

4. АНАТОМИЯ ВЕГЕТАТИВНЫХ И ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ

4.1. Лабораторная работа № 8. «Первичное и вторичное строение стебля. Видоизменения стебля»

Цель работы: ознакомиться с первичным и вторичным строением стебля покрытосеменных растений; изучить закономерности разных способов заложения камбия и образования различных типов стел у двудольных растений; рассмотреть видоизменения стебля на примере строения корневища.

Теоретические сведения. Первичное строение стебля.

Стебель представляет собой осевой вегетативный орган растения, несущий листья и почки. Основные функции стебля – опорная и проводящая. Стебель осуществляет связь между корнями, листьями и генеративными органами. Кроме того, в стебле нередко откладываются запасные питательные вещества. Иногда стебель выступает как ассимилирующий орган.

На начальных этапах развития формируется первичная анатомическая структура стебля, сохраняющаяся у однодольных в течение всей жизни. У двудольных покрытосеменных и голосеменных растений первичная структура стебля в ходе онтогенеза преобразуется и в итоге формируется так называемое вторичное строение стебля.

В результате деятельности прокамбия и остальной первичной меристемы конуса нарастания формируется **первичное строение стебля**. В первичном строении обычно различают три латеральные зоны – *эпидерму, первичную кору и стелу (центральный цилиндр)*.

Первичная кора располагается сразу под эпидермой и представляет собой комплекс тканей, в состав которого могут входить хлоренхима (ассимиляционная паренхима), паренхима, выделительные, механические (чаще колленхима), а также некоторые другие ткани. Совокупность тканей стебля, расположенных внутри от первичной коры, называется центральным цилиндром (стелой). Он занимает центральную часть стебля внутри от эндодермы, с которой граничит самый наружный слой центрального цилиндра – *перицикл*. Под ним располагаются *проводящие ткани* в виде сосудисто-волокнистых пучков или сплошного кольца. *Сердцевина* расположена в центре стебля и представлена преимущественно паренхимой. Сердцевина многих растений частично разрушается, и тогда стебель становится полым. Такой тип строения стебля называется соломиной. Сердцевина сообщается с первичной корой при помощи паренхимной ткани, расположенной радиальными рядами и получившей название *сердцевинных лучей*. У большинства однодольных растений первичная кора и сердцевина четко не выражены, так как проводящие пучки располагаются по всему поперечному сечению стебля.

У голосеменных и большинства двудольных покрытосеменных рост стебля в толщину осуществляется за счет работы *камбия*, образующего *вторичные ткани*. Существует несколько способов заложения и деятельности камбия:

 **Непучковый тип** – камбий закладывается в виде непрерывного кольца, откладывая сплошные слои вторичных проводящих тканей (стебель липы – *Tilia cordata*).

 **Пучковый тип:**

а) закладывается пучковый и межпучковый камбий. Последний дифференцируется в лучевую паренхиму или механические элементы (стебель кирказона – *Aristolochia clematitis*);

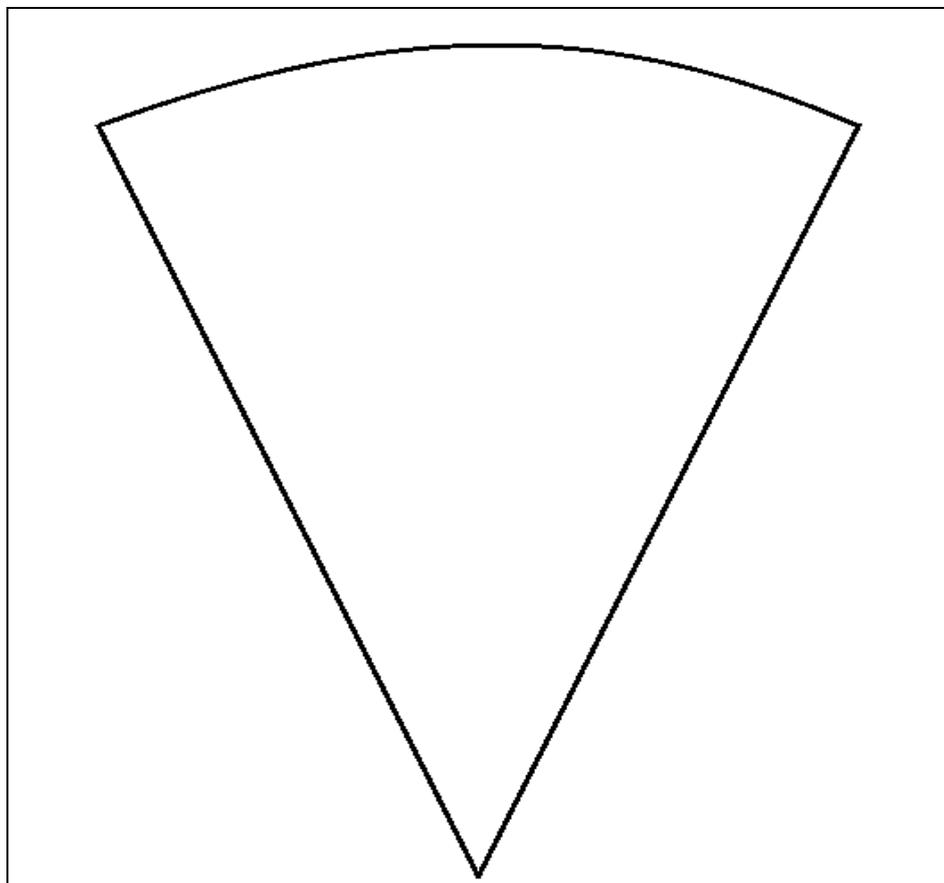
б) закладывается только пучковый камбий. Пучки разделены паренхимой, которая даже в наиболее старых участках стебля не одревесневает (стебель тыквы – *Cucurbita pepo*).

 **Переходный тип** – закладывается как пучковый, так и межпучковый камбий. Межпучковый камбий образуется из паренхимы. Из него дифференцируются новые проводящие (добавочные) пучки, которые расположены между более крупными пучками (стебель подсолнечника – *Helianthus annuus*).

Задание 1. Приготовить и рассмотреть временный микропрепарат поперечного среза стебля подсолнечника (*Helianthus annuus*) с переходным типом строения.

Последовательность работы. Сделать поперечный срез стебля подсолнечника, окрасить флороглюцином в соляной кислоте. Рассмотреть ткани стебля вначале при малом, затем при большом увеличении. Снаружи стебель покрыт *эпидермой*, на которой образуются крупные многоклеточные волоски. Под эпидермой расположена механическая ткань – *колленхима*. Под колленхимой лежит небольшой слой *паренхимы* первичной коры, заканчивающийся извилистым слоем из цепочки клеток, прилегающих к участкам склеренхимы. Это *эндодерма*. В основной паренхиме изредка встречаются *схизогенные смоляные ходы*. Таким образом, *первичная кора* состоит из колленхимы, основной паренхимы, эндодермы. К центру стебля, сразу же за первичной корой, расположен *центральный цилиндр*. Он начинается хорошо обособленными группами толстостенных клеток склеренхимы с одревесневшими стенками. Тяжи склеренхимы расположены не произвольно, а в комплексе с *коллатеральными сосудисто-волокнистыми пучками*, всегда прилегают к флоэмной части пучка. Пучки открытые, расположены равномерно по окружности стебля. Несколько изогнутая зона *пучкового камбия*, выходя за пределы пучка, формирует выпуклую дугу *межпучкового камбия*. В результате его деятельности в нижней части стебля формируются новые добавочные более мелкие СВП.

Зарисовать сектор поперечного среза стебля подсолнечника с переходным типом строения и сделать обозначения.



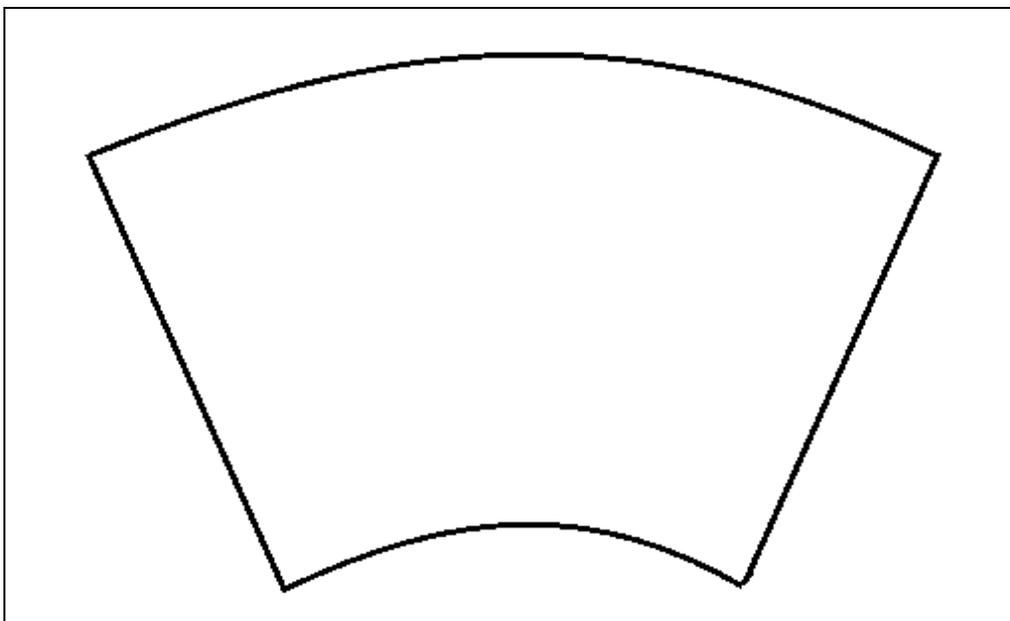
- 1 – эпидерма,
- 2 – колленхима,
- 3 – паренхима коры,
- 4 – смоляной ход,
- 5 – первичная кора,
- 6 – склеренхима,
- 7 – открытый коллатеральный основной пучок,
- 8 – флоэма,
- 9 – пучковый камбий,
- 10 – ксилема,
- 11 – межпучковый камбий,
- 12 – добавочный СВП,
- 13 – паренхима сердцевины,
- 14 – центральный цилиндр.

Рис. 4.1. Поперечный срез стебля подсолнечника с переходным типом строения.

