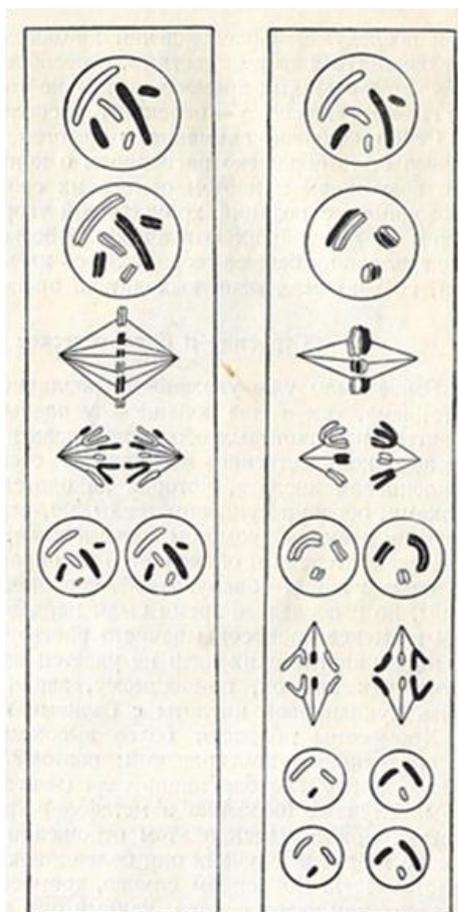


Рисунок 16. Сопоставление митоза и мейоза

### 3. Группы растительных тканей

У большинства высших растений клетки тела неодинаковы по своим функциям, строению и происхождению. Ткани — это системы клеток структурно и функционально сходные друг с другом и обычно имеющие общее происхождение. Иное более развернутое определение: ткани – это устойчивые, то есть закономерно повторяющиеся комплексы клеток, сходные по происхождению, строению и приспособленные к выполнению одной или нескольких функций.

Ткани возникли у высших растений в связи с их выходом на сушу. У примитивных водорослей все клетки одинаковые и лишь намечается дифференциация клеток второго типа. У наиболее сложно устроенных водорослей – бурых водорослей число клеток разного типа не превышает 10. Ткани есть у всех высших растений (кроме печеночных мхов). Наибольшее разнообразие тканей наблюдается у взрослых покрытосеменных растений, у них насчитывается около 80 различных типов клеток, составляющих разные ткани. Существуют различные классификации тканей. Все они достаточно условны и используются преимущественно для удобства обзора и с целью облегчения обучения. Условность связана с тем, что большинство растительных тканей многофункционально, то есть одна и та же ткань может выполнять две или три функции, например поздняя ксилема выполняет одновременно функцию проведения и функцию укрепления.

Чаще всего растительные ткани делят на несколько групп в зависимости от основной функции: образовательные или меристемы; проводящие; основные; механические; покровные; выделительные. Ткани, состоящие из клеток одного типа, получили название простых, а состоящие из разных типов клеток – сложных. Все ткани, за вычетом меристем выделяют в группу постоянных. Также, все ткани разделяются на первичные и вторичные. Первичные ткани формируются в результате деятельности первичных меристем. Вторичные ткани формируются как результат деятельности вторичных меристем.

## 4. Образовательные ткани.

Образовательные ткани благодаря постоянному митотическому делению их клеток обеспечивают образование всех тканей растения. По мере дифференциации зародыша первичные меристемы сохраняются только на верхушке будущего побега (в конусе нарастания) и на кончике корня. Это так называемые верхушечные или апикальные меристемы. Зародыш любого растения состоит из клеток меристемы полностью. Клетки первичной меристемы имеют густую цитоплазму и крупные ядра, вакуолей в них немного и они мелкие.

Первичные меристемы в зависимости от положения в теле растения могут быть:

1. Апикальные или верхушечные. Располагаются на верхушках стеблей и в кончиках корней. Все апикальные меристемы - это первичные меристемы.
2. Латеральные или боковые. Располагаются на периферии органов, на поперечном срезе осевых органов имеют вид колец. К ним относятся прокамбий и перицикл. Не все боковые меристемы первичные, боковые меристемы бывают также вторичными.
3. Вставочные или интеркалярные меристемы. Это первичные меристемы, которые сохранились в виде отдельных участков в зонах активного роста. Например, первичные меристемы находятся в основании черенков листьев, у основания междоузлий злаков. Эти меристемы можно назвать остаточными, поскольку они отделяются от верхушечных меристем, но их преобразование в постоянные ткани задерживается по сравнению с участками стебля, расположенными выше и ниже их.

Вторичные меристемы могут быть либо боковыми, либо раневыми. Боковые вторичные меристемы представлены камбием и феллогеном. Они формируются из промеристем, либо из постоянных тканей путем их дедифференцировки (обратного преобразования в меристему). У многих однодольных растений вторичные меристемы отсутствуют.

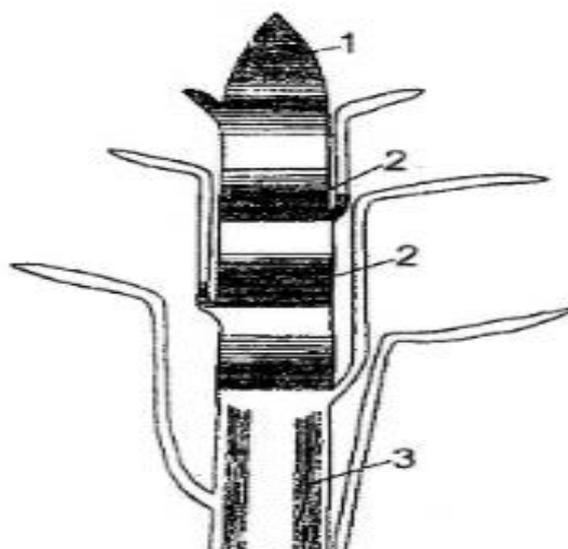


Рисунок 17. Типы меристем по положению в организме растения

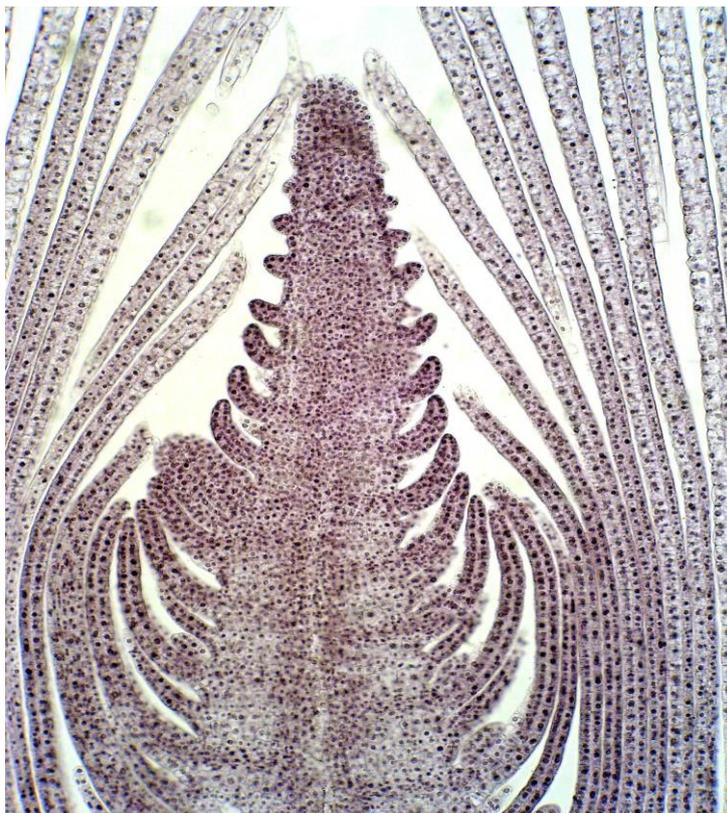


Рисунок 18. Апикальная меристема в конусе нарастания побега

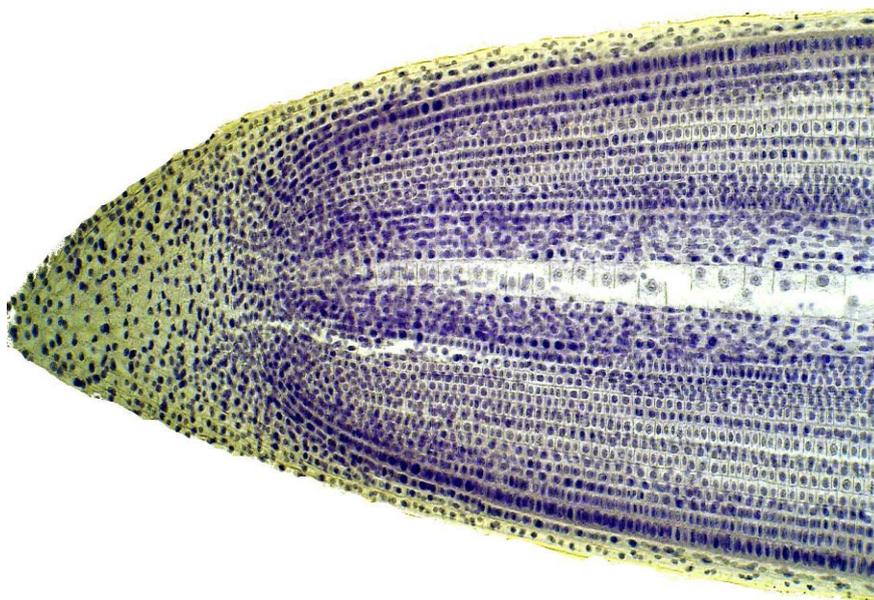


Рисунок 19. Апикальная меристема в кончике корня

Понимание особенностей функционирования камбия является крайне важным для специалистов лесного дела, так как биомасса формируемой в лесу древесины прямо пропорциональна интенсивности митотических делений клеток этой ткани.

Клетки камбия делятся и дифференцируются. Из клеток камбия отложенных наружу развиваются элементы вторичной флоэмы, из отложенных внутрь – элементы вторичной ксилемы. Большинство исследователей рассматривают камбий

как слой клеток, обладающих полипотентными способностями неограниченного числа делений и последующей дифференцировки.

Интенсивность деления клеток в зоне камбия варьирует от когда к году и внутри вегетационного сезона. Интенсивность камбиальных делений в каждом вегетационном сезоне можно оценить измеряя и сопоставляя ширину годичного кольца ксилемы. периодичность работы камбия в умеренных широтах контролируется изменением внешних факторов, сопутствующих сезонам года: теплобеспеченности, количества и качества света и влаги.

Нижним пределом температур, при которых начинается реактивация камбия стволовой части хвойных, следует считать  $+5^{\circ}\text{C}$ , а при  $+10^{\circ}\text{C}$  уже наблюдается активная пролиферация. Максимальные температуры в период вегетации в камбии хвойных достигают  $47-55^{\circ}\text{C}$ . Высокие температуры могут быть причиной перехода камбия в состояние покоя. Аналогичное влияние на камбиальную деятельность оказывает недостаток влаги. В умеренной зоне северного полушария фактором, лимитирующим камбиальную деятельность в первую половину лета выступает температура, а во вторую — количество осадков.

Камбиальная активность зависит и от продолжительности фотопериода. Длинный день считается атрибутом высокой камбиальной активности. Однако в период прекращения деятельности камбия в естественных условиях продолжительность дня в северном полушарии составляет 12-13 часов, то есть столько же, сколько и в начале деятельности камбия. Вероятно, что продолжительность фотопериода лишь частично может регулировать камбиальную активность, тогда как температура и оводненность могут выступать в качестве триггеров, запускающих механизм камбиальных делений.

Для оценки интенсивности камбиальной активности используют дендрометры. На рисунке приведен в качестве примера производимый в Чехии дендрометр DRL26C (рис. 20).



Рисунок 20. Дендрометр DRL26C в рабочем положении

Его использование может давать в реальном режиме времени информацию о наличии водного дефицита в организме растения и необходимости назначения мероприятий по поливу. Пример данных, получаемых в ходе работы прибора приведен на рис. 21.

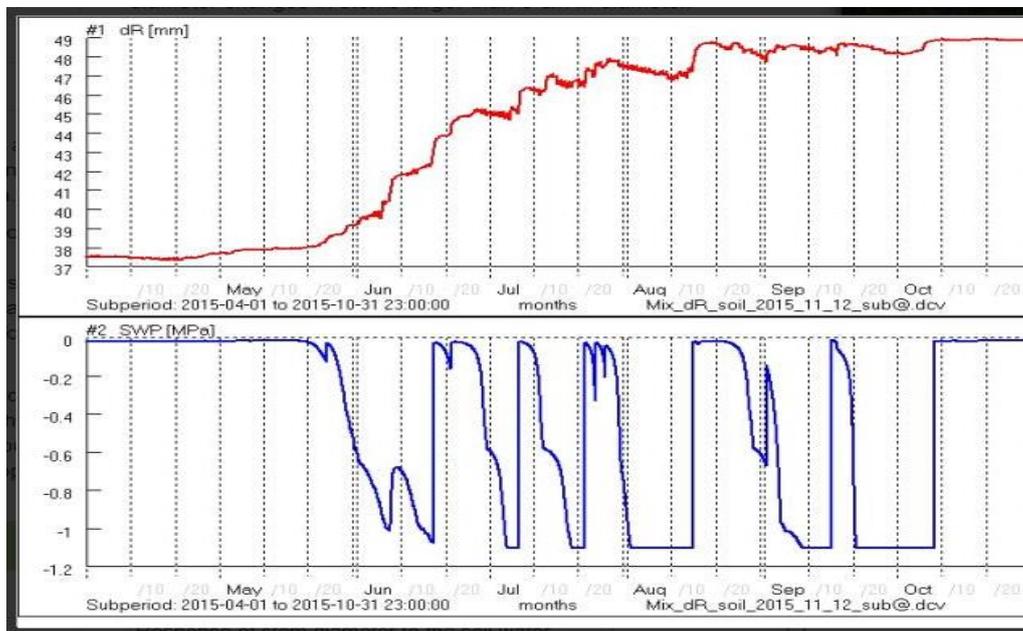


Рисунок 21. Сопоставление данных о динамике роста ствола с данными по динамике почвенной влажности, полученные с помощью дендрометра DRL26C.

Феллоген формируется в результате дедифференциации основных тканей, расположенных под эпидермой. В результате деления феллоген отделяет наружу будущие клетки пробки (феллемы), а внутрь клетки феллодермы. Таким образом тканевый комплекс перидерма включает в себя феллему, феллоген и феллодерму.

Клетки феллодермы живые, обычно хлорофиллоносные. Феллодермы образуются немного: 1-2 слоя клеток. Главным продуктом деятельности феллогена является пробка. В клеточных оболочках пробки откладывается суберин, они становятся почти непроницаемыми для воды и воздуха. Живое содержимое в клетках пробки рано отмирает и полости клеток заполняются воздухом. В клетках пробки у березы содержится в виде белого порошка бетулин. Мощную пробку формирует бархат амурский.

Раневые меристемы образуются при повреждении тканей и органов. Вокруг повреждения живые клетки дедифференцируются, начинают делиться, то есть превращаются в клетки вторичной раневой меристемы. В результате деятельности вторичной раневой меристемы формируется каллюс – плотная защитная ткань, состоящая из паренхимных клеток. Каллюс возникает при прививках, обеспечивая срастание при воя с подвоем в основании черешков. В нем могут закладываться придаточные корни и почки, поэтому он может использоваться для получения культуры изолированных тканей.



Рисунок 22. Формирование каллюса в нижней части черенка.

## 5. Проводящие ткани

Проводящие ткани обеспечивают восходящий и нисходящий ток в растении. Восходящий ток – это ток воды и минеральных солей. Восходящий ток осуществляется по сосудам и трахеидам ксилемы (древесины). Нисходящий ток – ток органических веществ, направляющийся от листьев к корням по ситовидным элементам флоэмы (луба).

Ксилема и флоэма - это сложные ткани, состоящие из проводящих, механических и запасяющих элементов.

Наиболее древними проводящими элементами ксилемы являются трахеиды. Это вытянутые клетки с заостренными концами. Трахеиды имеют поры.

Сосуды представляют собой однорядный продольный тяж клеток, называемых члениками. Благодаря перфорациям между члениками вдоль всего сосуда свободно осуществляется ток жидкости.

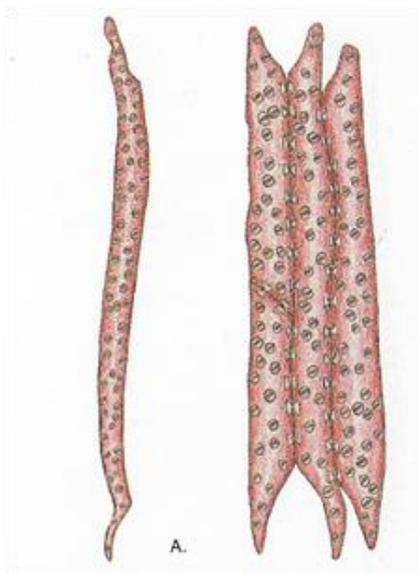


Рисунок 23. Трахеиды

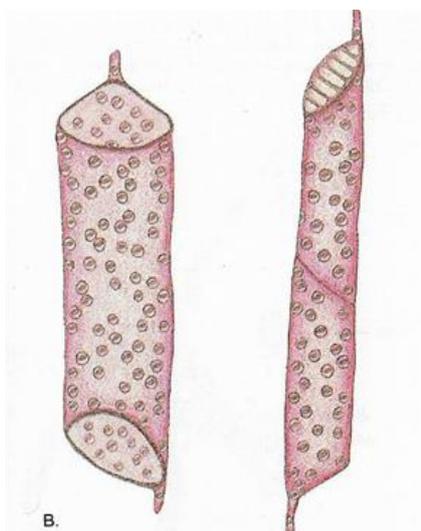


Рисунок 24. Членики сосудов

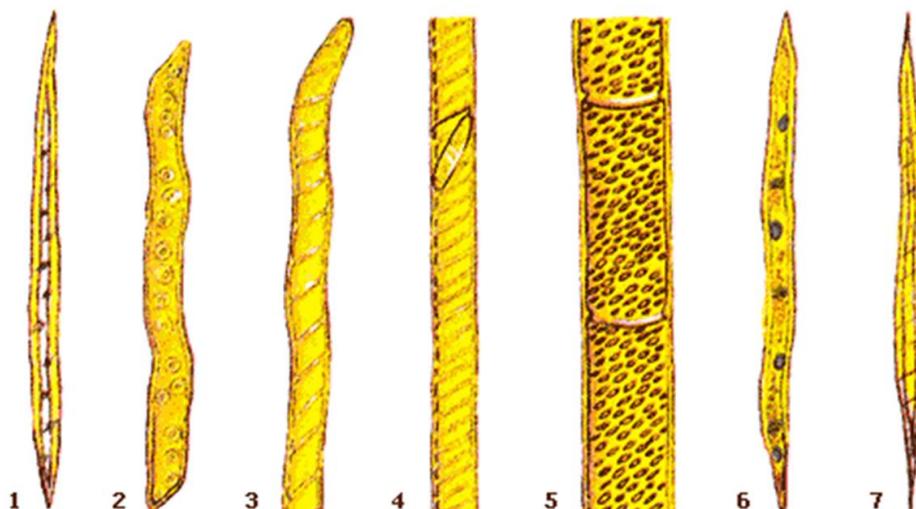


Рисунок 25. 1 - трахеида с щелевыми окаймленными порами, трахеида с окаймленными порами (2), трахеида со спиральным утолщением (3), спиральный сосуд (4), пористый сосуд (5), перегородчатый либриформ (6), либриформ с щелевидными порами (7).

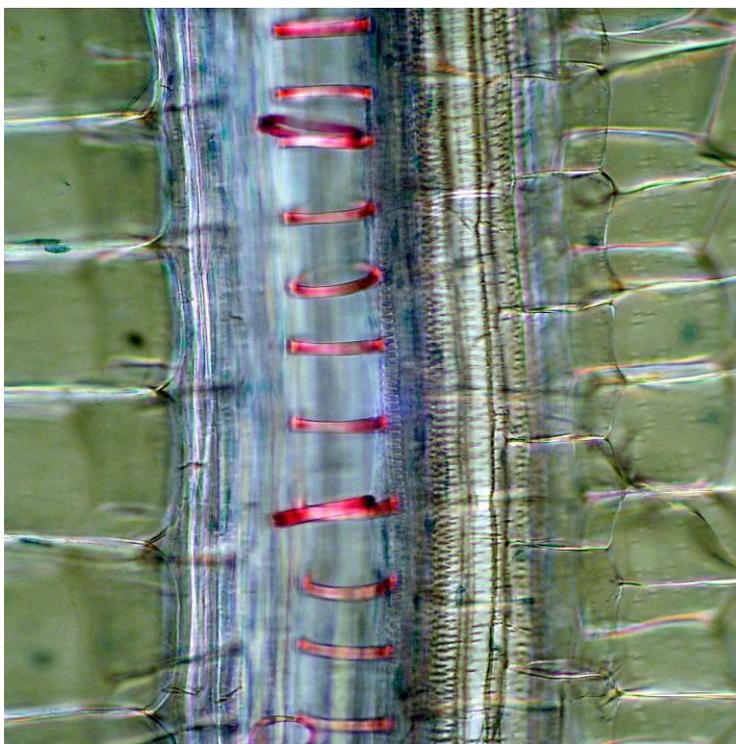


Рисунок 26. Тангентальный разрез древесины липы. Четко различим сосуд со спиральным утолщением клеточной стенки.

Проводящими элементами флоэмы у папоротников, хвощей, плаунов и голосеменных являются ситовидные клетки. У покрытосеменных растений проводящими элементами флоэмы являются ситовидные трубки.

В ситовидных трубках нет ядра, однако каждому членику соответствуют клетки-спутницы, имеющие ядра.

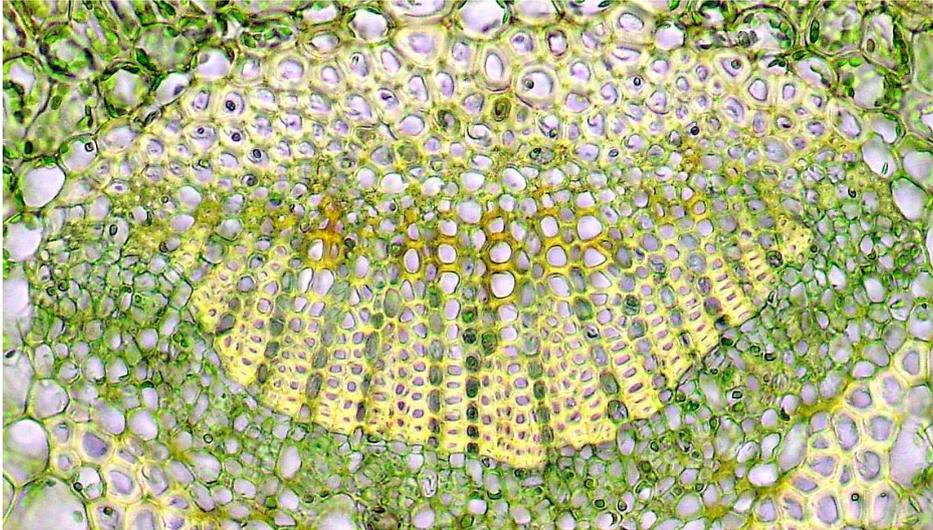


Рисунок 27. Флоэма и ксилема на поперечном разрезе листа камелии

Флоэма и ксилема образуют сосудисто-волокнистые пучки. Они могут быть открытыми и закрытыми. Закрытые состоят из ксилемы и флоэмы, между которыми отсутствует камбий. Поэтому рост пучка невозможен.

Открытые пучки состоят из ксилемы и флоэмы, между которыми есть камбий. Такие пучки могут расти.

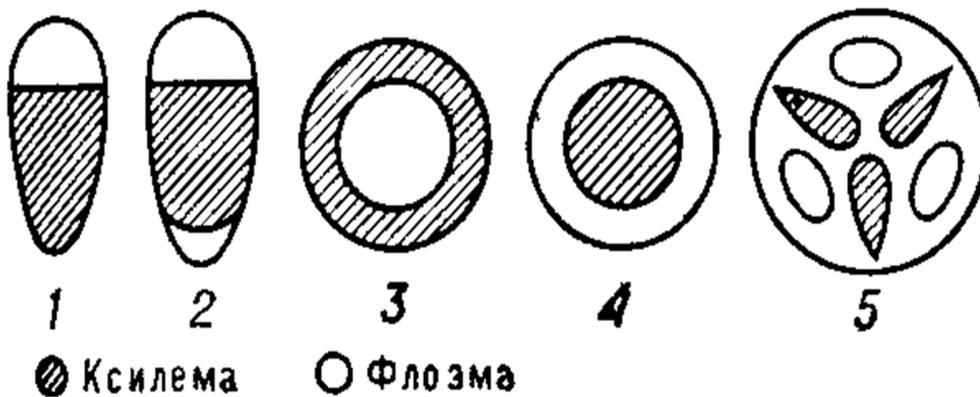


Рисунок 28. Сосудисто-проводящие пучки растений (схема):

1 — коллатеральный; 2 — биколлатеральный; 3 — концентрический (амфивазальный); 4 — концентрический (амфикрибральный); 5 — радиальный.

В зависимости от взаимного положения флоэмы и ксилемы относительно друг друга сосудисто-проводящие пучки могут также по-разному классифицироваться. Если флоэма примыкает к ксилеме с одной стороны – это коллатеральный пучок. Если флоэма примыкает к ксилеме с двух сторон, то такой пучок называют биколлатеральным. Существуют также концентрические пучки, которые могут быть как центрофлоэмными, так и центроксилемными.

Радиальные пучки составлены в основном ксилемой, которая располагается по радиусам. Между лучами ксилемы находятся участки флоэмы.

## 6. Механические ткани

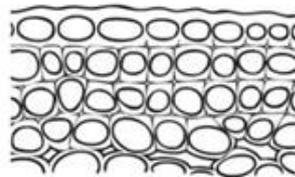
Механические ткани образуют скелет растения и обеспечивают его прочность, вследствие чего растение способно противостоять нагрузкам на растяжение, сжатие и изгиб. Выделяют два основных типа механических тканей: колленхима и склеренхима.

Колленхима является первичной по происхождению тканью, клетки которой имеют неравномерно утолщенные клеточные стенки. Выделяют пластинчатую, рыхлую, уголковую колленхиму. Клеточная стенка колленхимы состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы и пектиновых веществ. Клетки колленхимы живые, содержат хлоропласты, эта ткань обнаруживается только в надземных органах. Колленхима залегает под меристемой на расстоянии одного или нескольких слоев от нее.

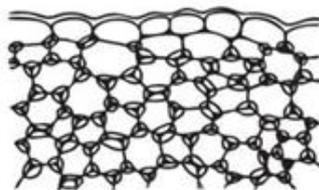
Для уголковой колленхимы типичны клетки в форме вытянутого шестиугольного многогранника.

