

Анатомическое строение корня



ПЛАН.

1. Понятие о корне. Функции корня
2. Зоны корня и их анатомическое строение
3. Первичное анатомическое строение корня и его формирование.
4. Вторичное утолщение корня.
5. Особенности строения корнеплодов.

Корень (лат. radix) – это осевой вегетативный орган растения, обладающий радиальной симметрией и неограниченным верхушечным ростом.

Строение корня зависит от его возраста.

Основные отличия корня от побега :

- 1. отсутствие листьев***
- 2. наличие корневого чехлика, прикрывающего апикальную меристему***
- 3. наличие волосков, поглощающих из почвы воду с растворенными в ней минеральными веществами***
- 4. эндогенное ветвлением, т.е. заложением зачатков боковых корней во внутренних тканях, удаленных от апикальной меристемы.***

Функции корня

- закрепление растения в субстрате
- обеспечение водоснабжения и минерального питания растения
- участие в синтезе аминокислот, нуклеотидов, алкалоидов, гормонов роста и других физиологически активных веществ
- выделение ненужных метаболитов

Кроме выполнения этих важнейших функций корень может служить местом отложения запасных веществ, обеспечивать вегетативное размножение (у корнеотпрысковых растений), синтезировать многие органические вещества (*гормоны, аминокислоты, алкалоиды* и др.).

Из современных высших растений не имеют корней моховидные, поглощающие воду с помощью ризоидов, и псилоотовидные, оба рода которых (псилот и тмезиптерис) имеют корневищеподобные органы в виде более или менее дихотомически разветвленных образований с многочисленными ризоидами.

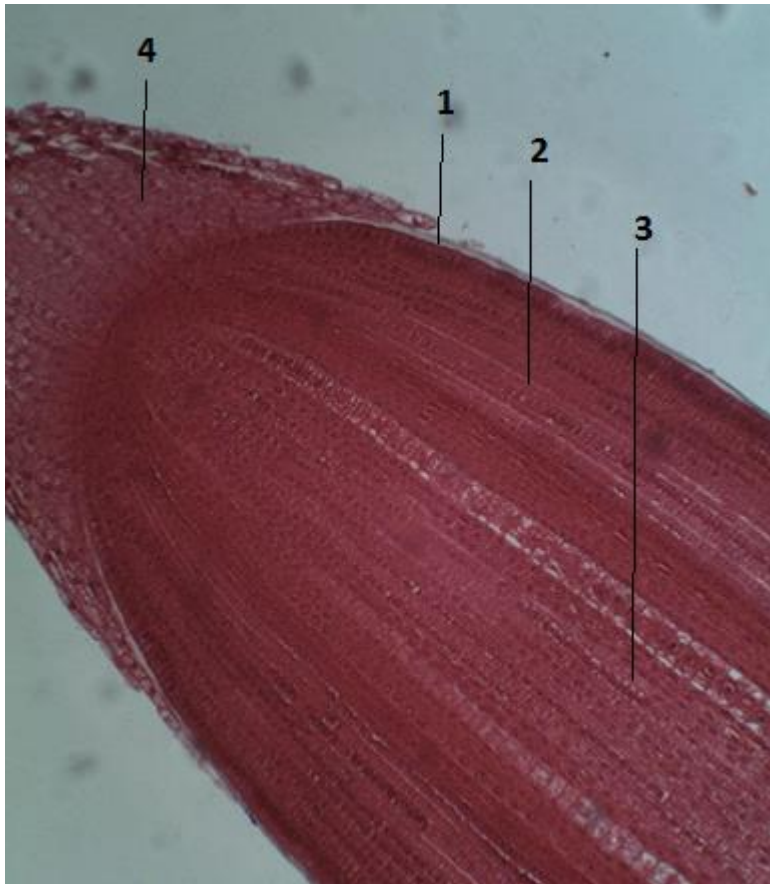
Наряду с изначально («*первично*») *бескорневыми* растениями, среди высших растений встречаются и «*вторично*» *бескорневые*, утратившие корни в связи с водным образом жизни, как сальвиния из отдела папоротниковидных, пузырчатка, роголистник — из цветковых, или переходом к гетеротрофному питанию, как ладьян из семейства орхидных, встречающийся в болотистых местах северного полушария.

Зоны молодого корня

У молодого корня выделяют несколько зон, которые имеют анатомические и функциональные различия



Апикальная меристема



- Всегда прикрыта чехликом
- Не участвует в образовании зачатков боковых органов
- При делении наружу откладываются клетки чехлика, внутрь – клетки постоянных тканей
- у двудольных инициальные клетки расположены в 3 слоя
В каждом слое от 1 до 4 инициальных клеток.

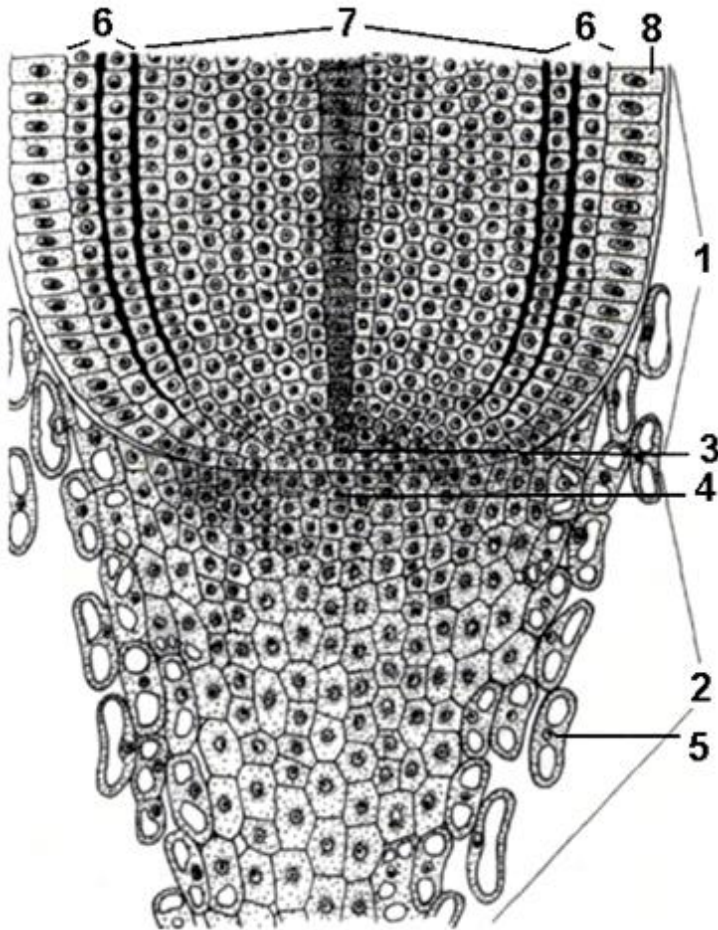
1- дерматоген

2- периблема

3- плерома

4- корневой чехлик

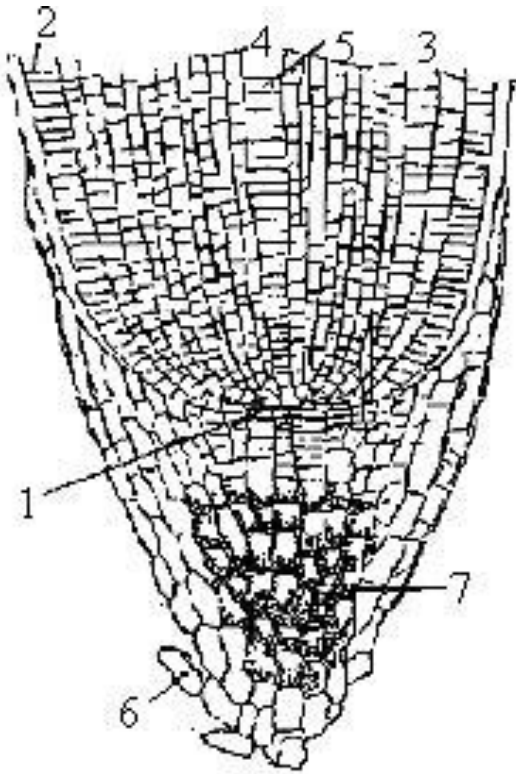
Апикальная меристема корня



- Каждый слой формирует свою специальную меристему. Из наружного слоя формируется **дерматоген**. Он дает начало клеткам **чехлика** и **ризодерме**.
- Средний слой инициальных клеток формирует основную меристему, или **периблему**. Из нее формируется **первичная кора**.
- Внутренний слой инициалей образует прокамбий, или **плерому**, из которой развивается **центральный цилиндр**.

