

Занятие 5. Проводящие ткани

- 1 Общие сведения о проводящих тканях
- 2 Понятие о древесине (ксилеме)
- 3 Луб (флоэма), его происхождение, функции
- 4 Проводящие пучки

1 Общие сведения о проводящих тканях

Проводящие ткани – это специализированные группы клеток, по которым происходит проведение необходимых растению веществ.

Проводящие ткани возникли в процессе эволюции вследствие приспособления растений к жизни на суше. Питание растений разделилось на два типа – воздушное и почвенное. Для их обеспечения возникли две проводящие ткани, по которым вещества передвигаются в двух противоположных направлениях.

По *ксилеме (древесине)* в направлении снизу вверх (от корней к листьям) поднимаются вещества почвенного питания – вода и растворенные в ней соли (*восходящий ток*).

По *флоэме (лубу)* в направлении сверху вниз (от листьев к корням) передвигаются вещества, синтезируемые в листьях (*нисходящий ток*). Эти вещества являются продуктами ассимиляции CO₂ и служат для построения новых клеток и тканей, поэтому их называют также *ассимилятами и пластическими веществами*.

Наиболее высокого уровня эволюционного развития проводящие ткани достигают у папоротниковых и семенных растений, которые объединяются в группу *сосудистых*.

Проводящие ткани (ксилема и флоэма) характеризуются рядом признаков:

- 1) образуют в теле растения непрерывную разветвленную систему, соединяющую все органы растения;
- 2) представляют собой сложные ткани, т.к. в их состав входят морфологически и функционально разнородные элементы – проводящие, механические, запасные, выделительные;
- 3) проводящие элементы в ксилеме и в флоэме вытянуты (прозенхимные элементы), иногда очень значительно;
- 4) стенки проводящих элементов содержат поры или сквозные отверстия (*перфорации*), облегчающие прохождение веществ;

5) обычно ксилема и флоэма располагаются рядом, образуя *проводящие пучки*.

2 Понятие о древесине (ксилеме)

Ксилема (древесина) – основная водопроводящая ткань сосудистых растений, обеспечивающая восходящий ток.

По происхождению и местоположению различают первичную и вторичную ксилему. Ксилема, формирующаяся за счет деятельности прокамбия верхушечной меристемы, называется **первичной**, за счет деятельности камбия – **вторичной**. Первичная ксилема устроена более просто, часто состоит только из водопроводящих элементов.

Ксилема состоит из нескольких типов клеток: трахеальных (водопроводящих) элементов; паренхимных клеток и древесинных склеренхимных волокон.

Трахеальный элемент ксилемы – это мертвая клетка, функционирующая как канал для проведения водных растворов. Различают два типа трахеальных элементов – *трахеиды* и *членики сосудов*.

Трахеиды представляют собой мертвые сильно вытянутые в длину клетки с утолщенными одревесневшими оболочками, несущими поры, чаще всего окаймленные.

По трахеидам происходит перенос растворов в продольном и горизонтальном направлениях в лежащие рядом проводящие и паренхимные элементы. Благодаря вторичным утолщениям трахеиды оказываются устойчивы к сжатию и растяжению. Трахеиды обеспечивают прочность стебля у голосеменных и некоторых цветковых растений, у которых специальные механические элементы отсутствуют.

У папоротниковых и голосеменных трахеиды служат единственным проводящим элементом в ксилеме. У покрытосеменных растений они присутствуют вместе с сосудами и другими элементами ксилемы. У многих покрытосеменных трахеиды вообще отсутствуют.

Поры трахеид представляют собой перерывы или утончения во вторичной оболочке. По форме порового канала различают *простые* и *окаймленные поры*. У простых пор канал имеет форму узкого цилиндра. У окаймленных пор канал резко суживается в процессе отложения вторичной оболочки, поэтому внутреннее отверстие поры гораздо уже наружного, упирающегося в первичную оболочку.

Расположенные друг против друга поры двух смежных клеток образуют *пары пор*, отделенных друг от друга тонким участком первичных оболочек соприкасающихся (смежных) клеток и срединной пластинки. Этот участок называется замыкающей пленкой поры, или *поровой мембраной*. В трахеидах голосеменных замыкающая пленка окаймленных пор несет в центре дискообразное утолщение, называемое *торусом*. Благодаря тонкой замыкающей пленке окаймленная пора служит микрофильтром при проведении воды и питательных веществ.