Уголковая колленхима встречается по периферии стеблей двудольных растений, в черешках листьев и по обеим сторонам крупных жилок листа.

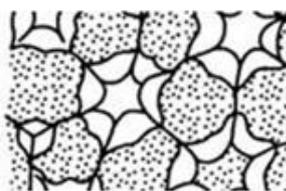
Для пластинчатой колленхимы характерны клетки имеющие форму параллелепипеда. Обычно она встречается в стеблях древесных растений. И уголковая, и пластинчатая колленхима имеют плотно уложенные клетки без межклетников. В отличии от них рыхлая колленхима имеет межклетники и утолщенные клеточные стенки направлены в сторону этих межклетников.



пластинчатая



уголковая

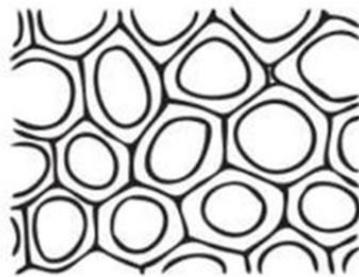


рыхлая

Рисунок 29. Типы колленхимы

Склеренхима состоит из клеток с одревесневшими (пропитанными лигнином) и равномерно утолщенными клеточными стенками. Ядро и цитоплазма в них разрушаются. Склеренхимные волокна образуют ткань состоящую из клеток вытянутой формы, с заостренными концами и поровыми каналами в клеточных стенках. Клетки плотно примыкают друг к другу, и их стенки обладают высокой прочностью. На поперечном срезе клетки многогранны. Если склеренхимные волокна встречаются в древесине – их называют древесинными волокнами (либриформ). Если склеренхимные волокна встречаются в лубе – их называют лубяными волокнами (камбиформ). Лубяные волокна могут быть неодревесневшими (например, в стеблях льна).

Склеренхимные клетки не обладающие формой волокна называют склереидами (например каменистые клетки в плодах груши).



**волокна**



**склереиды**

Рисунок 30. Типы склеренхимы

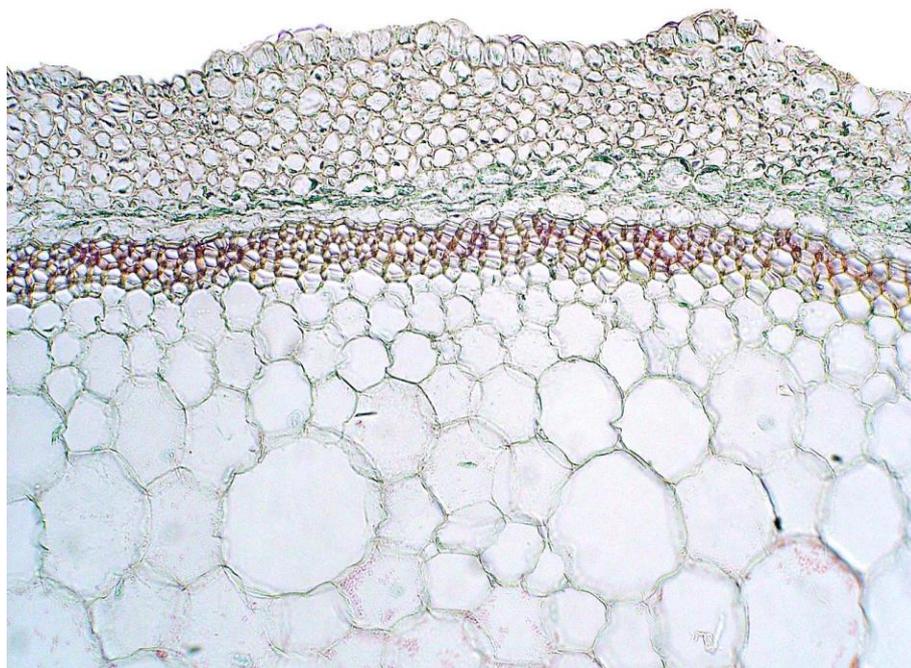


Рисунок 31. Уголковая колленхима в стебле тыквы

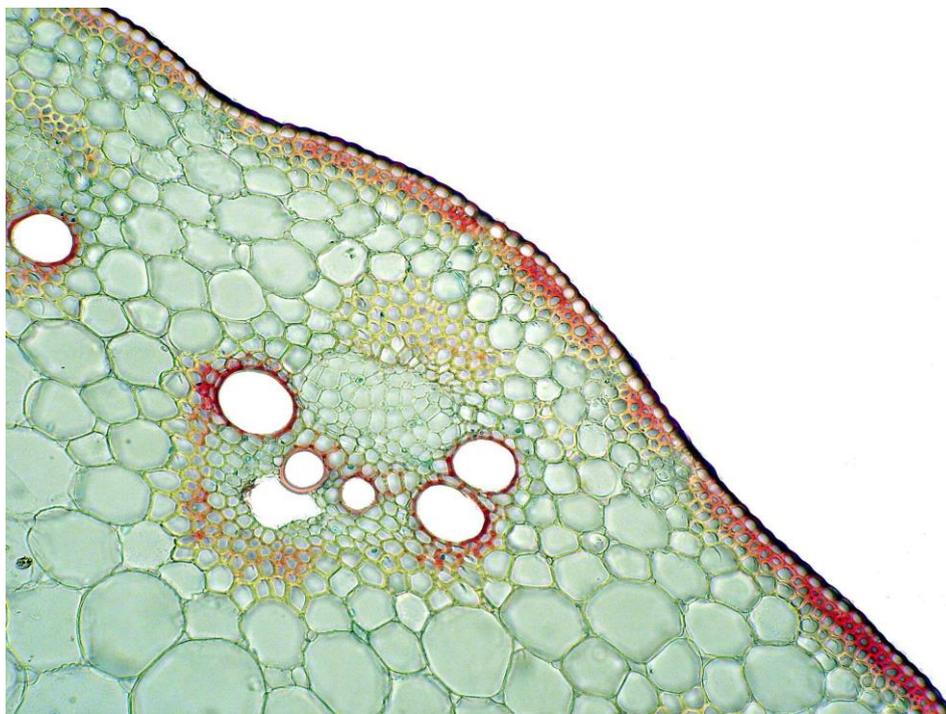


Рисунок 32. Склеренхима в стебле кукурузы

## 7. Основные ткани

Основные ткани составляют большую часть всех органов растений. Они выполняют преимущественно структурную функцию, заполняют промежутки между проводящими и механическими тканями и присутствуют во всех вегетативных и генеративных органах. Они образуются за счет дифференцировки апикальных меристем и состоят из живых паренхимных клеток, разнообразных по строению и функциям. Различают ассимиляционную, запасную, воздухоносную и водоносную паренхиму.

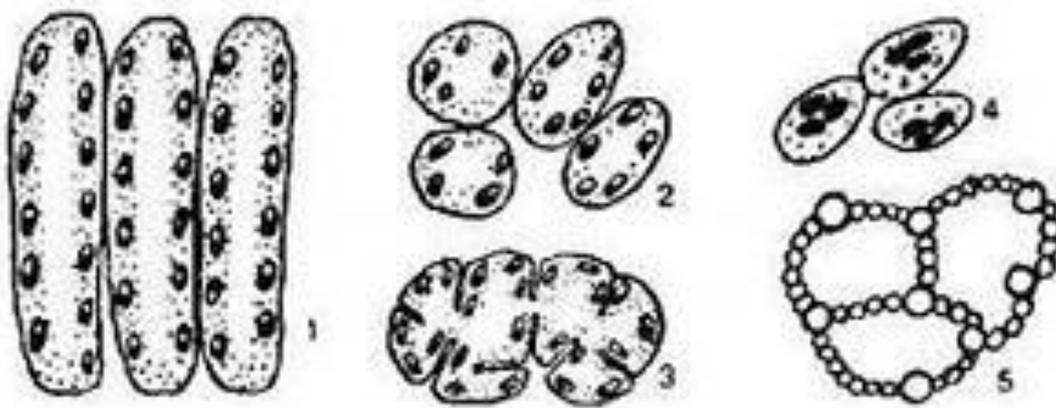


Рисунок 33. Группы основных тканей.

1—3 — хлорофиллоносная (столбчатая, губчатая и складчатая соответственно);  
4—запасная (клетки с зёрнами крахмала); 5 — воздухоносная, или аэренхима

В ассимиляционной (хлорофиллоносной) паренхиме, иначе хлоренхиме осуществляется фотосинтез. Эта ткань присутствует исключительно в наземных органах растений (листьях, молодых побегах, молодых цветках, молодых плодах). В редких случаях хлоренхима может присутствовать в корнях доступных свету (воздушные корни, корни водных растений). Чаще всего хлоренхима залегает непосредственно под эпидермой. Такое расположение обеспечивает хорошее освещение и газообмен через устьица в эпидерме. Запасная паренхима преобладает в стебле, корне, корневище. В клетках этой ткани откладываются запасные вещества: белки, жиры, углеводы. Вообще к запасанию синтезированных веществ способны все живые клетки, формирование запасной ткани диагностируют в том случае, если запасная функция выходит на первый план. В клетках запасной ткани в виде твердых зёрен может откладываться крахмал и запасные белки (алеуроновые зёрна). Сахара могут накапливаться в клетках и в растворенном виде (корнеплоды моркови, сахарной свеклы; луковицы лука). У некоторых растений запасным веществом может служить гемицеллюлоза (например клетки оболочки семян финиковой пальмы).

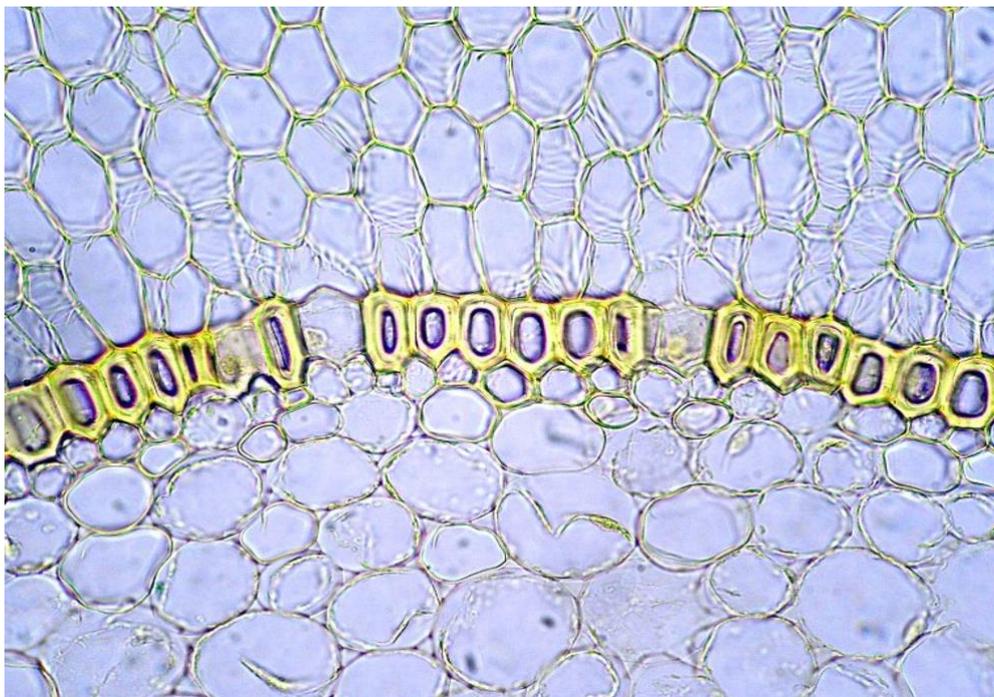


Рисунок 34. Запасающая паренхима в корне орхидеи.

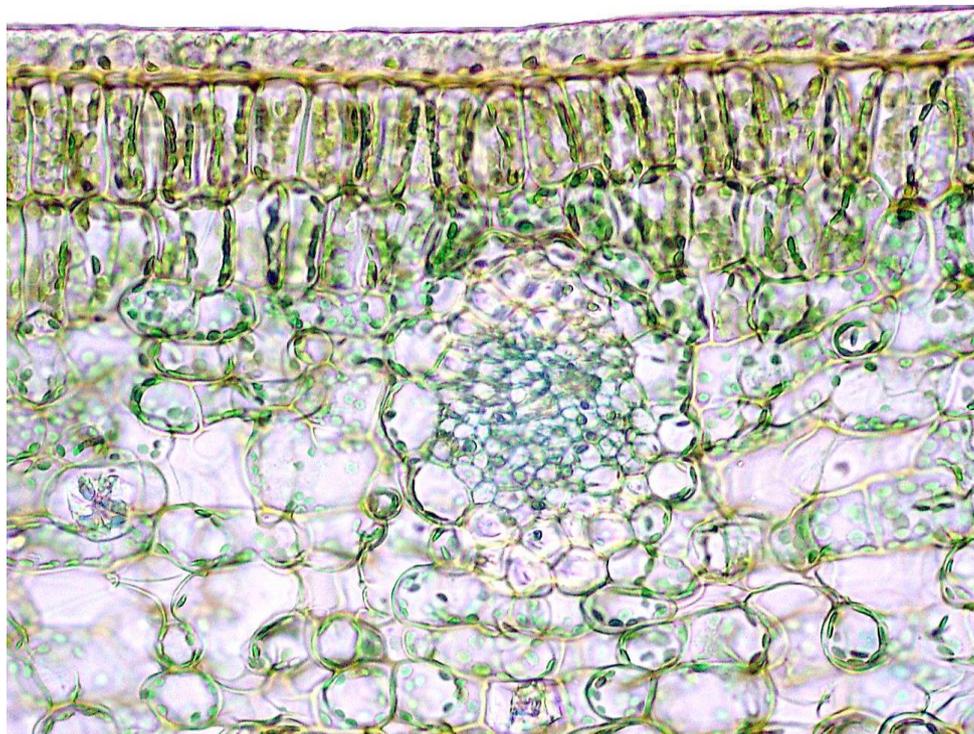


Рисунок 35. Хлорофиллоносная паренхима в листе камелии

Растения, периодически испытывающие недостаток воды, иногда образуют особые запасающие водонесные ткани, состоящие крупных тонкостенных паренхимных клеток. Клетки водоносной паренхимы содержат в вакуолях слизистые вещества, способствующие удержанию влаги. Эти клетки формируются преимущественно у суккулентов. Водозапасающая ткань, состоящая из живых клеток, нередко развивается в листьях и располагается в несколько слоев

непосредственно под эпидермой. Если эти клетки являются производными основной меристемы, водозапасающая ткань составляет гиподерму. При подсыхании листа, клетки гиподермы теряют воду и листовая пластинка становится тоньше, а при восстановлении запаса воды она возвращается в исходное состояние.

Воздухоносная паренхима (аэренхима) состоит из живых клеток и больших воздухоносных полостей (межклетников), представляющих собой резервуары для запаса газообразных веществ. Эти полости окружены клетками хлорофиллоносной или запасающей паренхимы. Аэренхима хорошо развита у водных растений в различных органах и может встречаться у сухопутных видов. Главное назначение аэренхимы – участие в газообмене, а также обеспечение плавучести растений.

## 8. Покровные ткани

Покровные ткани располагаются на границе с внешней средой. Большинство из них состоит из плотно сомкнутых живых, реже мертвых клеток. Они выполняют барьерную роль, защищая внутренние ткани от высыхания и повреждения. Одна из функций покровных тканей - регуляция газообмена и транспирации. Некоторые из них способны к всасыванию и выделению, активно регулируют скорость и избирательность проникновения веществ. Покровные ткани также выполняют функции барьера для проникновения патогенных микроорганизмов. Формирование покровных тканей в качестве самостоятельной группы было особенно важно для растений, вышедших на сушу. В результате деятельности первичных меристем формируются первичные покровные ткани: эпидерма и эпиблема, в результате деятельности вторичной меристемы – феллогена – формируется вторичная покровная ткань – перидерма.

Эпидерма – это первичная покровная ткань побега, покрывающая листья и молодые (зеленые) части стебля. Эпидерма – сложная ткань, так как в ее состав, наряду со сплошным слоем одноклеточных клеток (изредка эпидерма многослойна) входят комплексы, состоящие из различных по форме и функциям клеток: устьица и трихомы. Наружная поверхность клеток эпидермы часто покрыта слоем кутикулы или восковым налетом. Главная функция эпидермы – регуляция газообмена и транспирации, которые осуществляются преимущественно через устьица.

Устьица – высокоспециализированные образования эпидермы, состоящие из двух замыкающих клеток, между которыми имеется своеобразный межклетник – устьичная щель (рисунок).

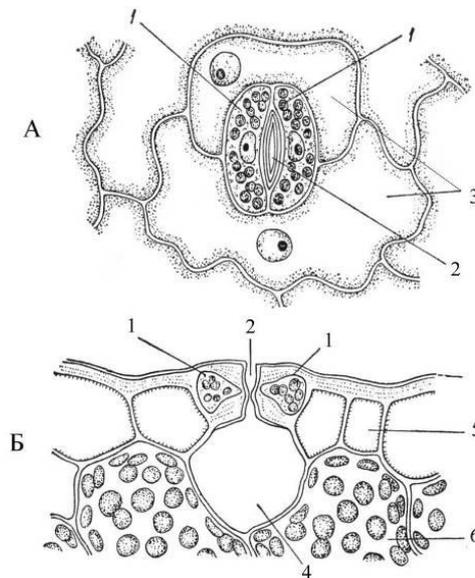


Рисунок 36. Схема строения устьица, А – на поперечном и Б – продольном срезах: 1 – замыкающие клетки; 2 – устьичная щель; 3 – примыкающие клетки; 4 – воздухоносная полость; 5 – клетки эпидермы; 6 – клетки ассимиляционной ткани.

Под щелью располагается дыхательная (воздушная) полость, окруженная клетками листа. Устьичная щель может расширяться и сужаться, регулируя транспирацию и газообмен. Происходит это за счет движения замыкающих клеток, которое обеспечивают примыкающие к ним клетки. Замыкающие и примыкающие к ним побочные клетки в совокупности образуют устьичный аппарат. Число примыкающих клеток, их форма и расположение относительно устьичной щели у разных таксонов растений может быть самым разнообразным (рис. 22). Их изучением занимается специализированный раздел ботаники - стоматография. Данные стоматографии используются в систематике растений. Механизм движения замыкающих клеток сложен и неодинаков у разных видов, но в целом зависит от степени давления на них примыкающих клеток, связанной с явлением осмоса и изменением тургорного давления.

Трихомы – различные по форме, строению и функциям выросты клеток эпидермы: волоски, чешуйки. Они могут быть одноклеточными и многоклеточными (ветвистыми, звездчатыми).

Помимо волосков и чешуек на эпидерме ряда видов имеются железистые трихомы (железки и нектарники) – являющиеся элементами секреторных тканей, а также выросты, называемые эмергенцами (жгучие волоски крапивы, шипы розы, малины и др.). В формировании эмергенцев участвуют не только клетки эпидермы, но и слои клеток, лежащие под ней.

Гиподерма. У некоторых растений под эпидермой расположена особая ткань, основная функция которой – запасание воды. Отчасти она выполняет механическую функцию и защищает органы растения от избыточного испарения. Гиподерма хорошо развита в хвоинках и молодых побегах сосны. Возникает гиподерма независимо от эпидермы.

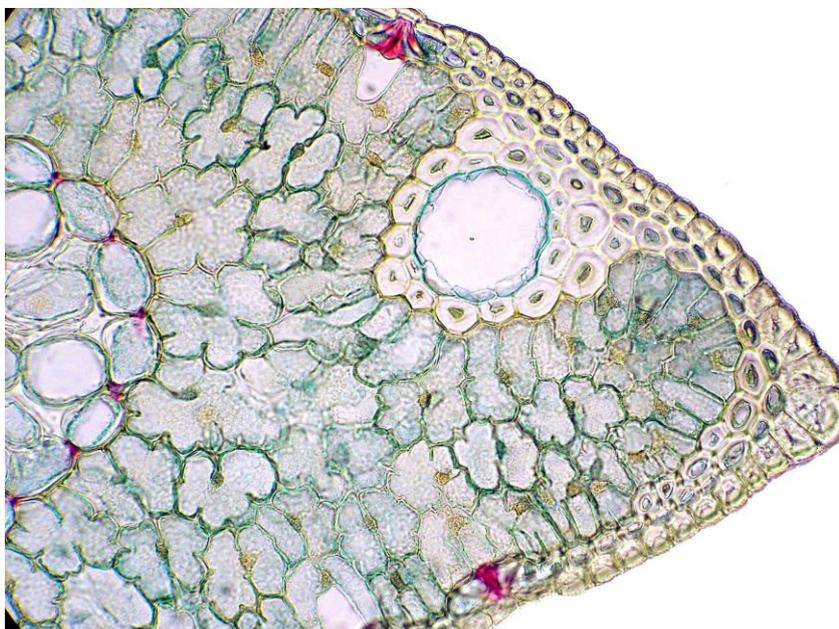


Рисунок 37. Эпидерма и гиподерма в хвое сосны

**Эпиблема.** Это первичная однослойная покровная ткань корня. Возникает она из наружных клеток апикальной меристемы и покрывает молодые корневые окончания. Основная функция эпіблемы- всасывание воды и минеральных солей из почвы. На осуществление процесса всасывания затрачивается энергия, поэтому клетки эпіблемы богаты митохондриями. Каждая клетка эпіблемы способна вытягиваться и образовывать корневой волосок длиной 1–2 мм. Зона эпіблемы с корневыми волосками называется ризодерма.

Эпіблема недолговечна, в зоне проведения она довольно быстро сдувается и функцию защитной покровной ткани начинает выполнять лежащая под ней экзодерма – наружный слой клеток первичной коры.

**Перидерма.** Это сложная, многослойная вторичная покровная ткань, сменяющая первичные покровные ткани осевых органов у древесных форм голосеменных и двудольных растений.

В основе перидермы лежит вторичная меристема – феллоген (пробковый камбий.) В процессе формирования перидермы делящиеся клетки феллогена дифференцируются: наружу откладываются клетки пробки (феллемы), внутрь – живые паренхимные клетки феллодермы (рис. 23).

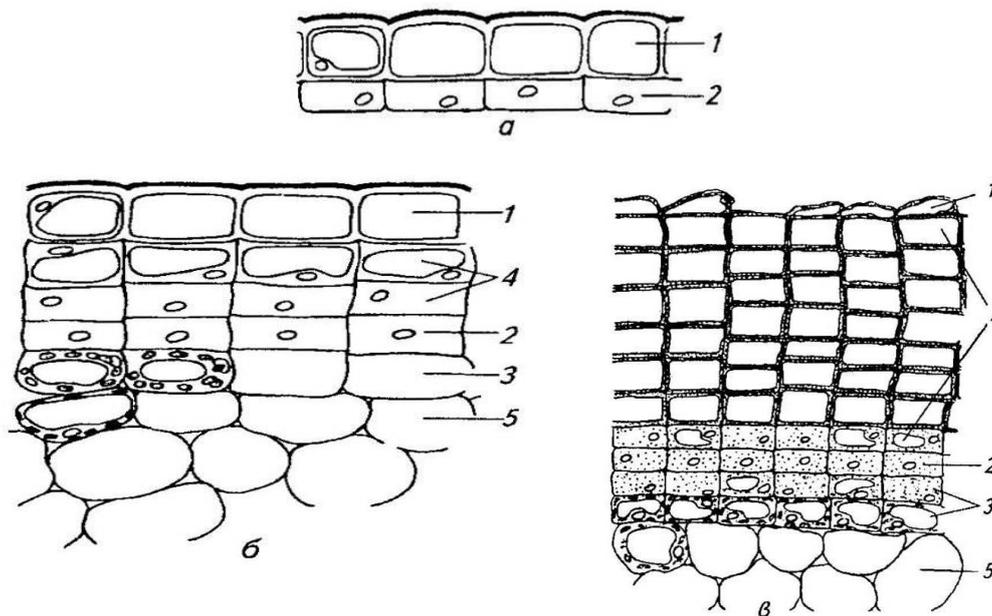


Рисунок 38. Формирование перидермы:

- А – заложение феллогена; Б – образование феллемы и феллодермы; В – опробковение клеток феллемы и отмирание их протопластов  
1 – эпидерма; 2 – феллоген; 3 – феллодерма; 4 – феллема; 5 – основная паренхима.

Пробка (феллема) состоит из отмерших клеток, лишенных межклетников. Их оболочка пропитывается суберином. Многослойная пробка образует защитный

покров на поверхности многолетних органов. По мере того, как формируется перидерма, зеленый цвет побегов переходит в бурый. Защищенные перидермой побеги способны выдержать зимние морозы.

Феллодерма (пробковая паренхима) неизбежно образующаяся в процессе деления клеток феллогена, формирует внутренний слой перидермы. Функции феллодермы по сравнению с пробкой играют значительно меньшую роль в жизни многолетних органов растений. Живые клетки феллодермы выполняют косвенные функции, в основном, запасающие питательных веществ, а иногда даже фотосинтеза и тогда содержат хлоропласты (сосна обыкновенная).

Живые ткани, лежащие под слоем пробки, нуждаются в газообмене и удалении избытка влаги. В эпидерме газообмен происходит через устьица. После образования перидермы, эпидерма отмирает и слущивается, а газообмен осуществляется через чечевички (рис. 24). Развитие чечевички начинается еще до появления перидермы. Под некоторыми устьицами возникают бугорки, образующиеся вследствие деления субэпидермальных клеток. Разрастаясь, они приподнимают эпидерму, которая в этом месте разрывается. Совокупность округлых, тонкостенных, бесцветных клеток бугорка составляет заполняющую ткань чечевички. Затем под заполняющей тканью закладывается феллоген чечевички в виде вогнутой линзы. Клетки феллогена, делясь, образуют новые клетки заполняющей ткани, что приводит к увеличению размеров чечевички. После образования чечевичек, феллоген закладывается по всей окружности стебля, смыкаясь с феллогеном чечевички, которая оказывается внутри перидермы.

На молодых веточках древесных растений чечевички образуют хорошо заметную шероховатую поверхность (одно из названий березы повислой [*Betula pendula*] – береза бородавчатая [*Betula verrucosa*]).