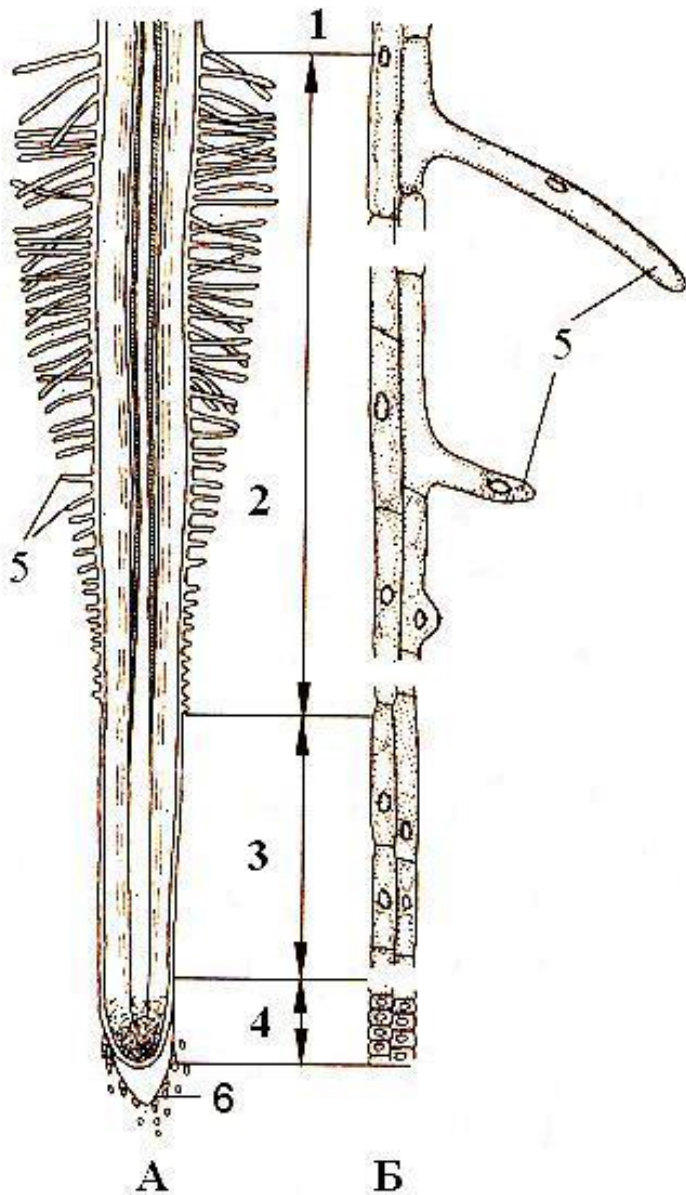
- 1- конус нарастания
- 2- корневой чехлик
- 3,4 - инициальные клетки
- 5- отслаивающиеся клетки корневого чехлика
- 6- периблема
- 7- плерома
- 8- дерматоген

Корневой чехлик



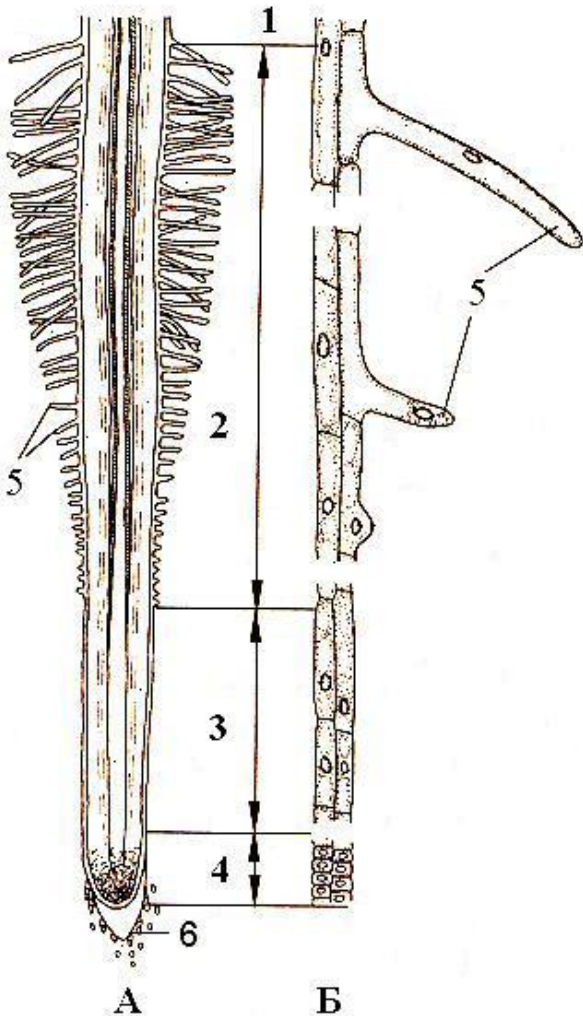
- Защищает апикальную меристему
- Состоит из живых паренхимных клеток, содержащих зерна крахмала
- Обеспечивает положительный геотропизм
- Облегчает рост корня благодаря ослизнению наружных клеток
- Органические кислоты (из разрушившихся клеток) растворяют некоторые соли
- **Ризосфера**- микроорганизмы, развивающиеся в почвенном слое (2-3мм), прилегающем к корню
- Чехлик отсутствует: у водных растений, у сапротрофов, у растений, произрастающих на рыхлых субстратах

Зона роста



- участок корня от зоны деления до корневых волосков
- клетки сильно удлиняются путем растяжения

Зона поглощения веществ и дифференциации постоянных тканей



Зона всасывания

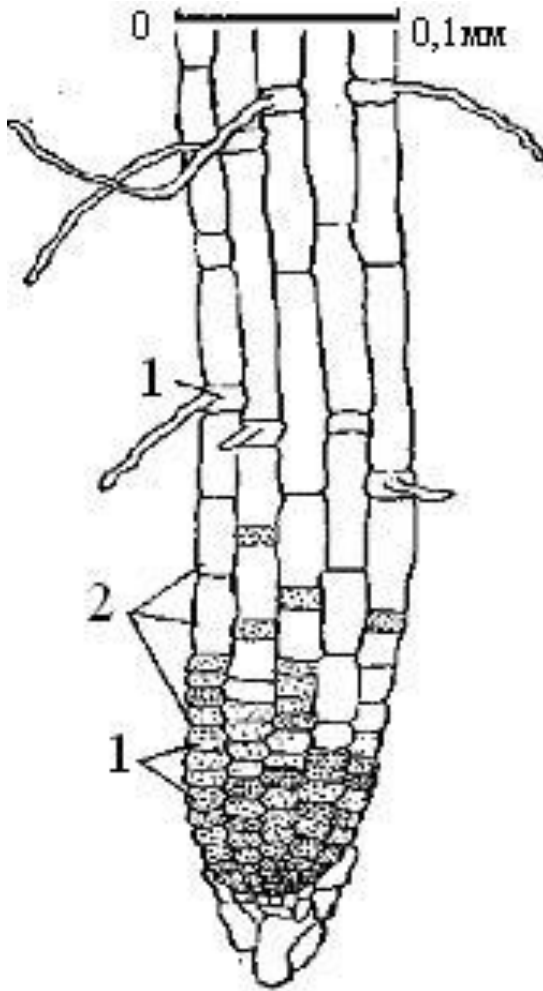
- Расположена на расстоянии 0,1-10мм от кончика корня
- Протяженность от 1 до нескольких см
- В этой зоне формируется первичное строение корня:

