

Занятие 6. Анатомическое строение корня

- 1 Понятие об органах растений
- 2 Первичное анатомическое строение корня
- 3 Вторичное анатомическое строение корня

1 Понятие об органах растений

Орган – это часть организма, имеющая определенное строение и выполняющая определенные функции. Органы растений делят на две группы: вегетативные и генеративные.

Генеративные органы (лат. *genero* – рождаю, произвожу) – органы, обеспечивающие половое размножение; у покрытосеменных растений к генеративным органам относят цветок, плод и семя.

Вегетативные органы (лат. *vegetatio* – произрастание, рост) – органы, выполняющие основные функции питания и обмена веществ растения с внешней средой; представляют вегетативное тело растения.

Основные вегетативные органы растений – листостебельные побеги (стебель и лист; обеспечивают фотосинтез) и корни (обеспечивают водоснабжение и минеральное питание).

Важнейшие *характеристики структурной организации основных вегетативных органов*:

1) *метамерность*: благодаря ритмичным росту и формообразованию тело растения оказывается состоящим из однотипных участков, повторяющих друг друга – метамеров;

2) *разветвленность*;

3) *симметрия*: наблюдается в характере расположения боковых частей органа по отношению к оси; корень и стебель обычно располагаются вертикально, образуя единую ось, и являются поэтому осевыми органами, несущими на себе боковые придатки (листья, шипы, волоски и т. д.). Различают три группы органов – несимметричные, моносимметричные и полисимметричные;

4) *полярность*: каждый орган имеет два полюса (верхний, или верхушечный, – терминальный, апикальный и нижний – базальный).

Различают аналогичные и гомологичные органы.

Аналогичные органы выполняют сходные функции и морфологически подобны, но имеют разное происхождение (колючки растений могут быть производными листьев или стебля).

Гомологичные органы различаются морфологически и часто выполняют различные функции, но имеют одинаковое происхождение

(видоизменения листа, например).

Корень – осевой орган, обладающий радиальной симметрией и неопределенно долго нарастающий в длину благодаря деятельности апикальной (верхушечной) меристемы. От стебля он морфологически отличается тем, что на нем никогда не возникают листья, а апикальная меристема всегда прикрыта чехликом.

Функции корней разнообразны. Главной функцией является обеспечение почвенного питания растения: поглощение и проведение воды и растворенных в ней минеральных веществ из почвы. Корни закрепляют («заякоривают») растение в почве, делают возможным вертикальный рост и вынесение побегов вверх. В корнях может осуществляться синтез биологически активных веществ (аминокислот, гормонов, алкалоидов и пр.), которые затем передвигаются в другие органы растения, а также – запасание веществ. Корни могут обеспечивать дыхание и вегетативное размножение растений. При взаимодействии корней с корнями других растений, микроорганизмами и грибами, обитающими в почве, образуются симбиозы или взаимовыгодные сожительства (микоризы, бактериальные клубеньки).

2 Первичное анатомическое строение корня

В строении молодого корешка, покрытого корневым чехликом, выделяют несколько участков (зон), которые отличаются морфолого-анатомическими особенностями и выполняют различные физиологические функции. Это зона деления, зона роста, зона всасывания, зона проведения.

Корневой чехлик представляет собой многоклеточную структуру из паренхимной ткани, которая покрывает кончик корня в виде наперстка. Новые клетки корневого чехлика постоянно образуются внешним слоем клеток апекса, в то время как наружные, наиболее старые клетки, покрытые слизью, постепенно слущиваются.

Корневой чехлик защищает апикальную меристему от трения о почвенные частицы; способствует продвижению корня благодаря образованию слизи при слущивании клеток чехлика в процессе роста корня и продвижения его между почвенных частиц. У многих однодольных в меристеме кончика корня синтезируются гормоны – ауксины, стимулирующие рост корня. Корневой чехлик контролирует реакцию корня на гравитацию (геотропизм). Слизь корневого чехлика создает благоприятные условия для поселения полезных бактерий, может влиять на доступность почвенных ионов.

Под корневым чехликом находится **зона деления**, или корневой апекс,— это апикальная меристема корня, его точка роста. Она имеет длину от 1 до 5 мм и состоит из мелких многогранных клеток, которые активно делятся в результате митоза, обеспечивая рост корня.