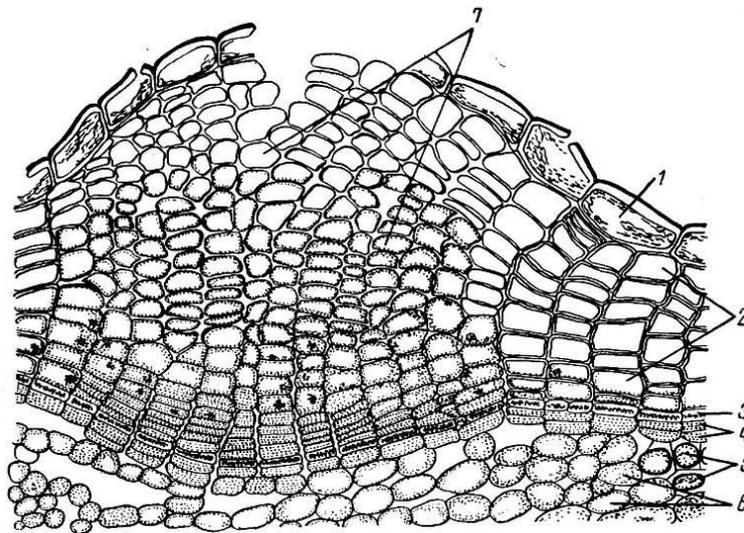


Рисунок 39. Строение чечевички в перидерме бузины:

1 – эпидерма; 2 – пробка (феллема); 3 – феллоген; 4 – феллодерма; 5 – колленхима; 6 – паренхима первичной коры; 7 – клетки заполняющей ткани

Корка (ритидом). В отличие от более или менее гладкой перидермы, на стволах, многолетних ветвях и корнях древесных растений формируется толстая, трещиноватая корка, известная в научной литературе под названием ритидом. Происходит это в результате утолщения осевых органов древесных растений за счёт постоянного деления клеток камбия и формирования новых слоев вторичной древесины и луба. Утолщающиеся изнутри органы разрывают покров из перидермы и ее феллоген отмирает. Однако, глубже закладывается новый феллоген, формирующий новый слой перидермы.

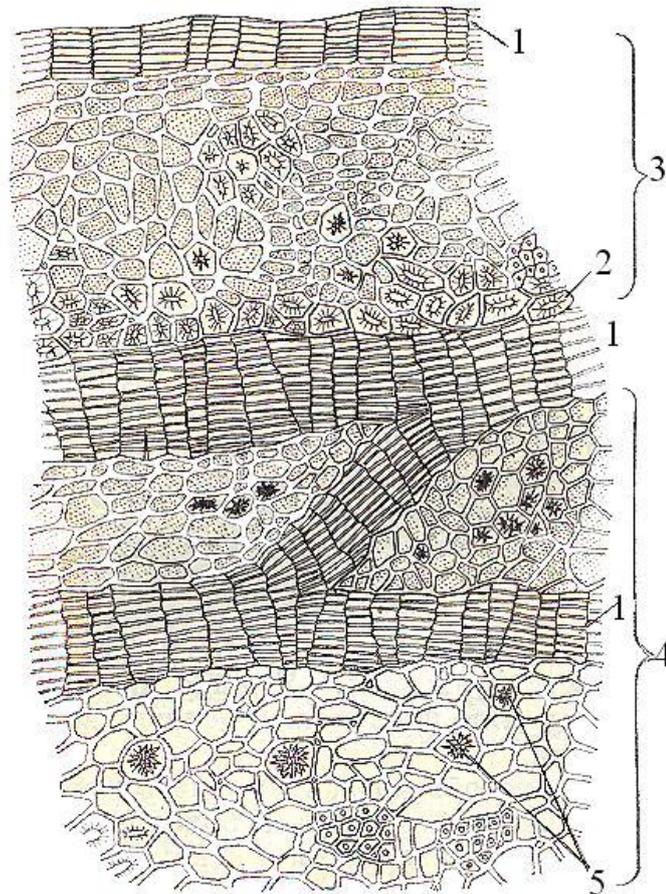


Рисунок 40. Корка на поперечном срезе дуба:  
1 - перидерма, 2 - волокна, 3 - остатки первичной коры, 4 - вторичная кора, 5 - друзы оксалата кальция

За долгую жизнь древесных растений этот процесс многократно повторяется и формируется многослойная трещиноватая корка, причем внешний вид ее поверхности характерен как для различных видов древесных растений, так и имеет значительную внутривидовую изменчивость. Например у ели европейской (*Picea abies*) выделяется до десятка форм, легко различающихся по характеру поверхности корки (рис. 25 – 27).



Рисунок 41. Гладкокорая форма ели



Рисунок 42. Чешуйчатокорая форма ели



Рисунок 43. Продольнотрещиноватокорая форма ели

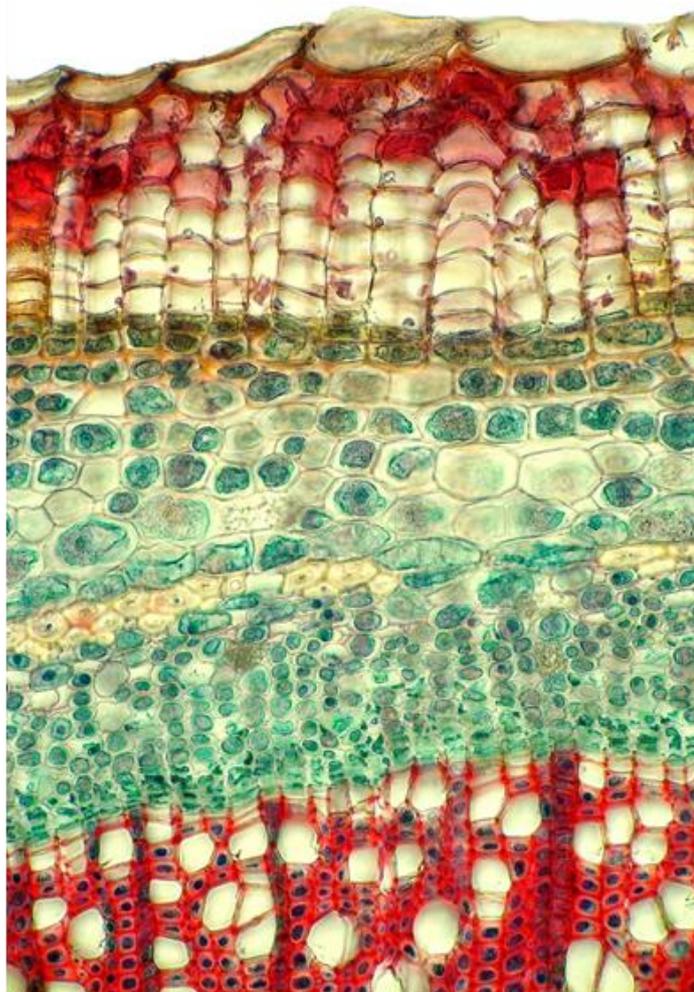


Рисунок 44. Перидерма в стебле бузины

## 9. Выделительные ткани

Выделительные ткани выделяют вещества, исключаясь из метаболизма. Изучение выделительных тканей затруднено по ряду причин. Они разнообразны по строению, по размещению в теле растения.

Также важно, что растения выделяют вещества, очень разнообразные в химическом отношении, причем сходные вещества могут выделяться разными видами выделительных тканей, а разные вещества могут выделяться сходными морфологическими структурами.

Также не всегда ясно значение выделяемых веществ для самого растения. Вероятно, что некоторые вещества представляют собой отбросы, возникающие как побочные продукты в метаболизме растений.

К числу выделяемых растениями веществ относятся терпены (живица хвойных), полисахариды, белковые вещества, соли различных кислот.

Для удобства восприятия все выделительные ткани делят на две большие группы: выделительные ткани внутренней секреции и выделительные ткани наружной секреции.

К выделительным тканям внутренней секреции относятся вместилища выделений и млечники. Также выделительную функцию выполняют отдельные выделительные клетки.

Выделительные клетки рассеяны среди клеток других тканей в виде идиобластов. Они могут накапливать различные вещества — оксалат кальция, терпены, слизи, танины и др. Эфиромасличные клетки начинают накапливать терпены внутри маленького пузырька, прикрепленного к стенке клетки. По мере накопления экстракта пузырек увеличивается и замещает полость клетки. Одновременно на оболочку клетки начинает накладываться суберин, изолируя таким образом живые окружающие ткани от ядовитого для них экстракта. Эфиромасличные идиобласты характерны для представителей таких семейств как лавровые, магнолиевые, перечные, кирказоновые и др.

Вместилища выделений разнообразны по форме, величине и происхождению. Различают схизогенные и лизигенные вместилища. Первые возникают в виде межклетников, заполненных выделенными веществами и окруженных живыми клетками эпителия. Вторые возникают на месте группы клеток, которые распадаются после накопления веществ. Между этими типами вместилищ нет резкой границы.

Схизогенные смоляные каналы (смоляные ходы) характерны для семейства зонтичные, аралиевые, многих сложноцветных, хвойных и для многих других растений. Смоляной канал представляет собой длинный трубчатый межклетник, заполненный смолой и окруженный живыми клетками эпителия. Эпителий выделяет смолу внутрь образующегося межклетника и изолирует экскрет от остальных живых

тканей. Смоляные каналы могут ветвиться, образовывать перемычки, создавать сложную разветвленную систему.

Схизогенные вместилища отличаются от каналов короткой и округлой формой. Иногда они заполнены не смолой, а слизью.



Рисунок 45. Смоляные ходы в коре сосны

Лизигенные вместилища с эфирными маслами хорошо развиты в кожеure плодов различных цитрусовых (лимона, мандарина, апельсина).

Млечники (млечные трубки) представляют собой живые клетки, содержащие в вакуолях млечный сок. Млечный сок обычно имеет молочно-белую окраску, но иногда окрашен в иные цвета (например у чистотела он ярко-оранжевый). Млечники бывают двух типов: членистые и нечленистые. Членистые млечники возникают из многих отдельных клеток, которые в местах соприкосновения растворяют оболочки, а их протопласты и вакуоли с млечным соком сливаются в сплошную разветвленную систему. Членистые млечники встречаются у многих сложноцветных, маковых, колокольчиковых. Нечленистый млечник представляет собой одну гигантскую клетку, которая возникнув у зародыша более не делится, но непрерывно растет, удлиняется и ветвится. Нечленистые млечники пронизывают все органы растения, они типичны для растений семейства молочайные, тутовые.

К выделительным тканям наружной секреции относятся железистые волоски, нектарники, гидатоды, пищеварительные железки насекомоядных растений.

Железистые волоски представляют собой трихомы, то есть производные эпидермы, образованные без участия нижележащих тканей. Они характерны для крапивы, лебеды.

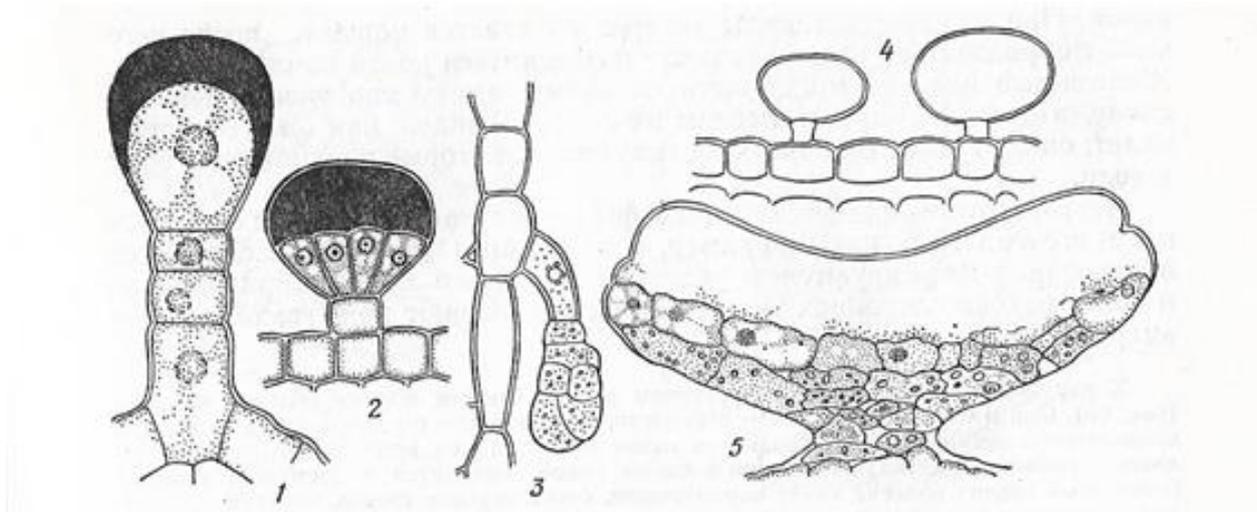


Рисунок 46. Выделительные структуры.

1 – волосок пеларгонии с экскретом, выделенным под кутикулу; 2 – волосок розмарина; 3 – волосок картофеля; 4 -пузырчатые волоски лебеды с водой и солями; 5 – пельтатная железка с листа черной смородины.

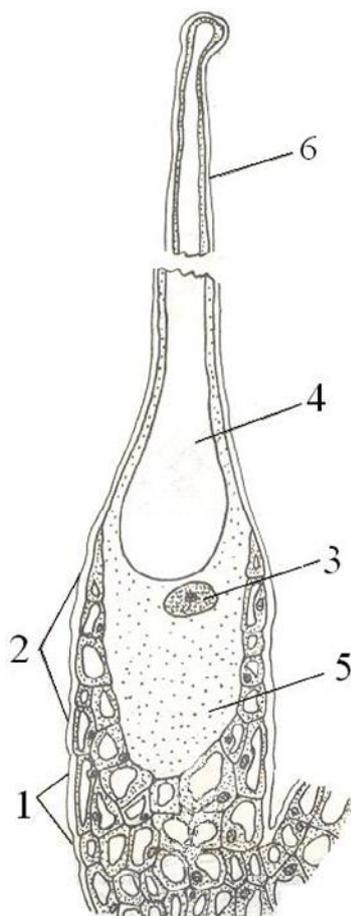


Рисунок. 47. Жгучий волосок листа крапивы (*Urtica dioica*):

1 - основание волоска, 2 - жгучая клетка, 3 - ядро, 4 - вакуоль, 5 - цитоплазма, 6 - обломившийся кончик жгучей клетки.

Нектарники выделяют сахаристую жидкость (нектар), служащую для привлечения насекомых-опылителей. Чаще всего они находятся в цветках (у основания завязи, на лепестках и других частях). Выделительные клетки нектарников отличаются густой цитоплазмой и высокой активностью обмена веществ. К нектарникам может подходить пучок проводящих тканей.

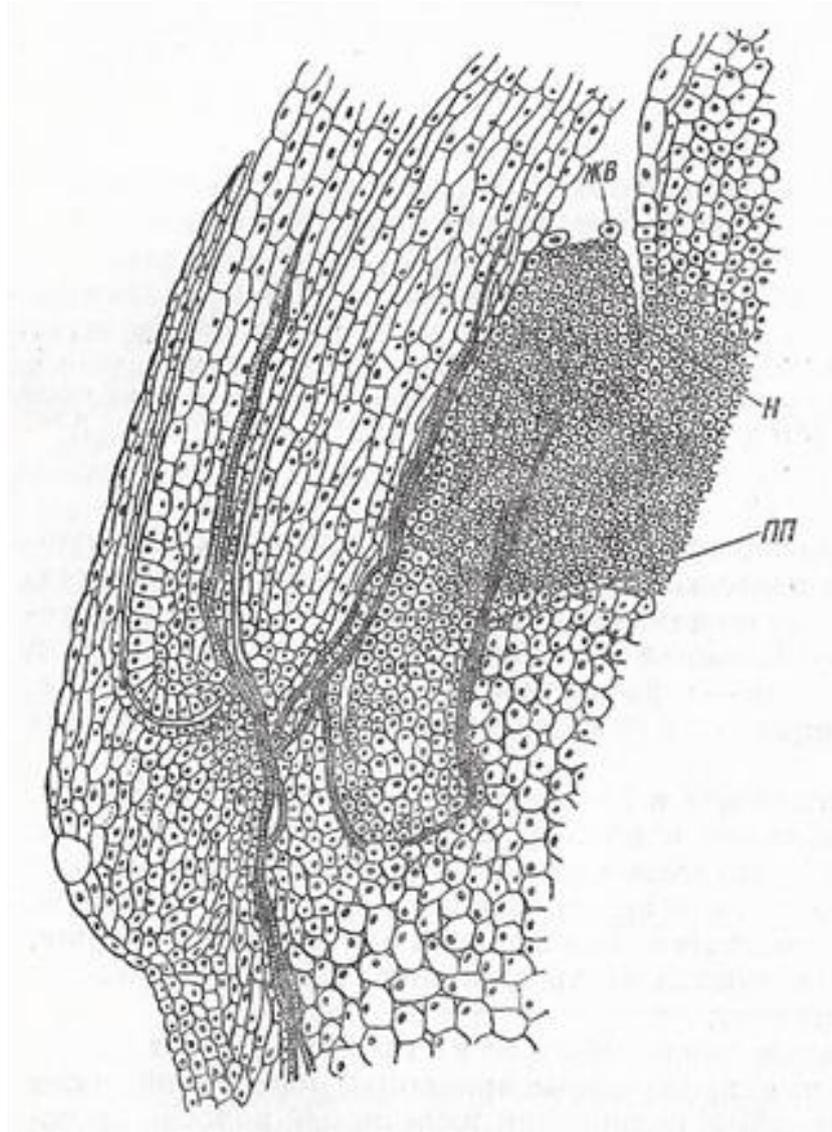


Рисунок 48. Нектарник в цветке бархатца.

Н – ткань нектарника; ПП – проводящий пучок; ЖВ – железистые волоски.

Гидатоды выделяют наружу капельно-жидкую воду и растворенные в ней соли. При ослабленной транспирации гидатоды активно выделяют воду, наблюдается явление гуттации. Его часто можно наблюдать у манжетки, земляники, буквицы.

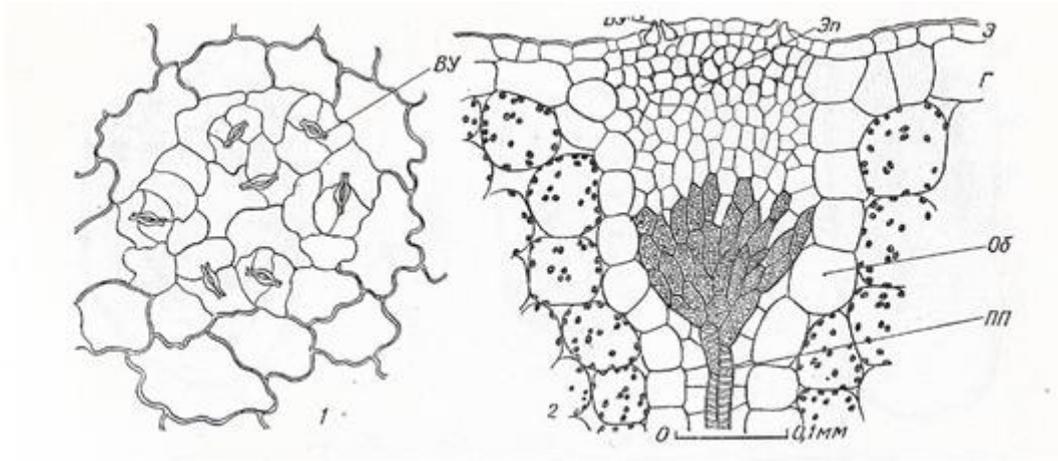


Рисунок 49. Гидатода в листе толстянки портулаковой.

1 - вид с поверхности; 2 – вид на поперечном разрезе листа. ВУ – водяные устьица; Г – гиподерма; Об – обкладка; ПП – проводящий пучок; Э – эпидерма; Эп – эпитема.

Жидкость, выделяемая железками насекомоядных растений (росянка, венерина мухоловка), содержит вещества (ферменты, кислоты), с помощью которых происходит переваривание пойманных насекомых (рисунок 32).



Рисунок 50. Железистые волоски на листьях росянки

## Лабораторные работы

Значение лабораторных работ в рамках освоения модуля «Анатомия растений» трудно переоценить. Они являются основой для формирования базовых фундаментальных знаний в этой сфере. Закрепление знаний лекционного курса возможно только при непосредственном знакомстве с биологическими объектами. Каждая лабораторная работа снабжена подробными характеристиками тканей и структур, которые возможно наблюдать изучая ряд типовых анатомических аппаратов, предусмотренных учебной программой. Также, на лабораторных работах излагается ряд теоретических положений (переход первичного строения стебля во вторичное, переход первичного строения корня во вторичное, транспорт воды в корне), которые удобнее рассматривать не в формате лекции, а сопряженно с выполнением лабораторного практикума.

### *Лабораторная работа № 1.*

#### Устройство микроскопа и правила работы с ним

Микроскоп (от лат. *micro* - малый и *scopere* - рассматривать, наблюдать) - прибор, позволяющий получать увеличенное изображение объектов и структур, недоступных глазу человека.

В практике медико-биологических исследований применяются методы световой и электронной микроскопии.

Световая микроскопия основывается на законах геометрической оптики и волновой теории образования изображения. Общая блок-схема светового микроскопа показана на рисунке 33. Лучший световой микроскоп имеет разрешающую способность около 0,2 мкм или 200 нм., то есть примерно в 500 раз улучшает человеческий глаз. Теоретически построить световой микроскоп с большим разрешением невозможно. Разрешающая способность электронного микроскопа почти в 400 раз больше, чем у светового. Это достигается за счет использования потока электронов вместо видимого света. Современные электронные микроскопы имеют разрешающую способность около 0,5 нм, то есть примерно в 200 000 раз большую, чем человеческий глаз (диаметр атома водорода составляет около 0,1 нм).

В трансмиссионном (просвечивающем) микроскопе пучок электронов, проходя сквозь образец, оставляет его изображение на экране. Электроны обладают очень маленькой массой и должны двигаться в вакууме, при этом электронный пучок может пройти только сквозь очень тонкие образцы. Для их приготовления объект нужно зафиксировать и заключить в твердый материал, а затем по специальной методике приготовить тонкие срезы.

В сканирующем (растровом) электронном микроскопе электроны, которые регистрируются и преобразуются в изображение, идут от поверхности образца. Электронный пучок фокусируется в тонком зонде и им сканируют образец. В результате этого образец испускает вторичные электроны слабой энергии. Различные участки поверхности испускают неодинаковое количество вторичных электронов. В результате получают трехмерное изображение поверхности образца.

Классификация световых микроскопов связана с геометрическими параметрами объекта и его изображения, а также с физическими явлениями, связанными с волновой природой света, которые реализуются в конструкции микроскопа.

Световые микроскопы делятся на микроскопы плоского поля (двухмерное изображение объекта) и стереоскопические (объемное или трехмерное изображение объекта).

Парк современных микроскопов для медико-биологических исследований включает в себя следующие основные группы:

- биологические микроскопы (микроскопы проходящего света);
- инвертированные биологические микроскопы (инвертированные микроскопы проходящего света);
- люминесцентные микроскопы;
- поляризационные микроскопы проходящего света;
- анализаторы изображения;
- стереоскопические микроскопы.

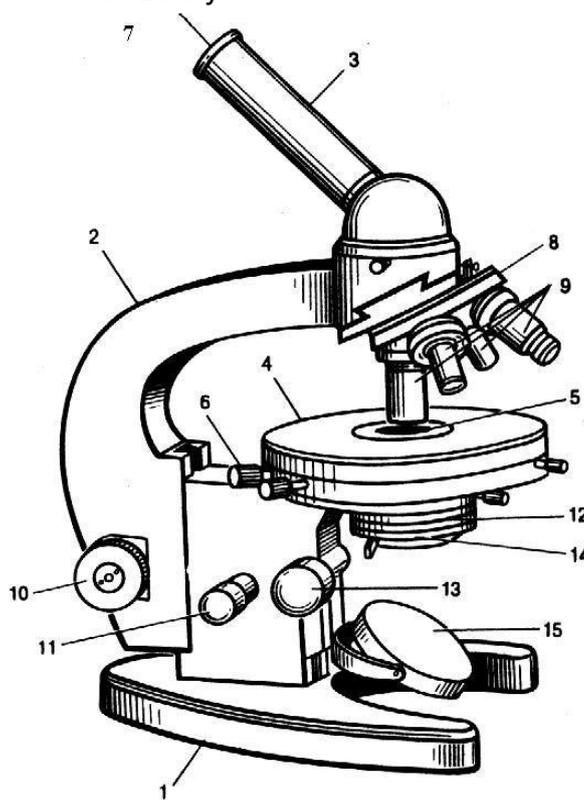
По степени сложности (и, соответственно, стоимости) каждую группу можно разделить на следующие группы:

- учебные;
- рутинные;
- рабочие;
- лабораторные;
- исследовательские.

Рассмотрим строение учебного светового микроскопа на примере модели МБР -1. В микроскопе различают три системы: оптическую, осветительную, механическую. Оптическая система состоит из сменных окуляров и объективов, соединенных полый трубкой – тубусом. Окуляр вставляется в отверстие тубуса, объективы ввинчиваются в особое подвижное соединение – револьвер. Механическая система представлена подставкой, штативом с винтами. Используя винты, можно поднимать и опускать тубус, и следовательно, добиваться резкого изображения изучаемого предмета. В центре предметного столика есть отверстие, через которое направляется поток света к объекту. При помощи зажимов предметное стекло плотно прижимается к предметному столику. Состоит из осветительной и наблюдательной систем. Осветительная система равномерно освещает поля зрения. Наблюдательная система предназначена для увеличения изображения наблюдаемого объекта. Объективы составляют самую важную,

наиболее ценную и хрупкую часть микроскопа. От них зависит увеличение, разрешающая способность и качество изображения. Они представляют собой систему взаимно центрированных линз, заключенных в металлическую оправу. Окуляр микроскопа состоит из двух линз: глазной (верхней) и собирающей (нижней). Между линзами находится диафрагма. Боковые лучи диафрагма задерживает, близкие к оптической оси пропускает, что усиливает контрастность изображения. Назначение окуляра состоит в увеличении изображения, которое дает объектив. Окулярные имеют собственное увеличение  $\times 5$ ,  $\times 10$ ,  $\times 12.5$ ,  $\times 16$  и  $\times 20$ , что указано на оправе.

Осветительная система состоит из конденсора с диафрагмой, которая регулирует поток света, направленного к объекту.



Микроскоп МБР-1.

1 — основание (штатив); 2 — тубусодержатель; 3 — тубус; 4 — предметный столик; 5 — отверстие предметного столика; 6 — винты, перемещающие столик; 7 — окуляр; 8 — револьвер; 9 — объектив; 10 — макрометрический винт, 11 — микрометрический винт; 12 — конденсор; 13 — винт конденсора; 14 — диафрагма; 15 — зеркало.-

Рисунок 51. Устройство микроскопа.

Приготовленный препарат помещают на предметный столик и закрепляют зажимом. С помощью сухого объектива с увеличением  $\times 10$  просматривают несколько полей зрения. Передвигают предметный столик боковыми винтами. Нужный для исследования участок препарата устанавливают в центре поля зрения. Поднимают тубус и вращением револьвера переводят объектив с увеличением  $\times 40$ ,

наблюдая сбоку, макрометрическим винтом снова опускают тубус с объективом почти до соприкосновения с препаратом.

Смотрят в окуляр, очень медленно поднимают тубус до появления контуров изображения. Точную фокусировку производят с помощью микрометрического винта, вращая его в ту или другую сторону, но не более чем на один полный оборот. Если при вращении микрометрического винта чувствуется сопротивление, значит, ход его пройден до конца. В этом случае поворачивают винт на один-два полных оборота в обратную сторону, снова находят изображение при помощи макрометрического винта и переходят к работе с микрометрическим винтом. .