Задание 2. Познакомиться с строением стебля ржи (*Secale cereale*) или пшеницы с плохо выраженной первичной корой, беспорядочным расположением проводящих пучков и большой полостью в центре стебля – соломиной. Сделать рисунок и соответствующие обозначения.

Последовательность работы. Сделать поперечный срез стебля, окрасить его флороглюцином в соляной кислоте. При малом увеличении рассмотреть мощный слой склеренхимы, выступы которого доходят до эпидермы. Между выступами склеренхимы лежат участки хлоренхимы, над ними можно заметить устьица. В более старых стеблях хлорофиллоносную паренхиму заметить почти невозможно, так как стенки ее клеток постепенно одревесневают. В каждом выступе склеренхимы, между участками хлорофиллоносной паренхимы лежит небольшой проводящий пучок. Ближе к центру расположены более крупные закрытые коллатеральные проводящие пучки. Они окружены крупноклеточной паренхимой. В центре находится сердцевина. При росте стебля злаковых в длину клетки сердцевинки могут разрываться и образуется полость, свойственная стеблям большинства злаков.

Схематично зарисовать первичное строение стебля ржи и сделать обозначения:



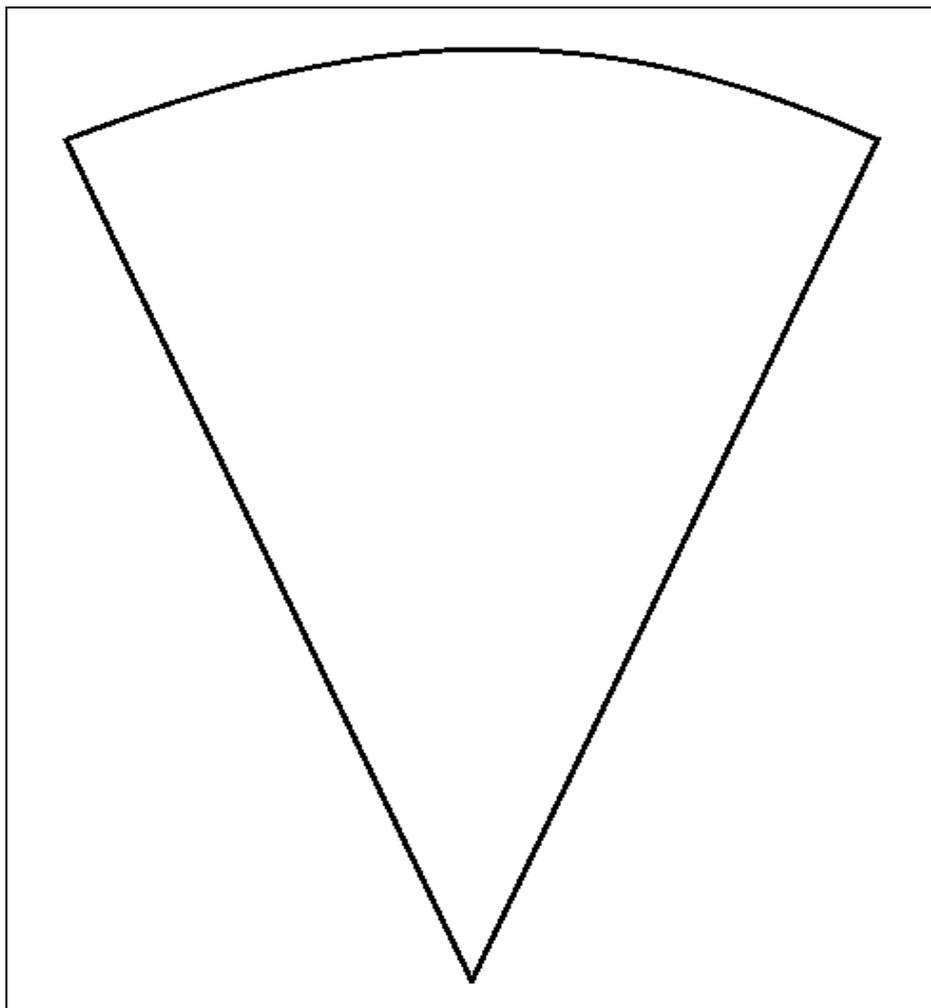
- 1 – эпидерма,
- 2 – склеренхима,
- 3 – хлоренхима (если есть),
- 4 – закрытый коллатеральный пучок,
- 5 – основная паренхима,
- 6 – полость.

Рис. 4.2. Поперечный срез стебля ржи.

Задание 3. Ознакомиться с первичной структурой стебля с пучковым типом строения с хорошо выраженной первичной корой на временном микропрепарате поперечного среза стебля тыквы (*Cucurbita pepo*).

Последовательность работы. Сделать поперечный срез стебля тыквы, окрасить его флороглюцином в соляной кислоте. Междоузлия стебля тыквы полые и, как снаружи, так и изнутри, ребристые. В ребрах залегают сосудисто-волокнистые пучки, из них более крупные находятся во внутренних ребрах, а более мелкие – в наружных. Под эпидермисом с волосками располагается тонкий слой колленхимы, за которой идут тонкостенная паренхима, а за нею – сплошным слоем проходит склеренхима. Далее за склеренхимой залегает основная ткань центрального цилиндра, в которой размещаются проводящие сосудисто-волокнистые пучки. Пучки расположены в два круга, наружный состоит из более мелких пучков, а внутренний – из более крупных. Пучок тыквы открытый биколлатеральный.

Схематично зарисовать первичное строение стебля тыквы с пучковым типом и сделать обозначения.



- 1 – эпидерма,
- 2 – колленхима,
- 3 – паренхима,
- 4 – первичная кора (2-3),
- 5 – склеренхима (если есть),
- 6 – основная паренхима,
- 7 – открытый биколлатеральный пучок,
- 8 – ксилема,
- 9 – флоэма,
- 10 – камбий,
- 11 – полость,
- 12 – центральный цилиндр (5–11).

Рис. 4.3. Поперечный срез стебля тыквы с пучковым типом строения.

Сравните первичное строение стебля однодольного и двудольного растения (особенности строения и расположения тканей разных латеральных зон стебля, СВП), заполнив табл. 4.1.

Таблица 4.1. Первичное строения стебля одно- и двудольного растения

Система тканей	Однодольные растения	Двудольные растения
Эпидермис		
Первичная кора		

Центральный цилиндр (сте́ла)		

Теоретические сведения. Вторичное строение стебля.

Вторичное строение стебля формируется в результате деятельности *камбия* и *феллогена* (пробкового камбия), за счет чего образуется четыре основные латеральные зоны: *покровная ткань, кора, древесина* и *сердцевина*. Покровная ткань при вторичном строении чаще всего представлена *перидермой*, однако у ряда древесных растений с возрастом на смену перидерме формируется *корка (ретидом)*. Кора многолетнего стебля древесного растения включает остатки первичной коры, группы механических элементов различного происхождения, располагающихся на границе остатков первичной коры и флоэмы, и всю массу флоэмы (вторичную флоэму – *луб* и остатки первичной). *Луб* дифференцирован на *мягкий луб*, состоящий из проводящих и паренхимных элементов. Совокупность механических элементов вторичной флоэмы получила название *твердого луба*. Граница коры и древесины проходит по камбию. Вторичную ксилему с несколькими кольцами прироста называют древесиной. Она расположена внутри от камбия и занимает большую часть стебля. Слой древесины, отложенный камбием за один вегетационный период, называется *годовым кольцом*. Как правило, в годовом кольце выделяют *весеннюю* и *летне-осеннюю древесину*. Сердцевина представлена паренхимными клетками. В радиальном направлении

стебель пронизан лубодревесинными (сердцевинными) лучами, первичными и вторичными, осуществляющими связь между всеми зонами стебля.

Задание 4. Рассмотреть и зарисовать временный микропрепарат поперечного среза стебля липы (*Tilia cordata*) с непучковым типом заложения камбия и вторичным строением стебля.

Последовательность работы. Приготовить поперечный срез стебля липы (*Tilia cordata*), окрасить его флороглюцином в соляной кислоте. Подробно рассмотреть препарат последовательно от периферии к центру сначала при малом, затем при большом увеличении.

Самая наружная часть среза наиболее пигментирована – это *перидерма* (вторичная покровная ткань). Иногда на поверхности пробки все еще сохраняются остатки отмершей первичной покровной ткани эпидермы.

Первичная кора. К нижней стороне пробки примыкает слой мелких клеток с блестящими белыми стенками. Это живые клетки *колленхимы*. Под ней лежит хорошо обособленный и легко наблюдаемый слой крупных клеток *паренхимы* первичной коры. Эти клетки имеют живое содержимое, а в некоторых есть друзы.