В зоне растяжения (роста) прекратившие деление клетки переходят к растяжению в направлении к оси корня, что обуславливает удлинение органа. Объем корня увеличивается за счет общего оплодотворения клеток и появления крупных вакуолей. Протяженность зоны роста не превышает нескольких миллиметров.

За зоной роста следует **зона всасывания**. Клетки прекращают растяжение, начинается их дифференциация. На покровной ткани (ризодерма) возникают многочисленные выросты – корневые волоски. Здесь начинают формироваться первичные ткани корня и осуществляться его основная функция – всасывание почвенных растворов. Нарастание корня сопровождается включением старых участков зоны всасывания в вышерасположенную зону – зону проведения.

Зона проведения обладает хорошо развитой проводящей тканью и передает почвенные растворы выше по органу. Корневые волоски вместе с клетками ризодермы погибают, и формируется покровная ткань корня. В этой зоне появляются боковые корни, поэтому ее часто называют зоной боковых корней. Переход от одной зоны к другой происходит постепенно, без резких границ.

Строение корня различно от кончика до основания и меняется в соответствии со сменой функциональной нагрузки по зонам корня (зона деления, зона растяжения, зона всасывания, зона проведения).

Верхушечная меристема корня (зона деления) откладывает клетки наружу и внутрь. Наружу формируются клетки корневого чехлика, внутрь – ткани остальной части корня. У покрытосеменных растений верхушечная меристема корня содержит несколько инициальных клеток. У двудольных они расположены 3-мя слоями. Наружний слой формирует первичную меристему (*дерматоген*) и далее дает начало клеткам чехлика и ризодермису. Средний слой образует основную меристему (*периблему*), которая дает начало первичной коре. Внутренний слой формирует *прокамбий* (или *плерому*), из которого развивается центральный цилиндр. У однодольных и голосеменных растений ризодермис формируется из наружного слоя периблемы.

Как отмечено ранее (занятие 1), в зоне растяжения, или роста, клетки увеличиваются в объеме, начинают появляться первые признаки их дифференциации.

Первичная анатомическая структура корня формируется уже в зоне всасывания и одинакова для корней всех голосеменных, покрытосеменных и большинства высших споровых.

На первичной стадии развития постоянных тканей корня выделяют три системы тканей: ризодермис (система покровной ткани), первичную кору (система основной ткани) и систему проводящих тканей, представляющую собой либо сплошной цилиндр (лютик), либо полый цилиндр вокруг паренхимы (кукуруза, ирис).

Ризодермис (эпиблема) – всасывающая ткань молодых корней, которая абсорбирует воду и минеральные соли благодаря корневым волоскам. Корневой волосок представляет собой асимметричный вырост клеток эпиблемы. Цитоплазма в этой волосконосной клетке расположена постенным слоем, вакуоль общая для основной клетки и ее выроста, ядро смещается в корневой волосок, что свидетельствует о его высокой физиологической активности. Оболочка волоска тонкая, кутикула отсутствует, что облегчает всасывание воды из субстрата. Продолжительность жизни корневых волосков 10-20 дней (затем отмирают).

Нередко корневые волоски выделяют кислоты (угольную, а при недостатке кислорода – уксусную и муравьиную), растворяющие минеральные частицы почвы. Корневые волоски играют и механическую роль: дают опору верхушке корня, пробивающейся при росте между частицами почвы и способствуют «заякориванию» корневой системы в земле.

Молодые клетки ризодермиса большей частью имеют тонкую кутикулу, что ограничивает проницаемость клеточной оболочки для воды и минеральных веществ. Поверхность многих корней покрыта слизистым чехлом.

Первичная кора располагается под ризодермисом. Клетки первичной коры паренхимные, округлые, живые с жизнедеятельной цитоплазмой, ядром, содержат лейкопласты, органические и минеральные включения. В коре обычны секреторные клетки, смоляные ходы, млечники, клетки с кристаллами и т. д. Хлорофилл есть только в клетках корней, произрастающих на свету (у водных растений, у эпифитов, имеющих воздушные корни). Коровая паренхима, располагаясь радиальными рядами, образует многочисленные межклетники, имеющие большое значение для аэрации корня, и многочисленные связи через плазмодесмы клеток.