Сосуды, или **трахеи**, состоят из многих клеток, называемых *члениками* сосуда. Членики располагаются друг над другом, образуя длинную полую трубку. Средняя длина сосудов – несколько сантиметров (иногда до 1 м и более).

Поперечные перегородки между члениками растворяются и возникают *сквозные отверстия – перфорации*. Поэтому по сосудам растворы передвигаются значительно легче, чем по трахеидам. По характеру утолщения клеточных стенок различают *кольчатые, спиральные, сетчатые* и *точечные* (точечно-пористые) сосуды.

Членики сосудов образуются из продольного ряда клеток и вначале представлены живыми клетками, полость которых заполнена цитоплазмой с крупным ядром. Этапы формирования сосудов:

- 1) рост молодых паренхимных клеток, образующих сосуд;
- 2) формирование вторичной оболочки на продольных стенках клеток, лигнификация продольных стенок, образование утолщений на стенках;
- 3) разрушение поперечных стенок между члениками (ослизняются и исчезают) и формирование перфорации;
- 4) отмирание протопластов клеток и формирование сплошной полой трубки, полость которой заполняется водой.

Паренхимные клетки ксилемы составляют до 25 % и более объема древесины. Особенность паренхимных клеток ксилемы – участие в транспорте по ксилеме.

Паренхимные клетки, окружающие сосуды, образуют *контактную паренхиму*. Они регулируют поступление растворов, направление и скорость их движения за счет изменения в пластидах клетки концентрации углеводов и других веществ.

Собранные в горизонтальные полосы участки паренхимы образуют так называемые *сердцевинные* или *ксилемные лучи*. Клетки лучей сообщаются между собой порами. Различают: **гомогенные** (состоят из одинаковых клеток), и **гетерогенные** (состоят из различных по

строению клеток); а также **узкие** (состоят из 1-2 рядов клеток) и **широкие** (многорядные) сердцевинные лучи.

Рассеянные среди ксилемных элементов и тянущиеся вертикально вдоль осевых органов тяжи, образованные паренхимными клетками, называют *тяжевой (древесинной) паренхимой*. Клетки древесинной паренхимы имеют одревесневшие оболочки с простыми порами, протопласт в них долго не разрушается. Они служат также для запасания питательных веществ.

Клетки паренхимы, примыкающие к сосуду, могут образовывать выросты в полость сосудов через поры – *тилы* (греч. *tylos* — вздутие, утолщение). Это процесс может приводить к закупориванию полостей сосудов и называется *тилообразованием*. Он характерен в основном для многолетних древесных растений и связан с возрастными изменениями древесины.

Либриформ, или **древесинные волокна**, относится к механической ткани и представляет собой мертвые вытянутые клетки с одревесневшими оболочками, выполняющие опорную и защитную функцию по отношению к трахеальным и паренхимным элементам ксилемы. К либриформу относят и древесные волокна с живым содержимым. Во всех живых древесинных волокнах содержатся запасные вещества – крахмал, масло, в оболочках иногда откладываются гемицеллюлозы. Такие волокна морфологически и функционально приближаются к древесинной паренхиме.

Состав древесины голосеменных и покрытосеменных растений несколько отличается. Древесина голосеменных растений содержит трахеиды, тяжевую паренхиму и древесинные лучи; характеризуется наличием смоляных ходов. Основными элементами древесины покрытосеменных растений являются сосуды, трахеиды, древесинные волокна, тяжевая паренхима и древесинные сердцевинные лучи.

3 Луб (флоэма), его происхождение, функции

Флоэма – это ткань сосудистых растений, проводящая пластические вещества, синтезируемые в листьях, в направлении сверху вниз.

Флоэма – сложная ткань, в состав которой входят ситовидные элементы с клетками-спутницами, паренхимные клетки, лубяные (флоэмные) волокна и склереиды. Она состоит в основном из живых элементов, которые меняются структурно и функционально в ходе онтогенеза. Флоэмная ткань менее склерифицирована и менее долговечна, чем ксилема. Занимая периферическое положение в стебле

Ботаника. Клетка и ткани: практ. рук-во / Ю. М. Бачура, Н. М. Дайнеко

и корне, она существенно изменяется при увеличении окружности осевых органов и в конечном счете сминается перидермой.