1. Ризодерма

2. Первичная кора

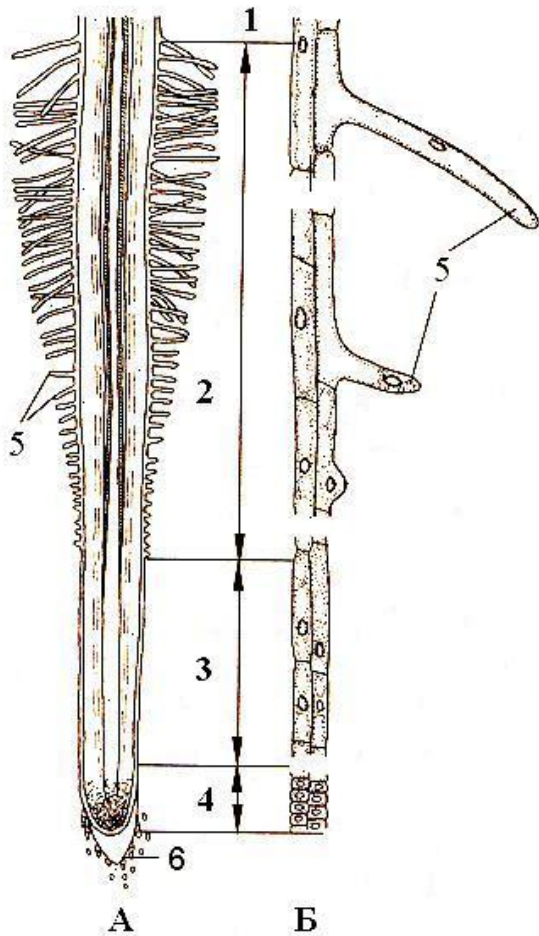
3. Центральный цилиндр

Ризодерма



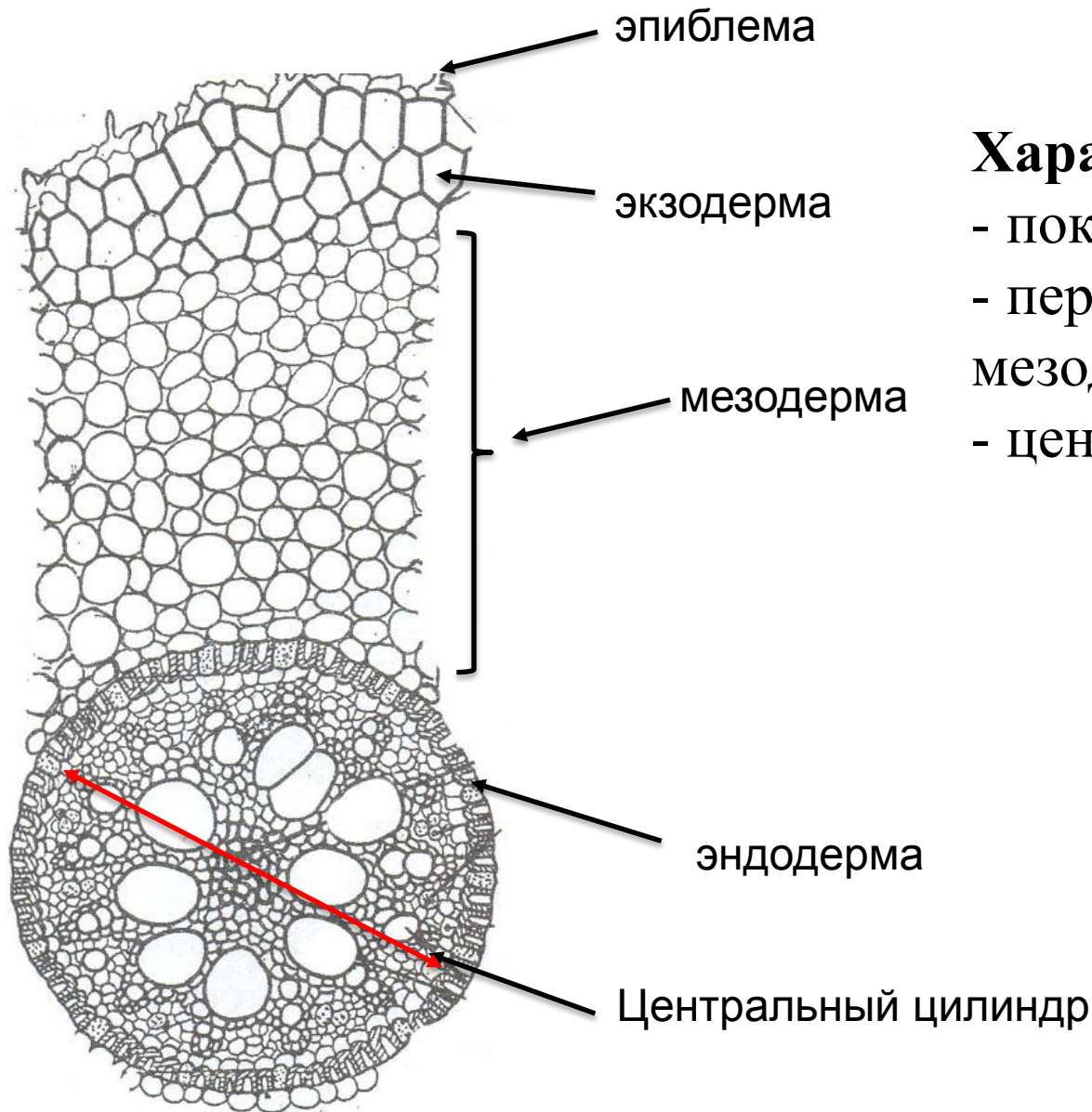
- Ризодерма дифференцируется самая первая
- Клетки вытянуты вдоль корня, делятся антиклинально и образуют 2 типа клеток:
 - 1. трихобласты** (образуют корневые волоски)
 - 2. атрихобласты** (не омеют волосков)
- Клетки тонкостенные, не имеют кутикулы

Корневые волоски



- Корневые волоски появляются в виде небольших выростов на клетке, растут очень быстро (у яблони 36-40 часов)
- Длина волосков 0,15-8 мм (у травянистых растений длиннее, чем у древесных)
- Продолжительность жизни 10-20 дней
- После отмирания волосков ризодерма сбрасывается

Первичное строение корня



Характеризуется наличием:

- покровной ткани – эпibleмы;
- первичной коры (экзодерма, мезодерма, эндодерма);
- центрального цилиндра

Первичное строение корня

Эпиблема

Выполняет всасывающую и защитную функции, состоит из клеток с корневыми волосками, не имеет устьиц, кутикулы и трихом.