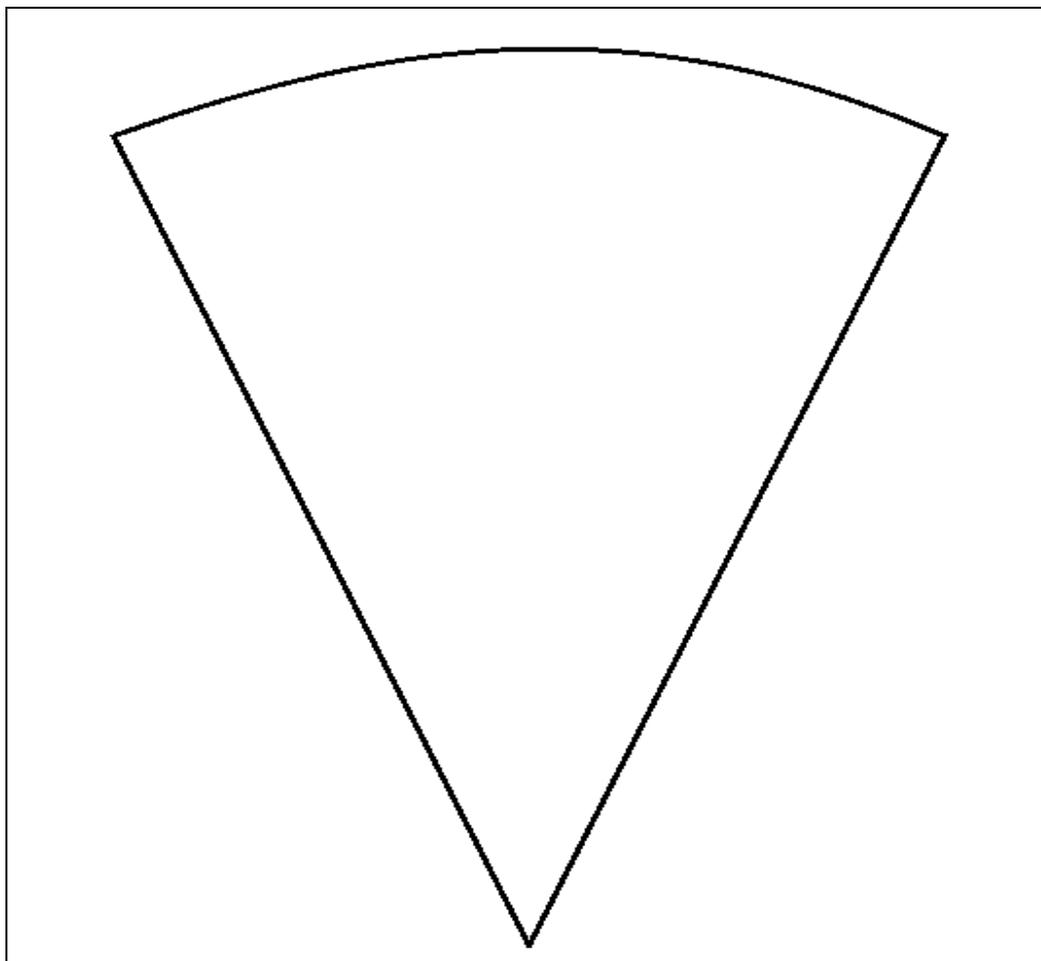
Вторичная кора. Это хорошо обособленная морфологически и постоянно функционирующая часть стебля. В толще вторичной коры хорошо заметны *участки луба (вторичной флоэмы)*. На поперечном срезе стебля они имеют форму трапеций, расширяющихся в сторону камбия и древесины и суженных к периферии. При большом увеличении видно, что горизонтальные слои слабо одревесневшей ткани состоят из плотно расположенных клеток *склеренхимы – лубяных волокон*. Стенки этих клеток настолько утолщены, что полость клетки видна в виде точки. Между слоями лубяных волокон, называемых *твердым* или *толстостенным лубом*, расположены остальные элементы флоэмы, называемые все вместе *мягким* или *тонкостенным лубом*. К мягкому лубу относят и паренхиму *сердцевинных лучей*.

Пограничной зоной луба и древесины служит *камбий* – латеральная меристема. Она состоит из типичных мелких тонкостенных клеток, заполненных цитоплазмой, не имеющих крупных вакуолей. Клетки камбия расположены правильными радиальными рядами.

Древесина представлена годичными кольцами вторичной ксилемы. Они образуются в результате неоднородного строения древесины. *Весенняя* древесина состоит преимущественно из больших по диаметру сосудов. Причем наибольшие по диаметру сосуды сосредоточены у границы предыдущего годичного кольца. *Летне-осенняя* древесина состоит из сосудов малого диаметра с преобладанием трахеид и либриформа, которые как бы сплюснуты. За мелкими элементами осенней древесины на следующий год опять образуются сосуды большого диаметра. Этот резкий переход и создает видимые простым глазом границы слоев годичного прироста древесины. На границе с сердцевинной заметны небольшие выступы – *участки первичной древесины*.

В центре стебля расположена тонкостенная паренхимная ткань – *сердцевина*. Некоторые клетки ее более крупные, не имеют живого содержимого, стенки их одревесневают и формируют так называемое *ядро*. Вокруг располагаются еще живые клетки, но обычно с темным содержимым, богатым дубильными веществами – *заболонь*.

Схематично зарисовать сектор поперечного среза стебля липы и сделать обозначения.



- 1 – перидерма,
- 2 – первичная кора,
- 3 – колленхима,
- 4 – паренхима коры,
- 5 – вторичная кора,
- 6 – твердый луб,
- 7 – мягкий луб,
- 8 – первичный сердцевинный луч,
- 9 – центральный цилиндр,
- 10 – камбий,
- 11 – вторичная древесина,
- 12 – первичная древесина,
- 13 – годичное кольцо древесины,
- 14 – вторичный сердцевинный луч

Рис. 4.4. Поперечный срез стебля липы.

Сравните первичное и вторичное строение стебля двудольных растений (особенности строения тканей латеральных зона), заполнив табл. 4.2.

Таблица 4.2. Первичное и вторичное строения стебля двудольных растений

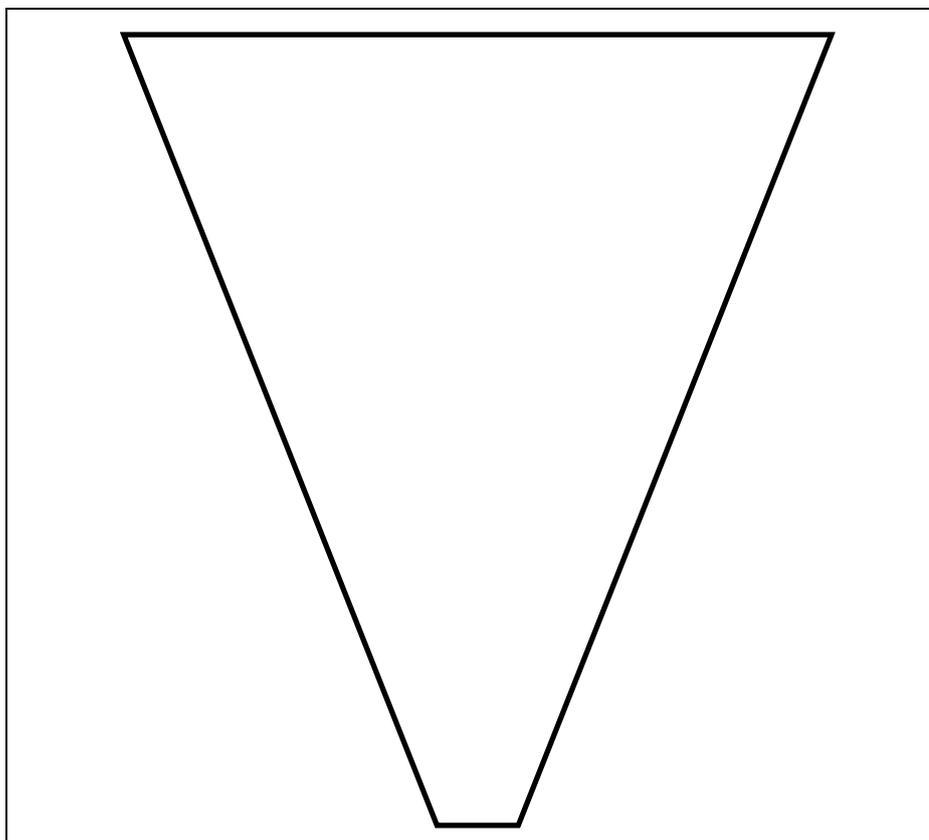
Система тканей	Первичное строение	Вторичное строение
Покровная ткань		
Первичная кора		

<p>Центральный цилиндр</p>		
---------------------------------------	--	--

Задание 5. Рассмотреть и зарисовать вторичное строение стебля голосеменного растения на примере поперечного среза ветки сосны (*Pinus sylvestris*).

Последовательность работы. Сделать поперечный срез стебля сосны, окрасить флороглюцином в соляной кислоте. В центре стебля найти небольшой участок тонкостенных паренхимных клеток сердцевины. К периферии от нее концентрическими слоями располагаются годовичные кольца древесины, состоящие из *трахеид*. Древесина сосны имеет весьма примитивную организацию, т. к. ни сосудов (*трахей*), ни специализированных механических элементов (*либриформа*) у хвойных нет. А древесинная паренхима представлена только клетками сердцевинных лучей и выстилающими клетками смоляных ходов. *Сердцевинные лучи* образованы живыми удлинёнными паренхимными клетками, расположенными в один ряд. Одни из них идут от сердцевины до коры (*первичные лучи*), другие начинаются от какого-либо годовичного кольца древесины и иногда не достигают коры (*вторичные лучи*). Границей между древесиной и вторичной корой является *камбий*. *Вторичная кора* состоит из *вторичной* и *первичной*. Ситовидные трубки флоэмы сосны не имеют клеток-спутниц и в периферической части флоэмы смяты. Между слоями мелких ситовидных трубок находятся более крупные округлые клетки лубяной паренхимы. *Сердцевинные лучи* во флоэме состоят из одного ряда клеток, однако более крупных, чем в ксилеме. Снаружи от флоэмы располагаются крупные клетки паренхимы первичной коры, среди которых заметны большие *смоляные ходы*. *Покровная ткань* состоит из слоев клеток с тонкими опробковевшими стенками, чередующихся со слоями клеток с толстыми одревесневшими стенками.

Схематично зарисовать сектор поперечного среза ветки сосны с вторичным строением и сделать обозначения.



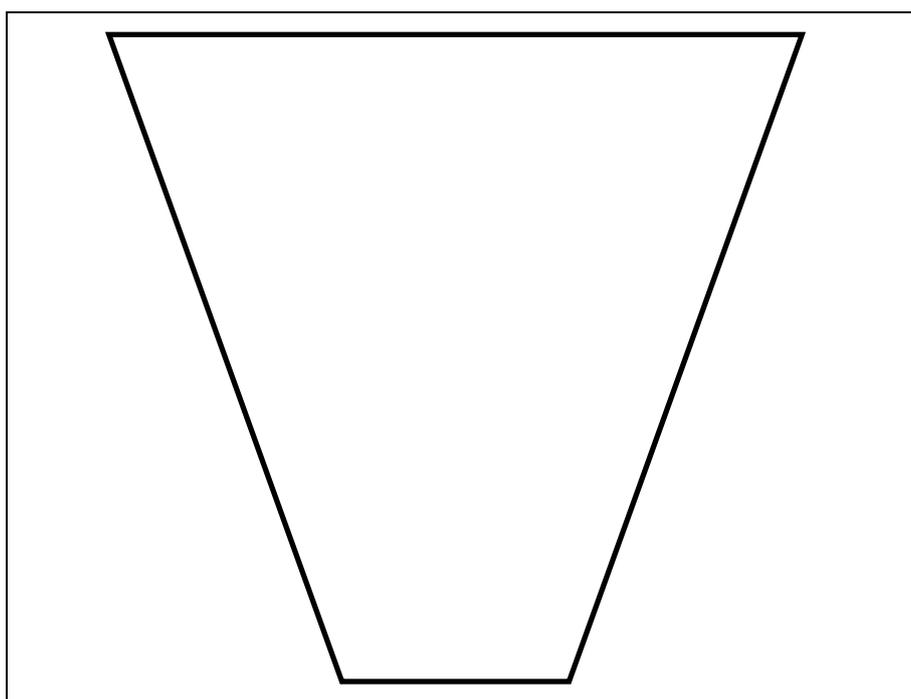
- 1 – пробка,
- 2 – паренхима первичной коры,
- 3 – флоэма,
- 4 – камбий,
- 5 – древесина,
- 6 – смоляной ход,
- 7 – сердцевина,
- 8 – сердцевинный луч,
- 9 – лубяная паренхима.

