

## ТЕМА 1 РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА. ТКАНИ РАСТЕНИЙ

### 1. Строение растительной клетки. Отличие растительной клетки от животной.

Клетка – основная структурно-функциональная единица всех живых существ. Она представляет собой элементарную часть организма, обладающую всеми признаками живого; клетке свойственны рост, обмен веществ и энергии с внешней средой, дыхание, деление, раздражимость, наследственность и др.

Все клеточные организмы можно разделить на две основные группы: прокариоты (доядерные, появились около 3,5 млрд лет назад) и эукариоты (ядерные, возникли около 1 млрд лет назад). К прокариотам относят бактерии и цианобактерии (синезеленые водоросли). У них отсутствует оформленное ядро и другие мембранные структуры, специфично строение оболочки – содержит муреин. Эукариотическое строение клеток характерно для растений, грибов и животных.

Растительные и животные клетки характеризуются рядом общих признаков: единством структурных систем (цитоплазмы и ядра), сходством процессов обмена веществ, энергии и деления клеток, универсальным мембранным строением, единством химического состава. При этом существует ряд отличий растительной клетки от животной:

- 1) наличие пластид (хлоро-, хромо- и лейкопластов);
- 2) наличие жесткой углеводной клеточной оболочки;
- 3) запасные питательные вещества в виде зерен крахмала, белка, капель масла (в животной клетке – жиры, гликоген);
- 4) наличие крупных полостей, заполненных клеточным соком, – вакуолей (в животной клетке – обычно мелкие, сократительные, выделительные и пищеварительные вакуоли);
- 5) отсутствие у высших растений клеточного центра (есть в животной клетке).

Большинство растений – многоклеточные организмы; например, лист древесного растения содержит порядка 20 млн клеток. Клетки растения морфологически и физиологически взаимосвязаны между собой происхождением, ростом и жизнедеятельностью.

В молодом состоянии клетки имеют более или менее одинаковые размеры или форму, с возрастом параметры клеток меняются. Формы клеток растений можно разделить на два типа: паренхимные и прозенхимные. У паренхимных клеток длина, ширина и высота примерно одинаковы. Прозенхимные клетки отличаются сильно вытянутой формой, их длина может во много раз превышать ширину.

Клетки растений обычно микроскопических размеров: от 10 до 100 мкм.

**Ультраструктура растительной клетки.** В растительной клетке выделяют протопласт (содержимое живой клетки) и его производные. В состав протопласта входят цитоплазма, ядро и другие органоиды: эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, сферосомы, митохондрии, пластиды, рибосомы. К производным протопласта относят клеточную стенку, вакуоль и эргастические вещества.

Цитоплазма – многофазная высокоупорядоченная коллоидная система, заключенная между плазмолеммой и ядром. Цитоплазма представляет собой вязкую прозрачную бесцветную массу; упруга, эластична, с водой не смешивается. В молодой клетке цитоплазма занимает всю полость клетки, в старой – появляются вакуоли, сливающиеся со временем в одну крупную вакуоль, цитоплазма образует узкий постенный слой. В цитоплазме вода составляет 75-86%, белки – 10-20, липиды – 2-3, углеводы – 1-2, минеральные соли – 1%.

Ядро – важнейший компонент живой клетки. Впервые ядро было описано Р. Броуном в 1833 г. Ядро выполняет две важные функции: 1) контролирует жизнедеятельность клетки; 2) хранит генетическую информацию и передает ее дочерним клеткам в процессе деления. Форма ядра, как правило, округлая, но бывает веретеновидная, нитевидная, лопастная и др., размеры – от 2-3 до 500 мкм. Ядро состоит из ядерной оболочки, или мембраны, хроматиновых структур, ядрышка и ядерного сока.

Эндоплазматический ретикулум (ЭР) – органоид клетки, представляющий собой систему мелких вакуолей и канальцев, соединенных друг с другом и ограниченных одинарной мембраной. Мембраны ЭР толщиной 5-7 нм нередко переходят в ядерную мембрану. Различают два типа ЭР – шероховатый (гранулярный, несет на своих мембранах рибосомы) и гладкий (агранулярный, лишен рибосом). Гранулярный ЭР связывает в единое целое все структурно-функциональные единицы клетки, обеспечивает транспорт ионов и макромолекул внутри клетки, а также синтез белков на прикрепленных рибосомах. Гладкий ЭР участвует в синтезе липидов, обмене некоторых полисахаридов, накоплении и выведении из клетки ядовитых веществ.

