

Лекция. Строение корня

План лекции.

1. Зоны корня: корневой чехлик, зона деления, зона растяжения, зона всасывания, зона проведения.
2. Первичное строение корня.
3. Вторичное строение корня.

1. Зоны корня: корневой чехлик, зона деления, зона растяжения, зона всасывания, зона проведения

Корень является одним из основных вегетативных органов высшего растения. Он обладает радиальной симметрией и способен к неограниченному росту в длину. **Строение корня** зависит от его возраста. У молодого корня выделяют несколько зон, которые имеют анатомические и функциональные различия (рис. 1).

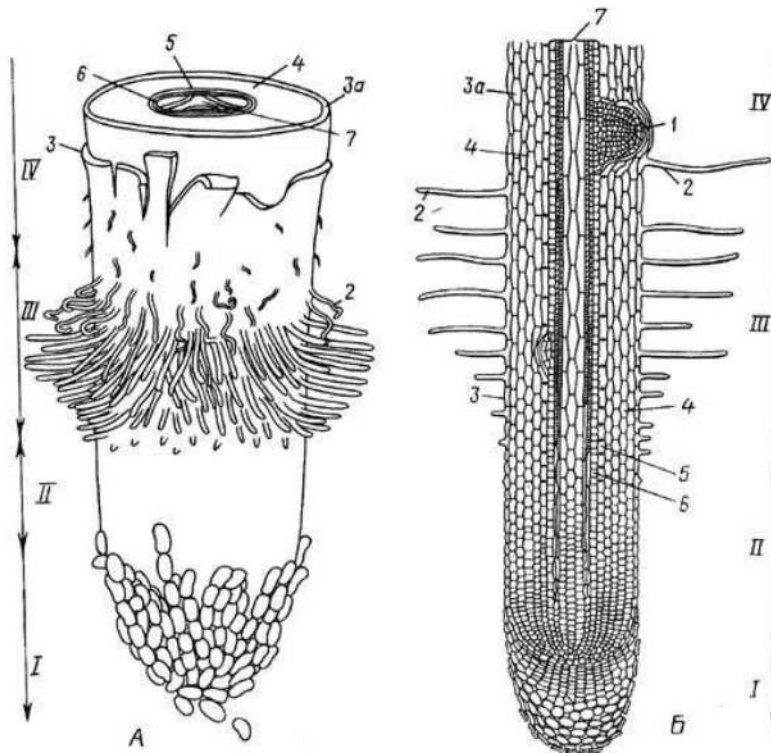


Рис. 1. Общий вид (А) и продольный срез (Б) корневого окончания (схема):

- I – корневой чехлик; II – зоны деления и растяжения; III – зона всасывания;
IV – начало зоны проведения: 1 – растущий боковой корень;
2 – корневые волоски; 3 – ризодерма; 3а – экзодерма; 4 – первичная кора;
5 – эндодерма; 6 – перицикл; 7 – осевой цилиндр

На верхушке органа располагается точка роста, образованная апикальной меристемой. Постоянно растущий корень нуждается в защите этой точки от механического повреждения твердыми частицами почвы. Эту функцию берет на себя **корневой чехлик**, который имеется у большинства растений, отсутствуя лишь у некоторых водных форм и паразитов. Чехлик образован рыхло расположенными тонкостенными живыми клетками. Они постоянно слущиваются и заменяются новыми. Из отслоившихся клеток образуется слизь, которая выполняет роль своеобразной смазки,

облегчая продвижение корня в почве. Кроме функций защиты и смазки, корневой чехлик определяет положительный геотропизм корня. Механизм, обеспечивающий восприятие силы тяжести, до конца еще не ясен, возможным объяснением этого является присутствие в клетках корневого чехлика крупных зерен крахмала. Полагают, что при изменении ориентации корня тяжелые зерна смещаются, генерируя при этом сигнал, который координирует дальнейший рост корня в правильном направлении.