По происхождению и местоположению различают первичную и вторичную флоэму. Флоэма, формирующаяся за счет деятельности прокамбия верхушечной меристемы (первичная ткань), называется **первичной**, за счет деятельности камбия (вторичная меристема) – **вторичной**.

Ситовидные элементы являются самыми важными элементами флоэмы, так как по ним происходит передвижение ассимилятов.

Стенки ситовидных элементов содержат мелкие отверстия, которые называют *ситовидными порами*. Через них сообщается живое содержимое соседних элементов и происходит передвижение ассимилятов. Канальца собраны группами, которые называют *ситовидными полями*. У более примитивных растений (папоротникообразных, голосеменных) ситовидные поля рассеяны по боковым стенкам. У покрытосеменных они имеют более совершенное строение и носят название *ситовидных пластинок*. Ситовидные пластинки располагаются на концах ситовидных элементов.

Различают два типа ситовидных элементов: *ситовидные клетки* и *ситовидные трубки*.

Ситовидные клетки – более примитивный тип ситовидных элементов. Они представляют собой сильно вытянутые в длину клетки с заостренными концами. Ситовидные клетки характеризуются наличием ситовидных полей на боковых стенках и ядер в зрелом состоянии; отсутствием сопровождающих клеток. Такой тип ситовидных элементов присущ высшим споровым и голосеменным.

Ситовидные трубки – это высокоспециализированные и более совершенные ситовидные элементы флоэмы. Каждая ситовидная трубка состоит из вертикального ряда живых вытянутых клеток – члеников, соединенных между собой поперечными стенками – ситовидными пластинками. Ситовидные трубки обычно тянутся вдоль продольной оси органа, но есть и поперечно идущие, соединяющие группы проводящих тканей.

Оболочки ситовидных трубок целлюлозные, лишь к концу вегетации некоторые ситовидные трубки одревесневают. В полостях ситовидных трубок долго сохраняется живой протопласт в виде пристенного слоя, ядро в зрелых элементах отсутствует. Живут клетки-членики, как правило, одну вегетацию. Около ситовидных трубок имеются сопровождающие клетки (клетки-спутницы).

Клетки-спутницы, или сопровождающие клетки – это паренхимные элементы флоэмы, обеспечивающие регуляцию передвижения веществ по флоэме, они связаны с ситовидными элементами плазмодесмами. Протопласты клеток-спутниц отличаются метаболической активностью: ядро и ядрышко крупные, множество хлоропластов, крупных митохондрий, рибосом, имеется эндоплазматический ретикулум.

Лубяная паренхима является постоянным компонентом флоэмы. В клетках лубяной паренхимы активно протекают обменные реакции и накапливаются различные эргастические вещества крахмал, жиры, различные органические соединения, а также танины, смолы, кристаллы.

Клетки *первичной флоэмной паренхимы* имеют продолговатую форму и располагаются параллельно ситовидным трубкам. Связь их осуществляется посредством простых пор. Оболочки паренхимных клеток целлюлозные, тонкие, физиологическая активность высокая. Расположение паренхимных клеток среди ситовидных элементов беспорядочное. Вторичная флоэмная паренхима подразделяется на две системы: *вертикальную* и *горизонтальную*. В вертикальной системе лубяная паренхима располагается вместе с ситовидными и механическими элементами, горизонтальная система представляет паренхиму сердцевинных лучей. Такая структура особенно характерна для древесных растений.

Склеренхимные элементы флоэмы представлены *древесинными волокнами* и *склереидами*.

Волокна относятся к обычным компонентам первичной и вторичной флоэмы. В зрелом состоянии волокна могут быть живыми или мертвыми, одревесневшими или неодревесневшими. Живые волокна выполняют функцию запаса. У многих видов растений лубяные волокна используются как источники промышленного волокна.

Во флоэме часто встречаются *склереиды*. Они располагаются в комбинации с волокнами либо отдельной группой и в осевой, и в лучевой системах вторичной флоэмы. Как правило, склереиды образуются в более старых участках флоэмы вследствие склерификации паренхимных клеток. Длинные и тонкие склереиды напоминают волокна и часто называются волокнистыми склереидами.

4 Проводящие пучки

Проводящие элементы в комплексе с паренхимными и механическими элементами образуют в теле растения тяжи, которые называют **проводящими пучками**. Формирование проводящих пучков осуществляется за счет деятельности образовательной ткани – прокамбия.