Первичная кора

Состоит из экзодермы, мезодермы и эндодермы

Экзодерма

3-4 слоя крупных многоугольных, плотно сомкнутых клеток, оболочки частично опробковевшие

Мезодерма

Запасающая ткань. Клетки живые, крупные, рыхлые. Много крахмальных зерен

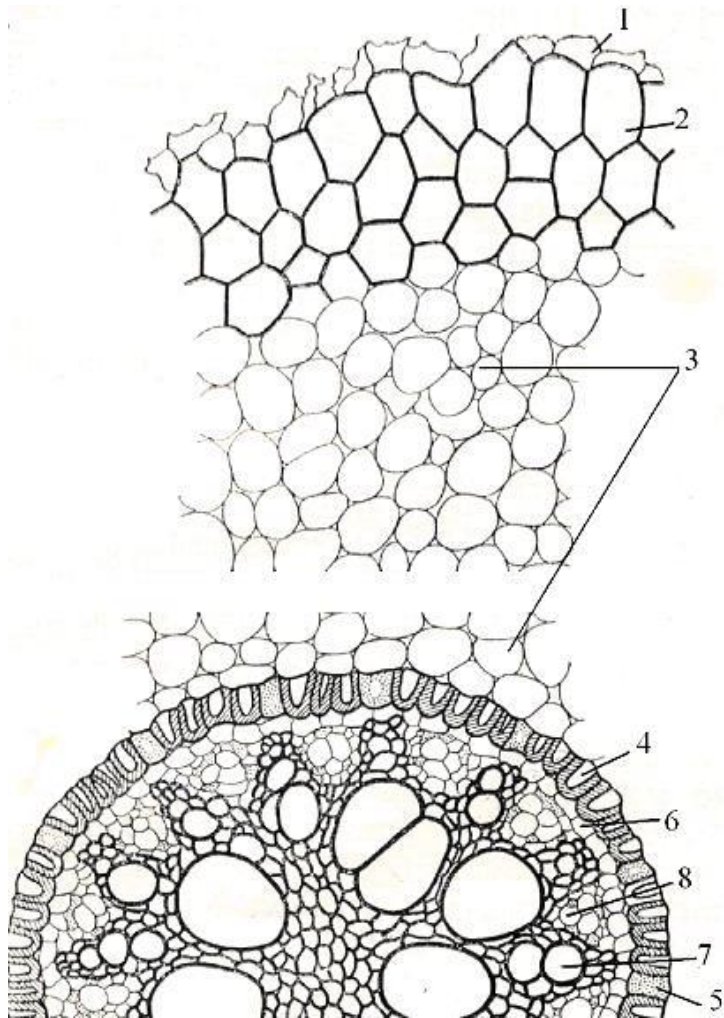
Эндодерма

Граничит с центральным цилиндром, выполняет опорно-пропускную функцию

Центральный цилиндр

Находится в центре корня, начинается с перицикла, из которого формируются боковые корни

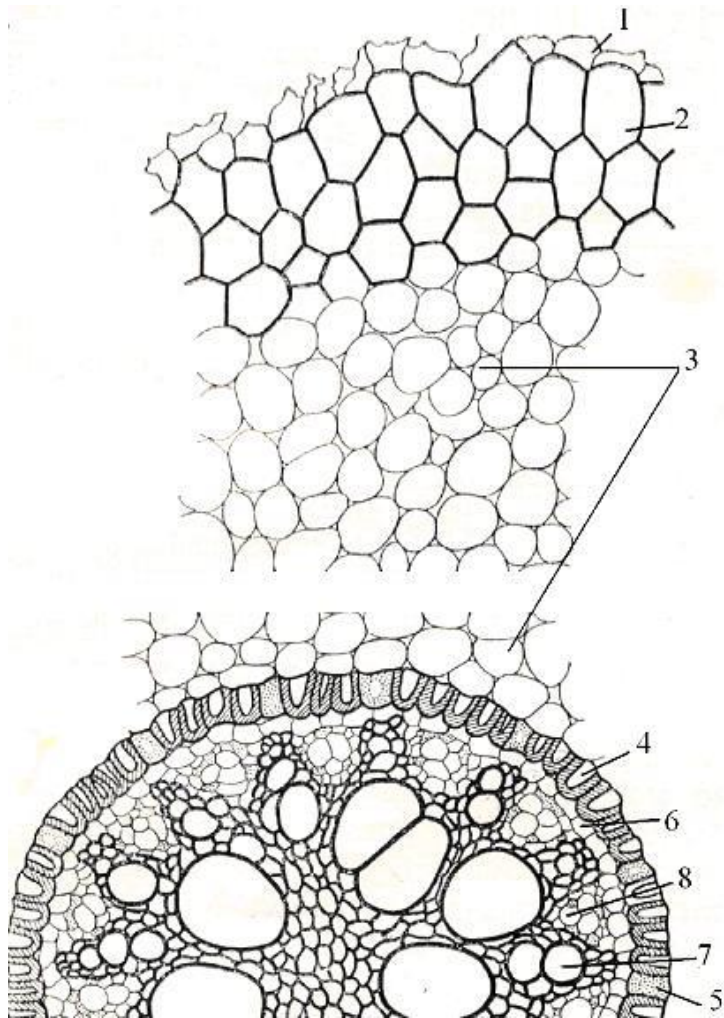
Первичная кора



- **Экзодерма (2)** – клетки многоугольные, плотно сомкнуты, расположены в шахматном порядке, опробковывают, после опадения ризодермы становится покровной тканью

1- ризодерма, 2 – экзодерма,
3- мезодерма, 4 - эндодерма

Первичная кора

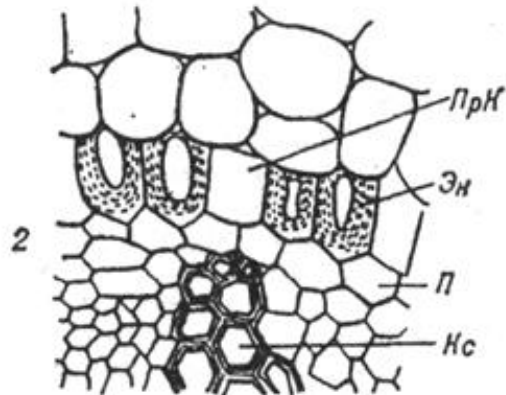
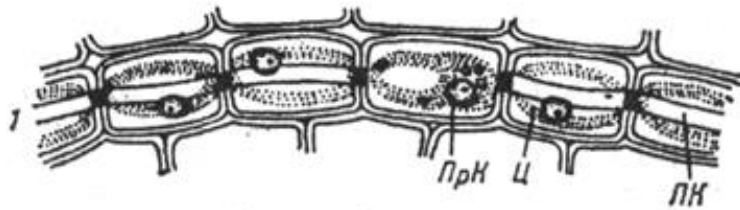


1- ризодерма, 2 – экзодерма,
3- мезодерма, 4 - эндодерма

- **Мезодерма (3)** – состоит из паренхимы, часто имеются крупные межклетники. Может содержать механические элементы.
- У водных и болотных растений мезодерма образована аэренхимой

Функции:

1. Синтез веществ
2. Хранение запасных питательных веществ
3. Транспорт веществ (радиальный)
4. Расположены гифы грибов (Эндотрофная микориза)

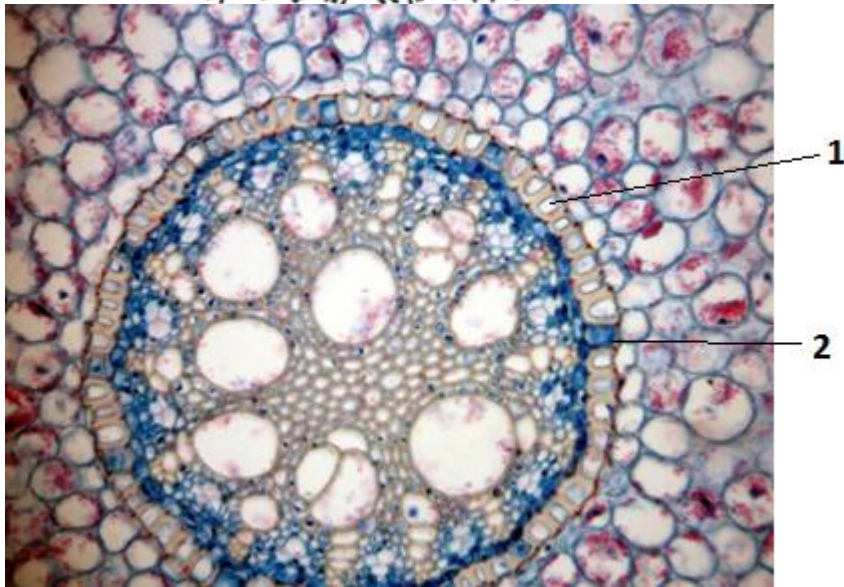


Первичная кора

Эндодерма – состоит из плотно сомкнутых клеток, контролирует транспорт веществ из первичной коры в центральный цилиндр