Непосредственно под чехликом располагается **зона деления** – мелкие постоянно делящиеся клетки, которые обеспечивают апикальный рост. Интересно, что в результате деления дочерние клетки откладываются не только внутрь, но и наружу, пополняя популяцию постоянно погибающих клеток корневого чехлика. В точке роста находятся **инициальные клетки**, которые никогда не специализируются, а дают начало всем другим клеткам. Их численность зависит от систематического положения растения. К примеру, у большинства папоротникообразных присутствует лишь одна инициаль, имеющая вид трехгранной пирамиды, выпуклое основание которой обращено вниз, к чехлику. В апексах семенных растений инициальных клеток много, и они располагаются слоями, каждый из которых дает начало определенной структуре корня. Так, у двудольных покрытосеменных инициали образуют три слоя. Из первого образуется **корневой чехлик** и **ризодерма**, из второго формируется **первичная кора**, из третьего – **осевой цилиндр**.

В следующем после зоны деления участке корня клетки почти не увеличивают свою численность, зато сильно увеличивают свой объем и растягиваются, поэтому эта зона получила название **зоны растяжения**, или **зоны роста**. Она составляет несколько миллиметров и кажется светлой. Уже здесь начинает формироваться **ризодерма** и происходит всасывание небольшого количества воды. Однако основное количество почвенных растворов поглощается в следующем участке – **зоне всасывания** или **поглощения**.

Зона всасывания имеет огромное значение для жизни растения, потому что именно она снабжает все клетки водой и минеральными веществами. Всасывание осуществляется особой специализированной эпидермальной тканью – **ризодермой** (греч. rhiza – корень и derma – кожа), которая расположена на поверхности корня. Ризодерма покрыта тонкими волосками, представляющими собой выросты стенок клеток с цитоплазмой. Длина корневых волосков в среднем составляет один-два миллиметра, но у разных растений может колебаться от 0,05 до 10 мм. Все вместе они увеличивают поверхность всасывания примерно в 18 раз. Ризодерма активно влияет на процессы всасывания, избирательно поглощая необходимые для растения вещества. Оболочка корневого волоска очень тонка, снаружи она покрыта слизью, которая облегчает всасывание.

Последняя зона корня — **зона проведения**. Она начинается выше зоны всасывания — там, где исчезают корневые волоски, и охватывает всю остальную часть корня. По ней вода и растворенные в ней минеральные соли, поглощенные корневыми волосками, проводятся в побеговую систему растения. В этой зоне закладываются боковые корни.

2. Первичное строение корня

Процесс дифференциации образованных апикальной меристемой клеток начинается в зоне растяжения и заканчивается в зоне всасывания. Именно в этой зоне можно уже обнаружить все постоянные первичные (образованные первичной меристемой) ткани корня. Поэтому анатомическое строение корня в зоне всасывания называют первичным (рис. 2).

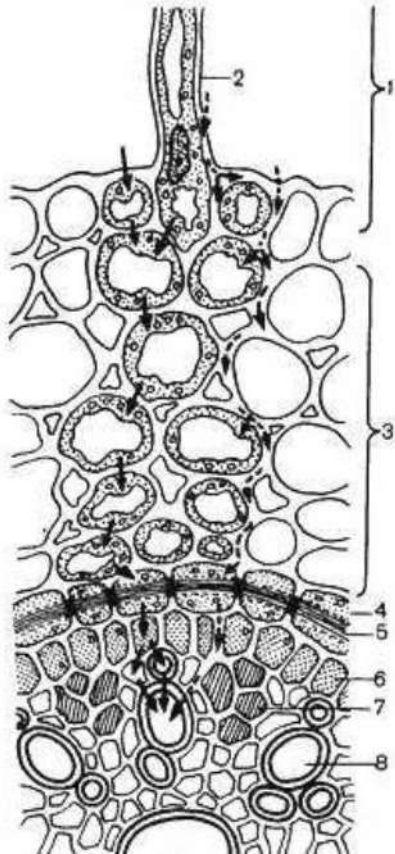


Рис. 2. Поперечный срез корня в зоне всасывания (первичное строение):

- 1 – эпиблема; 2 – корневой волосок;
- 3 – первичная кора; 4 – эндодерма;
- 5 – пояс Каспари; 6 – перицикл;
- 7 – флоэма; 8 – ксилема

Первичное строение корня. При первичном строении корень состоит из трех зон — *ризодермы, первичной коры* и *центрального цилиндра*.

Ризодерма, или эпиблема — поглощающая ткань, клетки которой образуют всасывающие корневые волоски. Длительность функционирования ризодермы зависит от вида растения и условий внешней среды и обычно измеряется днями, редко — неделями. После отмирания старые клетки ризодермы сбрасываются. В цитоплазме клеток ризодермы содержится много митохондрий, что свидетельствует о высокой энергетической активности этих клеток.