В первичной коре ряда растений можно выделить 3 части: экзодерму, мезодерму и эндодерму.

Клетки **экзодермы** таблитчатые, нередко опробковевают и выполняют защитную функцию после сдувания ризодермиса.

Клетки **мезодермы** более или менее округлые, между ними четко выражены межклетники. Клетки мезодермы снабжают ризодермис пластическими веществами и участвуют в проведении веществ, которые перемещаются как по системе протопластов (*симпласту*), так и по стенкам клеток (*анопласту*).

Внутренний слой коры – **эндодерма** – контролирует перемещение веществ из коры в центральный цилиндр и обратно. Клетки эндодермы расположены плотно, без межклетников, и характеризуются наличием на антиклинальных (т. е. перпендикулярных поверхности корня) в клеточных стенках *поясков Каспари*. Они представляют собой участки клеточной стенки, кутинизированные, иногда пропитанные суберином и лигнином, выполняющие роль барьера для передвижения веществ через клеточные оболочки (у двудольных и голосеменных). У хвойных изменения клеточных оболочек в эндодерме оканчиваются отложением субериновой пластинки.

У однодольных растений образуются *подковообразные утолщения клеточных стенок*, затем происходит одревеснение стенок и отмирание протопластов клеток. При этом некоторые эндодермальные клетки (напротив ксилемы) могут оставаться тонкостенными, только с поясками Каспари. Их называют *пропускными*.

Центральный цилиндр (осевой цилиндр, или стела) в корне всех семенных растений четко отграничен от коры. Центральный цилиндр дифференцируется непосредственно из клеток верхушечной меристемы. В нем располагаются проводящие ткани.

Разграничительной полосой между корой и центральным цилиндром является наружный его слой – *перицикл* (образовательная ткань). Вместе с эндодермой первичной коры перицикл составляет непрерывное монолитное кольцо. В перицикле начинают формироваться боковые корни. У видов с вторичным ростом он участвует в формировании камбия.

Перицикл нередко выполняет и другие функции (например, запасную) или становится вместилищем выделений. При одревеснении перицикл выполняет механическую функцию.

Внутреннюю часть центрального цилиндра у большинства корней занимает *радиальный сосудисто-волокнистый пучок*: тяж первичной ксилемы, образующий к перициклу выступы в виде ребер, между ними размещаются тяжи первичной флоэмы. Таким образом, центральный цилиндр корня является *протостелой*.

Ксилема формируется позже флоэмы.

Первые по времени образования сосуды протоксилемы самые наружные, они примыкают к перициклу. В центре располагаются сосуды метаксилемы. Между флоэмой и ксилемой расположена тонкостенная *паренхима*. В отличие от стебля корни не имеют развитой сердцевины, хотя у некоторых однодольных (например, у кукурузы) сердцевина имеется.

У однодольных растений корни имеют только первичную структуру. С возрастом, после сдувания ризодермиса, защитную функцию выполняет экзодерма, реже мезо- или эндодерма (старые корни в диаметре могут быть меньше молодых).

3 Вторичное анатомическое строение корня

Среди однодольных вторичным приростом обладают лишь древесные однодольные (драцена, юкка, многие пальмы). Камбий закладывается обычно в перицикле, реже в коровой части корня, и формирует внутри от себя несколько рядов закрытых проводящих пучков со склеренхимными обкладками, разбросанных в паренхиме, а снаружи – элементы флоэмы. После этого камбий превращается в толстостенную постоянную ткань, а в периферической части коровой паренхимы появляется новый слой образовательной ткани. Образуется следующий ряд проводящих пучков и таким образом происходит утолщение корня.

Типичные **вторичные изменения в строении корня** характерны для голосеменных и двудольных растений, они обеспечивают рост растений в толщину. Вторичные изменения происходят за счет вторичных меристем – *камбия и феллогена (пробкового камбия)*.

Участки камбия возникают из прокамбия или паренхимных клеток с внутренней стороны флоэмы между лучами ксилемы. *Внутри* камбий откладывает клетки, формирующие *вторичную ксилему*, *наружу* – *элементы вторичной флоэмы*, что приводит к формированию *коллатеральных проводящих пучков*.