#### *Установка микроскопа*

1. Установить микроскоп в удобное положение перед собой
2. Установить окуляр и объектив.
3. Вращая макровинт, установить тубус в таком положении, чтобы расстояние от линзы до объекта было не более 1 см.
4. Поместить препарат на предметный столик микроскопа и, глядя сбоку, опускают объектив при помощи винта до тех пор, пока расстояние не станет 4-5 мм.
5. Медленно поворачивая макровинт, добиться резкого изображения объекта.

Для изучения анатомического строения растений необходимо приготовление микроскопических препаратов. Наиболее часто используют тонкие срезы органов растений. Для получения качественных срезов существуют специальные приборы — микротомы. Для получения таких срезов на первом этапе ткани растения фиксируют 96% этиловым спиртом, формалином или иными смесями. Такие ткани могут храниться неограниченно долго.

При изготовлении среза прежде всего необходимо выбрать направление реза. Поперечный срез делают в плоскости, перпендикулярной вертикальной оси органа, продольный радиальный — в плоскости радиуса, продольный тангентальный — по касательной к поверхности органа, перпендикулярно радиусу.

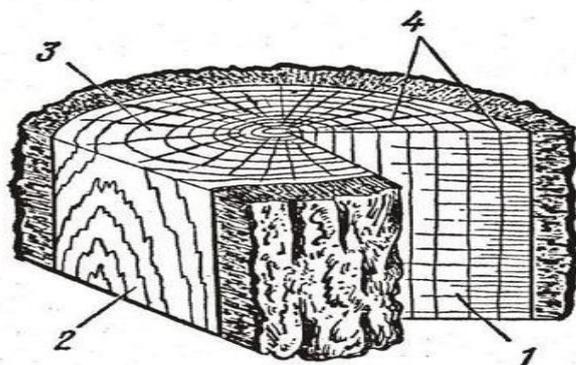


Рисунок 52. Разрезы ствола дерева:

1 – радиальный, 2 – тангентальный, 3 – торцовый, 4 – сердцевинные лучи

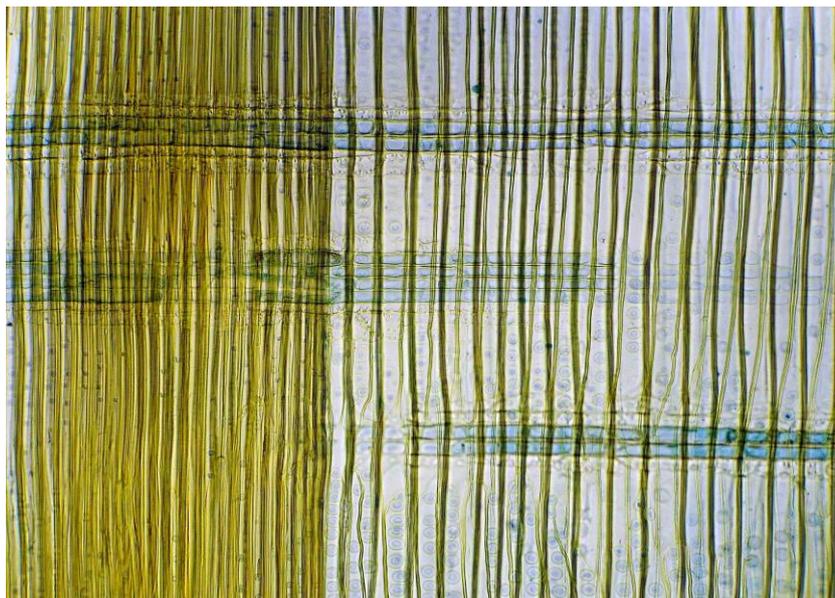


Рисунок 53. Древесина сосны на радиальном разрезе

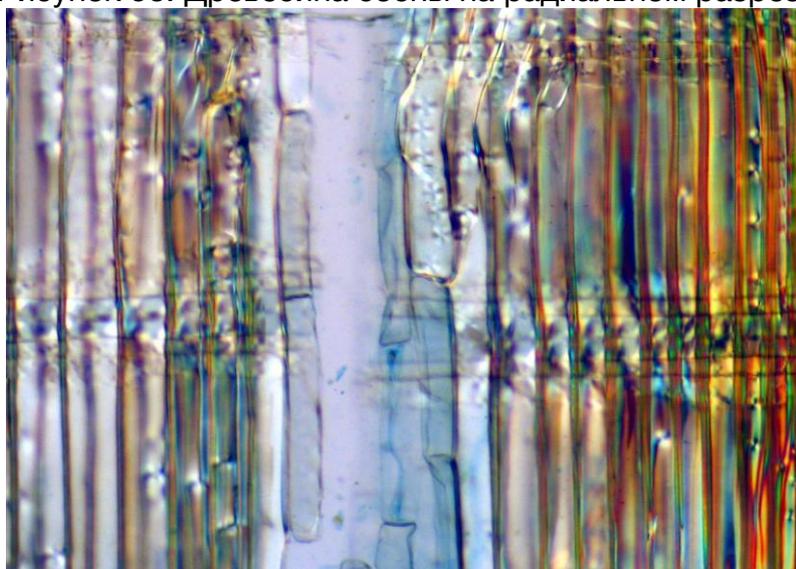


Рисунок 54. Древесина сосны на тангентальном разрезе

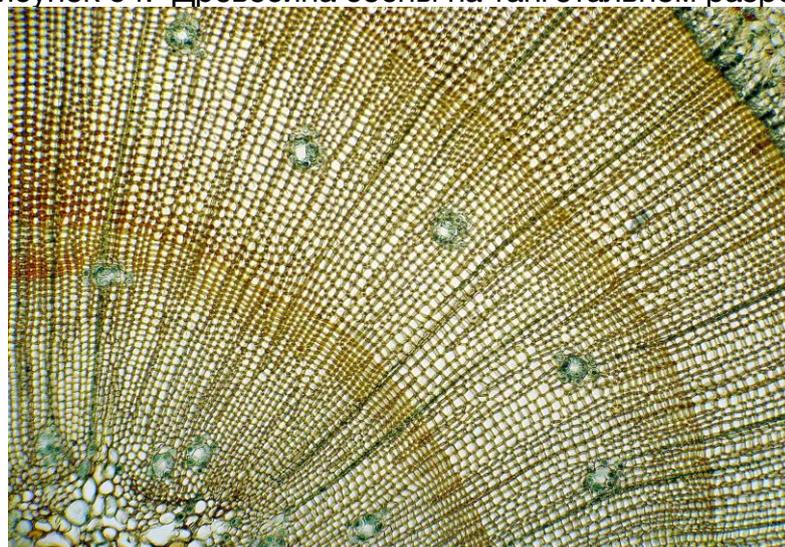


Рисунок 55. Древесина сосны на поперечном разрезе

Отобранные срезы кладут на предметное стекло в каплю воды, либо глицерина. Показатели преломления этих веществ ближе к показателям преломления клеточных структур, поэтому в этих средах срезы выглядят более прозрачными и многие детали их строения видны лучше. Жидкие среды используют для приготовления временных препаратов, не подлежащих длительному хранению. Часто в целях более контрастного выявления особенностей некоторых типов клеток на срезах до момента заключения их ту или иную среду проводят цветные микрохимические реакции.

Из числа наиболее удачных срезов готовят постоянные препараты, заключая их в горячий глицерин-желатин, который при охлаждении затвердевает. Часто постоянные препараты готовят заключая срезы в пихтовый бальзам. При изготовлении таких препаратов срезы окрашивают специальными красителями. Например, часто используется смесь сафранина и водного синего, хиозидина и водного синего.

На наших занятиях ведутся работы с постоянными препаратами, подвергнутыми дифференцированному окрашиванию — растительные ткани на используемых препаратах не всегда имеют естественный для организма растения цвет.

Оформление результатов исследований на лабораторных работах производится методом анатомических рисунков. Зарисовка объекта — это важнейшая часть учебного процесса, поскольку при выполнении рисунка структура объекта анализируется более тщательно, чем при простом, хотя и внимательном просмотре препарата.

По сути дела рисунок — это вывод, полученный в процессе изучения объекта и в этом отношении он существенно отличается от микрофотографии. Рисунок — это важнейший для учебных целей метод оформления результатов наблюдения. В отличие от микрофотографии, «фиксирующей» все детали, не выделяя среди них главные и второстепенные, на рисунке в зависимости от целей исследования могут быть «удалены» некоторые структуры и подчеркнуты те особенности, на которые требуется обратить внимание.

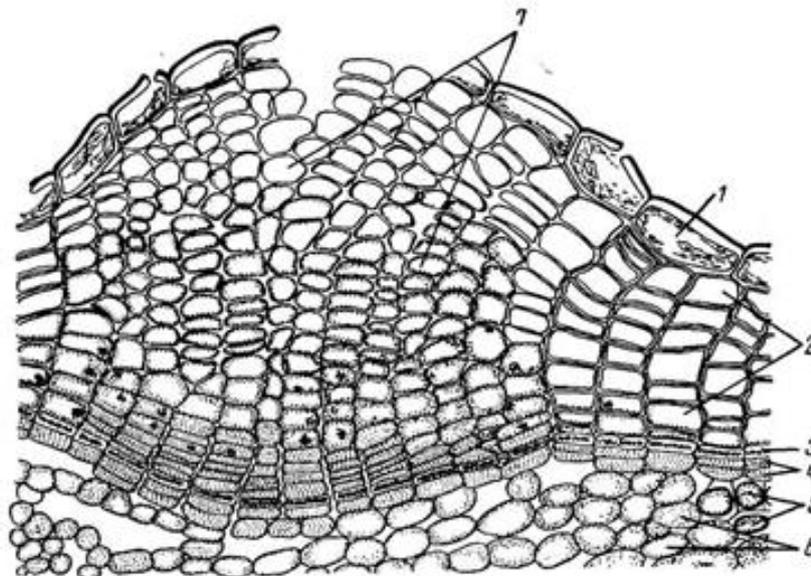


Рисунок 56. Строение чечевички в перидерме бузины.  
1 – эпидерма; 2 – пробка (феллема); 3 – феллоген; 4 – феллодерма; 5 – колленхима; 6 – паренхима первичной коры; 7 – клетки заполняющей ткани

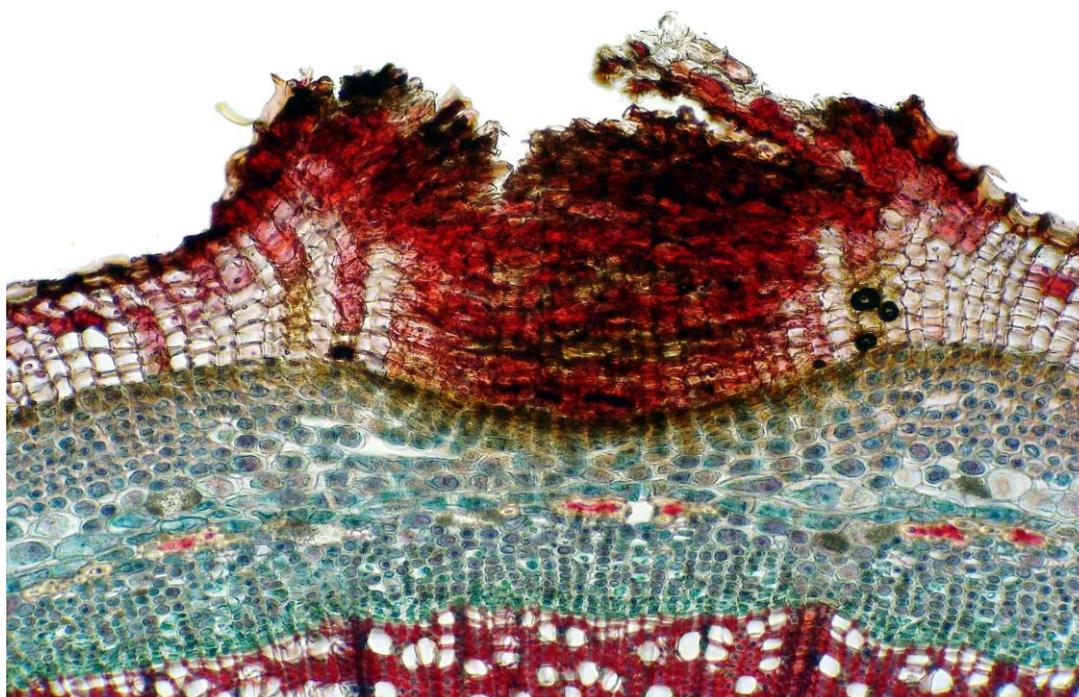


Рисунок 57. Чечевичка в перидерме бузины

Вопросы:

1. Какие типы анатомических препаратов существуют?
2. Какие типы микроскопов существуют?
3. Каковы правила работы с микроскопом?

## *Лабораторная работа № 2.*

### Анатомическое строение стебля травянистых форм двудольных и однодольных

На торцевой части разрезанного стебля тыквы невооруженным глазом можно видеть центральную, обычно пятилучевую воздухоносную полость, а между лучами – крупные проводящие пучки, в которых хорошо заметны широкие отверстия – поперечные сечения сосудов ксилемы. Более мелкие лучи находятся против лучей воздухоносной полости. Покровная ткань стебля – эпидерма (кожица) – состоит из плотно сомкнутых прозрачных клеток, покрытых тонкой пленкой – кутикулой. Слегка выпуклые наружные стенки клеток значительно толще боковых и внутренних. В некоторых местах эпидермис образует многочисленные однорядные волоски с массивными основаниями.

Под эпидермисом находятся участки механической ткани – колленхимы. В местах соединения нескольких клеток их оболочки сильной утолщаются. В зависимости от числа контактирующих углами клеток эти утолщенные участки оболочки имеют квадратные, треугольные или более-менее многоугольные очертания. Такую колленхиму называют уголковой. Смежные стенки двух соседних клеток остаются тонкими. Полости клеток имеют округлые очертания.

Клетки склеренхимы располагаются узким кольцом. Клетки склеренхимы с равномерно утолщенными оболочками плотно соединены в поперечном сечении и они, как правило, многоугольные. Такие признаки склеренхимы, как наличие толстых одревесневших оболочек, плотное соединение клеток характеризуют ее как механическую ткань, более прочную, чем колленхима.

Периферическим расположением механических тканей (склеренхимы, колленхимы) достигается упругость стебля, его прочность на изгиб, что для травянистых растений имеет большое значение. Тыква – это травянистая лиана с лежащим стеблем, и этим объясняется относительно слабое развитие развитие в ее стебле системы одревесневших механических тканей. Склеренхима вместе с находящимися конутри от них несколькими слоями паренхимных клеток составляют внешнюю часть центрального цилиндра, называемую перициклом. По строению клеток перициклическая паренхима не отличается от паренхимы, заполняющей остальную часть центрального цилиндра. Паренхимные клетки содержат запасной крахмал. Клетки паренхимы, находящиеся в центральной части стебля, разрушаются, на их месте возникает воздухоносная полость, имеющая, как уже было отмечено, пятилучевые контуры. Между лучами полости и снаружи от них в паренхиму погружены проводящие пучки: 5 крупных и 5 более мелких.

Рассмотрим подробно строение отдельного пучка. В пучке отчетливо заметна ксилема, в которой видны крупные сосуды. Сосуды окружены мелкими клетками, имеющими одревесневшие оболочки. Наружная часть ксилемы образована камбием

(вторичная ксилема); внутренняя образованная первичной меристемой (первичная ксилема) имеет более мелкие сосуды. С внешней и внутренней стороны к ксилеме примыкает флоэма. Тыква имеет открытый биколлатеральный сосудисто-проводящий пучок. Между флоэмой и ксилемой расположен слой камбия, состоящий из одного слоя клеток.

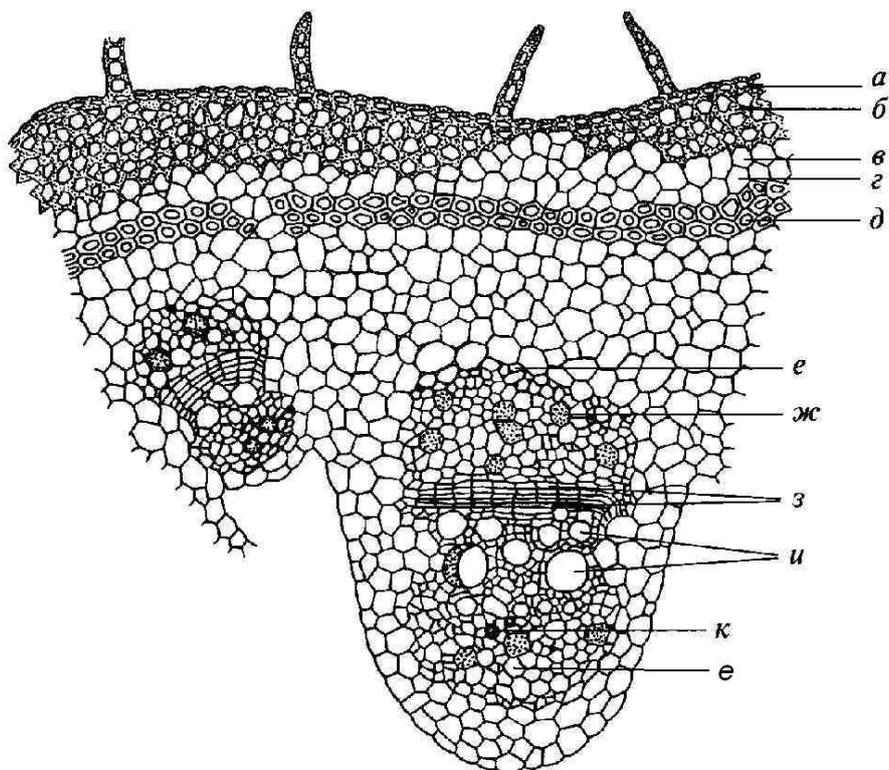


Рисунок 58. Анатомическое строение стебля тыквы на поперечном срезе.  
а – эпидерма; б – колленхима; в – паренхима первичной коры; г – эндодерма; д – склеренхима перицикла; е – первичная флоэма; ж – вторичная флоэма; з – камбиальная зона; и – вторичная ксилема; к - первичная ксилема.

Анатомическое строение стебля тыквы является примером вторичного анатомического строения стебля. Его структура формируется в результате дифференциации клеток, формируемых вторичной меристемой – камбием. Первичное строение стебля формируется как итог митотической активности первичных меристем с- апикальной меристемы и прокамбия, его характеризует строение стебля однодольного растения кукурузы. В целом травянистые стебли имеют принципиальные отличия от одревесневающих: отсутствие или слабое развитие феллогена, интенсивная паренхиматизация стебля наряду с редукцией арматурных тканей и отчасти проводящих. В отдельных случаях (в том числе у тыквы) расположенная под эпидермой паренхима преобразовывается в арматурную ткань - колленхиму, либо же развивается склеренхима.

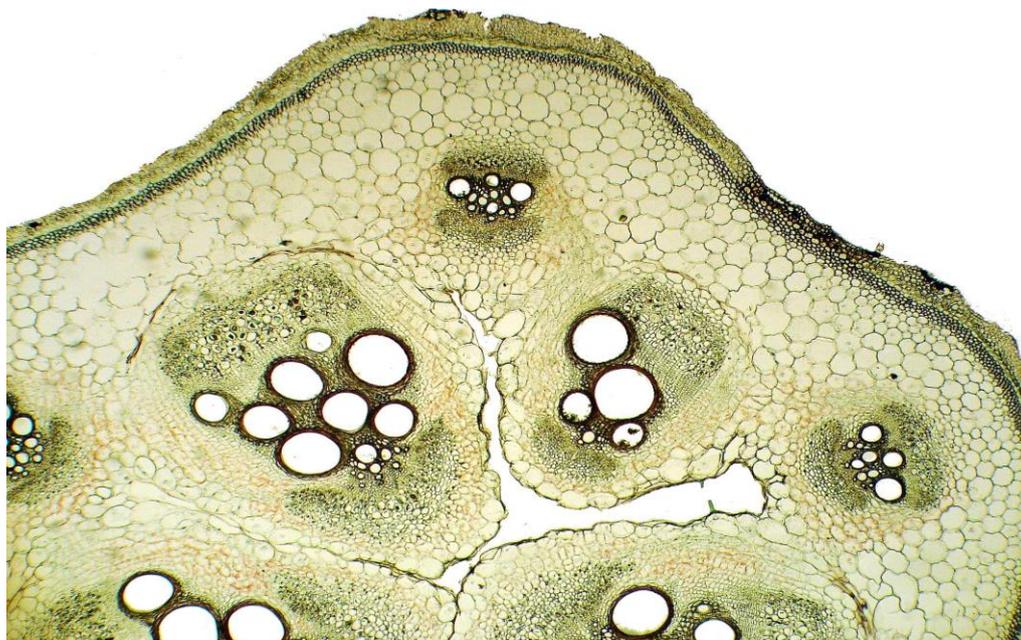


Рисунок 59. Поперечный разрез стебля тыквы

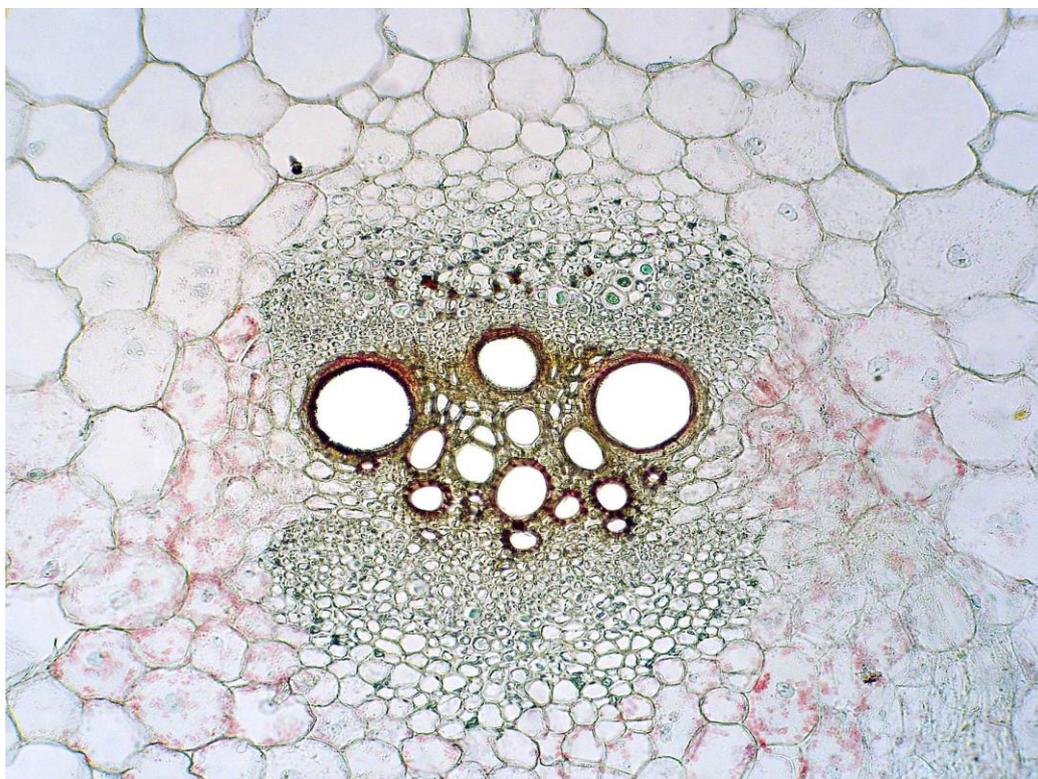


Рисунок 60. Проводящий пучок в стебле тыквы

Особенность стебля кукурузы состоит в том, что в нем почти не развита первичная кора. Под эпидермисом тонким кольцом лежит склеренхима из одревесневших толстостенных клеток. Вплотную к склеренхиме примыкают проводящие пучки, другие пучки находятся среди тонкостенных паренхимных клеток и центрального цилиндра. По строению проводящие пучки кукурузы, как и всех злаков, отличаются от пучков других однодольных небольшим числом элементов

ксилемы и правильным чередованием ситовидных трубок и сопровождающих клеток флоэмы. Все проводящие пучки закрытые коллатеральные. Флоэма имеет на поперечных срезах вид сеточки, крупные ячей которой соответствуют поперечному сечению ситовидных трубок. В узлах этой сеточки расположены мелкие квадратные или более-менее прямоугольные сопровождающие клетки, в которых хорошо видно зернистое содержимое. Во взрослых стеблях функционирует только метафлоэма. Протофлоэма занимающая в пучке периферическое положение, обычно деформирована. Ксилема представлена 3-5 сосудами. Внутри от метафлоэмы находятся 2 очень крупных пористых сосуда метаксилемы. Обычно они соединены мостиком из одревесневших механических элементов. Между сосудами метаксилемы во внутренней части пучка короткой радиальной цепочкой расположены узкопросветные сосуды протоксилемы с кольчатыми и спиральными утолщениями оболочек. Обычно при развитии пучка некоторые элементы протоксилемы разрушаются и на их месте возникает водоносная полость. Она ограничена тонкостенными паренхимными клетками. Проводящие пучки окружены влагалищем, или обкладкой, состоящей из одревесневших элементов склеренхимы.

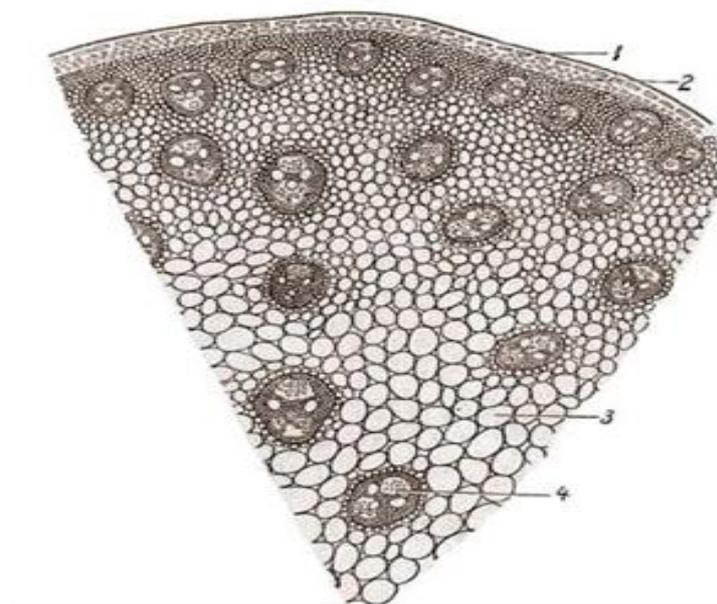


Рисунок 61. Поперечный разрез стебля кукурузы и сосудисто-проводящий пучок (II) в стебле кукурузы

1- эпидерма; 2- склеренхима; 3- основная паренхима; 4 – сосудисто-проводящий пучок.