В молодых органах большинства растений проводящие пучки идут раздельно. На более поздних стадиях развития органов у двудольных и голосеменных растений проводящие пучки сливаются, образуя сплошной цилиндр, состоящий из тканей древесины и луба, так называемые слои проводящих тканей. У однодольных пучковая структура сохраняется на всех стадиях развития органа.

Система проводящих пучков пронизывает все органы растений, объединяя их в одно целое и обеспечивая в растении единый обменный процесс. Пучки хорошо видны в листьях в виде сети жилок, а также в сочных стеблях, например у недотроги. Проводящие пучки образуют сложную сеть не только в вегетативных, но и в генеративных органах, особенно в плодах.

Проводящие пучки различаются по ряду признаков.

По элементарному составу различают четыре группы пучков.

Простые пучки по структуре наиболее примитивны и состоят из однородных гистологических элементов: из одних трахеид (например в листьях многих растений) или из одних ситовидных трубок (например в цветочных стрелках лука). *Общие пучки* включают трахеиды, сосуды и ситовидные трубки, расположенные бок о бок. *Сложные пучки*, помимо проводящих элементов, содержат паренхимные элементы. *Сосудисто-волокнистые пучки*, наиболее широко распространенные, включают все элементы ксилемы и флоэмы.

По наличию или отсутствию камбия пучки бывают *открытые* (способны к росту, содержат камбий) и *закрытые* (не способны к дальнейшему росту, не содержат камбия).

По расположению ксилемы и флоэмы выделяют несколько типов проводящих пучков.

Коллатеральным (лат. *coll* – вместе, с и *lateralis* – боковой) или бокобочным называют пучок, когда флоэма и ксилема располагаются бок о бок, т. е. на одном радиусе. Наружная часть пучка обычно представлена флоэмой, внутренняя – ксилемой. Этот тип пучка наиболее распространен и встречается в листьях всех семенных

растений, в осевых органах всех однодольных и многих травянистых двудольных.

Биколлатеральный, или дважды бокобочный, пучок – флоэма прилегает к ксилеме с обеих сторон, один участок флоэмы более мощный – наружный, другой – слаборазвитый – внутренний. Эта форма проводящих пучков присуща растениям из семейств тыквенных, пасленовых, колокольчиковых, сложноцветных.

Концентрический пучок встречается относительно редко. Различают два варианта: а) *амфиазальный*, в котором ксилема замкнутым кольцом окружает флоэму; встречается у однодольных, например в корневище ландыша, касатика, из двудольных – у клещевины; б) *амфикрибральный*, в котором флоэма окружает ксилему. Встречается у папоротниковидных, например у орляка.

В *радиальном пучке* участки флоэмы и ксилемы лежат по разным радиусам, разделены паренхимой. Этот тип пучка характерен для первичного строения корня у двудольных растений. В корне однодольных такие пучки сохраняются до конца жизни. У двудольных при переходе от первичного ко вторичному строению корня радиальное расположение флоэмы и ксилемы сменяется коллатеральным.

Материалы и оборудование: постоянные микропрепараты: продольный срез стебля тыквы, радиальный и тангенциальный срезы стебля сосны, поперечные срезы стебля кукурузы обыкновенной, подсолнечника однолетнего, тыквы обыкновенной; микроскопы.

Цель: изучить элементы, образующие флоэму и ксилему, познакомиться с различными типами проводящих пучков.

Работа 1 Проводящие элементы флоэмы и ксилемы на продольном срезе стебля тыквы обыкновенной (*Cucurbita pepo* L.)

Ход работы

1 Рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа постоянный препарат «Стебель тыквы – продольный срез». Найти ситовидные трубки с клетками-спутницами. Их легко обнаружить по наличию ситовидных пластинок. Обратит внимание на отсутствие ядер в ситовидных трубках и наличие в сопровождающих клетках. Рассмотреть разные типы сосудов, найти клетки камбия.