Через некоторое время между этими участками камбия формируется камбий из перицикла, постепенно происходит смыкание всех участков камбия в кольцо. *Камбий перициклического происхождения откладывает паренхимные клетки, образующие сердцевинные, или радиальные, лучи*. Сердцевинные лучи закладываются напротив лучей первичной ксилемы.

Первичная кора в корнях со вторичным утолщением корня отсутствует. В перицикле по всей окружности центрального цилиндра возникает *пробковый камбий* – феллоген, образующий внутрь клетки феллодермы, а наружу клетки пробки (феллоген, феллодерма и пробка образуют вторичную покровную ткань – перидерму). Стенки клеток пробки пропитываются суберином и клетки отмирают. Это является причиной отпадания клеток первичной коры вследствие нарушения связи с центральным цилиндром (линька корня). В клетках феллодермы могут откладываться запасные питательные вещества.

Ткани, расположенные кнаружи от камбия (флоэма, основная паренхима, феллодерма и пробковый камбий) называют *вторичной корой*.

Снаружи корни двудольных растений, имеющие вторичное строение, покрыты перидермой, на старых корнях деревьев образуется корка.

Таким образом, *этапы перехода корня от первичного строения ко вторичному* следующие: 1) появление камбия между лучами ксилемы и флоэмы; 2) образование феллогена перициклом; 3) сбрасывание первичной коры; 4) смена радиального расположения тканей ксилемы и флоэмы коллатеральным.

Материалы и оборудование. Постоянные препараты «Корневой чехлик и корневые волоски», «Корень ириса», «Корень тыквы», микроскопы, пинцеты, лезвия, препарировальные иглы, предметные и покровные стекла, чашечки с водой и пипеткой, фильтровальная бумага.

Цель: изучить первичное и вторичное анатомическое строение корня, рассмотреть особенности формирования внутренних структур корня у однодольных и двудольных растений.

Работа 1 Строение кончика корня

Ход работы

1 Рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа постоянный препарат «Корневой чехлик и корневые волоски». Найти корневой чехлик, зоны деления и растяжения клеток, всасывания и проведения.

2 Зарисовать кончик корня (рисунок 1) и обозначить все его зоны. Отметить на рисунке части зоны ветвления.