Митохондрии – округлые или цилиндрические, реже нитевидные двухмембранные органеллы длиной до 10 мкм, диаметром 0,2-1 мкм. Внутренняя мембрана образует выросты – кристы, которые в растительных клетках обычно имеют вид трубочек. Внутри митохондрии заполнены матриксом, в котором содержатся молекулы митохондриальной ДНК, РНК и рибосомы. Основная функция митохондрий – энергетическая.

Аппарат Гольджи (комплекс Гольджи) состоит из отдельных диктиосом и пузырьков Гольджи. Диктиосомы – органеллы, представляющие собой пачки (2-7 и более) плоских округлых цистерн, ограниченных мембраной и заполненных матриксом. В цистернах аппарата Гольджи накапливаются, конденсируются и упаковываются вещества, подлежащие изоляции или удалению из цитоплазмы. Упакованные в пузырьки, они поступают в вакуоли. Аппарат Гольджи – место синтеза полисахаридов, идущих на построение клеточной стенки. Пузырьки Гольджи участвуют также в формировании новых клеточных стенок и плазмалеммы, происходящем после митоза.

Рибосомы – мельчайшие клеточные органеллы, около 17-23 нм в диаметре, состоящие примерно из равных количеств белка и нуклеиновых кислот. Рибосомы располагаются в цитоплазме свободно или связаны с мембранами эндоплазматической сети. Рибосомы состоят из двух субъединиц: крупной округлой и мелкой несколько сплюсненной. Роль рибосом – внутриклеточный синтез белка.

Микротельца – сферические или палочковидные мелкие (0,2-1,5 мкм) одномембранные органеллы с плотным матриксом, состоящим в основном из окислительно-восстановительных ферментов. Различают: 1) пероксисомы – микротельца, играющие важную роль в метаболизме гликолевой кислоты и имеющие непосредственное отношение к фотодыханию; 2) глиоксисомы – микротельца, содержащие ферменты необходимые для превращения жиров в углеводы. Лизосомы – округлые одномембранные органеллы, в матриксе которых содержится большое число гидролитических ферментов. Лизосомы осуществляют внутриклеточное переваривание, автолиз. Гидролитические ферменты лизосом очищают всю полость клетки после отмирания ее протопласта (например, при образовании сосудов).

Пластиды – органеллы, характерные исключительно для растительных клеток. Форма, размеры, строение и функции пластид различны. Они окружены двойной мембраной и заполнены матриксом. В матриксе имеются кольцевая ДНК и рибосомы прокариотического типа. Различают три типа пластид: хлоро-, хромо- и лейкопласты.

Хлоропласты высших растений имеют примерно одинаковую форму двояковыпуклой линзы. Их размеры: 5-10 мкм в длину при диаметре 2-4 мкм. Число хлоропластов в клетках высших растений 15-50. Внутренняя мембрана хлоропластов образует в строении систему замкнутых карманов – тилакоидов. Группы тилакоидов образуют стопки – граны. Хлоропласты часто содержат зерна крахмала, липиды. В онтогенезе хлоропласты формируются из пропластид путем образования из впячиваний внутренней мембраны уплощенных мешков – тилакоидов. Функция хлоропластов – фотосинтез; также они могут участвовать в синтезе аминокислот, служить хранилищем временных запасов крахмала.

Лейкопласты – бесцветные округлые пластиды, в которых обычно накапливаются запасные питательные вещества, в основном крахмал. По строению лейкопласты мало отличаются от пропластид, из которых они образуются: двумембранная оболочка окружает бесструктурную строму. Внутренняя мембрана, вращаясь в строму, образует немногочисленные тилакоиды. Лейкопласты, в которых синтезируется и накапливается запасной крахмал, называются амилопластами, белки – протеинопластами, масла – элайопластами.

Хромопласты – пластиды оранжево-красного и желтого цвета, образующиеся из лейкопластов и хлоропластов в результате накопления в их строении каротиноидов. Они встречаются в клетках лепестков (лютик, нарцисс, тюльпан, одуванчик), зрелых плодов (томат, тыква, арбуз, апельсин), редко – корнеплодов (морковь, кормовая свекла), а также в осенних листьях. Хромопласты – конечный этап в развитии пластид. Косвенное биологическое значение хромопластов в том, что ярко окрашенные плоды успешнее распространяются птицами и животными, а выделяющиеся яркой желто-красной окраской цветки привлекают насекомых-опылителей.

**Особенности строения оболочки и вакуолей растительной клетки.** Клетки растений окружены плотной оболочкой, выстланной изнутри Плазмалеммой, или цитоплазматической мембранной (представляет собой наружный слой

цитоплазмы и играет активную физиологическую роль, определяя проницаемость клетки).