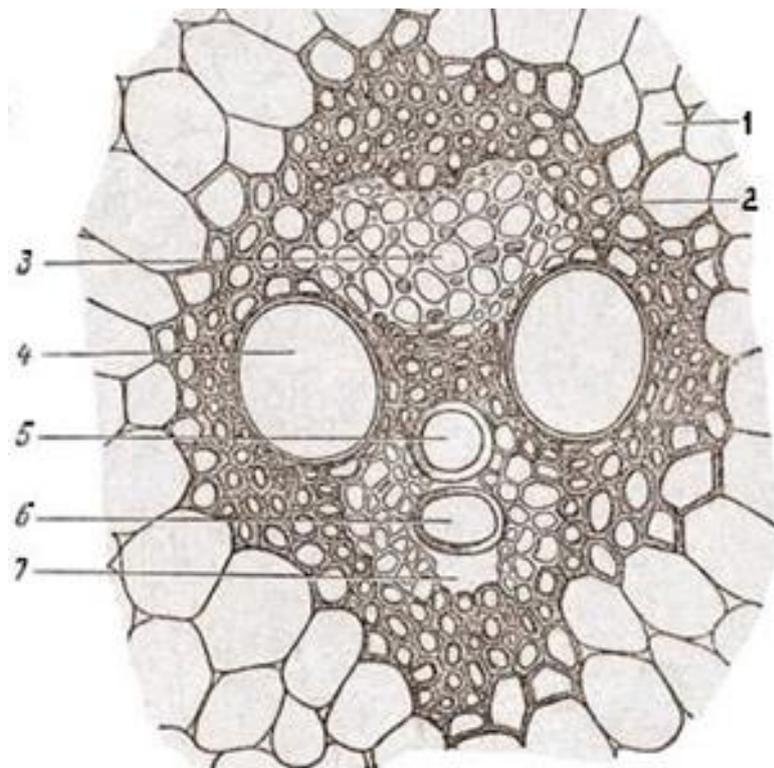


Рисунок 62. Сосудисто-проводящий пучок в стебле кукурузы.  
1- основная паренхима; 2- склеренхима; 3- флоэма; 4 – пористый сосуд метаксилемы; 5 - трахеида; 6 - кольчатый сосуд протоксилемы ; 7 – водоносная полость

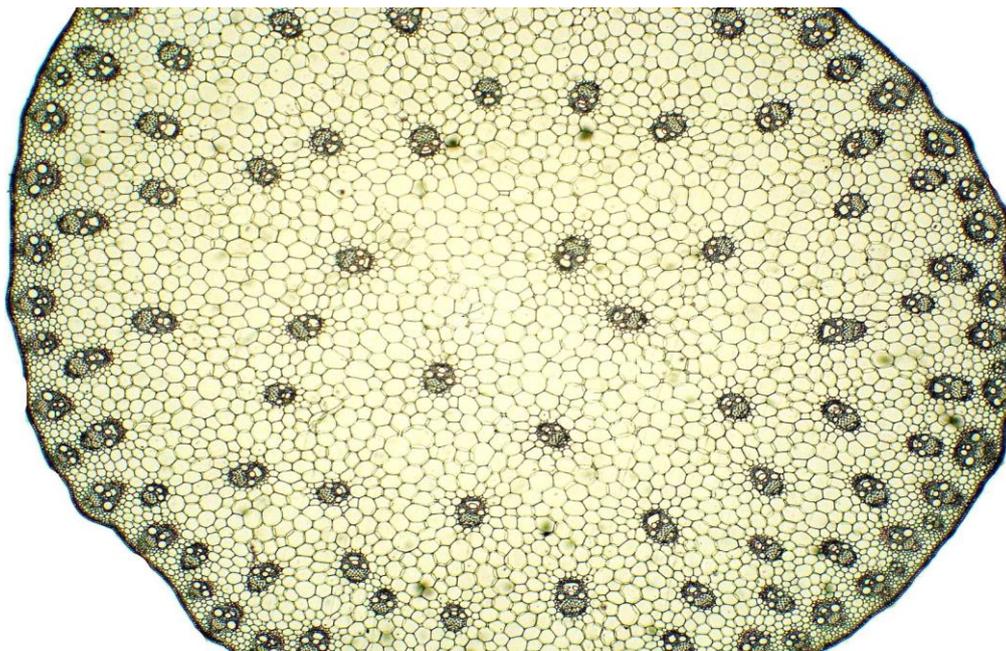


Рисунок 63. Поперечный разрез стебля кукурузы

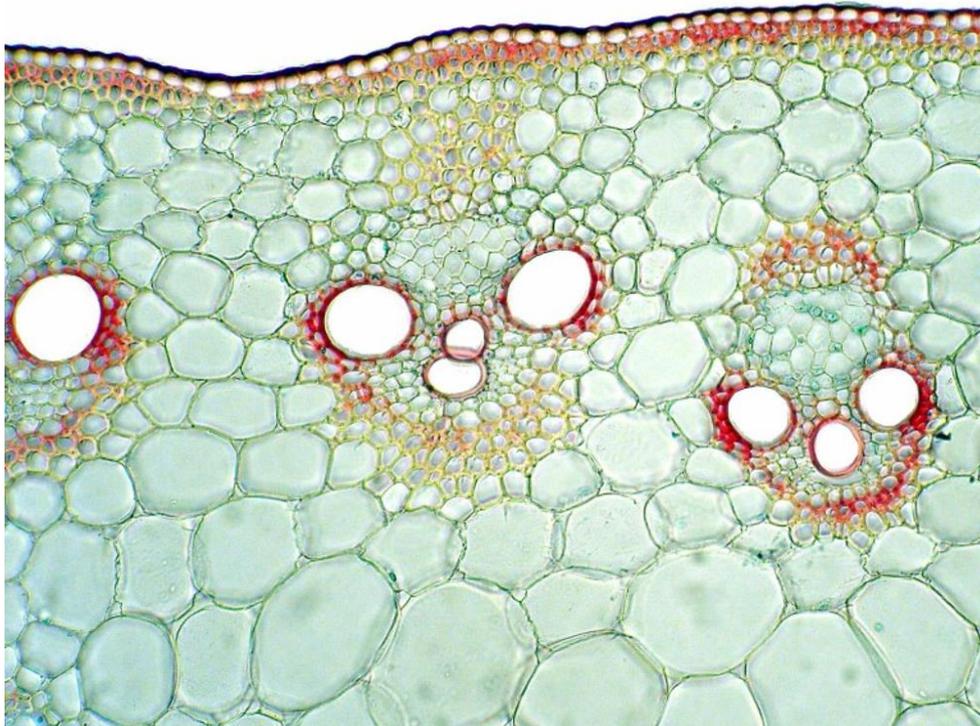


Рисунок 64. Сосудисто-проводящий пучок в стебле кукурузы

Вопросы:

1. Что представляет собой сосудисто-проводящий пучок?
2. Какие ткани входят в состав сосудисто-проводящего пучка, каковы их функции?
3. Чем открытые пучки отличаются от закрытых?
4. Какой тип сосудисто-проводящих пучков характерен для однодольных, а какой для двудольных?
5. Назовите особенности строения открытого биколлатерального проводящего пучка?
6. Сравните анатомическое строение стеблей кукурузы и тыквы.
7. Что значит первичное и вторичное утолщение стебля? Почему однодольным растениям не свойственно вторичное утолщение?
8. Какие функции выполняет стебель? Какие ткани развиты в стебле в наибольшей степени в связи с выполняемыми им функциями?
9. Какое строение стебля называют первичным?

### *Лабораторная работа № 3.*

#### Анатомическое строение стебля хвойных и покрытосеменных древесных растений

Однолетние стебли древесных растений по анатомической структуре сходны со стеблями травянистых растений, имеющих непучковое строение проводящей системы, но отличаются от них более активной камбиальной деятельностью и ранним развитием вторичной покровной ткани – пробки, заменяющей эпидерму. Пробку образует феллоген, или пробковый камбий. Делясь тангентальными перегородками, клетки феллогена откладывают наружу клетки пробки, а внутрь клетки феллодермы. Комплекс этих тканей (феллема, феллоген, феллодерма) называют перидермой.

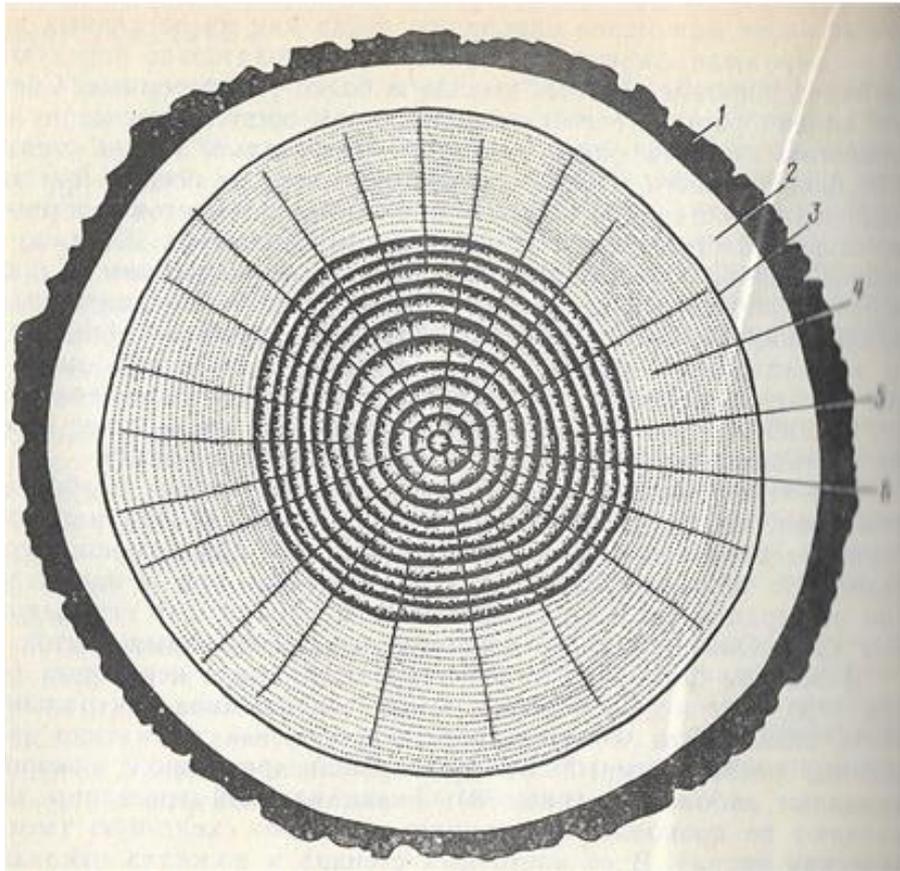


Рисунок 65. Схема поперечного разреза ствола дерева.

1 - корка; 2- кора; 3-камбий; 4 - заболонь; 5 -ядро; 6 - сердцевина. Ядро и заболонь вместе составляют слой вторичной ксилемы.

На поперечных срезах многолетних веток и спилах стволов можно различить сильно развитую древесину, расположенную вокруг слабо выраженной сердцевины, и кору, большая часть которой состоит из вторичного луба. Между древесиной и лубом находится камбиальная зона. Рост в толщину обуславливает необходимость разрастания в тангентальном направлении наружных слоев коры. С возрастом в ней происходят и более значительные изменения, вследствие заложения внутренних

перидерм. Участки коры, находящиеся снаружи от перидермы отмирают так как из-за наличия пробки, входящей в состав перидермы, прекращается физиологическая связь этих участков с внутренними зонами луба (флоэмы).

Опробковевшие клетки пробки в стенках которых откладывается суберин, непроницаемы для жидкостей и газов. Отмершие участки коры вместе с разделяющими их перидермами составляют корку. В зависимости от характера расположения перидерм на поперечных срезах корка может быть кольцевая и чешуйчатая. Наружная часть корки со временем сбрасывается.

В сравнительно молодых ветках кора состоит из первичной коры и вторичной коры, представленной вторичной флоэмой или лубом. В стволах и толстых ветвях старых деревьев имеется только вторичный луб и корка.

У древесных растений древесина и луб выполняют не только функцию проведения. Древесина обеспечивает также механическую прочность стебля, его способность противостоять не только динамическим нагрузкам, но и статическим нагрузкам, обусловленным прежде всего весом кроны. Древесина и луб содержат также запасы питательных веществ, реализуемых в период весеннего роста растения. Однолетний стебель сосны в поперечном сечении лопастной. Эпидермис состоит из клеток с толстыми наружными стенками, хорошо развита кутикула. Под эпидермисом располагается паренхима первичной коры, 2-3 субэпидермальных слоя которой часто содержат вещества, придающие содержимому их клеток бурый цвет. В одном из периферических слоев клеток первичной коры очень рано закладывается пробковый камбий (феллоген). Его клетки вычлняются из клеток коровой паренхимы вследствие их делений тангентальными перегородками. На срезах однолетних стеблей можно видеть не только феллоген, но и молодую образованную им пробку. Во внутренней зоне первичной коры вокруг коры центрального цилиндра находятся идущие вдоль стебля схизогенные смоляные каналы, в поперечном сечении они овальные или округлые. К паренхиме первичной коры примыкает первичная флоэма, которая распознается с трудом. С внутренней стороны она граничит с узкой зоной вторичной флоэмы, состоящей из мелких тонкостенных элементов. Флоэма отделена от древесины несколькими слоями клеток камбиальной зоны. Древесина сложена клетками более или менее многоугольных очертаний с толстыми одревесневшими стенками, в которых можно видеть окаймленные поры. Большую часть составляет вторичная древесина. Мелкоклеточная сильно одревесневшая первичная древесина небольшими лопастями вдаётся в сердцевину. Все элементы проводящих тканей расположены радиальными рядами. В древесине довольно много мелких смоляных каналов, окруженных паренхимными клетками. Центральный цилиндр пересечен узкими лучами. Наиболее длинные из них, начинающиеся от сердцевины между лопастями первичной древесины и заканчивающиеся на периферии флоэмы, называют первичными. Они существуют уже на ранней стадии развития стебля, когда в нем начинается дифференциация из

прокамбиальных тяжей первичных проводящих тканей. В стеблях со вторичным строением эти лучи нарастают в радиальном направлении в результате работы камбия, который образует также и более короткие вторичные лучи. Сердцевина состоит из паренхимных клеток, наружные клетки более мелкие, имеют утолщенные стенки. Древесина состоит из продольных и лучевых трахеид и небольшого числа паренхимных клеток, входящих в состав сердцевинных лучей, обкладки и эпителия смоляных ходов. На поперечном срезе хорошо заметны границы между кольцами прироста древесины, обусловленные различиями в размерах, очертаниях поперечного сечения и толщине стенок трахеид, входящих в состав слоя прироста и составляющих более или менее правильные радиальные ряды. Трахеиды, образованные камбием весной, обычно многоугольные, широкопросветные с крупными окаймленными порами на радиальных стенках. Они составляют раннюю, или весеннюю древесину слоя прироста. Основная ее функция – проведение водных растворов. Трахеиды, формирующиеся позднее, играют главным образом механическую роль. В поперечном сечении они почти прямоугольные, более толстостенные, узкопросветные, сжатые в радиальном направлении, пор в их стенках нет или они очень редки. Эти трахеиды слагают позднюю, или летнюю древесину прироста. В поздней, а нередко и в ранней древесине можно видеть перерезанные поперек вертикальные смоляные каналы – крупные межклетники, выстланные мелкими тонкостенными эпителиальными клетками, выделяющими смолу. Смоляные каналы окружены обкладкой из небольшого числа паренхимных клеток. Между рядами трахеид проходят обычно однородные тяжи узких, вытянутых в радиальном направлении клеток. Это сердцевинные лучи. Они осуществляют перемещение растворов в радиальном направлении.

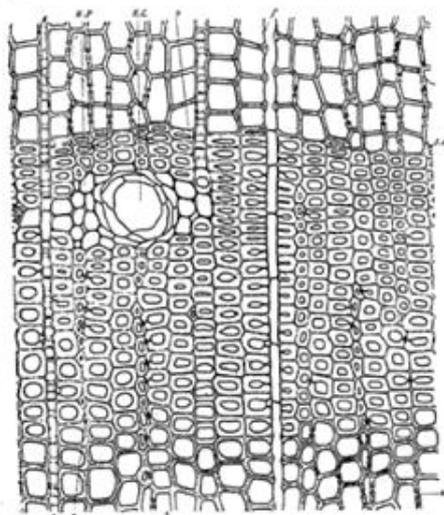


Рисунок 66. Строение клеток ранней и поздней древесины хвойных

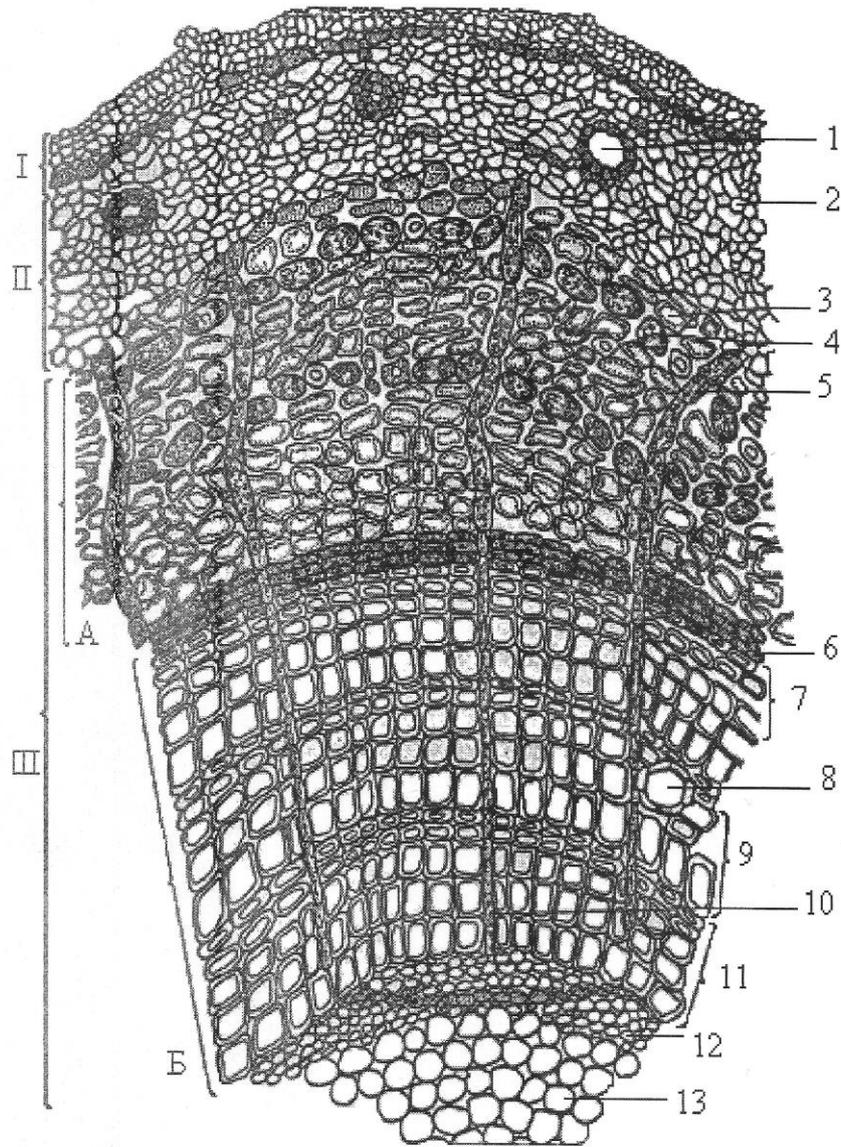


Рисунок 67. Схема анатомического строения стебля сосны.

I - перидерма; II – первичная кора; III – центральный осевой цилиндр. А – флоэма, вторичная кора; Б – вторичная ксилема (вторичная древесина). 1 – смоляные ходы в коре; 2- паренхима первичной коры; 3 – ситовидные трубки; 4 – лубяная паренхима; 5 – сердцевинный луч; 6 - камбий; 7 – поздние трахеиды ; 8 – смоляные ходы в древесине; 9 – ранние трахеиды; 10 – сердцевинный луч; 11 – годичное кольцо; 12 – первичная древесина; 13 - сердцевина .

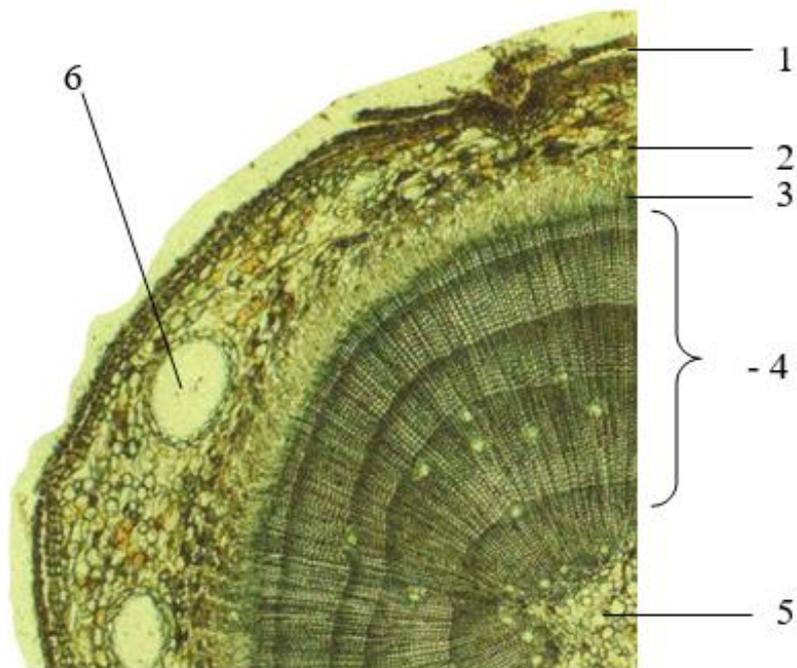


Рисунок 68. Поперечный разрез пятилетней ветки сосны.  
1 – перидерма (корка); 2 – флоэма (луб); 3 - камбий; 4 - ксилема; 5 – сердцевина

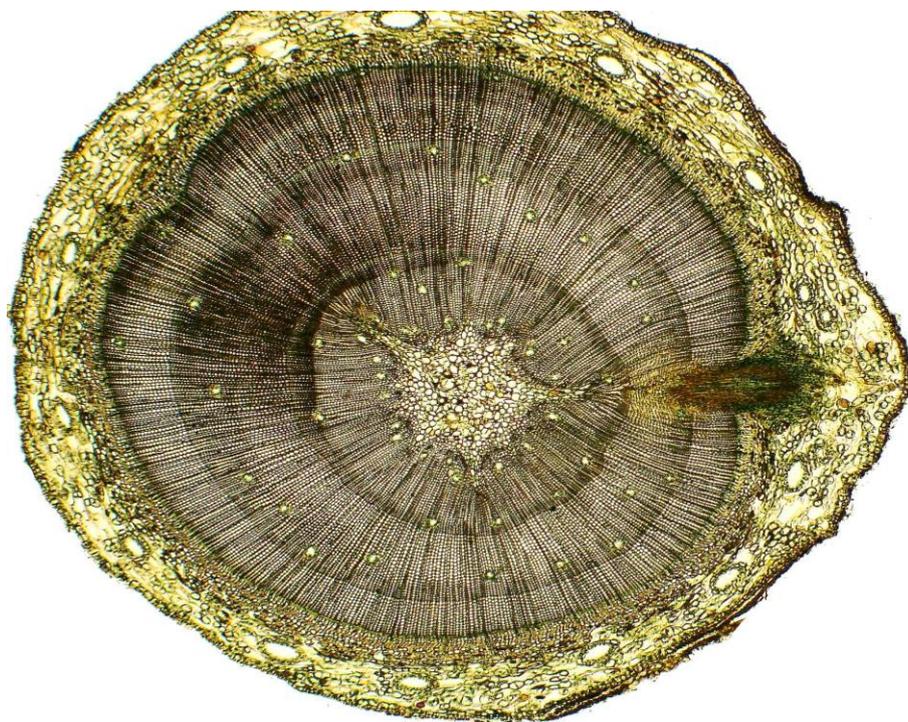


Рисунок 69. Поперечный разрез трехлетней ветки сосны



Рисунок 70. Сердцевина и первичная древесина



Рисунок 71. Вторичная древесина сосны

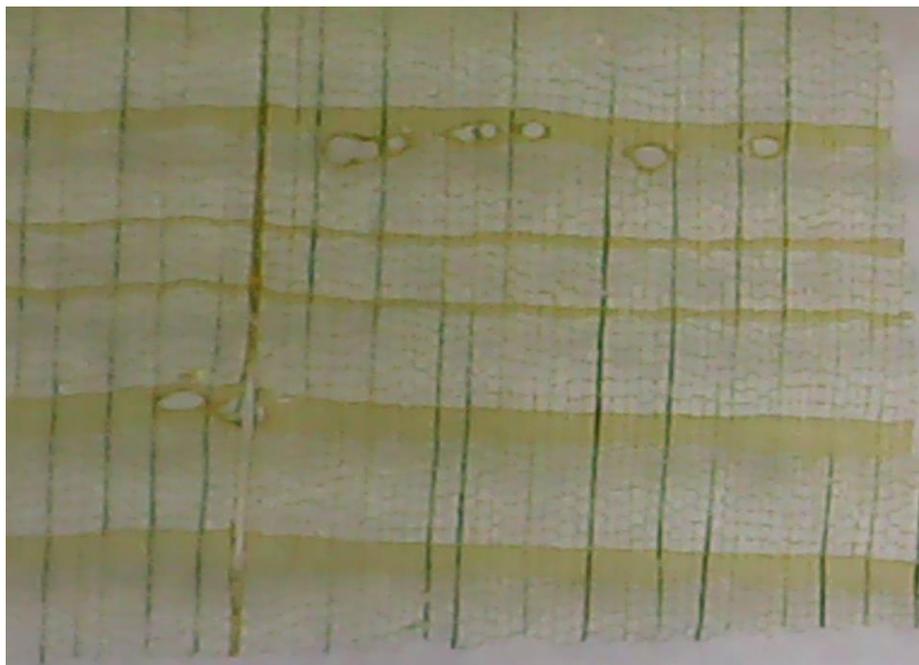


Рисунок 72. Древесина лиственницы на поперечном срезе

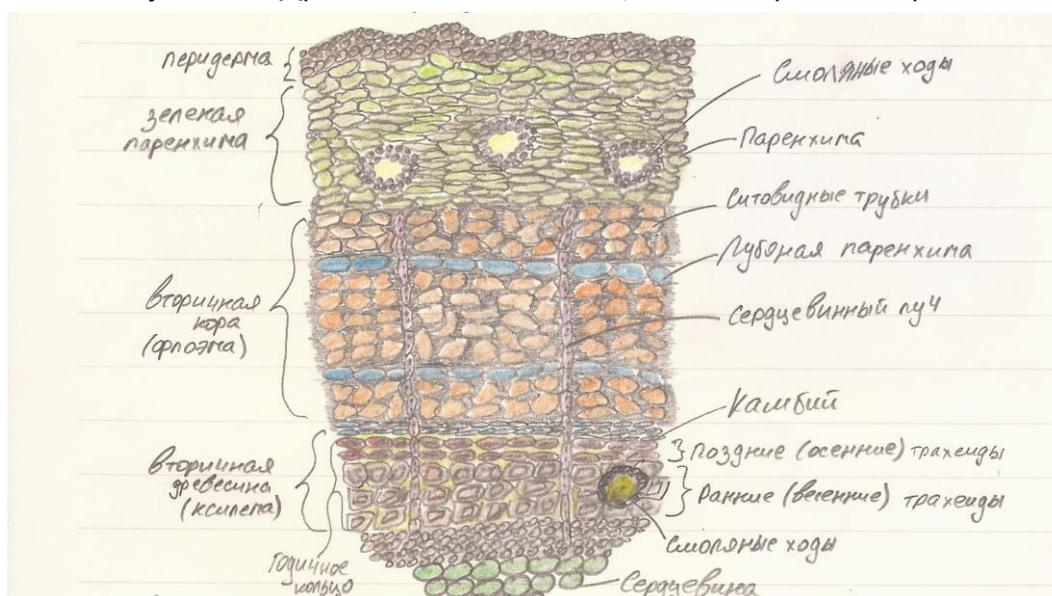


Рисунок 73. Пример зарисовки поперечного среза сосны

Годичные кольца ксилемы являются характерной чертой стволов древесных растений, произрастающих в умеренных широтах. Различают три больших группы древесных растений, для которых характерны общие черты в анатомическом строении годичных колец. Это хвойные, кольцесосудистые и рассеянососудистые.