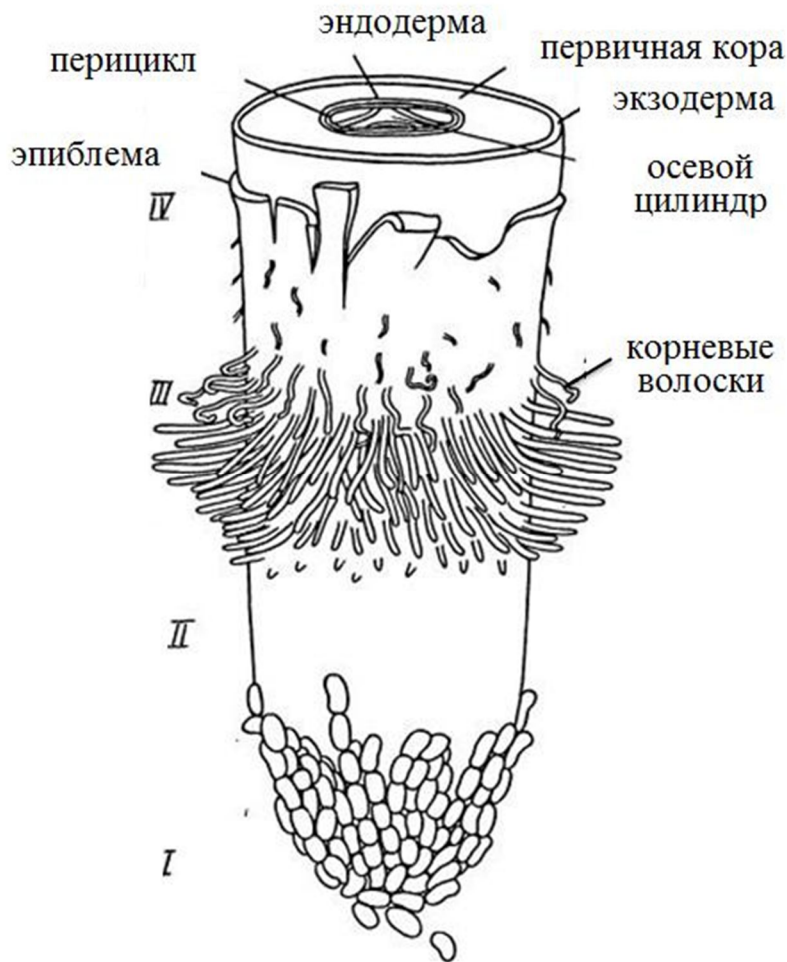


Рисунок 1 – Схема строения кончика корня: I – корневой чехлик, II – зоны роста и растяжения, III – зона всасывания, IV – начало зоны проведения [1]

Работа 2 Первичное строение корня однодольных растений на примере ириса германского (*Iris germanica* L.)

Ход работы

1 Рассмотреть постоянный препарат «Корень ириса». На поперечном срезе при малом увеличении видны широкая первичная кора и центральный цилиндр (рисунок 2 А). Зарисовать общую схему строения корня, обратив внимание на более сильное развитие коры по сравнению с центральным цилиндром.

2 При большом увеличении микроскопа (рисунок 2 Б) рассмотреть и зарисовать центральный цилиндр с прилегающим участком первичной коры. Обозначить: центральный цилиндр, состоящий из радиального проводящего пучка (ксилема, флоэма) и перикамбия; первичную кору, состоящую из эндодермы с пропускными клетками, паренхимы первичной коры и экзодермы; эпиблему с корневыми волосками.