Клеточная оболочка в значительной степени определяет форму растительных клеток и их механическую прочность. Кроме того, клеточная оболочка участвует в поглощении и проведении воды и минеральных элементов. Главными компонентами оболочки растений являются целлюлоза, гемицеллюлоза и пектин. Молекулы целлюлозы нитевидны. Они вытягиваются в одном направлении и объединяются в пучки, которые называются элементарными фибриллами, или мицеллами. Элементарные фибриллы, объединяясь по 2, 4 и больше с помощью ковалентных и водородных связей, образуют микрофибриллы – основные структурные единицы клеточной оболочки. Фибриллярная система погружена в основное вещество оболочки – матрикс, который представляет собой пластичный гель, насыщенный водой и состоит из смеси полимеров (среди них преобладают гемицеллюлозы и пектиновые вещества).

Различают оболочку первичную и вторичную. Первичная оболочка тонкая, эластичная, может растягиваться и не препятствует росту клетки. Вторичная оболочка образуется в клетках закончивших рост. Она накладывается на первичную оболочку изнутри клетки, постепенно сокращая объем, занятый полостью клетки. Вторичная оболочка более прочная, многослойная, к растяжению не способна. Вторичная оболочка не сплошная. Участки первичной оболочки, оставшиеся не утолщенными, называются порами. Через поры с помощью тяжелой цитоплазмы (плазмодесм) объединяются в единое целое протопласты смежных клеток.

Физико-химические изменения клеточной оболочки:

1. Одревеснение (лигнификация) – инкрустирование клеточных оболочек лигнином – аморфным веществом, представляющим собой трехмерный полимер фенольной природы, содержащим до 60-65% углерода. Одревесневшие оболочки теряют эластичность, приобретают жесткость и прочность. Одревеснение, как правило, необратимый процесс.

2. Опробковение – пропитывание клеточных оболочек на поверхности стебля или корня суберином. Суберин – жироподобное вещество, состоящее из глицерина, феллоновой и пробковой кислот, не растворим в воде, спирте, устойчив к концентрированной серной кислоте. Опробковевшие оболочки непроницаемы для воды и воздуха.

3. Кутинизация – пропитывание клеточных оболочек кутином, который представляет собой смесь высших карбоновых оксикислот и их эфиров. Кутин откладывается в виде тонкой пленки на наружной стороне клетки, граничащей с внешней средой. Кутин обычно откладывается вместе с воском (легко плавится). Вся толща отложения воска и кутина поверх эпидермиса называется кутикулой. Кутикула не пропускает жидкости и затрудняет диффузию газов. Препятствует проникновению микроорганизмов.

4. Ослизнение оболочек – процесс, связанный образованием в оболочке слизи и камедей. Слизь – гидрофильные полисахариды, присутствующие в семенах, корнях и коре и накапливающиеся преимущественно в полостях клетки или в слизевых ходах. Камеди представляют собой гетерополисахариды или их смеси. Вы-

деляясь в виде вязких растворов при механическом или инфекционном повреждении растений камеди застывают в стекловидную массу.

5. Минерализация – накопление в оболочках минеральных веществ, в основном кремнезема и углекислого кальция. Эти вещества придают оболочкам твердость и хрупкость, защищают растения от поедания животными, гниения, снижают кормовую ценность некоторых растений.

Таким образом, клеточная оболочка – важный структурный элемент растительной клетки; структура и химический состав ее меняются в зависимости от возраста и физиологической роли клетки и на каждом этапе онтогенеза соответствуют ее функциональным особенностям.

Вакуоли – полости в цитоплазме, ограниченные тонопластом и заполненные клеточным соком. Для большинства зрелых клеток характерна крупная центральная вакуоль, которая занимает 70-90% объема клетки. Она возникла при слиянии мелких цитоплазматических вакуолей, которые образуются цистернами ЭР. В образовании вакуолей участвует и аппарат Гольджи, где изолируются продукты вторичного обмена, транспортируемые затем пузырьками Гольджи в вакуоль.

Клеточный сок – слабо концентрированный водный раствор минеральных и органических соединений, образующих истинные и коллоидные растворы. Функции вакуолей заключаются, с одной стороны, в накоплении запасных и изоляции эргастических веществ (отбросов, конечных продуктов обмена), с другой – в поддержании тургора и регуляции водно-солевого обмена.

**Запасные вещества и включения клетки растений.** Природа и основные функции эргастических веществ различны. Главнейшие из них: белки (протеины), углеводы (глюкоза, сахароза и крахмал или близкий к нему инулин, а также целлюлоза); жиры и жироподобные вещества, продукты вторичного метаболизма (таннины, смолы, эфирные масла и др.), неорганические вещества. Важнейшая группа эргастических веществ – запасные вещества. Это белки, углеводы, исключая целлюлозу, и жиры.