Стадии развития:

1. Клетки с поясками Каспари
2. Клеточные стенки полностью одревесневают, для транспорта – **пропускные клетки**
3. Сильное утолщение и одревеснение всех стенок. Тонкими остаются только наружные стенки, образуются подковообразные утолщения (однодольные). Также есть пропускные клетки (большинство однодольных)



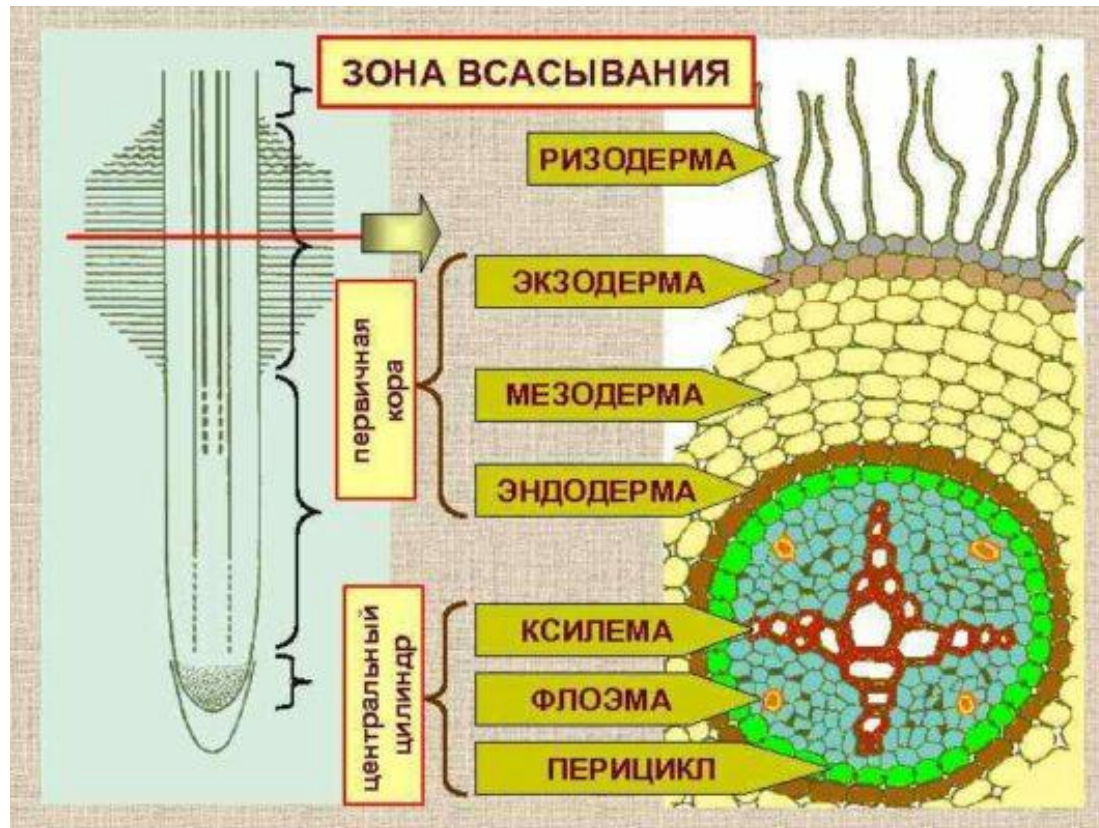
1- клетки эндодермы с подковообразными утолщениями
2- пропускная клетка

Центральный цилиндр

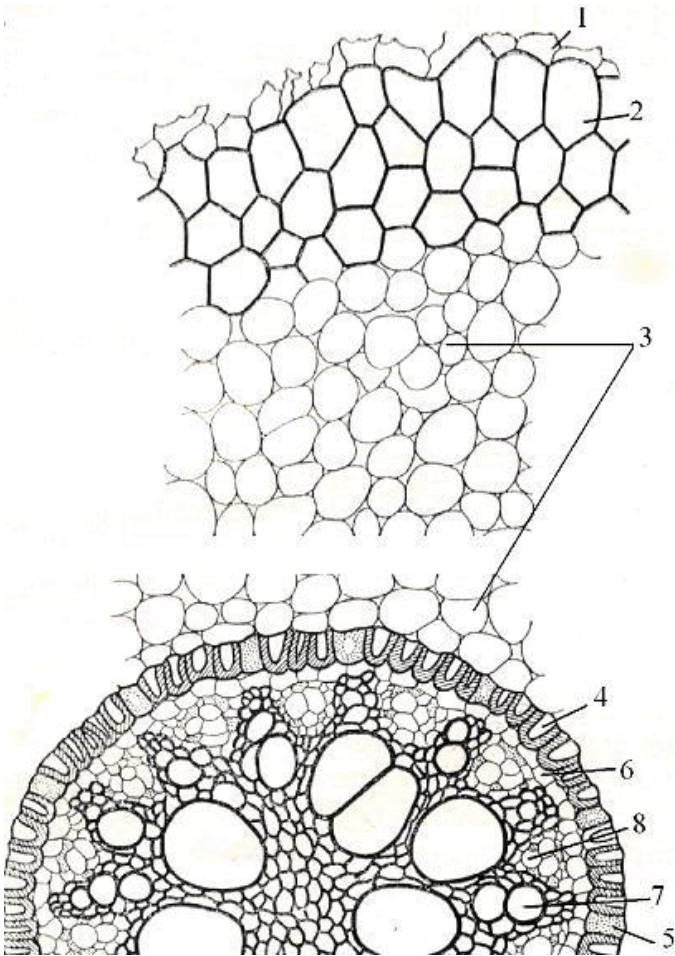
Состоит из 2 зон:

- 1. Перициклическая**
- 2. Проводящая**

У двудольных и голосеменных перицикл участвует во вторичном утолщении корня, образуя феллоген и частично камбий. Клетки перицикла долго сохраняют способность к делению.