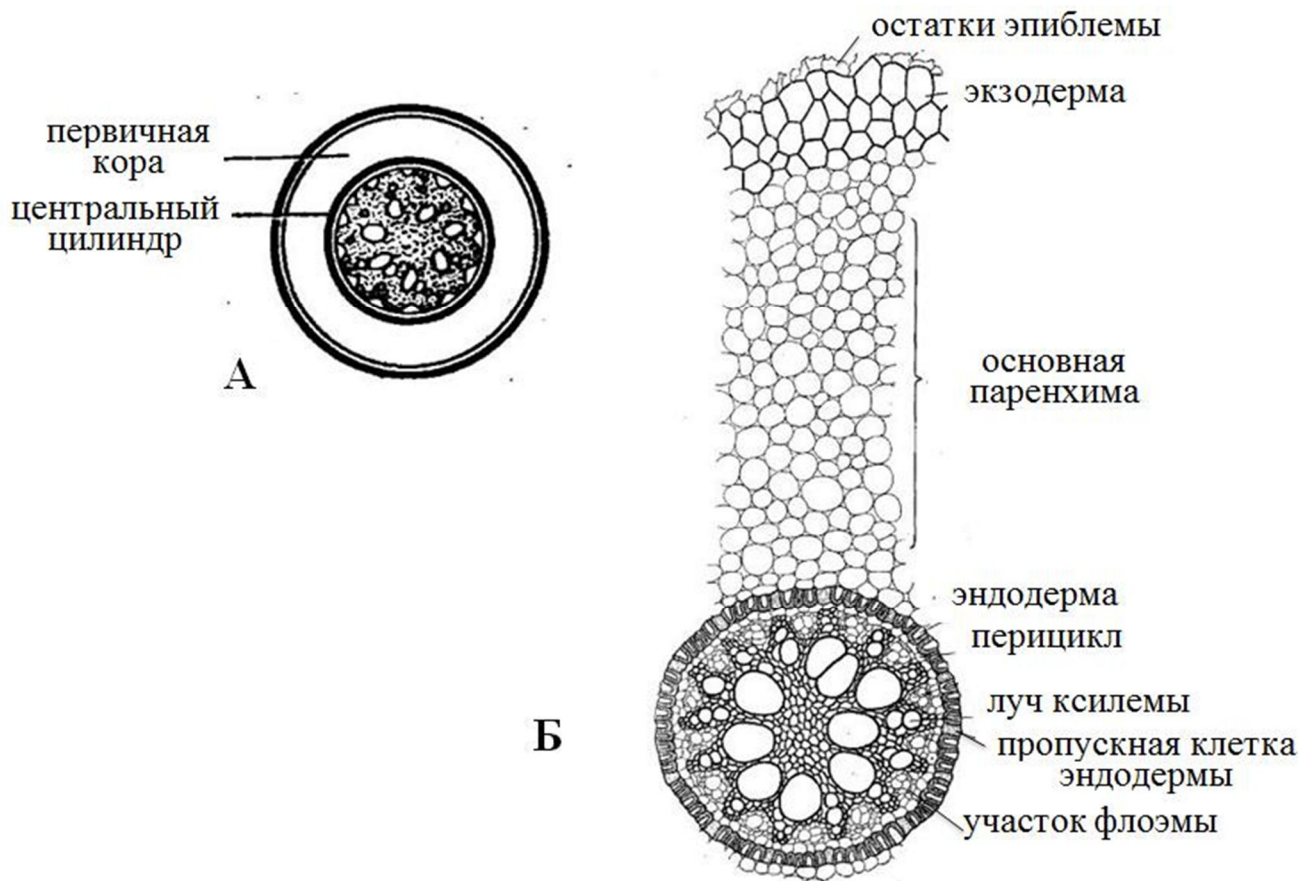


Рисунок 2 – Схемы поперечного среза (А) и первичного строения корня ириса [2]

Работа 3 Строение корня двудольных растений на примере тыквы обыкновенной (*Cucurbita pepo* L.)

Ход работы

1 Рассмотреть постоянный препарат «Корень тыквы» при малом и большом увеличении. В центре корня удастся обнаружить крупный сосуд метаксилемы, от которого 3-5 лучами отходят узкопросветные элементы протоксилемы. Между этими лучами первичной ксилемы располагаются крупные открытые коллатеральные пучки. Внутри их обращены элементы вторичной ксилемы. К ней примыкает камбиальная зона, отграничивающая вторичную флоэму. Снаружи ко вторичной флоэме примыкают мелкие деформированные тонкостенные клетки первичной флоэмы. Снаружи корень покрыт перидермой.

2 Зарисовать схему перехода от первичного строения ко вторичному (рисунок 3). Отметить первичную и вторичную флоэму, первичную и вторичную ксилему, камбий.