Запасные белки встречаются в растительных клетках в разной форме. Белки, растворимые в воде или в слабых растворах минеральных солей, находятся в клеточном соке. Первые из них называются альбуминами, вторые – глобулинами. Нерастворимые белки находятся в цитоплазме в форме кристаллов. Белковые кристаллы отличаются от минеральных определенными физическими свойствами и потому называются кристаллоидами. Формой запасного белка являются алейроновые зерна, характерные для многих семян. Они образуются при высыхании вакуолей во время созревания семян.

Углеводы в качестве запасных веществ могут быть в форме сахаров, крахмала, инулина, полуклетчатки и других соединений. Сахара и инулин видимых отложений не образуют, потому что растворимы в воде и накапливаются в клеточном соке. Крахмал в воде не растворим и встречается в клетках в форме крахмальных зерен. Крахмальные зерна имеют скрыто кристаллическую структуру и у разных растений имеют различные формы и размеры. Крахмальные зерна клубней картофеля слоистые, яйцевидной формы с диаметром 50-100 мкм. Крахмальные зерна бывают простые, сложные и полусложные. Простое зерно имеет один центр крахмалообразования и концентрические или эксцентрические слои крахмала во-

круг него. Сложные зерна имеют два или несколько центров крахмалообразования, каждый из которых отличается собственной слоистостью. У полусложных зерен также несколько центров; их внутренние слои – частные, имеющие собственные центры, наружные – общие для всего зерна.

Жиры как запасные питательные вещества встречаются очень часто в семенах, плодах, спорах. По сравнению с белками и углеводами жиры – соединения более восстановленные, поэтому в молекуле жира содержится почти вдвое больше потенциальной энергии, чем в молекулах белков и углеводов. Жиры накапливаются в цитоплазме в форме мелких капель. Содержание их в семенах отдельных растений может быть очень высоким: подсолнечника – 29-56%, льна – 30-47, мака – 45, клеверины – 60%. Такие растения культивируются для получения масла.

В процессе жизнедеятельности клетки образуются вещества, которые в дальнейших химических процессах не участвуют. Это конечные продукты обмена, или катаболиты. К ним относятся камеди, смолы, слизи, глюкозиды, эфирные масла, каучук и т. п. Продукты, растворимые в воде, накапливаются в клеточном соке, нерастворимые – в специальных вместилищах, роль которых могут выполнять межклетники, отдельные клетки или система клеток. Минеральные включения имеют форму кристаллов. Чаще других солей кристаллы образует оксалат кальция ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ). Крупные призматические кристаллы, одиночные или реже двойные и тройные, можно видеть в клетках сухой чешуи лука. Сложные кристаллы – друзы образуются от срастания кристаллов типа октаэдров. Такие кристаллы встречаются наиболее часто. Их можно видеть в клетках коры липы, в черешках бегонии, в черешках и стеблях камнеломки и других растений. У однодольных растений кристаллы оксалата кальция имеют длинную заостренную с обеих сторон игольчатую форму. Это – рафиды. Их можно легко найти в корневищах и плодах купены, в листьях нарциссов и алоэ, в корнях спаржи и других растений. Рафиды образуются в большом количестве, в цитоплазме или вакуолях, где лежат плотным пучком, который обволакивается слизистой оболочкой. В растениях встречаются кристаллы гипса, кремнезема и оксалата магния. Они не так широко распространены и образуются только у некоторых видов. Углекислый кальций накапливается в форме цистолитов – своеобразных выростов клеточной оболочки, пропитанных углекислым кальцием и кремнеземом. Цистолиты имеют форму виноградной грозди или более простую и встречаются в растениях семейства крапивных, масличных, тутовых и других чаще всего в коже листьев.

## 2 Ткани растительного организма

**Общее понятие о тканях, их классификация.** Ткань растений – система клеток, структурно и функционально взаимосвязанных друг с другом и обычно сходных по происхождению. В современной классификации (анатомо-физиологическая классификация) выделяют следующие типы растительных тканей: образовательные ткани (меристемы); покровные ткани; механические ткани; проводящие ткани; ассимиляционные ткани; запасные ткани; аэренхима; всасывающие ткани; ткани, регулирующие прохождение веществ; выделительные ткани.

По продолжительности функционирования различают временные (меристемы, клетки которых быстро специализируются) и постоянные (все остальные типы тканей с постоянной функцией) ткани.