Центральный цилиндр

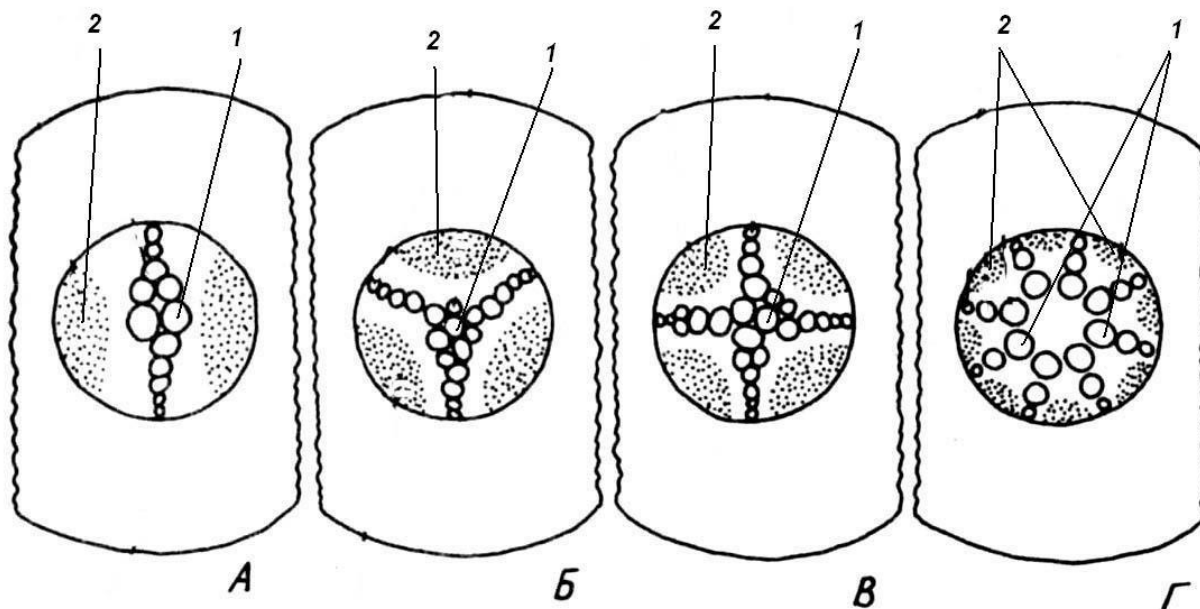


- **Перицикл (6)** – меристема, (наружный слой), состоит из мелких живых, тонкостенных клеток.
- Является корнеродным слоем (закладаются боковые и придаточные корни, придаточные почки).
- Участвует во вторичном утолщении корня (образует феллоген, частично камбий)
- Иногда в перицикле развиваются вместилища выделений (хвойные, аралиевые, зонтичные)
- у однодольных клетки перицикла могут одревесневать (механическая функция)

Центральный цилиндр

Первичные проводящие ткани корня составляют сложный проводящий пучок, в котором **радиальные тяжи ксилемы чередуются с группами элементов флоэмы.**

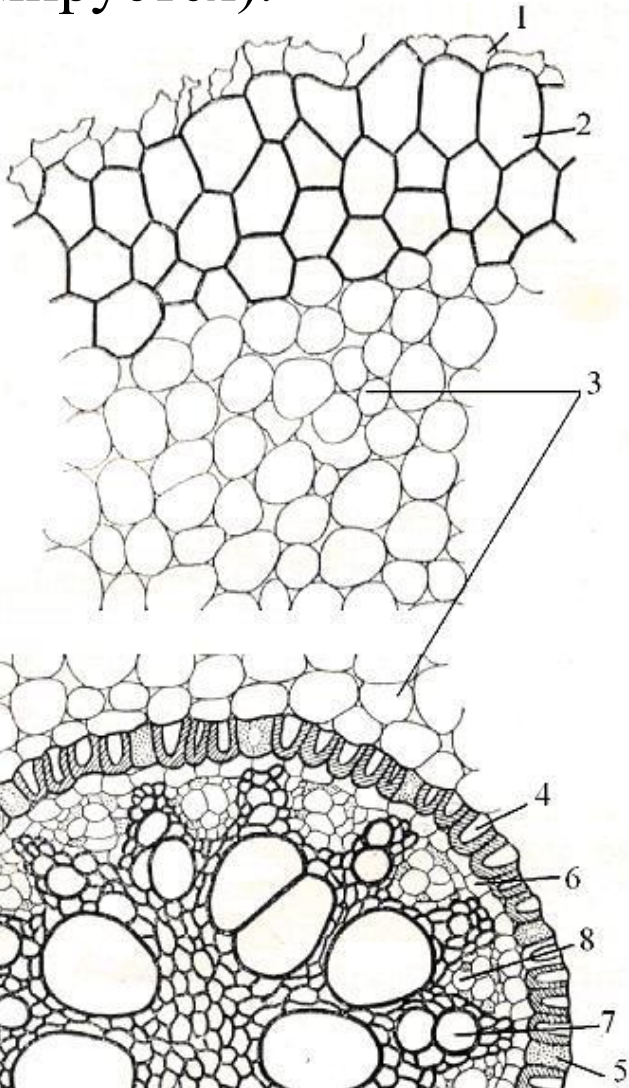
Если закладывается один тяж ксилемы и, соответственно, один тяж флоэмы, пучок называют моноархным, если по два тяжа – диархным. Могут быть три-, тетра-, пентархные пучки. Корням однодольных свойственны полиархные пучки.



Типы строения осевого цилиндра корня: А – диархный; Б – триархный; В – тетраархный; Г – полиархный: 1 – ксилема; 2 – флоэма.

Первичное строение корня

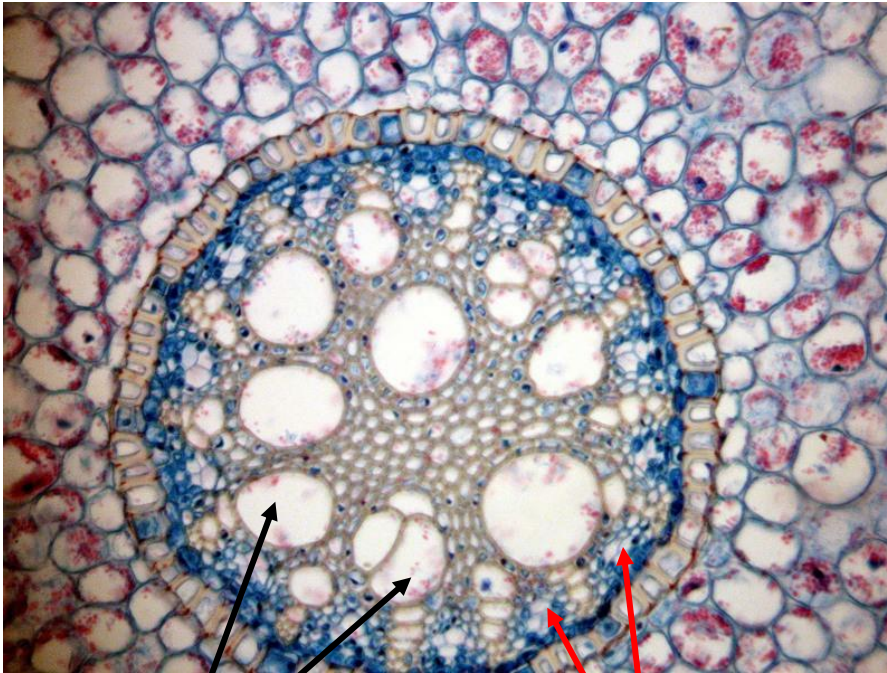
У однодольных и папоротников первичное строение корня сохраняется в течение всей жизни (вторичное строение у них не формируется).



Корень ириса

- 1 - ризодерма,
- 2 - экзодерма,
- 3 - основная паренхима (мезодерма),
- 4 - эндодерма,
- 5 - пропускная клетка эндодермы,
- 6 - перицикл,
- 7 - луч первичной ксилемы,
- 8 - участок первичной флоэмы