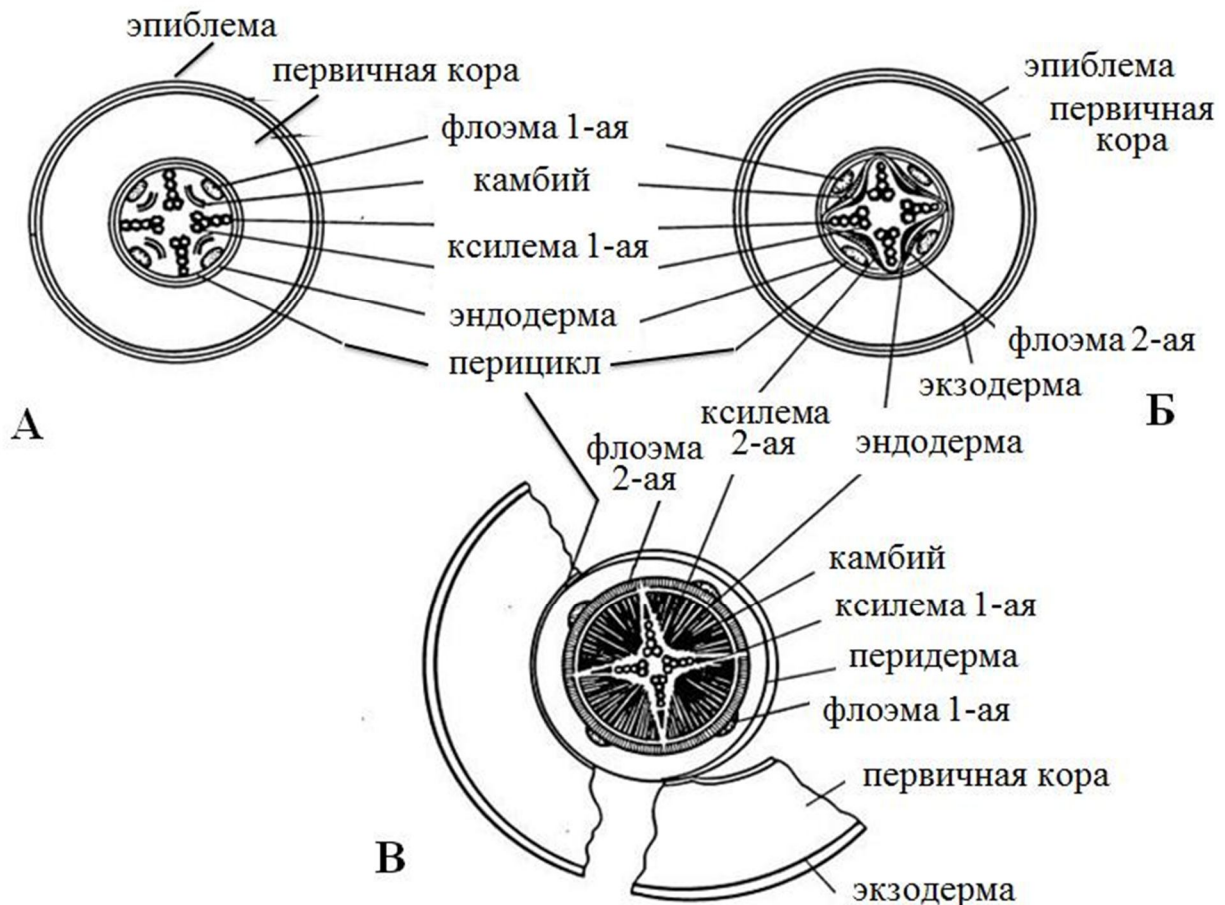


Рисунок 3 – Схема перехода от первичного строения корня ко вторичному у двудольных растений: А – появление камбия между первичной флоэмой и первичной ксилемой, Б – образование камбием вторичной флоэмы и вторичной ксилемы, В – вторичное строение корня [1]

Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризуйте зоны корня.
- 2 Каковы особенности формирования структур первичного корня?
- 3 Опишите первичное анатомическое строение корня.
- 4 Каковы происхождение и роль в корне перицикла?
- 5 Эндодерма и ее особенности в корне.
- 6 Как происходит переход ко вторичному строению в корне?
- 7 Опишите вторичное анатомическое строение корня.

Литература

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

2. Бавтуто, Г. А. Практикум по анатомии и морфологии растений: учеб. пособие / Г. А. Бавтуто, Л. М. Ерей. – Мн. : Новое знание, 2002. – С. 349 – 390.
3. Хржановский, В. Г. Ботаника / В. Г. Хржановский, С. Ф. Пономаренко. – М.: Колос, 1988. – 383 с.
4. Власова, Н. П. Практикум по лесным травам: учеб. пособие / Н. П. Власова. М.: Агропромиздат, 1986. – 108 с.
5. Бавтуто, Г. А. Ботаника. Морфология и анатомия растений / Г. А. Бавтуто, М. В. Ерёмин. – Минск: Вышэйшая школа, 1997. – 375 с.
6. Андреева, И. И. Ботаника: учеб. пособие / И. И. Андреева, Л. С. Родман. – М.: КолосС, 2002. – 488 с.
7. Лотова, Л. И. Морфология и анатомия высших растений: учеб. пособие / Л. И. Лотова, под ред. А. П. Меликяна. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 528 с.
8. Лісаў, М. Дз. Батаніка з асновамі экалогіі: вучэб. дапаможнік / М. Дз. Лісаў. – Мінск: Вышэйшая школа, 1998. – 338 с.
9. Сауткина Т. А., Морфология растений: учеб. пособие / Т. А. Сауткина, В. Д. Поликсенова. – Минск: БГУ, 2012. – 311 с.
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. Анатаічная будова органаў раслін: метадычныя ўказанні да лабараторных заняткаў па дысцыпліне “Батаніка” / склад. Л. С. Пашкевіч, Г. Я. Клімчык. – Мінск: БДТУ, 1994.
12. Анатомия и морфология растений: практ. пособие для студентов спец. 1 – 31 01 01-02 «Биология (научн.-пед. деят.)» / Н. М. Дайнеко [и др.]. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2007. – 143 с.