Рис. 4.5. Поперечный срез ветки сосны.

Задание 6. Рассмотреть видоизменение стебля на временном микропрепарате поперечного среза корневища ландыша (*Convallaria majalis*).

Последовательность работы. Сделать поперечный срез корневища ландыша, окрасить флороглюцином в соляной кислоте. Снаружи он покрыт перидермой, под которой располагается дифференцированная первичная кора. Внутренний ее слой образован эндодермой. Все проводящие пучки собраны в центре органа. Вполне концентрические лишь немногие из них, лежащие в самом центре и окруженные основной паренхимой.

Схематично зарисовать сектор поперечного среза корневища ландыша и сделать обозначения.



- 1 – перидерма,
- 2 – первичная кора,
- 3 – эндодерма,
- 4 – амфивазальный концентрический проводящий пучок,
- 5 – флоэма,
- 6 – ксилема,
- 7 – коллатеральный проводящий пучок,
- 8 – основная паренхима стебля

Рис. 4.6. Поперечный срез корневища ландыша.

Глоссарий

Годичное кольцо – _____

Мягкий дуб – _____

Первичная кора – _____

Сердцевинный луч – _____

Стела – _____



Контрольные вопросы

1. Каковы особенности строения флоэмы и ксилемы у хвойных?
2. Каковы особенности строения стебля у однодольных растений?
3. Каковы особенности вторичного строения стеблей покрытосеменных растений?
4. Из каких гистологических элементов состоят сердцевинные лучи? Какую роль они выполняют?
5. С чем связано образование годичных колец в древесине?

4.2. Лабораторная работа № 9. «Анатомия листа однодольных и двудольных растений».

Цель работы: изучить различные типы морфо-анатомического строения листьев однодольных и двудольных растений.

Теоретические сведения. Анатомия листа.

Лист – боковой вегетативный орган с детерминированным типом роста и сохранением первичного строения на протяжении онтогенеза, выполняющий функции фотосинтеза, транспирации и газообмена. **Эпидермис** покрывает лист сплошным слоем, регулирует газообмен и транспирацию. Система разветвленных проводящих пучков снабжает лист водой, поддерживает в клетках мезофилла степень оводненности необходимую для нормального хода фотосинтеза и осуществляет отток ассимилятов.

Главной тканью листа является **мезофилл (хлоренхима)**, в котором сосредоточены хлоропласты и происходит процесс фотосинтеза. Он занимает все пространство между верхней и нижней эпидермой листа, исключая проводящие пучки и механические ткани. Клетки мезофилла довольно однородны по форме и строению (округлые, слегка вытянутые, с отростками). Протопласт состоит из пристенного слоя цитоплазмы с ядром и многочисленными хлоропластами. Иногда стенки клеток образуют складки, вдающиеся внутрь (складчатый мезофилл), что увеличивает поверхность и позволяет разместить большое число хлоропластов в пристенном слое цитоплазмы.

Мезофилл, чаще всего, дифференцирован на два типа – *палисадный (столбчатый)* и *губчатый (рыхлый)*. В палисадном мезофилле клетки вытянуты перпендикулярно поверхности листа, расположены в один или несколько слоев. Клетки губчатого мезофилла соединены более рыхло, и межклетные пространства в этой ткани могут быть большими по сравнению с объемом самих клеток. Выделяют несколько типов мезофилла:

 Дорсовентральный – палисадная хлоренхима одно- или многорядная и расположена на верхней стороне листа, а губчатая – на нижней стороне.

 Изолатерально-палисадный – состоит из одного или нескольких рядов палисадных клеток, расположенных с обеих сторон губчатой хлоренхимы.

 Изолатеральный недифференцированный – состоит только из губчатой тканью.

 Изопалисадный недифференцированный – образован только палисадной тканью.

 Центрический (радиальный) – образован палисадной паренхимой с радиальной симметрией и с центральной позицией главной жилки.

Проводящие пучки в листьях образуют непрерывную систему, связанную с проводящей системой стебля. В листьях обычно *пучки закрытые* и *коллатеральные*, размещенные в одной плоскости. Характерным признаком листа является то, что ксилема в нем повернута к морфологически верхней стороне, а флоэма – к морфологически нижней. Мелкие проводящие пучки имеют упрощенное строение. Ксилема обычно включает один – два трахеальных элемента, а флоэма одну ситовидную трубку с клеткой-спутницей. Проводящие элементы листа ограничены от клеток мезофилла плотно сомкнутыми обкладочными клетками и формируют *жилки*.

Механическими тканями листа являются *склеренхимные волокна*, отдельные *склереиды* и *тяги колленхимы*. Волокна чаще всего сопровождают крупные проводящие пучки. Они

окружают проводящие ткани со всех сторон или только сверху и снизу. Колленхима часто присутствует в крупных жилках или по краю листа, предохраняя его от разрыва.

Задание 1. Изучить строение листа с дорсовентральным типом мезофилла сирени (или постоянного микропрепарата «Лист камелии (*Camelia japonica*)»).

Последовательность работы. Приготовить поперечный срез сирени через центральную жилку, окрасить флороглюцином в соляной кислоте. При малом увеличении микроскопа рассмотреть срез листовой пластинки листа. Снаружи лист покрыт эпидермисом. Между верхним и нижним эпидермисом находится мезофилл или хлоренхима (ассимиляционная ткань). Между клетками мезофилла на некотором расстоянии друг от друга расположены сосудисто-волокнистые пучки. Обратить внимание на то, что сверху листа располагаются клетки вытянутой формы, плотно сомкнутые, без межклетников, расположены в два слоя. Это столбчатая (палисадная) хлоренхима. Под ней расположены более округлые клетки с крупными межклетниками – губчатая хлоренхима. Строение сосудисто-волокнистого пучка рассмотреть на главной жилке, которая занимает почти всю толщу листа от верхней до нижней эпидермы. При малом увеличении хорошо видна мощная ксилема, состоящая из правильных рядов проводящих элементов, которые чередуются с древесинной паренхимой. К ксилеме примыкает флоэма. Отметить, что ксилема обращена к верхней стороне листа, а флоэма – к нижней. Пучок окружен склеренхимой. Выше и ниже пучка расположена колленхима, примыкающая к эпидерме. Это закрытый коллатеральный сосудисто-волокнистый пучок.

Схематично зарисовать лист сирени и сделать обозначения.

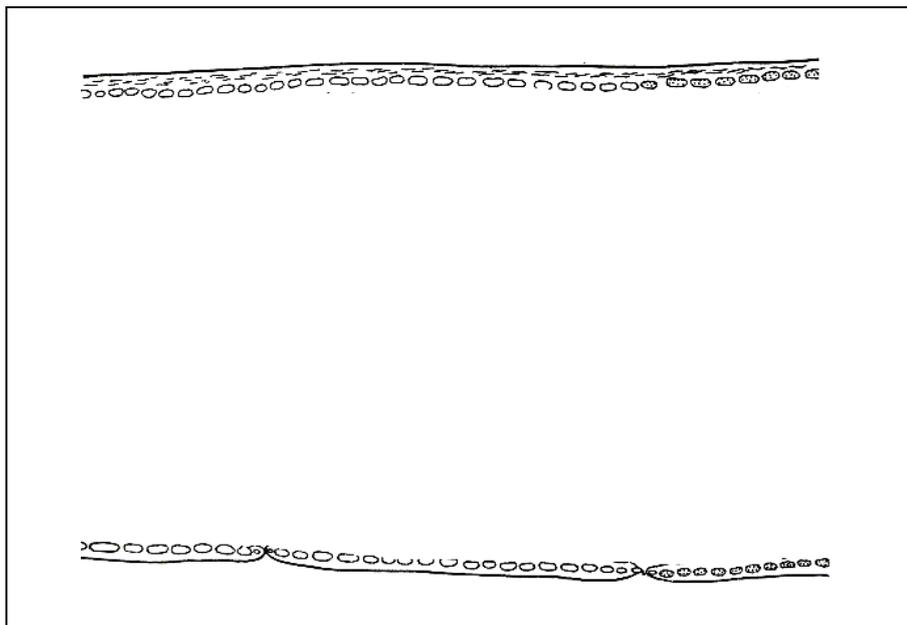


Рис. 4.7. Лист сирени с дорсовентральным типом мезофилла:

- 1 – верхняя эпидерма,
- 2 – столбчатая хлоренхима,
- 3 – губчатая хлоренхима,
- 4 – клетка с друзой,
- 5 – склереида,
- 6 – проводящий пучок,
- 7 – ксилема, 8 – флоэма,
- 9 – склеренхима,
- 10 – нижняя эпидерма,
- 11 – устьице

Задание 2. Изучить строение листа с изолатерально-палисадным дифференцированным типом мезофилла на временном препарате поперечного среза листа фикуса (*Ficus elastica*).