У хвойных проводящая система ствола представлена трахеидами. Они занимают свыше 90% общего объема древесины. Трахеиды имеют форму сильно вытянутых в длину веретенообразных клеток (волокон) с утолщенными одревесневшими стенками и кососрезанными концами. Трахеиды – мертвые

элементы; в стволе растущего дерева только вновь образующийся (последний) годичный слой содержит живые трахеиды, отмирание которых начинается еще весной, постепенно увеличивается к осени, а концу зимы все трахеиды последнего годичного слоя отмирают.

В пределах одного годичного слоя трахеиды ранней и поздней зон древесины сильно отличаются друг от друга. Ранние трахеиды образующиеся в начале вегетационного сезона выполняют проводящие функции (проводят воду), поэтому имеют широкую внутреннюю полость и тонкие стенки с многочисленными порами. Размер ранних трахеид по радиальному направлению больше, чем по тангенциальному; концы трахеид слегка закруглены.

Поздние трахеиды, отложенные камбием во второй половине вегетационного сезона – это механические элементы, поэтому стенки их сильно утолщены из-за резкого уменьшения внутренней полости, концы трахеид сильно заострены. Благодаря отличиям в морфологии трахеид, формирующихся в начале и в конце вегетационного сезона годичные кольца четко заметны у хвойных на поперечном разрезе. Примером, иллюстрирующим строение годичных колец хвойных, может служить фотография на рис. 74.

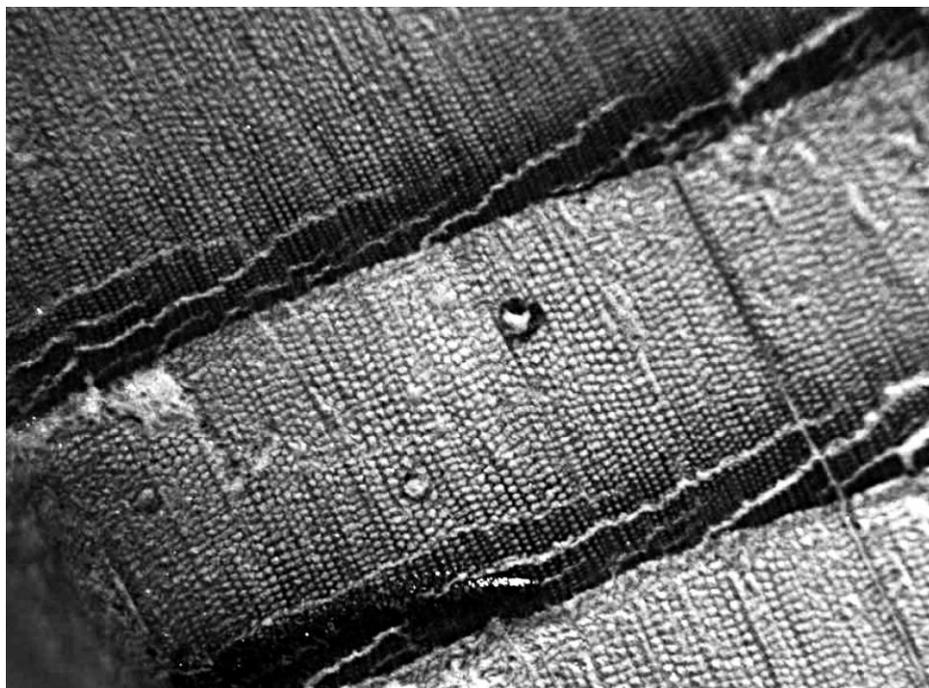


Рисунок 74. Строение годичного кольца у ели сибирской

У лиственных пород древесина построена более сложно, чем у хвойных и состоит из большого числа разнообразных элементов. Водопроводящую функцию в древесине лиственных выполняют сосуды и трахеиды, механическую – волокна либриформа, запасную – паренхимные клетки. Между этими основными видами элементов встречаются промежуточные формы, что еще более усложняет строение древесины. Отметим, что эта особенность облегчает видовую идентификацию образцов древесины по микроскопическим признакам строения. Идентифицировать

древесину лиственных в пределах рода до вида таким образом в целом несколько проще чем у хвойных, у которых идентификация часто возможна лишь до рода.

Сосуды представляют собой типичные водопроводящие элементы, характерные только для лиственных пород. Это длинные тонкостенные трубки, образовавшиеся из длинного вертикального ряда коротких клеток, называемых члениками сосудов, путем растворения перегородок между ними. Сосуды, как и трахеиды, представляют собой мертвые клетки, содержимое которых заполнено водой. В зависимости от характера их распределения внутри годичного кольца различают кольцесосудистые и рассеяннососудистые породы. У кольцесосудистых древесных пород крупные сосуды сосредоточены преимущественно в ранней части годичного слоя, образуя на поперечном разрезе пористое кольцо. Пример строения годичного кольца у кольцесосудистой породы отражает рис 75.



Рисунок 75. Строение годичного кольца у дуба черешчатого

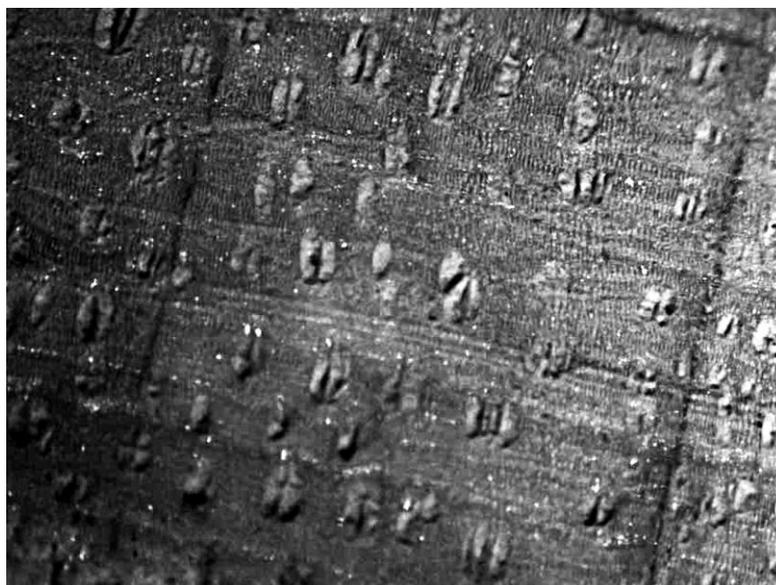


Рисунок 76. Строение годичного кольца березы повислой

К кольцесосудистым относятся такие древесные породы как дуб, каштан, вяз, бархат амурский, белая акация и др. Годичные кольца у них различимы почти также хорошо, как и у хвойных.

Для рассеяннососудистых древесных пород характерно равномерное распределение по всей длине годичного слоя крупных и мелких сосудов (рис. 80). К рассеяннососудистым относятся такие породы как береза, ольха, лещина, граб, бук, ива, осина, клен, груша и др.

Годичные кольца у рассеяннососудистых пород плохо различимы и в дендрохронологических исследованиях они используются гораздо реже чем кольцесосудистые и хвойные. Для проявления годичных колец на дендрохронологических образцах от рассеяннососудистых пород необходимы более трудоемкие методы обработки поверхности.

Липа относится к рассеяннососудистым древесным породам, хотя и не типичным – большинство сосудов у нее сосредоточено в ранней зоне древесного кольца.

Периферическая зона поперечного среза липы представлена перидермой, большую часть которой составляет темно-бурая пробка. Клетки перидермы расположены радиальными рядами. Первичная кора сложена пластинчатой колленхимой и паренхимой, к которой примыкают группы толстостенных одревесневших волокон первичной флоэмы.

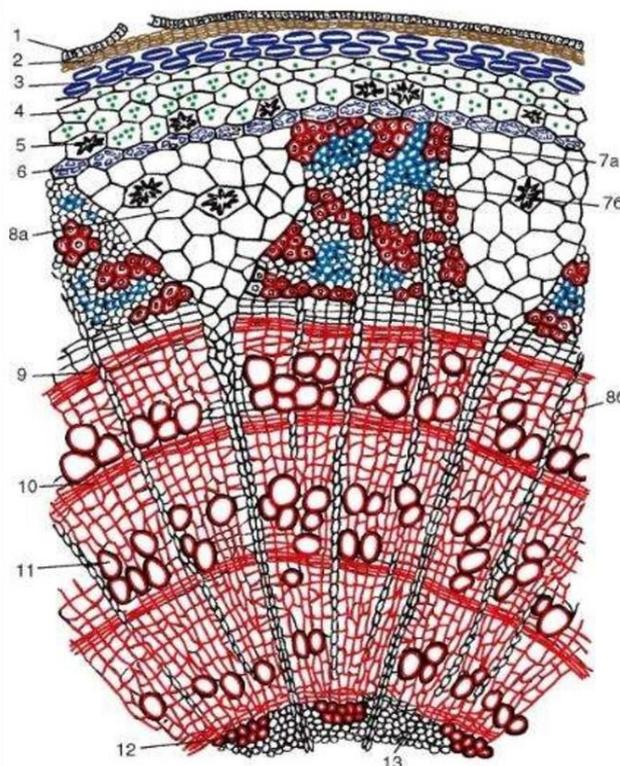


Рисунок 77. Строение стебля липы на поперечном срезе.

1 – остатки эпидермы; 2 – пробка; 3 – пластинчатая колленхима; 4 - хлоренхима; 5 - друзы; 6 - эндодерма; 7а- твердый луб (лубяные волокна); 7б – мягкий луб (ситовидные трубки с клетками спутницами и лубяная паренхима); 8а – первичный сердцевинный луч; 8б – вторичный сердцевинный луч; 9 - камбий; 10 – поздняя древесина; 11 – ранняя древесина; 12 – первичная ксилема; 13 -паренхима сердцевины.



Рисунок 78. Поперечный разрез пятилетней ветки липы

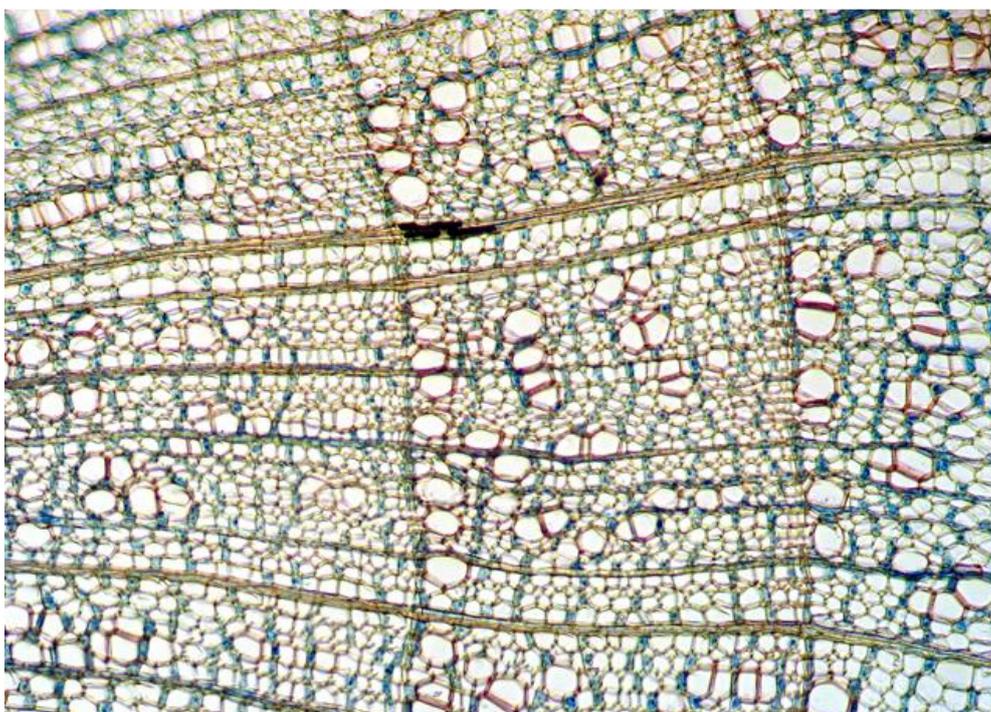


Рисунок 79. Вторичная древесина липы на поперечном срезе

Вторичная кора разделена на трапецевидные и треугольные участки. Она представлена твердым и мягким лубом. Твердый луб состоит из одревесневших толстостенных волокон, расположенных в трапецевидных участках тангентальными слоями. Слои твердого луба чередуются с группами тонкостенных элементов мягкого луба. Трапецевидные участки пересечены узкими, не достигающими до

первичной коры лучами, продолжающимися в древесине, но не достигающими сердцевины. Эти лучи называют вторичными.

Первичные лучи, соединяющие сердцевину с первичной корой, в древесине узкие, входя во вторичную кору, они постепенно расширяются к периферии вследствие деления паренхимных клеток. Поэтому на поперечных срезах лубяная часть этих лучей имеет вид треугольника, расположенного между трапецевидными участками.

Вторичная кора отделена от древесины камбиальной зоной. В древесине хорошо выражены кольца прироста, в которых заметны широкопросветные сосуды, сосредоточенные главным образом в весенней древесине. Ближе к наружной границе кольца прироста число сосудов и их размеры постоянно уменьшаются. Такую древесину называют рассеяннососудистой. Внутренняя часть древесины, граничащая с сердцевиной, представлена первичной древесиной, состоящей из узкопросветных элементов.

Серцевина паренхимная, с мелкоклеточной зоной, примыкающей к первичной древесине. Внутренняя часть сердцевины сложена тонкостенными паренхимными клетками, наиболее крупные из которых заполнены слизью.

Во вторичной древесине на поперечном срезе хорошо видны многочисленные округлые или угловатые очертания широкопросветных сосудов. Наиболее обильны сосуды в ранней древесине.

По всему слою прироста располагаются сравнительно тонкостенные паренхимные клетки, часто заполненные содержимым. Они либо одиночные (диффузная паренхима), либо собраны в короткие тангентальные цепочки, состоящие из 2-3 клеток, не соприкасающихся с трахеями.

Остальную часть древесины составляют древесинные волокна (либриформ). В поперечном сечении они многоугольные или таблитчатые. У большинства древесных пород древесинные волокна – это наиболее толстостенные элементы, обуславливающие твердость и механическую прочность древесины. У липы стенки волокон слабо утолщены, поэтому ее древесина мягка и имеет небольшой удельный вес. Больше всего либриформа в поздней древесине слоя прироста.

#### Вопросы к лабораторной работе

1. Где расположен камбий, каковы его функции?
2. Каковы физиологическая роль ксилемы и флоэмы?
3. Чем отличаются сосуды и трахеиды?
4. Чем отличаются трахеиды ранней и трахеиды поздней древесины?
5. Чем отличаются ситовидные клетки и ситовидные трубки?
6. Что называют твердым и мягким лубом?
7. Что такое годичное кольцо? Как оно образуется?

## *Лабораторная работа № 4.*

### Анатомическое строение листа и хвои

Многолетние листья хвойных растений характеризуются ксероморфной структурой, развитие которой связано и с резкими температурными колебаниями в течение года, и с недостаточным снабжением водой в зимнее время. Уменьшение испаряющей поверхности достигается образованием игольчатой формы листа. В поперечном сечении хвоя сосны полукруглая, морфологически верхняя сторона плоская, а нижняя выпуклая. Эпидермис состоит из почти квадратных клеток, покрытых кутикулой. Сильное утолщение, сопровождающееся одревеснением, затрагивает все стенки клеток. Под эпидермисом находится гиподерма из одного-двух слоев сплюснутых клеток с равномерно утолщенными одревесневшими стенками. Одревесневшие периферические слои клеток (эпидерма и гиподерма) обуславливают жесткость хвои сосны.

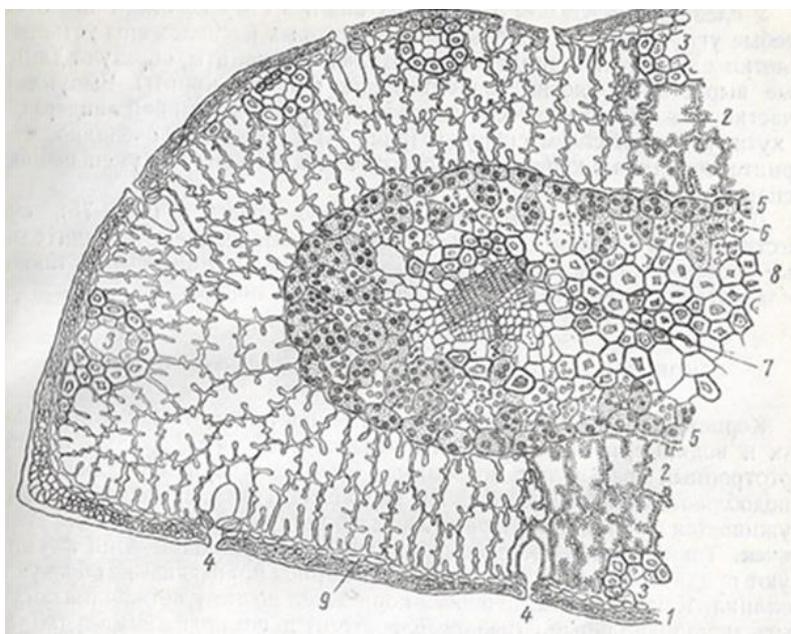


Рисунок 80. Анатомическое строение хвои сосны на поперечном срезе.

1 - эпидерма; 2- складчатая паренхима (хлоренхима); 3 – смоляной ход; 4 - устьице; 5 - эндодерма; 6 – трансфузионная ткань; 7 -сосудисто проводящий пучок (ксилема+флоэма); 8 - склеренхима; 9 – гиподерма.

К гиподерме примыкают схизогенные смоляные каналы, проходящие вдоль листа. Они выстланы тонкостенными эпителиальными клетками, окруженными снаружи обкладкой из округлых или овальных в поперечном сечении, толстостенных, слабоодревесневших клеток.

Центральная часть листа занята проводящей системой, состоящей из двух коллатеральных пучков, соединенных тяжем механической ткани. Пучки окружены трансфузионной тканью, состоящей из паренхимных и трахеидальных клеток.

Трансфузионная ткань служит для перемещения воды и растворов органических веществ между пучками и мезофиллом, от которого она отделена однородной эндодермой. Клетки эндодермы слегка вытянуты параллельно поверхности листа. На их смежных радиальных стенках заметны небольшие одревесневшие участки (пятна Каспари).

Мезофилл складчатый, его клетки расположены плотно, межклетники очень малы. Складки образуются в результате вставания и впячивания оболочки в полость клетки, что значительно увеличивает ее внутреннюю поверхность, выстланную цитоплазмой с многочисленными хлоропластами.

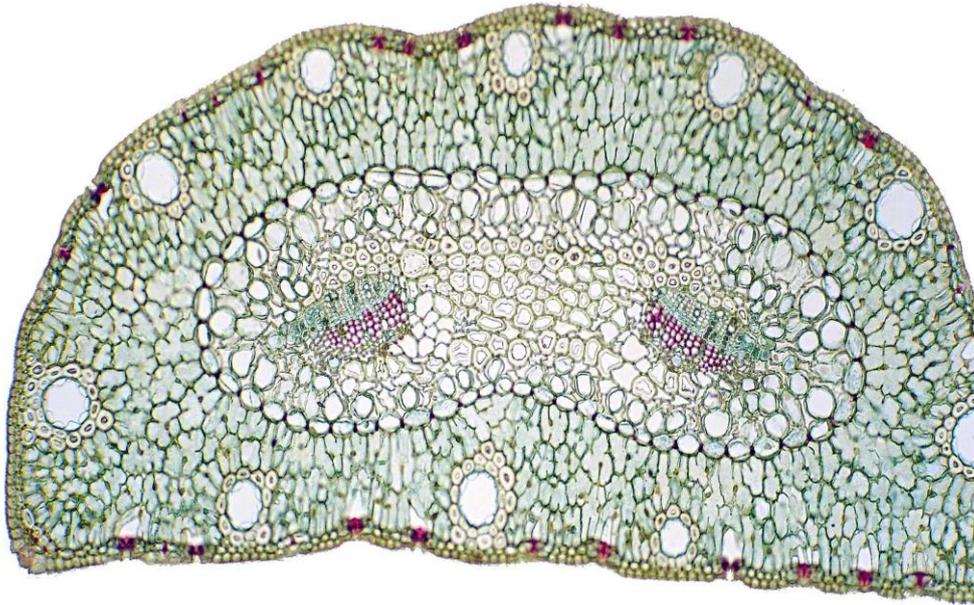


Рисунок 81. Строение хвои сосны на поперечном срезе

Лист камелии в области средней жилки значительно толще, чем в остальной части пластинки. Клетки эпидермы имеют толстые наружные стенки, покрытые кутикулой. Под эпидермой располагается 1-2 слоя клеток уголкового колленхимы. Средняя жилка представлена одним крупным коллатеральным проводящим пучком, окруженным тонкостенными паренхимными клетками с небольшим числом хлоропластов.

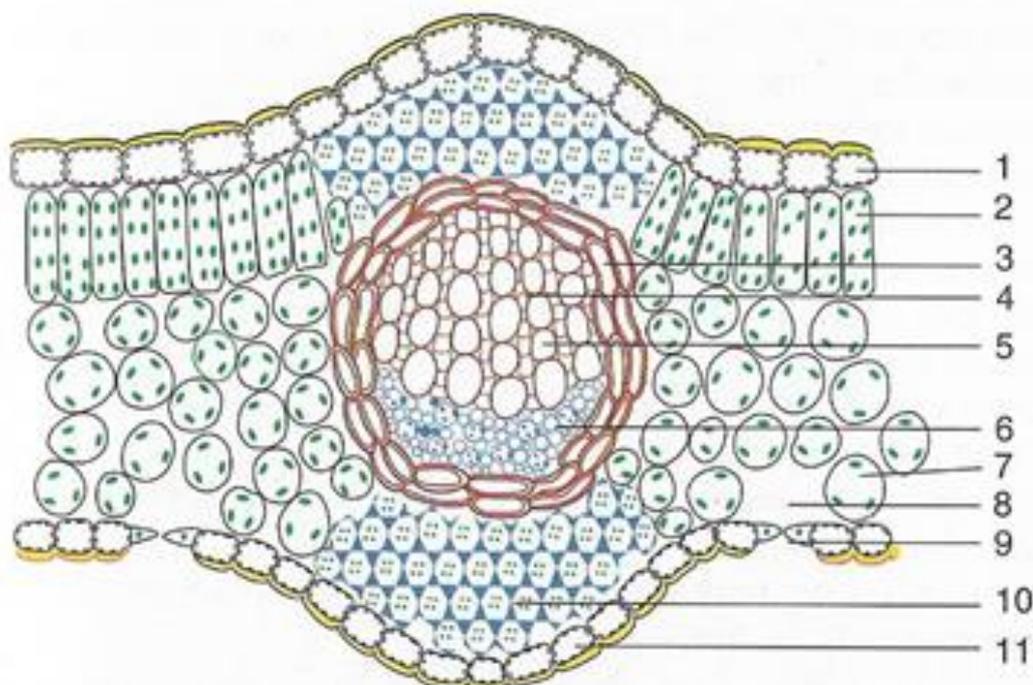


Рисунок 82. Анатомическое строение листа на поперечном срезе.

1- верхняя эпидерма; 2 – столбчатая паренхима (хлоренхима); 3 – склеренхима; 4 – сердцевинные лучи ксилемы; 5 – сосуды ксилемы; 6 - флоэма; 7 – губчатая паренхима (хлоренхима); 8 – воздухоносная полость; 9 - устьице; 10 - колленхима; 11 – нижняя эпидерма.

Ксилема обращена к верхней стороне листа; флоэма, огибающая ее вдоль желоба – к нижней. Флоэму облегает тяж склеренхимы из плотно соединенных многоугольных в очертании клеток с толстыми одревесневшими стенками. Со стороны ксилемы к пучку примыкают клетки одревесневшей паренхимы.

Специализированная ассимиляционная ткань мезофилл находится в более тонкой части пластинки. На верхней стороне листа клетки мезофилла слегка вытянуты перпендикулярно эпидермису и соединены плотно. Этот мезофилл называют столбчатым. Он играет наиболее активную роль в процессе фотосинтеза. Под ним располагается губчатый мезофилл, состоящий из округлых клеток, разделенных крупными межклетниками. Клетки содержат меньше хлоропластов, чем клетки столбчатого мезофилла. Благодаря обилию межклетников эта ткань активно участвует в газообмене, проходящем через устьица в нижней стороне листа. В мезофилле расположены мелкие разветвленные сосудисто-проводящие пучки, осуществляющие передачу воды клеткам мезофилла и отток продуктов ассимиляции.

В разных местах среза можно видеть одиночные склереиды разнообразных очертаний. Стенки склереид очень плотные, слоистые, одревесневшие. В губчатом мезофилле нередко встречаются клетки, содержащие друзы щавелево-уксусного кальция. Склереиды и кристаллоносные клетки представляют собой идиобласты.