Первичная кора. Ниже ризодермы располагается *первичная кора*, состоящая в основном из живых паренхиматозных клеток с тонкими оболочками. В первичной коре хорошо развита система межклетников, циркулирующий в них воздух снабжает живые клетки кислородом (особенно сильно межклеточные пространства развиты у растений, растущих на избыточно увлажненных почвах).

В первичной коре выделяют внешний слой клеток — *экзодерму*, основную многослойную массу клеток — *мезодерму* и внутренний слой клеток, примыкающий к *центральному цилиндру*, — *эндодерму*. Ко времени сбрасывания отмерших клеток ризодермы находящийся под ней внешний слой клеток первичной коры — *экзодерма* берет защитные функции на себя. Стенки ее плотно сомкнутых клеток опробковывают, а полости в результате отмирания протопласта заполняются воздухом.

Экзодерму часто рассматривают как вид покровных тканей. Особенно велика ее роль в жизни корней однодольных растений.

Мезодерма первичной коры состоит из паренхимных клеток с обычно хорошо развитыми межклетниками (особенно у водных корней). В мезодерме корней некоторых пальм встречаются волокна и склереиды. Клетки мезодермы обеспечивают ризодерму пластическими веществами и участвуют в проведении поглощаемых ею веществ.

Эндодерма — самый внутренний слой клеток коры — выполняет очень важную роль, являясь своеобразным «таможенным барьером» между корой и центральным цилиндром, который осуществляет контроль за перемещением веществ между ними. Эндодерма состоит из одного ряда плотно сомкнутых клеток специфической формы — слегка вытянутых в радиальном направлении и квадратных в поперечном сечении. В молодых корнях у стенок ее клеток формируются утолщенные участки, опоясывающие клетки посередине в виде рамки. Эти утолщения называются **поясками Каспари**, по имени описавшего их ученого. Откладывающиеся в этих структурах вещества, перекрывают транспорт веществ между первичной корой и центральным цилиндром по апопласту (совокупности клеточных стенок, срединных пластинок и межклетников).

Иными словами, эндодерма выполняет барьерную роль, которая в основе своей является защитной.

Центральный цилиндр (стела) формируется из прокамбия. Он состоит из *перицикла* и *радиального проводящего пучка*. **Перицикл** — первичная латеральная меристема, примыкающая к эндодерме. **Радиальный проводящий пучок** состоит из лучей первичной ксилемы и первичной флоэмы, которые закладываются и развиваются центростремительно — от периферии пучка к его центру. Так как ксилема обгоняет флоэму, то она первой занимает центр корня. Таким образом, в центре корня любого растения всегда находится первичная ксилема (исключения крайне редки). Занимая центр корня и расходясь от него в виде лучей, первичная ксилема на поперечном срезе корня выглядит в виде звезды. Между ее лучами находятся участки первичной флоэмы. Число лучей ксилемы (соответственно и участков флоэмы) в пучках разное: от одного (у некоторых папоротников) до 30 (в толстых корнях некоторых злаков, лилейных, пальм). Оно может варьироваться и у корней одного растения.

Первичная структура характерна для молодых корней. У папоротников, плаунов и хвощей, а также однодольных покрытосеменных растений первичное строение корня сохраняется в течение всей его жизни. Это объясняется отсутствием в корнях этих растений латеральных меристем. Такие органы не способны к вторичному утолщению.

У голосеменных и двудольных покрытосеменных в корнях очень рано начинают работать вторичные латеральные меристемы, в результате чего формируется совсем иное — **вторичное строение корня**.

2. Вторичное строение корня

Вторичное строение корня. Переход ко вторичному строению начинается с образования камбия из остаточного прокамбия, сохранившегося между участками ксилемы и флоэмы. Образовавшиеся камбиальные прослойки между ксилемой и флоэмой сначала изолированы друг от друга. Но вскоре клетки перицикла, находящиеся против лучей ксилемы, начинают делиться и формируют дополнительные участки камбия, которые соединяют уже имевшиеся между собой. Так образуется сплошной камбиальный слой (камбиальное кольцо), полностью охватывающий всю первичную ксилему.