Последовательность работы. Приготовить поперечный срез листа фикуса (поперек прохождения жилки). Окрасить препарат флороглюцином в соляной кислоте. Лист фикуса имеет эпидерму, состоящую из трех слоев клеток. Клетки второго и третьего слоев крупнее клеток наружного слоя, их стенки тонкие, содержимое бесцветное, хлоропластов нет, из-за действия соляной кислоты цистолиты, находящиеся в некоторых клетках растворятся. На поверхности эпидермы заметен достаточно толстый слой кутикулы. Другое важное отличие

На верхней эпидерме расположены устьица, а среди обычных мелких клеток видны группы из 3–5 и более крупных клеток. Боковые и внутренние стенки этих клеток тонкие, а наружная утолщена и покрыта кутикулой. Это *двигательные (моторные, шарнирные)* клетки. При уменьшении тургора они спадаются, что способствует свертыванию листа в трубку. Мезофилл состоит из однородных паренхимных клеток (*изолатеральный*). Проводящие пучки коллатеральные, закрытые и окружены обкладочными клетками.

Схематично зарисовать участок поперечного среза листа кукурузы и сделать обозначения:

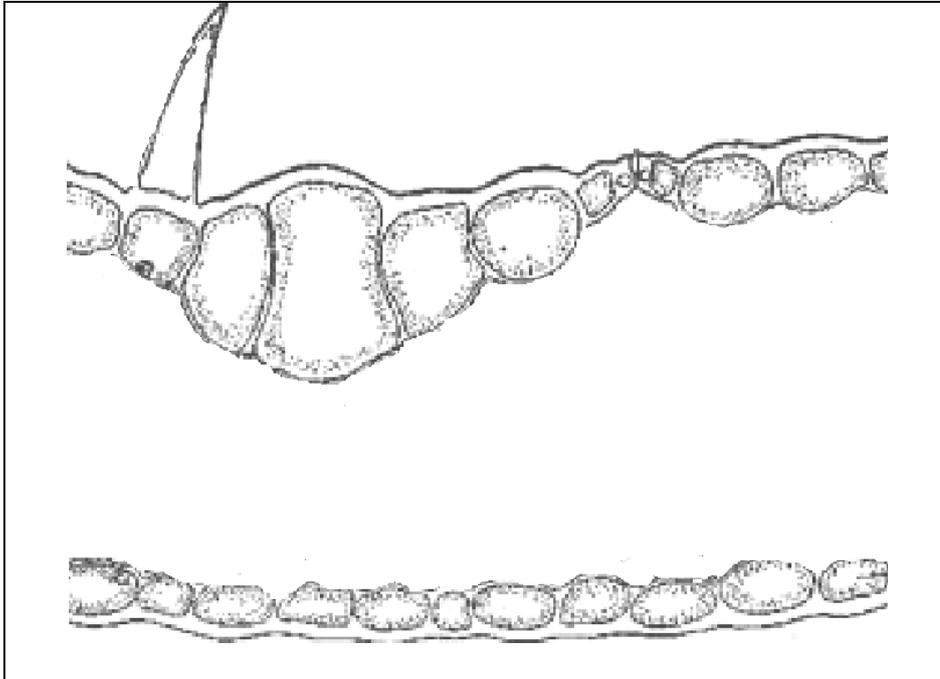


Рис. 4.9. Лист кукурузы с изолатеральным недифференцированным мезофиллом:

- 1 – верхняя эпидерма,
- 2 – моторные клетки,
- 3 – рыхлый мезофилл,
- 4 – коллатеральный проводящий пучок.
- 5 – ксилема,
- 6 – флоэма,
- 7 – обкладочные клетки,
- 8 – нижняя эпидерма.

Глоссарий

Губчатая хлоренхима – _____

Дорсовентральный мезофилл – _____

Жилки – _____

Изолатеральный мезофилл – _____

Палисадная хлоренхима – _____

✔ **Контрольные вопросы**

1. Почему у большинства растений в верхнем эпидермисе листа устьица или отсутствуют или их мало?

2. В чем отличие между столбчатой и губчатой паренхимой листа? Чем обусловлено их расположение?

3. Каково строение проводящих пучков листа? В чем отличие крупных пучков от мелких?

4. Почему ксилема в проводящем пучке обращена к верхней стороне листа?

5. Какова функция клеток-обкладок?

4.3. Лабораторная работа № 10. «Экологическая пластичность анатомии листьев к условиям среды».

Цель работы: ознакомиться с экологической пластичностью анатомии листьев к условиям среды.

Теоретические сведения. Анатомия листа.

Анатомическое строение листьев органов разнообразно. Это связано с таксономическим положением вида и экологическими условиями внешней среды. Растения развиваются в конкретных экологических условиях и характеризуются комплексом физиолого-биохимических, морфологических и анатомических признаков, которые они приобрели в процессе эволюции и онтогенеза. Именно в связи с ними выделяют разные экологические группы растений, между которыми не всегда легко провести черту, однако каждая из них характеризуется набором адаптивных морфолого-анатомическими особенностями, которые в той или иной мере определяются условиями существования растений в течение онтогенеза. Внутренняя структура листа чрезвычайно пластична и реагирует на меняющиеся условия среды, особенно на световой и водный режимы.

Свет – один из важнейших факторов внешней среды, без которого невозможно существование автотрофных растений. Они приспосабливаются к максимальному поглощению световой энергии увеличением световой поверхности и ориентации листьев. По отношению к свету выделяют следующие экологические группы растений:

1. **Гелиофиты** – светолюбивые растения. Они произрастают только при полном освещении, совсем не переносят затенения. Это растения открытых местообитаний: сосна, береза. Клевер, мать-и-мачеха, почти все культурные растения и т.д.

2. **Сциофиты** – тенелюбивые растения. Они довольствуются слабым освещением и не выносят прямых солнечных лучей. Это растения нижних ярусов темнохвойных и широколиственных лесов (папоротники, кислица, грушанка, плющ).

3. **Гелиосциофиты** – теневыносливые растения. Они могут произрастать на полном свету, но лучше развиваются при некотором затенении.

Вода как и свет является одним из важнейших экологических факторов. Без нее невозможен рост и развитие растений, осуществление процессов фотосинтеза, дыхания, передвижения органических и минеральных веществ. По отношению к воде выделяют следующие экологические группы растений:

1. **Гидрофиты** – собственно водные растения, погруженные в воду большей частью своего тела.

2. **Гигрофиты** – сухопутные растения, произрастающие при повышенной влажности почвы или воздуха.

3. **Мезофиты** – растения средних мест увлажнения.

4. **Ксерофиты** – растения засушливых мест обитания, произрастают у условиях постоянного или временного дефицита влажности, сохраняя нормальную жизнедеятельность.

Особой группой ксерофитов являются **суккуленты**, которые имеют мясистые сочные органы и приспособились к запасанию воды в водоносных тканях (кактус, алоэ, агава, молодило, очиток).

Растения перечисленных экологических групп различаются целым рядом морфологических и анатомических признаков.

Задание 1. На временном препарате поперечного среза хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) изучить строение листа с центрическим недифференцированным (складчатым) типом мезофилла, рассмотреть особенности строения листа голосеменных.

Последовательность работы. Приготовить поперечный срез хвои сосны. Окрасить флороглюцином в соляной кислоте. Снаружи хвоя покрыта 2-мя слоями клеток – клетки эпидермы и гиподермы. Эпидерма покрыта толстым слоем кутикулы. Клетки эпидермы почти квадратной формы, стенки их сильно утолщены, в углах имеются поровые каналы. Клетки гиподермы состоят из одного, а в углах – из двух–трех слоев клеток, с утолщенными одревесневшими стенками. В углублениях на уровне гиподермы расположены устьица, под которыми имеется большая воздушная полость. Под гиподермой находится мезофилл, состоящий из однородных клеток. Обратите внимание на то, что стенки клеток местами вырастают в полость клетки, образуя складки (складчатая хлоренхима). Это значительно увеличивает площадь прилегающего к стенке слоя цитоплазмы с хлоропластами, а следовательно, и ассимилирующую поверхность. Среди мезофилла, ближе к гиподерме располагаются смоляные ходы.

На радиальных стенках клеток эндодермы имеются одревесневающие утолщения – пояски Каспари. Проводящие пучки коллатерального типа. Ксилемная часть обращена к плоской стороне листа, флоэмная – к выпуклой. Следовательно, плоская сторона хвои является морфологически верхней, а выпуклая – нижней. Между проводящими пучками расположена механическая ткань – склеренхима. Остальное пространство центральной части занято толстостенными паренхимными клетками – трансфузионная ткань.

Зарисовать схематический рисунок поперечного среза хвои сосны и сделать обозначения.

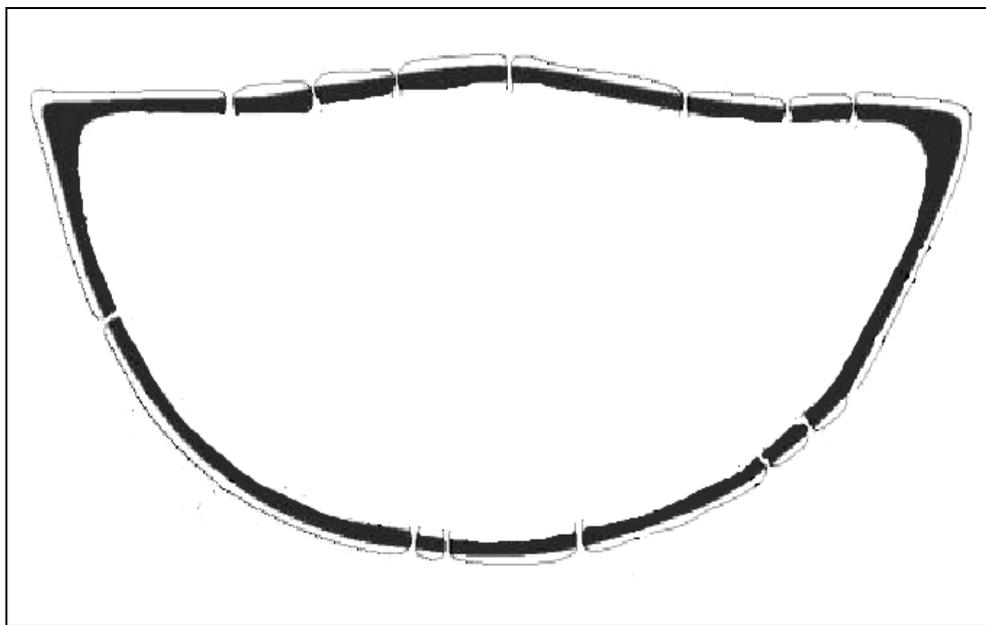


Рис. 4.10. Поперечный срез хвои сосны:
1 – эпидерма,
2 – устьичный аппарат,
3 – гиподерма,
4 – складчатый мезофилл,
5 – смоляной ход,
6 – эндодерма,
7 – ксилема,
8 – флоэма,
9 – проводящий пучок,
10 – склеренхима,
11 – трансфузионная ткань

Задание 2. На временном микропрепарате поперечного среза листа кувшинки желтой (*Nymphaea luteum*) рассмотреть особенности строения листа водного растения.