Проводящие ткани

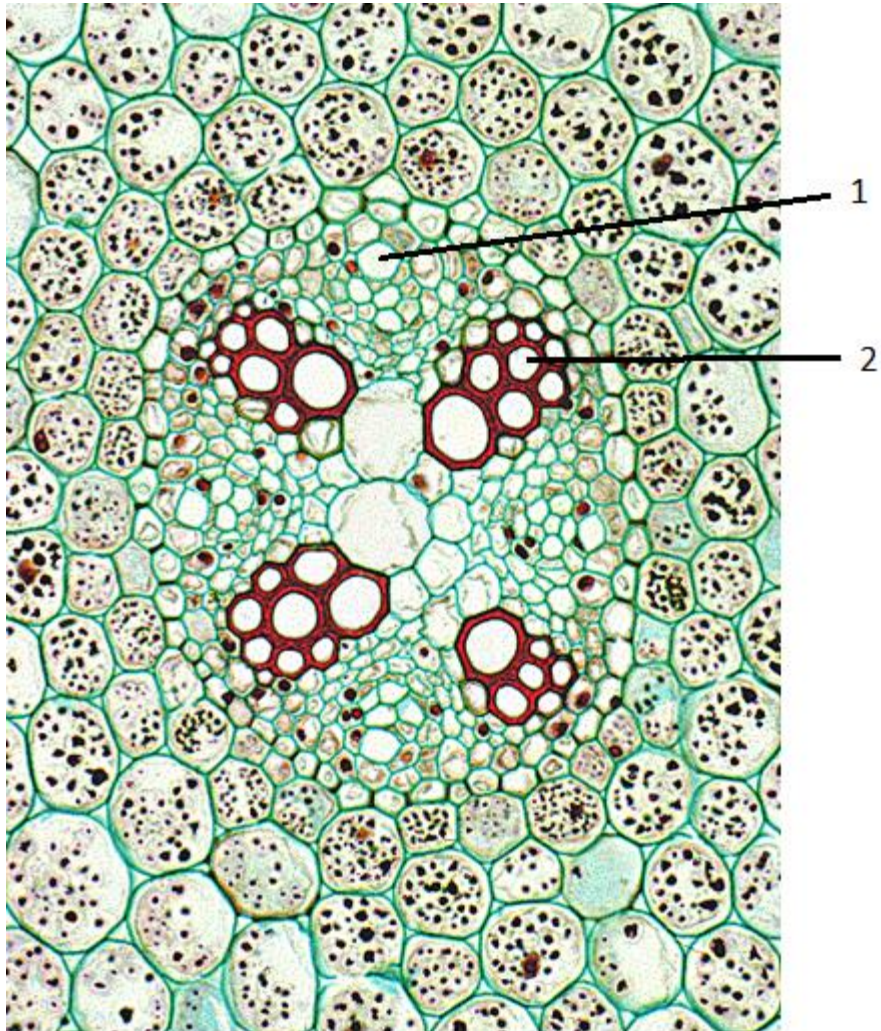


ксилема

флоэма

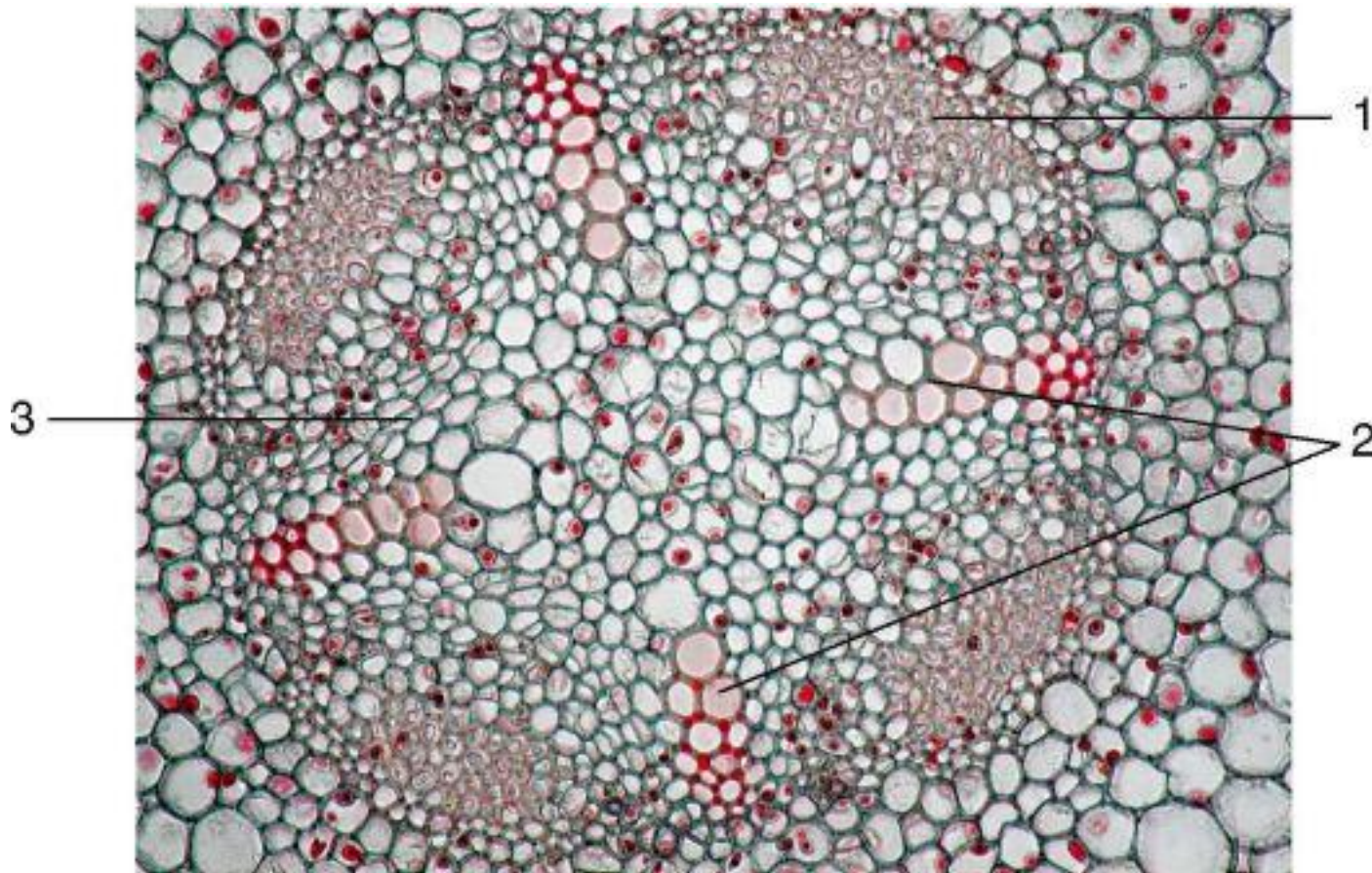
- Образуют радиальный пучок – тяжи ксилемы чередуются с тяжами флоэмы
- В корне развивается один тяж прокамбия

Развитие радиального проводящего пучка корня



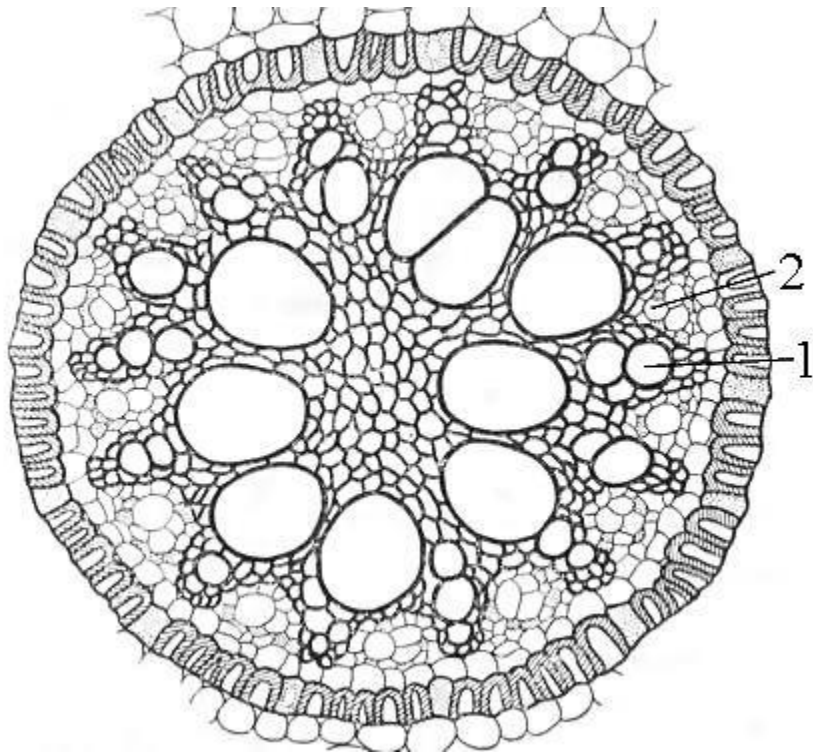
- Первые элементы **протофлоэмы (1)** закладываются **экзархно** (в наружной части тяжа прокамбия)
- Между ними закладываются элементы **протоксилемы (2)**
- Ксилема и флоэма развиваются **центростремительно**
- Ксилема обгоняет флоэму и занимает центр корня
- на поперечном срезе первичная ксилема образует звезду. Между лучами - флоэма