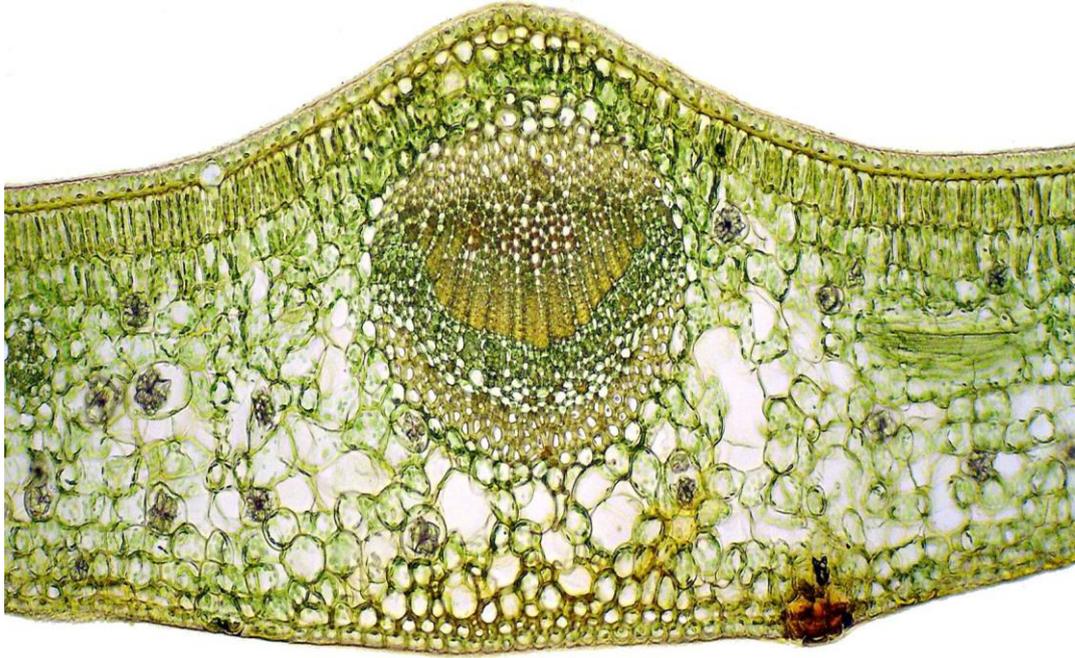


Рисунок 83. Строение листа камелии на поперечном срезе

Вопросы к лабораторной работе

1. Охарактеризуйте морфологические отличия столбчатой, губчатой и складчатой хлорофиллоносной паренхимы. Какова физиологическая роль этих тканей?
2. Какие механические ткани присутствуют в листе и хвое, в чем отличие между ними?
3. К какой группе тканей относится эпидермис и какие функции выполняет?
4. К какой группе тканей относится гиподерма? Какова ее роль?
5. Чем объясняется характер расположения устьиц в плоском листе?
6. Что такое мезофилл листа?
7. Что называется жилкой листа?
8. Какие типы механических тканей встречаются в плоском листе?
9. Какие функции выполняет лист? Каковы особенности его анатомического строения в связи с выполняемыми функциями?
10. Опишите анатомическое строение игловидного листа на примере хвои сосны?

## *Лабораторная работа № 5.*

Анатомическое строение корня ириса и корня липы на поперечном срезе

В корне ириса хорошо различимы первичная кора и центральный цилиндр. На поверхности тонких молодых корней нередко можно видеть остатки ризодермы с корневыми волосками. На срезах более старых корней ризодермы уже нет, корни покрыты экзодермой – первичной покровной тканью, представляющей собой 2-3, реже большее число периферических слоев клеток первичной коры. Эти клетки имеют многоугольные очертания и расположены плотнее, чем лежащие глубже паренхимные клетки первичной коры. Оболочки клеток экзодермы несколько утолщены. В них откладывается суберин, вызывающий опробковение. Нередко оболочки также одревесневают.

Большую часть первичной коры составляют тонкостенные, обычно содержащие запасной крахмал паренхимные клетки, между которыми имеются межклетники. Внутренний однорядный слой клеток первичной коры дифференцирован в эндодерму. Клетки эндодермы в поперечном сечении почти квадратные, с подковообразными опробковевшими и одревесневшими утолщениями (утолщены боковые и внутренние тангентальные стенки, наружные стенки тонкие).

Так как суберин непроницаем для жидких и газообразных веществ, физиологическая связь клеток эндодермы с прилегающими к ней клетками первичной коры возможна только через наружную, не утолщенную стенку, а связь между первичной корой и центральным цилиндром осуществляется посредством находящихся в эндодерме живых клеток с тонкими целлюлозными стенками. Эти клетки называют пропускными. Обычно они находятся напротив радиальных тяжей первичной ксилемы.

С внутренней стороны к эндодерме примыкает центральный цилиндр, наружная часть которого – перицикл, состоит из одного ряда мелких тонкостенных паренхимных клеток.

Перицикл окружает расположенные в глубине корня проводящие ткани, составляющие радиальный проводящий пучок. Тяжей флоэмы и ксилемы в пучке много.

Внутреннюю часть проводящего пучка занимает механическая ткань, представленная клетками прозенхимной формы с толстыми одревесневшими стенками, имеющими мелкие щелевидные поры. По внешнему виду они сходны с волокнами либриформа и возникают вследствие дифференциации клеток прокамбия. Центральным расположением механической ткани обуславливается прочность корня на растяжение.

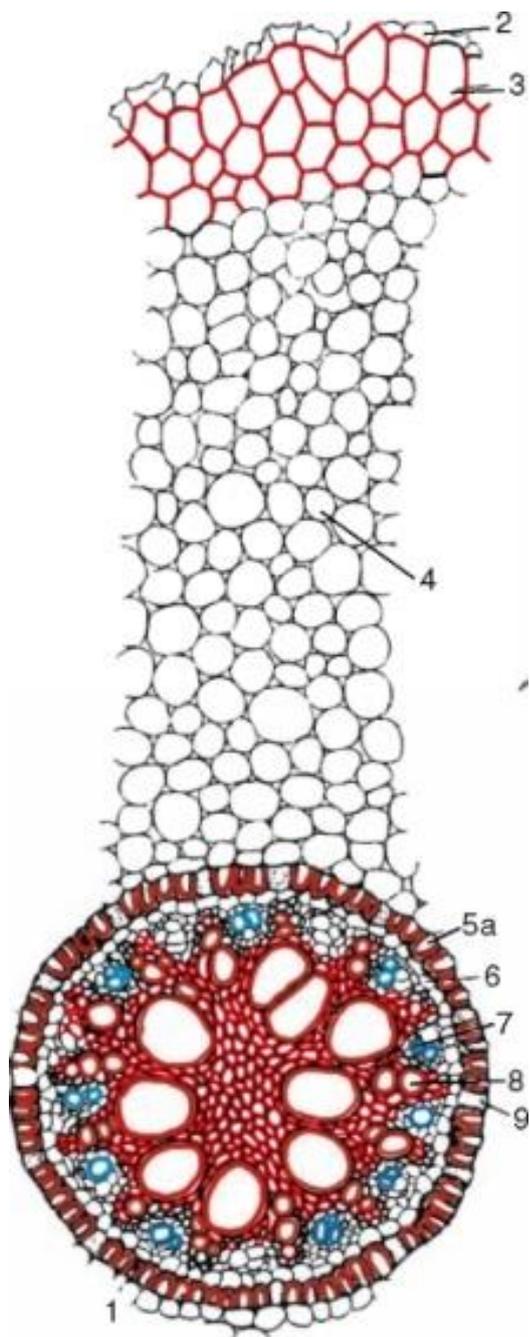


Рисунок 84. Анатомическое строение корня ириса на поперечном срезе.  
1- центральный цилиндр; 2- остатки эпиблемы; 3 - экзодерма; 4 - мезодерма; 5а –  
эндодерма с подковообразными утолщениями; 6 -перичикл; 7 -первичная флоэма; 8 –  
сосуды первичной ксилемы; 9 – пропускные клетки эндодермы.

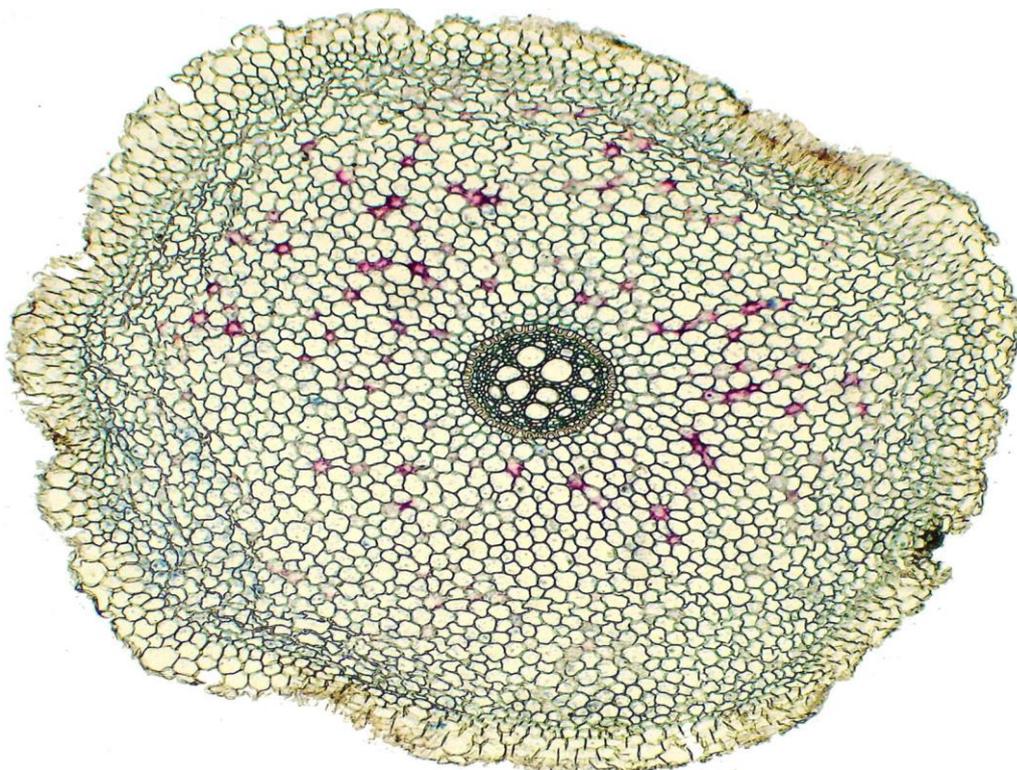


Рисунок 85. Поперечный разрез корня ириса

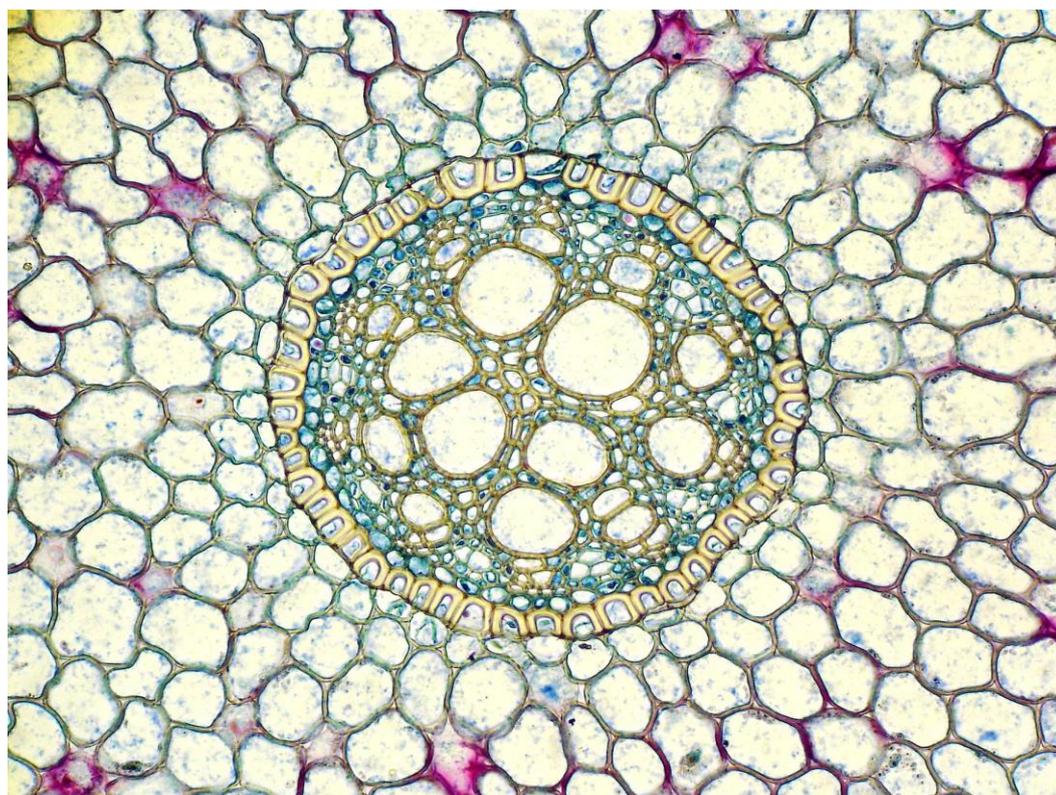


Рисунок 86. Центральная часть корня ириса

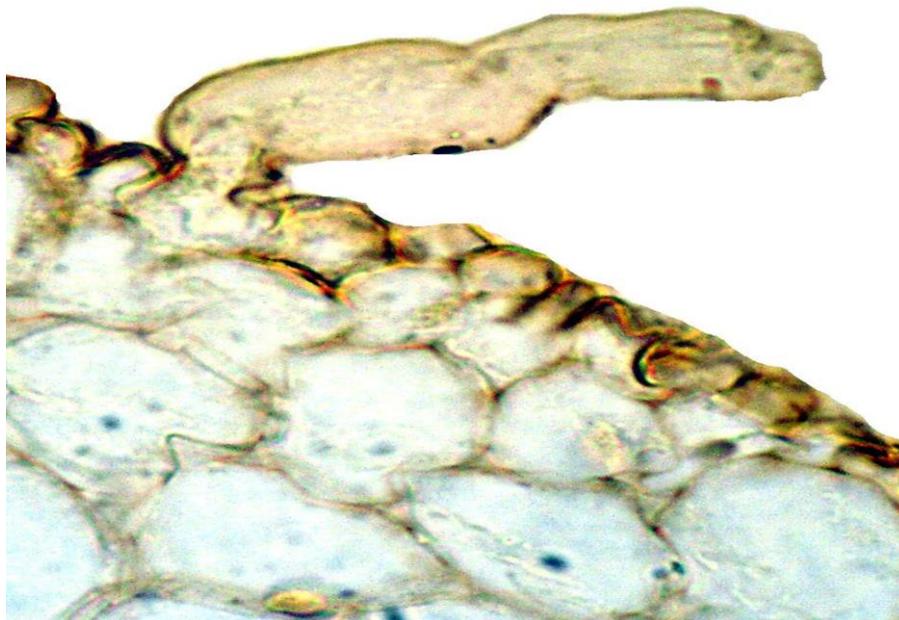


Рисунок 87. Всасывающий волосок на эпиблеме корня ириса

Схема строения корня липы на поперечном срезе напоминает строение стебля. Однако, при внимательном рассмотрении можно видеть в центральной части корня обычно 5 коротких радиальных тяжей первичной древесины, состоящих из более узкопросветных и сильнее одревесневших элементов, чем элементы вторичной древесины. Тяжи первичной древесины расположены звездой вокруг самой внутренней части корня, занятой клетками значительно более мелкими, толстостенными и одревесневшими, чем клетки типичной сердцевины стебля.

Большую часть корня составляет вторичная древесина с хорошо выраженными кольцами прироста, в которых обращают на себя внимание многочисленные короткие тангентальные цепочки клеток древесной паренхимы. Лучи, находящиеся против тяжей первичной древесины, а также лучи, начинающиеся во вторичной древесине, близ центральной части корня, к периферии постепенно расширяются, приобретая треугольные очертания поперечного сечения, как и первичные лучи в стебле. Как и во вторичной коре стебля, между широкими лучами в корне расположены трапецевидные участки луба, состоящие из тангентальных полос лубяных волокон, чередующихся с тонкостенными элементами (ситовидными трубками, сопровождающими и паренхимными клетками). Первичной коры в корне нет, луб окружен зоной паренхимных клеток, возникших при делении клеток феллодермы. Покровная ткань представлена пробкой.

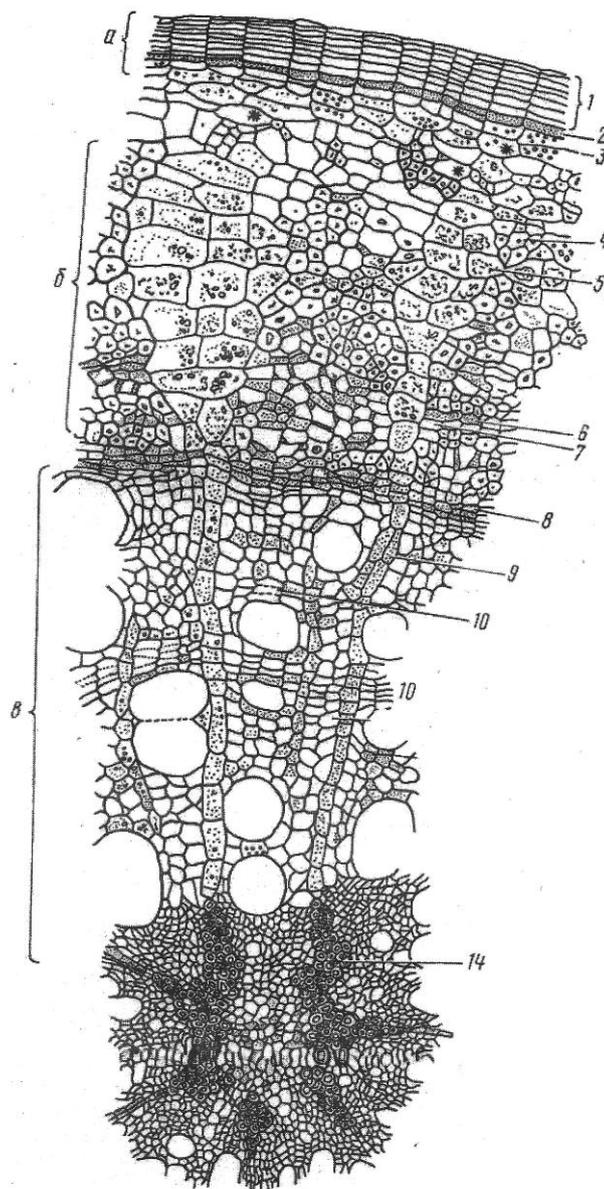


Рисунок 88. Анатомическое строение корня липы на поперечном срезе. а -перидерма ( пробка+феллоген+феллодерма); б – флоэма; 1 – феллема (пробка) ; 2- феллоген; 3- феллодерма; 4 – лубяные волокна; 5 – сердцевинный луч; 6- лубяная паренхима; 7 – ситовидные трубки; 8 - камбий; 9 – сердцевинный луч; 10 -трахеиды; 11 – древесинные волокна (либриформ); 12 -древесинная паренхима; 13 - сосуды; 14 -лучи первичной ксилемы

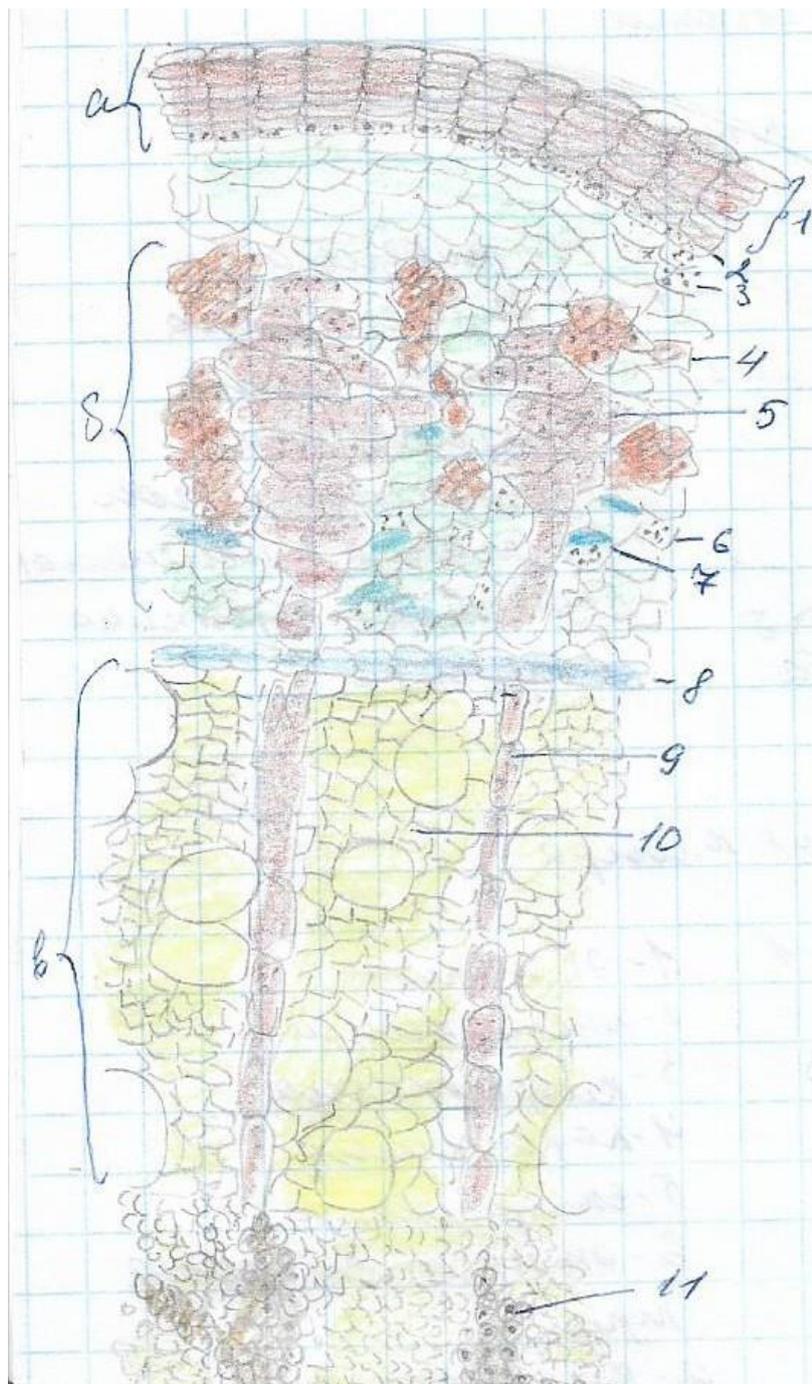


Рисунок 89. Пример зарисовки поперечного среза корня липы

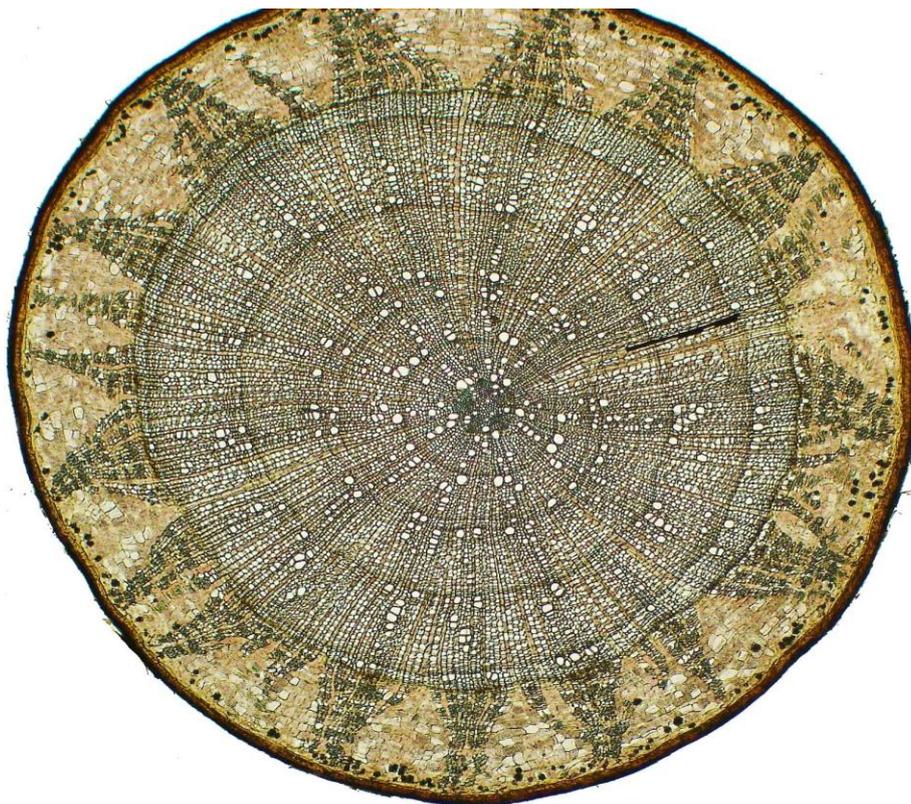


Рисунок 90. Поперечный разрез корня липы

#### Вопросы к лабораторной работе

1. Какие ткани присутствуют в корнях однодольных и двудольных, каковы их физиологические функции?
2. Каково устройство зоны проведения у однодольного растения?
3. Каковы черты сходства и отличия в строении корня однодольных и корня двудольных растений?
4. Чем отличается анатомическое строение корня липы от строения ветки липы?

## Лабораторная работа № 6.

### Анатомическое строение молодого корня на продольном срезе

Различные части корня выполняют неодинаковые функции и характеризуются определенными морфологическими особенностями. Эти части получили название зон. Обычно различают три зоны корня и корневой чехлик – особую морфологическую структуру, выполняющую защитную функцию.