2 Зарисовать при большом увеличении микроскопа ситовидные трубки с клетками спутницами (рисунок 12), сосуды с кольчатыми и

спиральными утолщениями стенок и сосуда с разными типами поровости (рисунок 13). Отметить на рисунках все части проводящих элементов

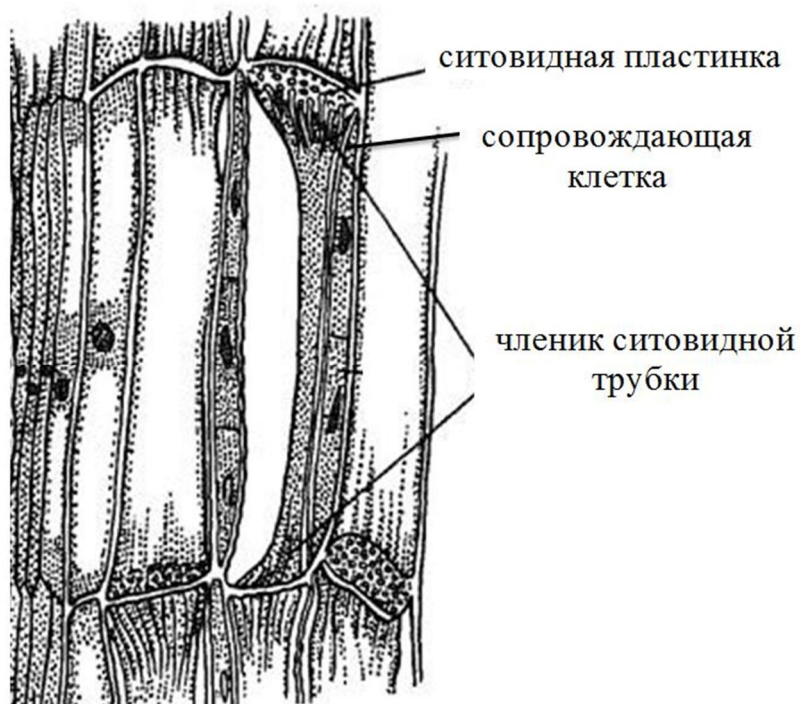


Рисунок 12 – Элементы флоэмы стебля тыквы [2]

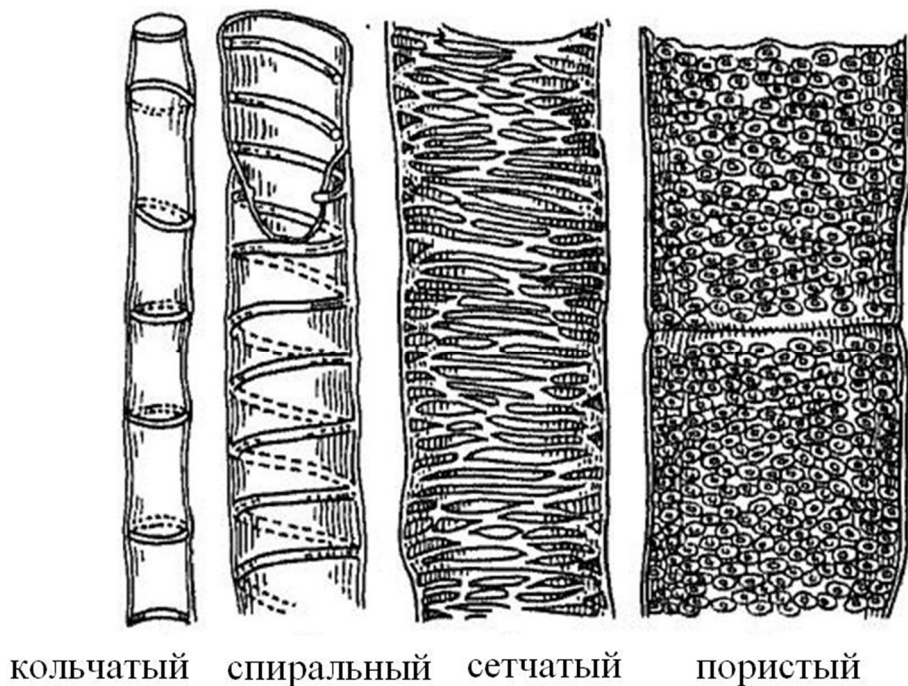


Рисунок 13 – Сосуды стебля тыквы [2]

Работа 2 Трахеиды стебля сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)

Ход работы

1 Рассмотреть на постоянном препарате радиальный и тангенциальный срез стебля сосны. При малом увеличении микроскопа отметить более широкие и тонкостенные трахеиды весенней древесины, постепенно переходящие в толстостенные осенние с узким просветом. При большом увеличении микроскопа обратить внимание на окаймленные поры в радиальных стенках трахеид.