По происхождению – истинные, берущие начало от одной или нескольких общих материнских клеток – инициалей (лат. *inicialis* – начальный), и ложные (например, грибница, имеющая сходство с тканью, но каждая клетка которой имеет самостоятельное происхождение).

По составу структурных элементов – простые, состоящие из однородных элементов, и сложные, в состав которых входят разнородные элементы, выполняющие разные функции.

**Характеристика и классификация образовательных тканей.** В отличие от животных высшие растения растут и образуют новые клетки, ткани, органы на протяжении всей жизни, т. е. относятся к организмам с незавершенным (открытым) ростом.

Образовательные ткани, или меристемы (греч. *meristos* – делимый) – группы клеток эмбриональной (ювенильной) ткани, характеризующихся высокой митотической активностью. Одни клетки меристемы (инициальные, или инициали) задерживаются на эмбриональной фазе развития и делятся неопределенное число раз, обеспечивая непрерывное нарастание массы растения. Другие клетки являются производными от инициалей, делятся ограниченное число раз и дифференцируются в постоянные ткани. Таким образом, меристемы не только образуют новые клетки, но и постоянно воспроизводят самих себя. Клетки меристемы занимают небольшой объем тела растения (0,1 % общей массы).

Классификация образовательных тканей основана на их положении в теле растения и происхождении. По местоположению различают верхушечные, боковые и вставочные меристемы, по происхождению – первичные и вторичные. В любой части растения в результате повреждений могут возникать раневые (травматические) меристемы.

Верхушечные (апикальные) меристемы (лат. *apex* – верхушка) располагаются в верхушке побегов (главных и боковых) и в кончике всех молодых корешков. Они обуславливают рост побегов и корней в длину (высоту), а также их ветвление. По происхождению верхушечные меристемы всегда первичны; включают инициальные клетки (инициали) и их ближайшие производные.

Боковые (латеральные) меристемы (лат. *lateralis* – боковой) располагаются параллельно боковой поверхности органа; в стеблях, корнях на поперечных срезах имеют вид колец. Различают первичные боковые меристемы – прокамбий, перицикл (производные апикальных меристем), и вторичные – камбий, (возникает в процессе дифференциации первичной меристемы или из основной ткани) и феллоген (возникает из клеток постоянной ткани при упрощении их структуры и приобретении свойства меристемы).

Первоначальный рост органов растений, формирующихся из апикальных меристем, называют первичным ростом. При этом тело растения представляет собой первичное тело и состоит из первичных тканей (низкоорганизованные сосудистые и однодольные растения).

Голосеменные, большинство двудольных и некоторые однодольные способны к утолщению стебля и корня благодаря вторичному росту за счет вторичных боковых меристем (камбия и феллогена), производные ткани которых характеризуются как вторичные ткани, образующие вторичное тело растения.

Вставочные (интеркалярные) меристемы (лат. *intercalarius* – вставной, добавочный) расположены у оснований междоузлий, выделяются в верхушечной меристеме как поперечные пояски недифференцированной меристемы. По происхождению вставочные меристемы первичны; их клетки надолго задерживаются в эмбриональном состоянии (интеркалярные меристемы часто называют остаточными) и обуславливают рост органа в длину после прекращения верхушечного роста (интеркалярный рост: быстрое растяжение цветоносного побега у пшеницы, выпрямление злаков после полегания, увеличение размеров листьев после выхода их из почки). Вставочные меристемы отличаются от апикальных и латеральных меристем наличием дифференцированных элементов (например, проводящих) и отсутствием инициалей. Деятельность вставочных меристем ограничена и завершается их преобразованием в постоянные ткани.

Раневые (травматические) меристемы могут возникнуть в любой части растения в результате повреждений. Клетки, окружающие поврежденный участок, приобретают способность к делению и образуют особую раневую ткань – каллюс (лат. *callus* – толстая кожа, мозоль). Клетки каллюса постепенно дифференцируются в клетки постоянной ткани (раневую пробку).

Наиболее характерные признаки меристематических клеток присущи апикальной меристеме:

1. Сравнительные размеры клеток – мелкие;
2. Конфигурация клеток – почти изодиаметрическая;
3. Клеточная оболочка – первичная, тонкая;
4. Межклетники – обычно отсутствуют;
5. Пластиды – находятся на стадии протопластид;
6. Цитоплазма – густая;
7. Вакуоли – если есть, то мелкие и рассеяны по всей цитоплазме;
8. Ядро – сравнительно крупное, расположено в центре клетки;
9. Метаболическая активность ткани – высокая.