Камбий прокамбиального происхождения начинает откладывать внутрь вторичную ксилему, а наружу — вторичную флоэму. Камбий перициклического происхождения не может образовывать ксилему и флоэму — он производит только паренхимные клетки, формирующие радиальные лучи. Поскольку камбий образует ксилемы намного больше, чем флоэмы, то довольно быстро угловатое камбиальное кольцо приобретает все более правильную форму (это хорошо видно на серии поперечных срезов корня) (рис. 3).

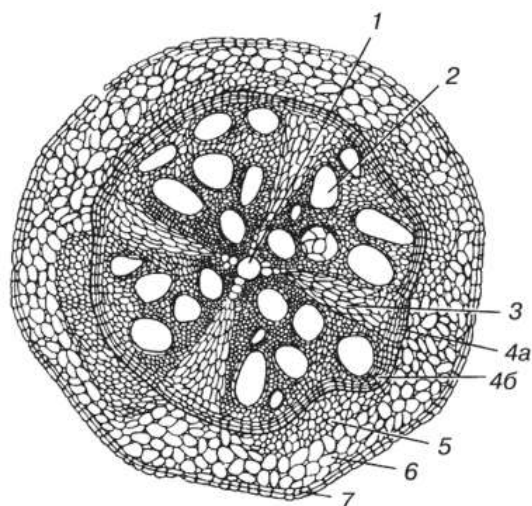


Рис. 3. Вторичное строение корня тыквы (*Cucurbita* sp.) на поперечном срезе (по И.И. Андреевой, Л.С. Родман, 2003):
 1 — первичная ксилема; 2 — вторичная ксилема;
 3 — паренхимный луч; 4 — камбий (а, б — соответственно перicyклического и прокамбиального происхождения); 5 — вторичная флоэма;
 6 — первичная флоэма; 7 — перидерма

Чем дольше в корне функционирует камбий, тем больше будет диаметр корня. Однако обособление годовых приростов ксилемы (годовых колец) в многолетнем корне выражено намного слабее, чем в стебле многолетнего побега. По этой причине установить возраст корня по его анатомическому строению затруднительно.

Переход ко вторичному строению сказывается и на судьбе первичной коры. Утолщение корня, происходящее в результате деятельности камбия, приводит к ее растрескиванию. Одновременно с образованием камбия перicyкл наружу от себя откладывает феллоген, из которого быстро формируются *феллема* и *феллодерма*, т.е. развивается вторичный покровный комплекс — *перидерма*. Уже растрескавшаяся первичная кора теперь оказывается еще и изолированной мертвой пробкой от проводящих тканей. В результате всего этого первичная кора отмирает и сбрасывается — происходит так называемая линька корня. Это важное изменение в строении корня хорошо заметно по внешним признакам: корень становится более тонким, чем в зоне всасывания, а образование перидермы придает ему коричневатую окраску.

Таким образом, вторичное анатомическое строение корня возникает в результате образования камбия и феллогена и сбрасывания первичной коры. В центре корня вторичного строения находится первичная ксилема, окруженная вторичной ксилемой, которая пронизана радиальными паренхимными лучами, располагающимися против лучей первичной ксилемы. Далее идет камбий, а за ним вторичная и небольшие остатки сплюсненной первичной флоэмы. Вторичную флоэму пронизывают радиальные лучи (значительно более широкие, чем в зоне вторичной ксилемы). Снаружи корень покрыт перидермой. Совокупность тканей корня, расположенных снаружи от камбия, и называют **вторичной корой**. Естественно, что у многих метаморфозов корня наблюдаются определенные отклонения от его типичного анатомического строения.

Контрольные вопросы и задания

1. Каково строение молодого корня? Какие функции выполняет каждая из его зон? 2. Какова роль эндодермы в корне? 3. С образованием каких меристем связан переход от первичного ко вторичному строению корня? 4. Какой процесс называют «лянькой корня» и почему он происходит?

Литература

1. Билич Г.Л. Биология. Полный курс. В 3-х т. Том 2. Ботаника/Г.Л. Билич, В.А. Крыжановский.-М.: ООО «Издательский дом «ОНИКС 21 век», 2004.-544 с.
2. Коровкин О.А. Ботаника - М.: КНОРУС, 2016.- 434 с.
3. Лотова Л. И. Морфология и анатомия высших растений. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. — 528 с.