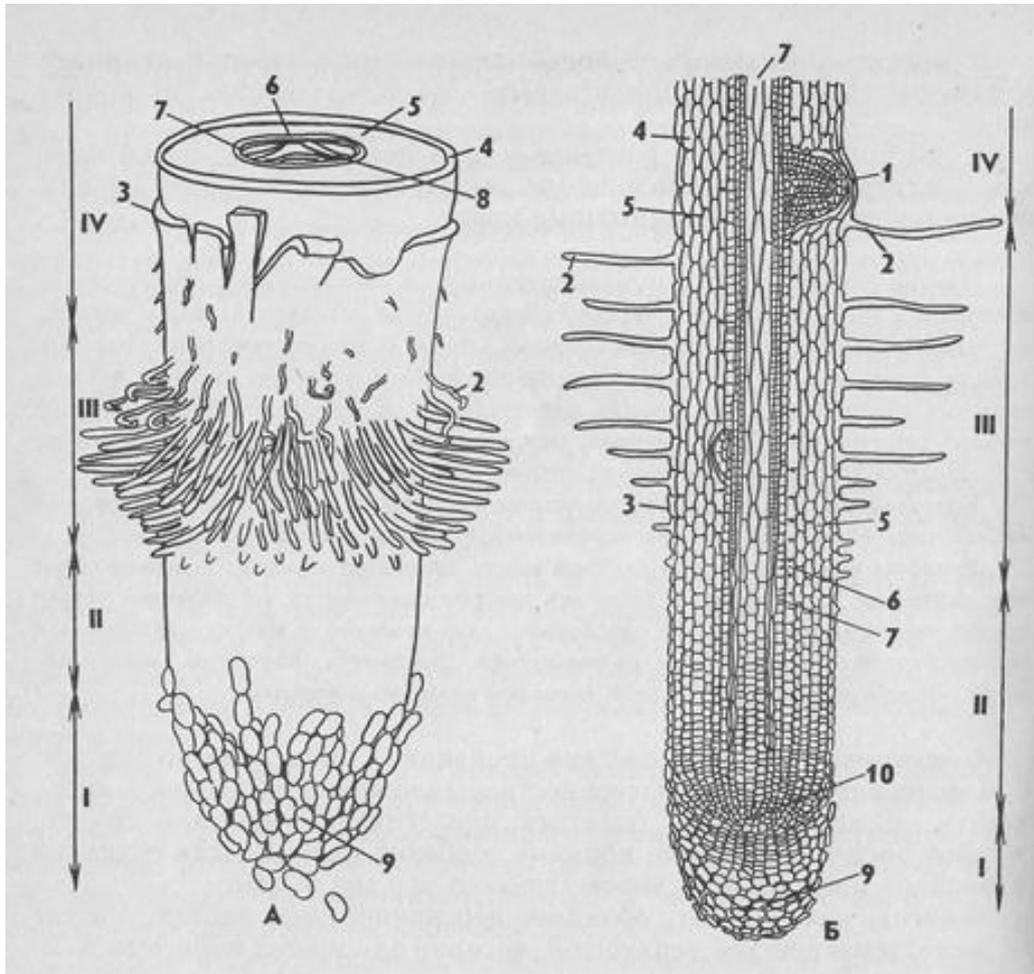


Рисунок 91. Зоны корня на продольном срезе.

А – общий вид. Б – продольный разрез верхушки корня. I – корневой чехлик; II – зона роста и растяжения; III – зона всасывания; IV – зона проведения. 1 – закладывающийся боковой корень; 2 – корневые волоски на эпиблеме; 3 – эпиблема; 4 – экзодерма; 5 – первичная кора; 6 – эндодерма; 7 – перицикл; 8 – осевой цилиндр; 9 – клетки корневого чехлика; 10 – апикальная меристема.

Функцией корневого чехлика является защита апикальной меристемы. Корневой чехлик состоит из живых паренхимных клеток. Нередко они содержат крахмал. Стенки периферических клеток способны ослизняться, что облегчает проникновение корня в почву. По мере роста корня клетки корневого чехлика постепенно отслаиваются, а взамен отпавши изнутри нарастают новые клетки.

Корневой чехлик также выполняет важную функцию контроля реакции корня на гравитацию (положительный геотропизм).

Под чехликом располагается зона деления, представленная меристематической верхушкой корня (апексом). В результате активности апикальной меристемы формируются все прочие зоны и ткани корня. Протяженность зоны деления составляет менее 1 мм.

За зоной деления располагается зона растяжения. Клетки этой зоны практически не делятся, но способны растягиваться в продольном направлении, проталкивая корневое окончание вглубь почвы. В этой зоне происходит дифференциация первичных проводящих тканей. Протяженность зоны растяжения составляет несколько миллиметров.

В зоне всасывания расположены выросты эпиблемы – корневые волоски. Здесь происходит поглощение воды и минеральных веществ. В отличие от зоны роста участки этой зоны не смещаются относительно частиц почвы. Протяженность зоны всасывания составляет от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Корневые волоски живут 10-20 суток, а затем отмирают и на месте зоны всасывания формируется зона проведения.

Выше зоны всасывания, там, где исчезают корневые волоски, начинается зона проведения. Строение этой зоны на разных ее участках неодинаково. По этой части корня вода и растворы солей, поглощенные корневыми волосками, транспортируются в вышележащие органы растения. Участки зоны проведения занимают фиксированное положение относительно участков почвы, не смещаясь относительно их. Несмотря на фиксированное положение в пространстве конкретных участков зон поглощения и проведения, эти зоны сдвигаются вследствие верхушечного роста. В результате этого всасывающий аппарат постоянно перемещается в почве. В зоне проведения идет интенсивное ветвление главного корня и формируются боковые корни.

Вопросы к лабораторной работе

1. Из каких зон состоит корень?
2. Какую функцию выполняет каждая из зон? Каково ее строение?
3. Что представляет собой корневой волосок? Какова его функция и как долго он ее выполняет?
4. Каковы функции эндодермы?
5. Какие функции выполняет эпиблема?

## Библиографический список

1. Андреева И. И., Родман Л.С. Ботаника. М.: КолоС, 2002 – 487 с.
2. Атабекова А. И., Устинова Е. И. Цитология растений. М.: Агропромиздат, 1987 – 246 с.
3. Барабанов Е.И., Зайчикова С.Г. Ботаника. М.: Геотар-Медиа, 2013 – 591 с.
4. Барабанов Е.И., Зайчикова С.Г. Ботаника. Руководство к практическим занятиям. М.: Геотар-Медиа, 2014 – 304 с.
5. Билич Г.Л., Крыжановский В.А. Универсальный атлас. Биология. Кн.2. М.: Оникс, 2005 – 1135 с.
6. Биологический энциклопедический словарь. Под. ред. М. С. Гилярова. М.: БРЭ, 1995 – 864 с.
7. Блукет Н.А., Емцев В. Т. Ботаника с основами физиологии растений и микробиологии. М.: Колос, 1969 - 512 с.
8. Васильев А.Е., Воронин Н. С., Еленевский А.Г., Серебрякова Т. И. Ботаника. Анатомия и морфология растений. М.: Просвещение, 1978 – 480 с.
9. Верхов В.Н., Лотова Л.И., Филин В. Р. Практикум по анатомии и морфологии высших растений. М.: МГУ, 1980 -192 с.
10. Курсанов Л.И., Комарницкий Н.А., Мейер К. И., Раздорский В. Ф., Уранов А. А. Ботаника. Том I. Анатомия и морфология растений. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства просвещения РСФСР, 1958 – 419 с.
11. Лысов П. К., Акифьев А.П., Добротина Н.А. Биология с основами экологии. М.: Высшая школа, 2009 – 655 с.
12. Медников Б.М. Биология: формы и уровни жизни. М.: Просвещение, 1994 – 415 с.
13. Серебряков К. И. Очерки по истории ботаники. Часть I.: Государственное учебно-педагогическое издательство Наркомпроса РСФСР, 1941 – 248 с.
14. Хражновский В.Г. Курс общей ботаники. М.: Высшая школа, 1976 – 272 с.
15. Хражановский В. Г., Пономаренко С. Ф. Практикум по курсу общей ботаники. М.: Агропромиздат, 1989 – 416 с.
16. Чижевская З. А. Практикум по общей ботанике. М.-Л.: Учпедгиз, 1953 – 390 с.
17. Шкаринов С.Л. Анатомия растений. М.: МГУЛ, 2007 – 106 с.
18. Электронная версия методического пособия О. В. Егоровой по работе на световых микроскопах (подготовлена в Электронном издательстве «Аналитическая микроскопия») (регистрация издательства в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации Эл №77-6072 от 4 февраля 2002 г.) под редакцией проф. А. Ю. Буданцева
19. Эсау К. Анатомия растений. М.: Мир, 1969 – 564 с.
20. Яковлев Г. П., Аверьянов Л. В. Ботаника для учителя. Ч.1. М.: Просвещение, 1996 – 224 с.
21. Stern K. R. Plant Biology. Melburn-Oxford: Wm. C. Brown Publishers, 1994 – 535 с.

## Вопросы для самоконтроля

### ЦИТОЛОГИЯ И АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ

1. Наука, изучающая клетку, называется:

- А) Цитология
- Б) Микробиология
- В) Бриология
- Г) Микология

2. Признаками живого организма являются

- А) Обмен веществ
- Б) Самовоспроизводство
- В) Саморегуляция
- Г) Монолитность

3. Впервые клеточное строение у растений наблюдал

- А) Карл Линней
- Б) Жан Батист Ламарк
- В) Роберт Гук
- Г) М. Ломоносов

4. В эукариотической клетке имеются:

- А) Ядро
- Б) Митохондрии
- В) Генофор
- Г) Цитоплазма

5. Прокариотическая клетка может делиться путём:

- А) Митоза
- Б) Мейоза
- В) Амитоза (перетяжкой на части)
- Г) Почкования

6. Паренхимная клетка может быть по размерам:

- А) Изодиаметрична (приблизительно равна в трёх измерениях)
- Б) Длина в разы превышает ширину
- В) Шаровидной формы
- Г) Иной формы

7. Назовите основные отличия растительной клетки от животной:

- А) Клеточная стенка состоит из целлюлозы
- Б) Имеются пластиды
- В) Запасающее вещество – гликоген
- Г) Отсутствует вакуоль

8. Запасное вещество растительной клетки:

- А) Гликоген
- Б) Крахмал
- В) Хитин
- Г) Глютамин

9. К основным типам пластид относятся:

- А) Хлоропласты
- Б) Хромопласты
- В) Лейкопласты
- Г) Плазмиды

10. Какой процесс происходит в хлоропластах?

- А) Дыхание
- Б) Фотосинтез
- В) Секреция
- Г) Траспирация

11. Какие пигменты имеются в хлоропластах?

- А) Хлорофиллы
- Б) Каротиноиды
- В) Меланин
- Г) Антоциан

12. Энергетическую потребность клетки обеспечивают:

- А) Микротрубочки
- Б) Комплекс Гольджи
- В) Рибосомы
- Г) Митохондрии

13. К видоизменениям клеточной оболочки относятся:

- А) Одревеснение
- Б) Опробковение
- В) Размягчение
- Г) Минерализация

14) В рибосомах происходит:

- А) Окисление углеводов
- Б) Фотосинтез
- В) Обмен веществ
- Г) Синтез белка

15. Ядро –

- А) Носитель наследственности клетки
- Б) Управляет всей клеткой
- В) Имеет собственную вакуоль
- Г) Имеет ядрышки

16. Определение ткани как совокупности клеток одинакового строения- независимо от того, разбросаны они в теле растения или составляют отдельные группы, дали:

- А) В.Иогансен;
- Б) Ф.Э.Л.ван Тигем;
- В) Г.Винклер;
- Г) А.де Барии;
- Д) В.Вайнберг.

17. По положению в растении выделяют следующие виды меристем:

- А) апикальные;
- Б) промежуточные;
- В) латеральные;
- Г) интеркалярные;
- Д) раневые.

18. Мерисистемы, образующие проводящие ткани, это:

- а) феллоге;
- б) камбий;
- в) прокамбий;
- г) перицикл;
- д) туника.

19. К первичным покровным тканям относят:

- а) эпидерму;
- б) ризодерму;
- в) перидерму;
- г) эпиблему;
- д) гиподерму.

20. Лигнификация клеточных оболочек характерна:

- а) для склеренхимы;
- б) каменистых клеток;
- в) перидермы;
- г) проводящих элементов флоэмы;
- д) элементов ксилемы;

21. Две околоустьичные клетки характерны для образования следующих устьичных комплексов:

- а) анизоцитного;
- б) диацитного;
- в) парацитного;
- г) аномоцитного;
- д) энциклоцитного.

22. Отмершие клетки входят в состав следующих тканей:

- а) анизоцитного;
- б) диацитного;
- в) колленхимы;
- г) ритидома;
- д) эндодерма.

23. Проводящими элементами ксилемы являются:

- а) ситовидные трубки;
- б) клетки-спутницы;
- в) трахеиды;
- г) сосуды;
- д) ситовидные клетки.

24. Центрофлоэмные пучки характерны:

- а) для стеблей двудольных;
- б) корневищ двудольных;
- в) стеблей однодольных;
- г) корневищ однодольных;
- д) корней первичного строения.

25. К основным тканям относят:

- а) хлоренхиму;
- б) губчатую паренхиму;
- в) запасную;
- г) водоносную;
- д) аэренхиму.

26. Вместилища выделений, образующиеся схизогенно:

- а) смоляные ходы;
- б) железистые трихомы;
- в) вместилища в перикарпии плодов цитрусовых;
- г) эфирномасличные каналы;
- д) идиобласты.

27. К наружным выделительным тканям относят:

- а) млечники;
- б) головчатые волоски;
- в) железки;
- г) нектаринки;
- д) смоляные ходы.

28. Ассимиляционный ток органических веществ осуществляется:

- а) по ситовидным трубкам;
- б) трахеидам;
- в) сосудам;
- г) лубяным волокнам;
- д) ситовидным клеткам.

29. В состав ксилемы входят:

- а) сосуды;
- б) трахеиды;
- в) либриформ;
- г) камбиформ;
- д) древесная паренхима.

30. К образованиям эпидермы относят:

- а) устьица;
- б) вместилища;
- в) трихомы;
- г) корневые волоски;
- д) эмергенцы.

31. Газообмен и водообмен в первичной покровной ткани эпидермисе происходит через:

- А) Чечевички
- Б) Устьица
- В) Трещинки
- Г) Трихомы

32. Эпиблема - это первичная покровная ткань:

- А) Листа
- Б) Побега
- В) Стебля
- Г) Корня

33. Вторичную покровную ткань перидерму составляют:

- А) Пробка
- Б) Феллоген
- В) Феллодерма
- Г) Лубяные волокна

34. К проводящим тканям относятся:

- А) Водоносная паренхима
- Б) Ксилема
- В) Флоэма
- Г) Аэропаренхима

35. Флоэма состоит из:

- А) Смоляных ходов
- Б) Млечников
- В) Клеток – спутниц
- Г) Ситовидных элементов

36. К механическим тканям относятся:

- А) Эпиблема
- Б) Склеренхима
- В) Колленхима
- Г) Перицикл

37. В зависимости от характера утолщения клеточных стенок колленхима может быть:

- А) Уголковой
- Б) Пластинчатой
- В) Ассиметричной
- Г) Рыхлой

38. Волокна, входящие в состав флоэмы, называются:

- А) Лубяные волокна
- Б) Древесные волокна
- В) Рыхлые волокна
- Г) Веретеновидные волокна

39. К выделительным тканям относятся:

- А) Клетки – спутницы
- Б) Нектарники
- В) Эфирные желёзки
- Г) Масляничные желёзки

40. Какими могут быть поры?

- А) Простыми
- Б) Комплексными
- В) Окаймлёнными
- Г) Замкнутыми

41. Какой тканью являются млечники?

- А) Образовательной
- Б) Механической
- В) Выделительной
- Г) Покровной

42. Первичной образовательной тканью являются:

- А) Камбий
- Б) Прокамбий
- В) Феллоген
- Г) Перицикл

43. Проводящий пучок, способный к утолщению называется:

- А) Замкнутым
- Б) Закрытым
- В) Открытым
- Г) Дифференцируемым

44. Какие особенности строения имеет древесина хвойных пород?

- А) Проводящие элементы - трахеиды с окаймлёнными порами
- Б) Имеются сосуды
- В) Имеются смоляные ходы
- Г) Имеются сердцевинные лучи

45. Какие меристемы располагаются на верхушках побегов и корней?

- А) Латеральные
- Б) Интеркалярные
- В) Раневые
- Г) Апикальные

46. Заболонь – это

- А) Старые участки древесины, расположенные ближе к центру ствола
- Б) Наружные молодые физиологически активные слои древесины
- В) Отмершие слои пробки
- Г) Система смоляных ходов

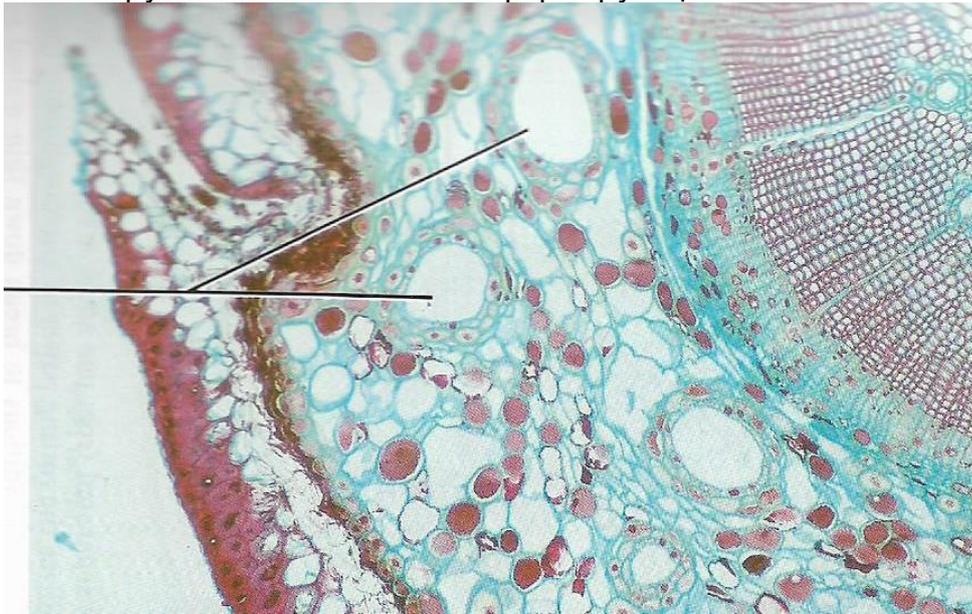
47. Пороками древесины являются:

- А) Ослизнение
- Б) Косослой
- Г) Свилятость
- Д) Минерализация

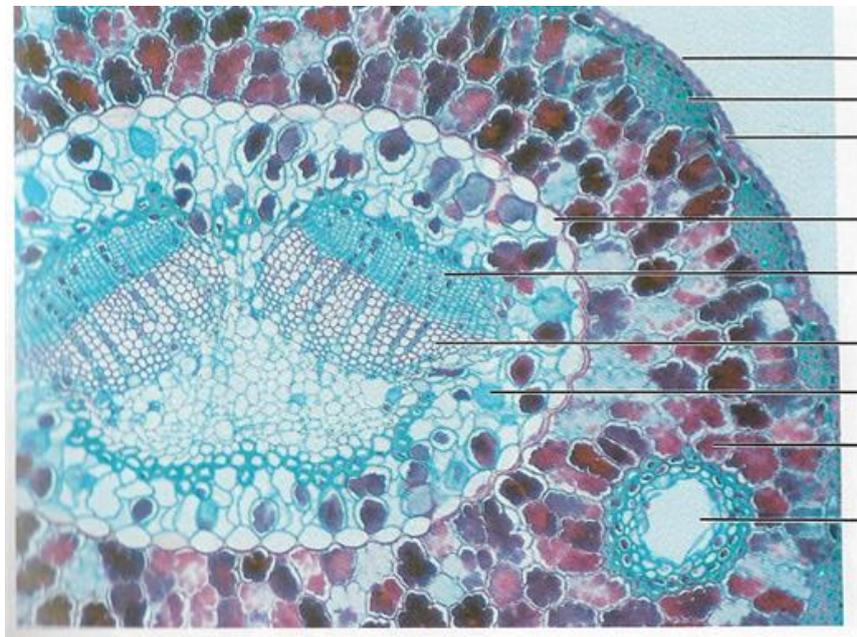
48. Что представляет собой жилка листа?

- А) Только механические ткани листа
- Б) Проводящий пучок и прилегающие к нему механические ткани
- В) Выделительные ткани
- Г) Ассимиляционные ткани
- Д) Основа осевого цилиндра стебля
- Е) Периферическая часть сердцевины
- Ж) Первичная кора
- З) Центральная часть сердцевины

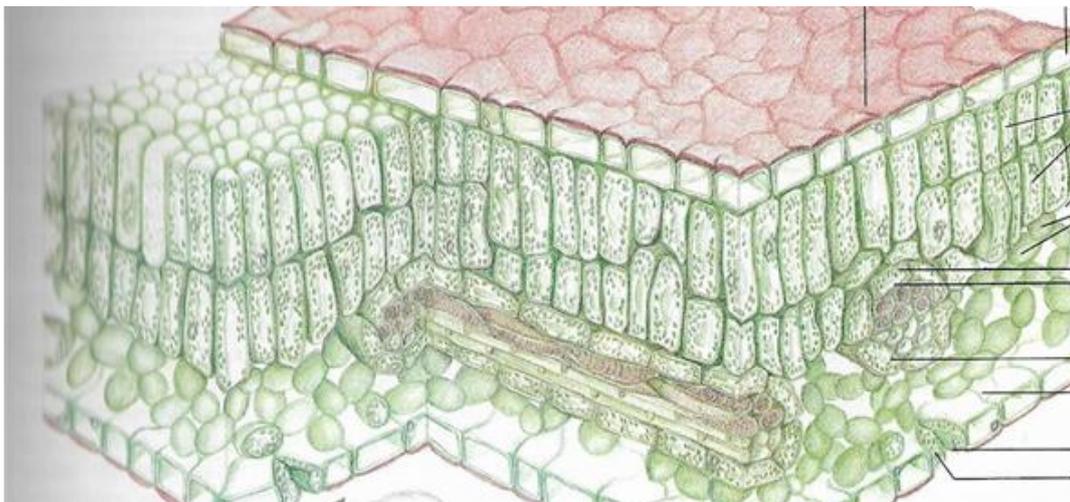
49. Какая структура выделена на микрофотографии поперечного разреза стебля сосны? К какой группе тканей относится формирующие ее клетки?



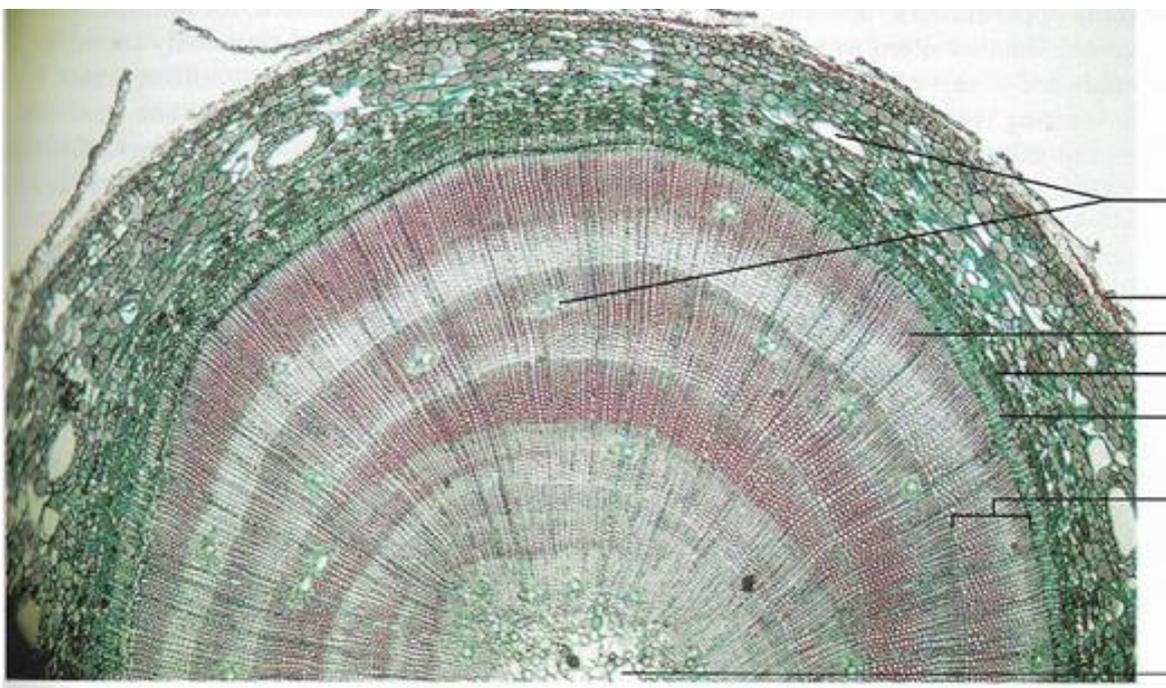
50. Какие структуры изображены на схеме поперечного разреза хвои сосны? Подпишите их



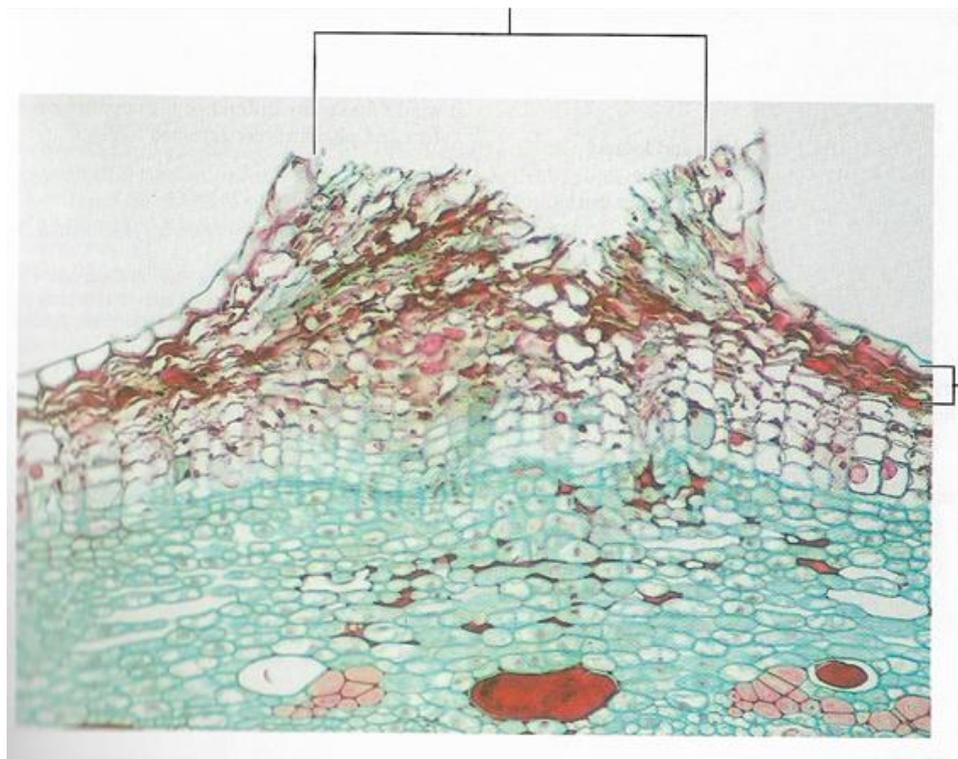
51. Какие ткани изображены на поперечном разрезе листа? Подпишите их



52. Какие ткани присутствуют на поперечном срезе ветки липы? Подпишите их



53. Какие структуры выделены на продольном срезе ветки бузины? Какие ткани вы различаете на микрофотографии препарата?





ISBN 978-1-005-49856-6



9 781005 498566

Усл. печ. л. 3,2.

Объем издания 91,1 МВ

Оформление электронного издания:

НОО Профессиональная наука, mail@scipro.ru

Дата размещения: 25.03.2021 г.

URL: <http://scipro.ru/conf/plants25.03.21.pdf>