Последовательность работы. Приготовить поперечный срез листа кувшинки желтой. Окрасить флороглюцином в соляной кислоте. Верхняя эпидерма листа, как правило, толстостенная, покрыта хорошо развитой кутикулой. На нижней стороне листа кутикула тонкая или отсутствует. Устьица расположены только в верхней эпидерме. Под эпидермой лежит дифференцированный мезофилл, особенностью которого является наличие

многослойной столбчатой хлоренхимы с мелкими клетками и губчатой хлоренхимы с большими межклетниками, образующими воздушные полости (*аэренхиму*). В мезофилле можно увидеть достаточно крупные механические клетки – *астроклереиды*. Жилки развиты слабо, особенно мало в них элементов ксилемы. В нижней эпидерме расположены специальные образования – *гидропоты*. Это многоклеточные образования с извилистыми клеточными стенками и мелкими хлоропластами, которые могут поглощать воду или выделять ее избыток.

Схематично зарисовать участок поперечного среза листа кувшинки желтой и сделать обозначения:

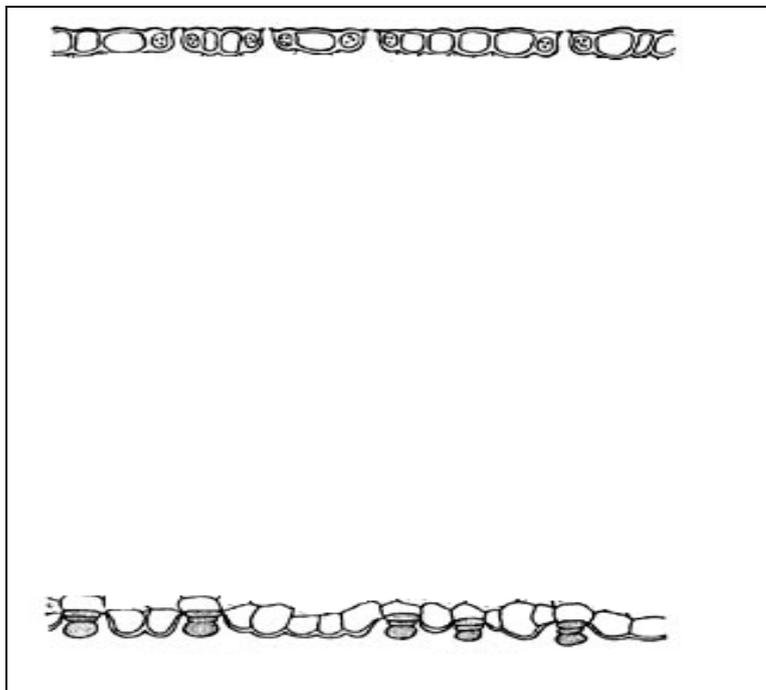


Рис. 4.11. Поперечный срез листа кувшинки желтой

- 1 – верхняя эпидерма,
- 2 – устьица,
- 3 – столбчатая хлоренхима,
- 4 – губчатая хлоренхима,
- 5 – воздушные полости,
- 6 – проводящий пучок,
- 7 – астроклереида,
- 8 – нижняя эпидерма,
- 9 – гидропот

Задание 3. На временном микропрепарате поперечного среза листа алоэ (*Aloe vera*) рассмотреть особенности строения листа суккулентов.

Последовательность работы. Приготовить поперечный срез листа алоэ. Окрасить флороглюцином в соляной кислоте. На большом увеличении заметно, что клетки эпидермы кутиinizированы и покрыты мощным восковым налетом. Углубления, в которых расположены устьица, также засыпаны воском. Под верхней эпидермой расположен очень тонкий слой недифференцированной хлоренхимы, который окружает бесцветную, слизистую сердцевинную ткань – *водоносную ткань*. На границе обеих тканей лежат расположенные вдоль мелкие проводящие пучки. Снаружи от них находится кажущаяся на поперечном разрезе полудунной и состоящая из нескольких рядов цепочка призматических тонкостенных клеток, которые наполнены очень горьким соком, окрашенным различно (от ярко-желтого, золотисто-желтого до буро-желтого цвета). Это секреторные клетки – *алоиновые клетки*, находящиеся чуть выше флоэмы. Проводящие элементы развиты слабо, в ксилеме всего несколько трахеид, а во флоэме несколько ситовидных трубок с немногочисленными клетками-спутницами. Среди клеток водоносной ткани можно обнаружить отложения оксалата кальция в виде *стилоидов*. Зачастую стилоиды разрывают оболочку клетки и создаёт впечатление, что стилоиды находятся в межклетниках.

Схематично зарисовать участок поперечного среза листа алоэ с развитой водоносной тканью и сделать обозначения.

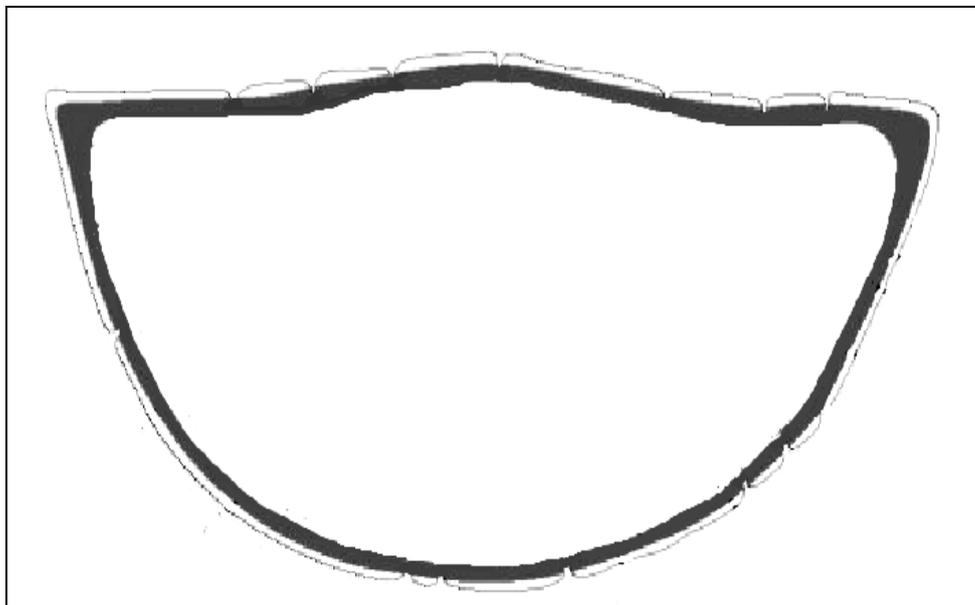


Рис. 4.12. Поперечный срез листа алоэ:
 1 – эпидерма,
 2 – восковой налет,
 3 – устьице,
 4 – хлоренхима,
 5 – алоиновые клетки,
 6 – проводящий пучок,
 7 – водоносная ткань,
 8 – стилоид (если видно)

Заполнить табл. 4.3., указав особенности анатомо-морфологического строения листа разных экологических групп растений: толщина, форма, размеры листовой пластинки, наличие кутикулы, воскового налета, особенности эпидермы, наличие, вид и особенности расположения механической ткани, наличие специфических тканей в мезофилле листа (вместилища, смоляные ходы, млечники, идиобласты), особенности расположения проводящей системы, наличие гетерфиллии.

Таблица 4.3. Экологическая пластичность анатомического строения листа.

Экологическая группа растений	Адаптации анатомо-морфологического строения листа	Тип строения мезофилла
По отношению к влаге		
Ксерофиты		
Суккуленты		

Мезофиты		
Гигрофиты		
Гидрофиты		
По отношению к интенсивности света		
Светолюбивые (гелиофиты)		
Теневыносливые (гелиосциофиты)		
Тенелюбивые (сциофиты)		

Глоссарий

Гиподерма – _____

Гидропоты – _____

Ксерофиты – _____

Моторные клетки – _____

Трансфузионная ткань – _____



Контрольные вопросы

1. В чем особенность строения мезофилла хвои?
2. Назовите различия в строении листа свето- и тенелюбивых растений.
3. Какова функция двигательных моторных клеток в листе ксерофитов?
4. Какие признаки анатомического строения листа свидетельствуют о ксероморфности растения?
5. Опишите особенности анатомического строения погруженных в воду листьев гигро- и гидрофитов.

4.4. Лабораторная работа № 11. «Анатомическое строение корня. Метаморфозы (видоизменения) корней»

Цель работы: изучить особенности первичного и вторичного строения корня покрытосеменных растений; рассмотреть различные типы строения метаморфозов корней – корнеплодов.

Теоретические сведения

Корень представляет собой подземный орган, который служит для закрепления растения в субстрате, поглощения из почвы воды с растворенными в ней солями, часто отложения запасных веществ, синтеза органических веществ, для вегетативного размножения. Корень никогда не несет на себе листьев, поэтому по сравнению с внутренней структурой стебля у корня она относительно проста.

Корень по длине можно разделить на несколько участков, имеющих различное строение и выполняющих различные функции. Эти участки называют *зонами корня*. Выделяют корневой чехлик и следующие зоны: *деления, растяжения, всасывания и проведения*.

Задание 1. Приготовить и рассмотреть временный микропрепарат кончика корня пшеницы (*Triticum aestivum*) или лука репчатого (*Allium cepa*), используя технику «давленного» препарата, изучить зоны молодого корня.