Однако цитологические особенности меристем сильно варьируют. Так, камбий имеет узкие и длинные веретеновидные инициали, в клетках пробкового камбия могут встречаться хлоропласты, а меристемы зародышей обычно содержат различные запасные вещества.

**Характеристика и классификация покровных тканей.** Покровные ткани расположены на границе с внешней средой, т. е. на поверхности всех органов растения. Они защищают внутренние структуры растения от неблагоприятных внешних воздействий; а также обеспечивают связь растения с окружающей средой. Характерными особенностями покровных тканей является практически полное отсутствие межклетников (клетки соединены плотно) и наличие специальных образований – устьиц или чечевичек. Покровные ткани часто характеризуются утолщенными клеточными оболочками, инкрустированными суберином, лигнином, кутином, минеральными солями, что повышает их защитные свойства. В

процессе онтогенеза покровные ткани сменяют одна другую или одна и та же ткань меняет свою функцию с возрастом. В зависимости от происхождения (генезиса) и строения выделяют три типа покровных тканей: эпидермис, перидерму и корку.

Эпидермис – первичная покровная ткань, развивается на листьях и молодых стеблях. Перидерма и корка – вторичные покровные ткани – последовательно образуются на стеблях и корнях с возрастом. Эпидермис (эпидерма, кожа; греч. *epi* – над, сверху и *derma* – кожа) – самый наружный слой клеток растений, образующийся из протодермы конуса нарастания. Эпидермис обеспечивает защиту растения от неблагоприятных внешних факторов; регулирует газо- и парообмен. Может выполнять и дополнительные функции – выделять наружу различные вещества; принимать участие в фотосинтезе, поглощении воды и питательных веществ, синтезе различных соединений; воспринимать раздражение и т. д. Эпидермис – это сложная ткань. В эпидермисе выделяют: основные эпидермальные клетки; устьичный комплекс; выросты эпидермиса в виде различного типа волосков. Эпидермальные клетки различной формы; их наружные очертания разнообразны: в удлиненных частях растения (стебли, черешки, жилки листа, листья большинства однодольных) – вытянутые в направлении длинной оси органа; в листьях, лепестках, завязях, семяпочках – часто имеют волнистые боковые стенки, что повышает прочность эпидермиса. Содержимое клеток живое; протопласт занимает пристенное положение; вакуоль – крупная с бесцветным или окрашенным клеточным соком; пластиды – обычно хлоропласты, реже – шаровидные лейкопласты. Метаболическая активность эпидермальных клеток – высокая.

Устьица представляют собой отверстия (устьичные щели), ограниченные двумя специализированными клетками эпидермиса, которые называют замыкающими. У многих растений к устьицам примыкают отличающиеся по форме и иногда по содержанию клетки эпидермиса – сопровождающие или побочные клетки. Они участвуют в изменении осмотического давления, регулирующего изменение формы и движение замыкающих клеток, которые открывают или закрывают устьичную щель.

Поверхность эпидермиса надземных органов часто образует разнообразные выросты. Выросты могут образовываться клетками самого эпидермиса – трихомы (греч. *trichoma* – волосы, волосистой покров), либо клетками более глубоко расположенных тканей – эмергенцы (лат. *emergere* – выдаваться). Чаще всего все выросты эпидермиса называют трихомами. Они отличаются громадным разнообразием. Все типы трихом делятся на кроющие, не обнаруживающие секреторной активности, и железистые, выделяющие секрет. Морфологически они могут быть представлены различными типами.

Эмергенцы представлены на поверхности эпидермиса особыми выростами, в формировании которых принимают участие и лежащие под ней клетки. К ним относятся шипы розы, малины, ежевики, покрывающие черешки листьев и молодые побеги.

Эпидермис может быть покрыт снаружи кутикулой или воском, которые усиливают его защитные функции. Кутикула сплошной пленкой покрывает всю надземную часть растения, иногда – всасывающую часть корня, корневые волоски, ред-

ко – клетки меристемы. Толщина слоя кутикулы и воска у тропических растений достигает 0,2-0,5 см. Воск чаще всего образует тонкий мелкозернистый налет либо чешуйки, палочки и другие структуры различных очертаний.

Первичная однослойная покровная ткань корня называется эпиблемой. Она возникает из наружных клеток апикальной меристемы этого органа вблизи корневого чехлика и покрывает молодые корневые окончания. Клетки эпиблемы тонкостенны, лишены кутикулы и имеют более вязкую цитоплазму. В ней отсутствуют устьица. Через эпиблему происходит поглощение воды и минеральных солей из почвы.