2 Сравнить изученный препарат с изображением на рисунке 14; зарисовать 2-3 трахеиды в месте их соединения, отметив их скошенные концы, окаймленные поры, торус.

Работа 3 Проводящие пучки стеблей кукурузы обыкновенной (*Zea mays* L.) и подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.)

Ход работы

1 На постоянных препаратах поперечных срезов объектов исследования рассмотреть проводящие пучки (рисунки 15, 16).

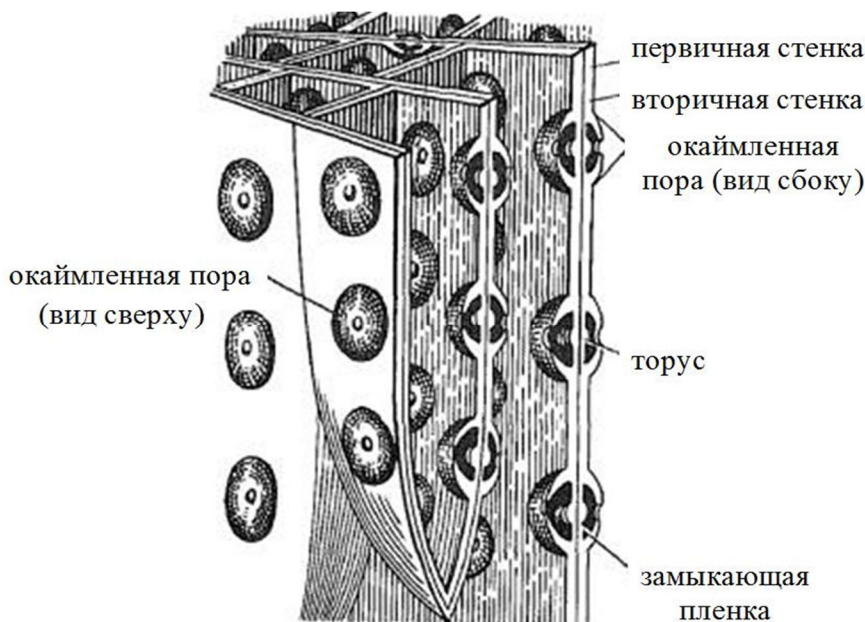


Рисунок 14 – Трахеиды сосны [2]

2 Выяснить: а) взаимное расположение ксилемы и флоэмы (тип пучка); б) какие элементы входят в состав пучков; в) наличие камбия (открытый – закрытый; г) тип обкладки пучка (паренхимная – склеренхимная).

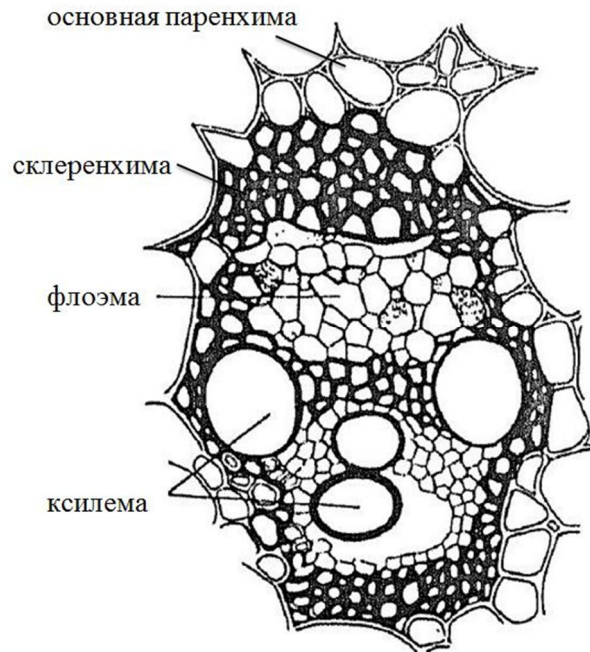


Рисунок 15 – Поперечный срез проводящего пучка в стебле кукурузы [4]