Последовательность работы. Аккуратно лезвием отрезать кончик от молодого корня пшеницы или лука, длиной около 1 см. Поместить его в смесь воды и реактива Люголя, накрыть покровным стеклом и сверху кусочком фильтровальной бумаги, а затем аккуратно «раздавить» препарат. При малом увеличении микроскопа рассмотреть зоны корня. *Корневой чехлик* располагается на самом кончике корня и имеет вид колпачка. Он состоит из паренхимных живых клеток, содержащих цитоплазму, ядро, амилопласты с крахмальными зёрнами (окрасятся реактивом Люголя) и тонкие ослизняющиеся оболочки. Считают, что крахмальные зёрна выполняют роль статолитов, определяющих рост корня вниз (положительный геотропизм). Клетки *зоны деления*, которую прикрывает корневой чехлик, мелкие, изодиаметрические, с тонкими оболочками, густой цитоплазмой и крупными ядрами.

В *зоне растяжения* клетки обычно прекращают делиться и увеличиваются в размерах. Корень в этой зоне прозрачен, что определяется, прежде всего, образованием крупных вакуолей. Наряду с ростом клеток наблюдается их дифференциация.

Зона всасывания четко заметна благодаря наличию корневых волосков. Здесь большинство клеток уже полностью дифференцированы. По периферии расположены клетки ризодермы. У некоторых растений не все клетки ризодермы способны образовывать волоски. В этом случае выделяют два типа клеток: *трихобласты*, образующие волоски, и *атрихобласты* – клетки, выполняющие защитную функцию.

Место, где происходит отмирание корневых волосков, является началом *зоны проведения*. Она тянется вплоть до корневой шейки и составляет большую часть протяженности корня. На этом участке корня происходит ветвление.

Зарисовать кончик корня и сделать обозначения.

коры (*мезодерма*) образована паренхимными клетками. Самый внутренний слой носит название *эндодермы*. Это ряд плотно сомкнутых клеток (без межклетников) с утолщенными клеточными стенками – *пояски Каспари*.

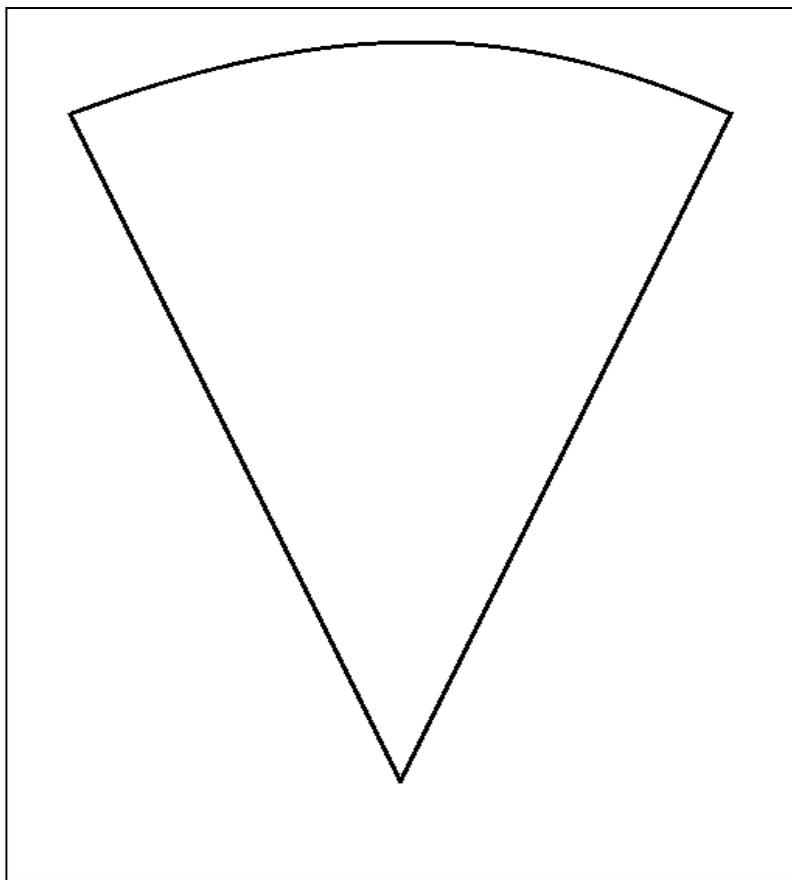
Центральный или *осевой цилиндр (стела)* состоит из проводящих тканей, окруженных одним или несколькими слоями клеток – *перициклом*. Внутренняя часть центрального цилиндра у большинства растений представлена сложным радиальным сосудисто-волокнистым пучком.

Задание 2. Изучить первичное строение корня на временном микропрепарате поперечного среза корня ландыша (*Convallaria majalis*) или ириса (*Iris germanica*).

Последовательность работы. Сделать поперечный срез корня ландыша или ириса. Окрасить флороглюцином в соляной кислоте. На срезе уже при малом увеличении ясно различаются небольшая внутренняя часть – *центральный цилиндр*, и наружная *первичная кора*, покрытая одним слоем клеток с корневыми волосками – *ризодермой (эпиблемой)*.

Наружный слой первичной коры – *экзодерма*, состоит из плотно сомкнутых многоугольных клеток, стенки которых впоследствии опробковевают и выполняют защитную функцию. Затем расположена *основная паренхима (мезодерма)*, составляющая главную массу первичной коры. Внутренний слой первичной коры – *эндодерма* состоит из одного ряда клеток, с утолщенными радиальными и внутренними стенками – *поясками Каспари*. Среди этих клеток имеются тонкостенные живые клетки, называемые *пропускными*. Наружный слой центрального цилиндра – *перицикл*, состоит из одного ряда паренхимных клеток. Внутренняя часть центрального цилиндра занята *полиархным радиальным пучком*.

Зарисовать первичное строение корня ландыша (или ириса) и сделать обозначения.



- 1 – ризодерма,
- 2 – экзодерма,
- 3 – мезодерма,
- 4 – эндодерма,
- 5 – пропускная клетка эндодермы,
- 6 – перицикл,
- 7 – луч первичной ксилемы,
- 8 – участок первичной флоэмы,
- 9 – первичная кора (2–5),
- 10 – центральный цилиндр (6–8)

Рис. 4.14. Поперечный срез корня ландыша (ириса)

Теоретические сведения. Вторичное строение корня

У двудольных и голосеменных растений уже в раннем возрасте в центральном цилиндре корня между ксилемой и флоэмой появляется *камбий*, деятельность которого приводит к вторичным изменениям и в конечном итоге формируется вторичная структура корня (рис. 4.15). К центру камбий откладывает клетки *вторичной ксилемы*, а к периферии – клетки *вторичной флоэмы*. В результате деятельности камбия первичная флоэма оттесняется наружу, а первичная ксилема остается в центре корня.

Вслед за изменениями в центральном цилиндре корня происходят изменения в коревой части. Клетки перицикла начинают делиться по всей окружности, в результате чего возникает слой клеток вторичной меристемы – *феллогена* (пробкового камбия). Феллоген, в свою очередь, делясь, откладывает наружу *феллему*, а внутрь – *феллодерму*. Образуется *перидерма*, пробковый слой которой изолирует первичную кору от центрального цилиндра. В результате вся первичная кора отмирает и постепенно сбрасывается; наружным слоем корня становится перидерма. Клетки феллодермы и остатки перицикла в дальнейшем разрастаются и составляют паренхимную зону, которую называют *вторичной корой* корня.

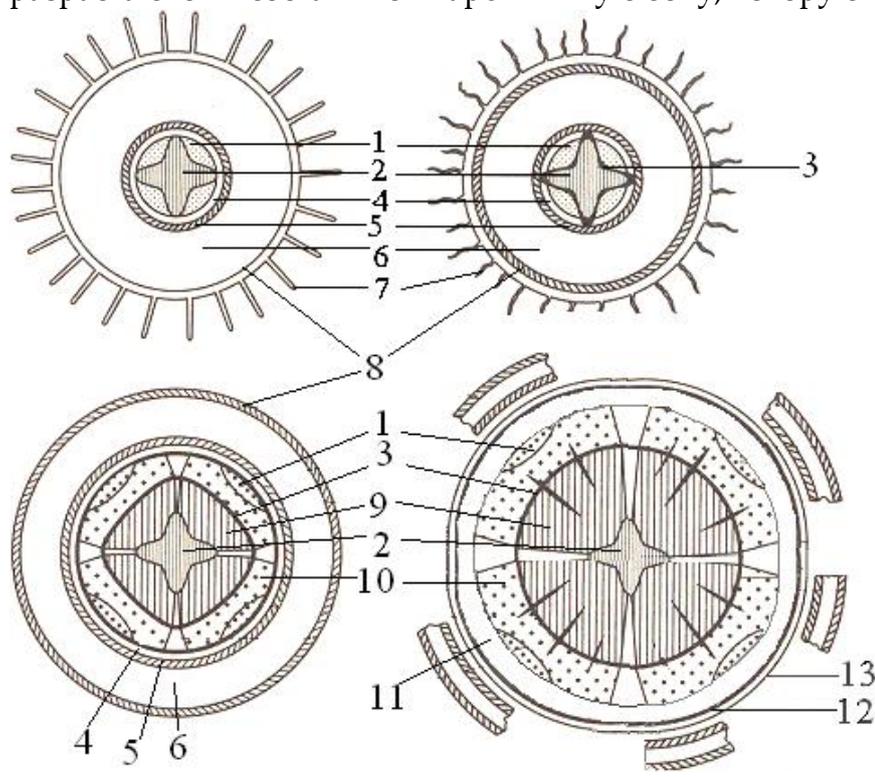


Рис. 4.15. Переход от первичного строения корня к вторичному:

- 1 – первичная флоэма,
- 2 – первичная ксилема,
- 3 – камбий,
- 4 – перицикл,
- 5 – эндодерма,
- 6 – мезодерма,
- 7 – ризодерма,
- 8 – экзодерма,
- 9 – вторичная ксилема, 1
- 0 – вторичная флоэма,
- 11 – вторичная кора,
- 12 – феллоген, 1
- 3 – феллема

Задание 3. Изучить вторичное строение на постоянном микропрепарате поперечного среза корня тыквы (*Cucurbita pepo*).

Последовательность работы. При малом увеличении найти *центральный цилиндр* с четырьмя лучами первичной ксилемы (*тетрархный пучок*). Между ними расположены основания четырех крупных *открытых коллатеральных проводящих пучков*. *Эндодерма* заметна плохо, так как у ее клеток утолщены лишь радиальные стенки. При большом увеличении видно, что клетки тонкостенной паренхимы, лежащей между *ксилемой* и *флоэмой*, разделены тангентальными перегородками, а в некоторых местах внутрь от этого слоя заметны только что образовавшиеся и еще не одревесневшие сосуды.