Перидерма (греч. *peri* – вокруг, возле, около и *derma*) – сложная многослойная вторичная защитная ткань, замещающая эпидермис на стеблях и корнях по мере их роста. Развитие перидермы наиболее характерно для голосеменных растений и древесных двудольных, встречается также у чешуи зимующих почек, в самых старых частях стебля и корня травянистых двудольных. Перидерма также образуется на местах опавших листьев, веток, на поврежденных участках органов (раневая перидерма). Составляющими перидермы являются феллоген (греч. *phellos* – пробка и *gennaio* – рождаю), или пробковый камбий – меристема, формирующая перидерму; феллема (пробка), выполняющая защитные функции и откладываемая феллогеном по направлению к периферии органа; феллодерма – живая паренхима, откладываемой меристемой внутрь. Феллоген состоит из клеток одного типа, на поперечном срезе выглядит как сплошной слой, состоящий из прямоугольных уплощенных по радиусу клеток. Феллоген наружу формирует клетки пробки, а внутрь – живые клетки феллодермы.

Пробка состоит из плотно сомкнутых (без межклетников) клеток призматической (таблитчатой) формы, расположенных правильными радиальными рядами. Оболочки ее клеток постепенно опробковывают. Во взрослом состоянии мертвые клетки феллемы либо заполнены воздухом, либо имеют жидкое или твердое содержимое из ранее отложенных веществ, чаще всего буроватого цвета. Пробка непроницаема для воды, устойчива к действию жиров, имеет термоизолирующие свойства.

Феллодерма представлена радиально расположенными паренхимными клетками, которые содержат хлоропласты, накапливают крахмал и отличаются нормальной жизнедеятельностью.

Перидерма появляется в первый год развития корня и стебля. Последующие ее слои могут закладываться позднее в этом же году или через много лет (виды дуба, пихты, бука), а могут вообще не появляться.

Чечевички – особые структуры в перидерме, представляющие собой отверстия, прикрытые рыхлой тканью из паренхимных слабо опробкованных клеток с многочисленными межклетниками и осуществляющие сообщения внутренних тканей с внешней средой (функция паро- и газообмена). Внешне чечевички выглядят как небольшие бугорки на поверхности молодых побегов деревьев и кустарников. Размеры, форма и расположение чечевичек – важный диагностический признак растений. Очень крупные чечевички у березы (до 15 см), черешни (около 1 см). Есть растения, которые не имеют чечевичек (виноградная лоза). Аэрация

тканей побегов таких растений происходит за счет ежегодного сбрасывания участков коры.

У однодольных перидерма образуется редко, так как они не имеют типичного камбия и феллогена. У некоторых древесных однодольных перидерма формируется путем многократного деления и опробковения периферических паренхимных клеток первичной коры.

Корка (ритидом) – комплекс отмерших тканей (многолетних наслоений перидермы), постепенно слущивающихся снаружи и нарастающих изнутри. Корка образуется не у всех деревьев – наружные слои пробки разрываются и слущиваются, а изнутри образуются новые слои, и поверхность остается гладкой. У большинства древесных пород феллоген закладывается многократно во все более глубоких слоях коры. Все живые ткани снаружи от слоя пробки быстро отмирают. Под давлением возникающих изнутри новых участков старые наружные участки перидермы растрескиваются. В толще корки, кроме пробки и основной паренхимы, можно обнаружить лубяные волокна, разрушенные смоляные ходы, ситовидные трубки и т.д. Различают: 1) кольцевую корку – пробковый камбий закладывается кольцом по всей окружности стебля; стебли имеют сравнительно гладкую поверхность (рисунк 9, виноград); 2) чешуйчатую – феллоген закладывается отдельными участками; образующаяся пробка чередуется с постепенно, отмирающей паренхимой; стебли имеют трещиноватый вид (сосна, клен, дуб, липа). Обычно у древесных пород корка начинает формироваться в относительно зрелом возрасте: у сосны в 8-10 лет, у дуба – в 25-30 лет. Корка защищает внутренние ткани древесных растений от солнечных ожогов, огня лесных пожаров. На корнях типичная корка с трещинами не образуется.

**Характеристика и классификация механических тканей.** Механические (арматурные) ткани – это специализированные ткани, состоящие из клеток с утолщенными оболочками, выполняющих опорную функцию. Механические ткани чаще всего выполняют свое назначение только при сочетании с остальными тканями организма, образуя среди них арматуру. Различают два основных типа механических тканей – колленхиму и склеренхиму.