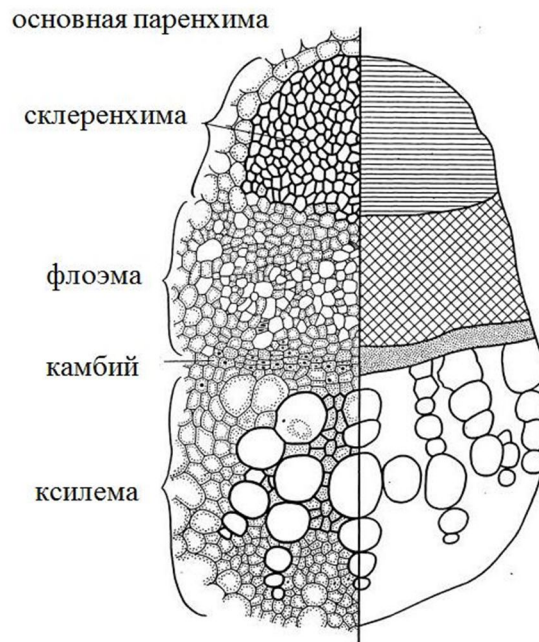


Рисунок 16 – Поперечный срез проводящего пучка в стебле подсолнечника (слева – детальный рисунок, справа – схема) [3]

3 Сравнить данные, полученные на основании проведенного анализа с изображениями на рисунках 15 и 16.

4 Отметить на рисунках составляющие компоненты закрытого коллатерального проводящего пучка кукурузы обыкновенной; открытого коллатерального пучка подсолнечника однолетнего.

Вопросы для самоконтроля

1 Перечислите структурные элементы ксилемы.

2 Каковы строение, особенности образования и функции сосудов и трахеид?

3 Охарактеризуйте строение и функции древесинных волокон и древесинной паренхимы.

4 Что представляют собой сердцевинные лучи?

5 Каково происхождение, структура и функции флоэмы?

6 Какие компоненты входят в состав проводящих пучков?

7 На какие группы можно разделить проводящие пучки?

Литература

1. Бавтуто, Г. А. Практикум по анатомии и морфологии растений: учеб. пособие / Г. А. Бавтуто, Л. М. Ерей. – Мн. : Новое знание, 2002. – С. 349 – 390.

2. Хржановский, В. Г. Ботаника / В. Г. Хржановский, С. Ф. Пономаренко. – М.: Колос, 1988. – 383 с.

3. Яковлев, Г. П. Ботаника: учеб. для фармац. институтов и фармац. фак мед. вузов./ Г. П. Яковлев, В. А. Челомбитько; под ред. И. В. Грушвицкого. – М.: Высш. шк., 1990. – 367 с.

4. Андреева, И. И. Ботаника: учеб. пособие / И. И. Андреева, Л. С. Родман. – М.: КолосС, 2002. – 488 с.

5. Лотова, Л. И. Морфология и анатомия высших растений: учеб. пособие / Л. И. Лотова, под ред. А. П. Меликяна. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 528 с.

6. Власова, Н. П. Практикум по лесным травам: учеб. пособие / Н. П. Власова. М.: Агропромиздат, 1986. – 108 с.

7. Лісаў, М. Дз. Батаніка з асновамі экалогіі: вучэб. дапаможнік / М. Дз. Лісаў. – Мінск: Вышэйшая школа, 1998. – 338 с.

8. Сауткина Т. А., Морфология растений: учеб. пособие / Т. А. Сауткина,

Ботаника. Клетка и ткани: практ. рук-во / Ю. М. Бачура, Н. М. Дайнеко

В. Д. Поликсенова. – Минск: БГУ, 2012. – 311 с.

9. Тканкі: метадычныя ўказанні да лабараторных заняткаў па дысцыпліне «Батаніка» / склад. Л. С. Пашкевіч, Г. Я. Клімчык. – Мінск: БДТУ, 1994.

10. Батаніка: вучэбна-метадычны дапаможнік для студэнтаў спец. 1-75 01 01 «Лясная гаспадарка» і 1-75 01 02 «Садовапаркавае будаўніцтва» / склад. Л. С. Пашкевіч, Дз. В. Шыман. – Мінск: БДТУ, 2006. – 132 с.

11. Анатомія і морфалогія раслін: практ. пособие для студэнтаў спец. 1 – 31 01 01-02 «Биология (научн.-пед. деят.)» / Н. М. Дайнеко [и др.]. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2007. – 143 с.

12. Бавтуто, Г. А. Ботаника. Морфология и анатомия растений / Г. А. Бавтуто, М. В. Ерёмин. – Мінск: Вышэйшая школа, 1997. – 375 с.