Между ксилемой и флоэмой расположена широкая *камбиальная зона*, имеющая неровные очертания и состоящая из нескольких рядов довольно мелких клеток таблитчатой

формы. Вторичное утолщение связано с заложением и деятельностью камбия. *Вторичная ксилема* значительно превышает по площади флоэму и лежит ближе к центру. Она представлена *крупными сосудами, волокнами и мелкими клетками паренхимы*. *Вторичная флоэма*, находящаяся по периферии камбиальной зоны, представлена *ситовидными трубками* с простыми горизонтальными ситовидными пластинками, *клетками-спутницами* и *паренхимой*. *Первичная флоэма* расположена на самой периферии пучка, ее ситовидные трубки деформированы. Между проводящими пучками находятся широкие *первичные лубодревесные лучи*, образованные межпучковым камбием. Крупные паренхимные клетки, образующие лучи, несколько вытянуты в радиальном направлении.

С поверхности корень тыквы покрыт *перидермой*. При малом увеличении схематически зарисовать строение корня, обозначив первичную и вторичную ксилему, первичную и вторичную флоэму, камбий, вторичную кору, перидерму.

Зарисовать схематический рисунок вторичного строения корня тыквы и сделать обозначения

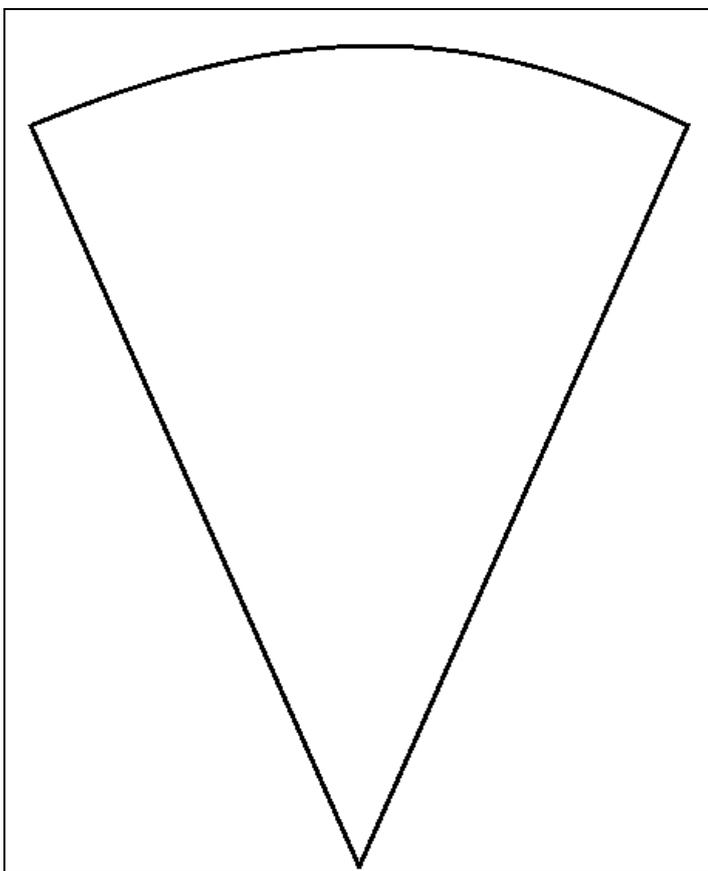


Рис. 4.16. Поперечный срез корня тыквы:

- 1 – первичная ксилема (если видна),
- 2 – вторичная ксилема,
- 3 – камбий,
- 4 – первичная и вторичная флоэма, 5 – основная паренхима вторичной коры,
- 6 – перидерма

Сравните первичное и вторичное строение корня, заполнив табл. 4.4.

Таблица 4.4. Особенности первичного и вторичного строения корня

Система тканей	Первичное строение	Вторичное строение
Покровная ткань		

Первичная кора		
Центральный цилиндр		

Теоретические сведения. Видоизменение корней – корнеплоды

При развитии запасающей паренхимы главного корня происходит формирование запасающих корней или корнеплодов. Различают корнеплоды:

1. *Монокамбиальные* (редька, морковь) – закладывается только один слой камбия, а запасные вещества могут накапливаться либо в паренхиме ксилемы (*ксилемный тип* – редька), либо в паренхиме флоэмы (*флоэмный тип* – морковь). В первом случае у таких растений диаметр луба велик и превышает вторичную древесину. Во втором случае, наоборот, луб представлен лишь тонким слоем, а основной диаметр корнеплода занят древесиной.

2. *Поликамбиальные* – через определенные промежутки времени происходит заложение нового слоя камбия (свекла).

Задание 4. Приготовить и рассмотреть временный микропрепарат корнеплода с определённым типом заложения камбия и отложением запасных веществ:

1) монокамбиальный:

а) *флоэмный* (поперечный срез корнеплода моркови – *Daucus sativus*);

б) *ксилемный* (поперечный срез корнеплода редьки – *Raphanus sativus*);

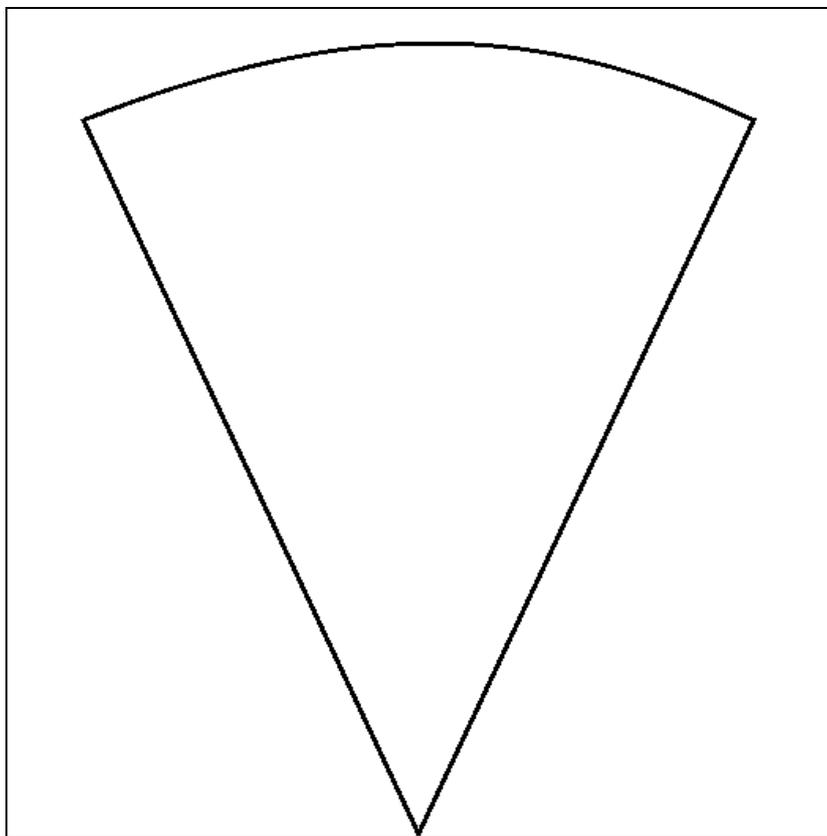
2) *поликамбиальный* (поперечный срез корнеплода свеклы – *Beta vulgaris*).

Последовательность работы. Сделать поперечный срез одного из корнеплодов, окрасить их флороглюцином в соляной кислоте. Изучить его строение и отметить особенности заложения камбия и отложения запасных веществ.

На поперечном срезе корнеплода моркови под перидермой найти большое кольцо флоэмы. Основная ее масса представлена *запасающей паренхимой*, а ситовидные трубки образуют небольшие группы. Камбиальная зона хорошо выражена и представлена довольно мелкими клетками. Площадь сечения ксилемы значительно меньше площади флоэмы. В центре расположена *диархная первичная ксилема*. Немногочисленные сосуды *вторичной ксилемы* расположены в виде прерывистых радиальных цепочек в запасающей паренхиме.

На поперечном срезе корнеплода редьки найти ксилему, занимающую наибольшую часть. В центре расположены мелкие сосуды *диархной первичной ксилемы*. *Вторичная ксилема* представлена, главным образом, запасающей паренхимой. Небольшие группы сосудов образуют радиальные цепочки. По периферии камбиальной зоны расположено узкое кольцо *вторичной флоэмы*. Корень покрыт *перидермой*.

На поперечном срезе корнеплода свеклы найти хорошо выраженные *концентрические кольца тканей*. Возникновение колец связано с наличием добавочных камбиев, образующихся из перицикла и его производных. Затем рассмотреть в центре корня свеклы *диархную первичную ксилему*. Между двумя *лубодревесными лучами* расположены два небольших *открытых коллатеральных пучка*. Основную массу корня занимает *запасающая паренхима*, образованная в результате деятельности *добавочных камбиев*. Многочисленные открытые коллатеральные пучки, представленные небольшим числом сосудов и ситовидных трубок с клетками-спутницами, расположены в виде концентрических колец. Корень покрыт *перидермой*.



Зарисовать схематический рисунок поперечного среза рассмотренного корнеплода и обозначить:

- 1 – перидерма,
- 2 – вторичная флоэма,
- 3 – камбий,
- 4 – вторичная ксилема,
- 5 – первичная ксилема

Рис. 4.17. Поперечный срез корнеплода _____

Заполнить табл. 4.5 и провести сравнение анатомического строения корнеплодов.

Таблица 4.5. Анатомическое строение различных корнеплодов

Система тканей	Корнеплод моркови	Корнеплод редьки	Корнеплод свеклы
Покровная ткань			
Особенности расположения вторичных проводящих тканей			
Расположение и особенности запасящей ткани			

Глоссарий

Корневой чехлик – _____

Клубенек – _____

Пояски Каспари – _____

Трихобласты – _____

Эндодерма – _____



Контрольные вопросы

1. В какой зоне корня можно наблюдать первичное строение корня и почему его называют первичным?
2. Какие комплексы тканей можно выделить при первичном строении корня?
3. Каково строение зоны проведения?
4. С чем связан переход корня от первичного ко вторичному строению?
5. Из каких комплексов тканей состоит корень со вторичным строением?