Склеренхима (греч. skleros – твердый) состоит из клеток с равномерно утолщенными и одревесневшими оболочками. Содержимое клеток отмирает после окончательного формирования оболочек. Иногда оболочки склеренхимных клеток остаются неодревесневшими (например, у волокон льна). Различают два основных типа склеренхимы – волокна и склереиды. Волокна имеют форму прозенхимных клеток, сильно вытянутых в длину и заостренных на концах. Обычно они имеют толстые стенки и очень узкую полость. Фибриллы целлюлозы проходят в них винтообразно, что повышает прочность стенок. Поры в этих оболочках немногочисленные, щелевидные.

Волокна, входящие в состав древесины (ксилемы), называют древесинными или волокнами либриформа (лат. libri – луб, лыко и forma – форма), а входящие в состав луба (флоэмы) – лубяными волокнами. Волокна могут входить в состав других тканей, располагаться целыми группами или поодиночке. В последнем случае называют склеренхимными клетками или элементарными волокнами. Клетки лубяных волокон длинные, толстостенные. Длина их колеблется у разных

видов: у льна она составляет в среднем 40–60 мм (у некоторых сортов до 120 мм), у крапивы – около 80 мм. Волокна либриформа значительно короче лубяных волокон (не более 2 мм), одревесневшие оболочки снабжены простыми порами (расположены по спирали). Клетки либриформа очень прочны, но почти неэластичны. Главная его функция – опора для водопроводящих тканей и для всего растения. У лиственных деревьев либриформ иногда занимает значительную часть древесины.

Оболочки склеренхимных клеток обладают высокой прочностью, близкой к прочности стали. Отложение лигнина повышает прочность оболочек, их способность противостоять раздавливанию.

Склереидами (греч. *skleros* – твердый) называют склеренхимные клетки, не обладающие формой волокна. Они могут быть округлыми, вытянутыми, ветвистыми. Стенки склереид всегда сильно одревесневают, иногда пропитываются известью, кремнеземом и кутином. Склереиды встречаются в различных органах растений: плодах, листьях, стеблях. В тканях органов они могут располагаться поодиночке и группами. Группы склереид бывают рассеяны в мякоти плода, либо частично перемешаны с паренхимными клетками, либо составляют плотную, без межклетников ткань (косточка плодов сливы, черешни, абрикоса, скорлупа ореха и др.). Склереиды не всегда играют чисто механическую функцию, так, например, в коре деревьев и кустарников они укрепляют склеренхимную арматуру и вместе с тем защищают кору от поедания травоядными животными.

Колленхима (греч. *kolla* – клей и *enchyma* – налитое, здесь – ткань) возникает очень рано в молодых стеблях и листьях. Эта ткань состоит из вытянутых в длину живых клеток с тупыми или несколько скошенными концами. Их оболочки неравномерно утолщены. В оболочках наряду с целлюлозой содержится много пектинов и гемицеллюлозы, что делает возможным рост молодых органов растений в длину путем растяжения тканей. Пластичность оболочек колленхимы сохраняется еще и потому, что в них обычно не происходит одревеснения. В зависимости от характера утолщения стенок и соединения клеток между собой различают угловую, пластинчатую и рыхлую колленхиму. В угловой колленхиме утолщенные части оболочек у соседних трех-пяти клеток сливаются между собой, образуя трех-, пятиугольники. Границы отдельных клеток при этом обнаруживаются с трудом. В пластинчатой колленхиме утолщенные части оболочек расположены параллельными слоями, которые обычно параллельны поверхности органа. Рыхлая колленхима отличается тем, что между слившимися утолщенными участками соседних клеток имеются межклетники. Она как бы соединяет признаки угловой колленхимы с признаками аэренхимы и наряду с механической функцией выполняет функцию проветривания.

В стеблях колленхима и склеренхима чаще располагаются или непосредственно под эпидермой, или несколько глубже, но все же близко к поверхности. Центр стебля обычно занят тонкостенной паренхимой или даже имеет обширную полость. Корень выполняет другую механическую задачу – он «заякоривает» растение в почве и противостоит напряжениям, стремящимся выдернуть его оттуда, т. е. противостоит разрыву. Соответственно этому целесообразно размещение механических элементов в самом центре корня.

**Характеристика и классификация проводящих тканей.** 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  $\text{CO}_2$  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.

**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 механи-

ческие 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 пара 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 тяжелой

(древесинной) паренхимой. Клетки древесинной паренхимы имеют одревесневшие оболочки с простыми порами, протопласт в них долго не разрушается. Они служат также для запаса 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, относятся 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.

**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 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 таннины, 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.

**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 отдельно. 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-волоконистые 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) амфивазальный, в котором ксилема замкнутым кольцом окружает флоэму; встречается у однодольных, например в корневище ландыша, касатика, из двудольных – у клещевины; б) амфикирибральный, 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.