Развитие радиального проводящего пучка корня

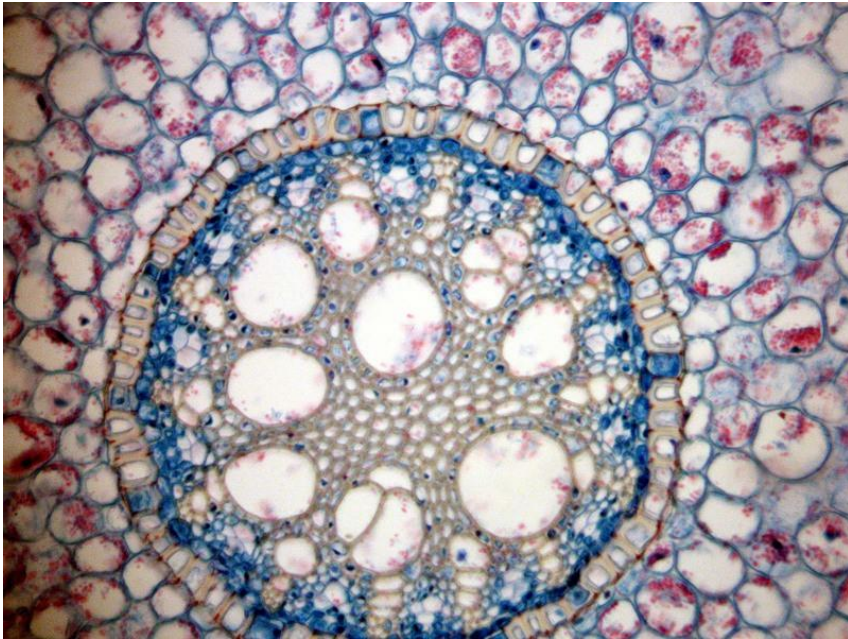


1- флоэма, 2- ксилема, 3 - камбий

Центральный цилиндр

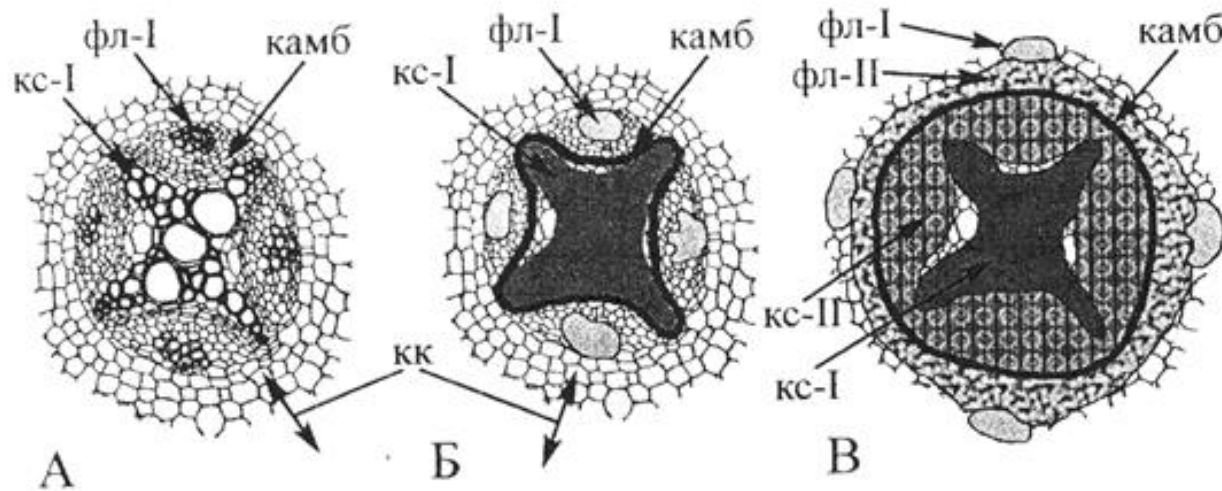


- У некоторых растений внутренние клетки тяжа прокамбия дифференцируются в паренхимные клетки (кукуруза) или в склеренхиму (ирис)
- Но! Эту внутреннюю часть корня нельзя называть сердцевинной, т. к. она имеет другое происхождение (образуется из прокамбия)



Переход ко вторичному строению корня

У папоротников, плаунов и хвощей, а также однодольных покрытосеменных растений первичное строение корня сохраняется в течение всей его жизни. В корнях двудольных и голосеменных растений рано закладываются камбий и феллоген и происходит вторичное утолщение, приводящее к значительному изменению их структуры.



Изменения в строении центрального цилиндра корня в результате вторичного утолщения.

А – строение корня (поперечный срез) до начала работы камбия.

Б – тот же срез, схематически показывающий расположение камбия.

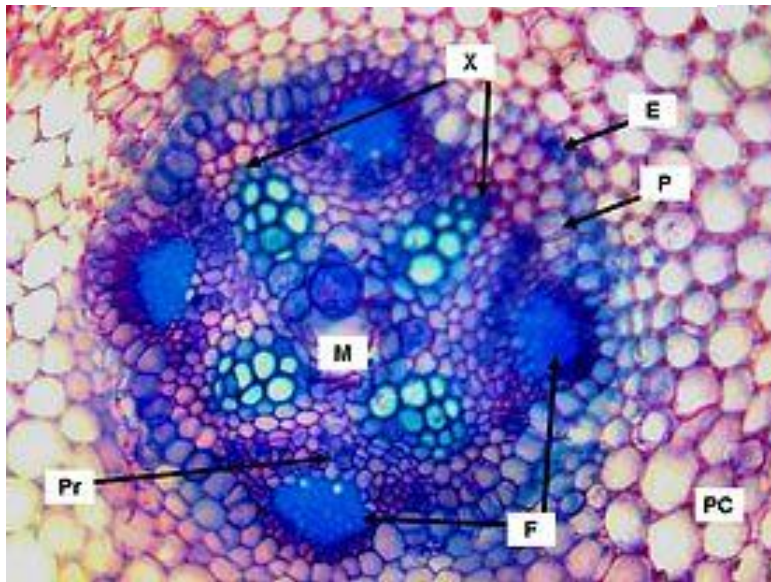
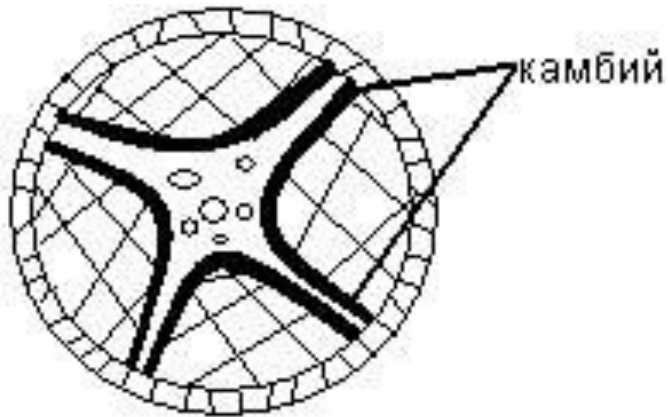
В – схема поперечного среза корня после длительной работы камбия.

Условные обозначения:

кс-I – ксилема корня (образовавшаяся до дифференцировки камбия),
фл-I – флоэма корня (образовавшаяся до дифференцировки камбия), камб – камбий, кк – кора корня, кс-II – ксилема корня, образованная камбием,
фл-II – флоэма корня, образованная камбием

Вторичное

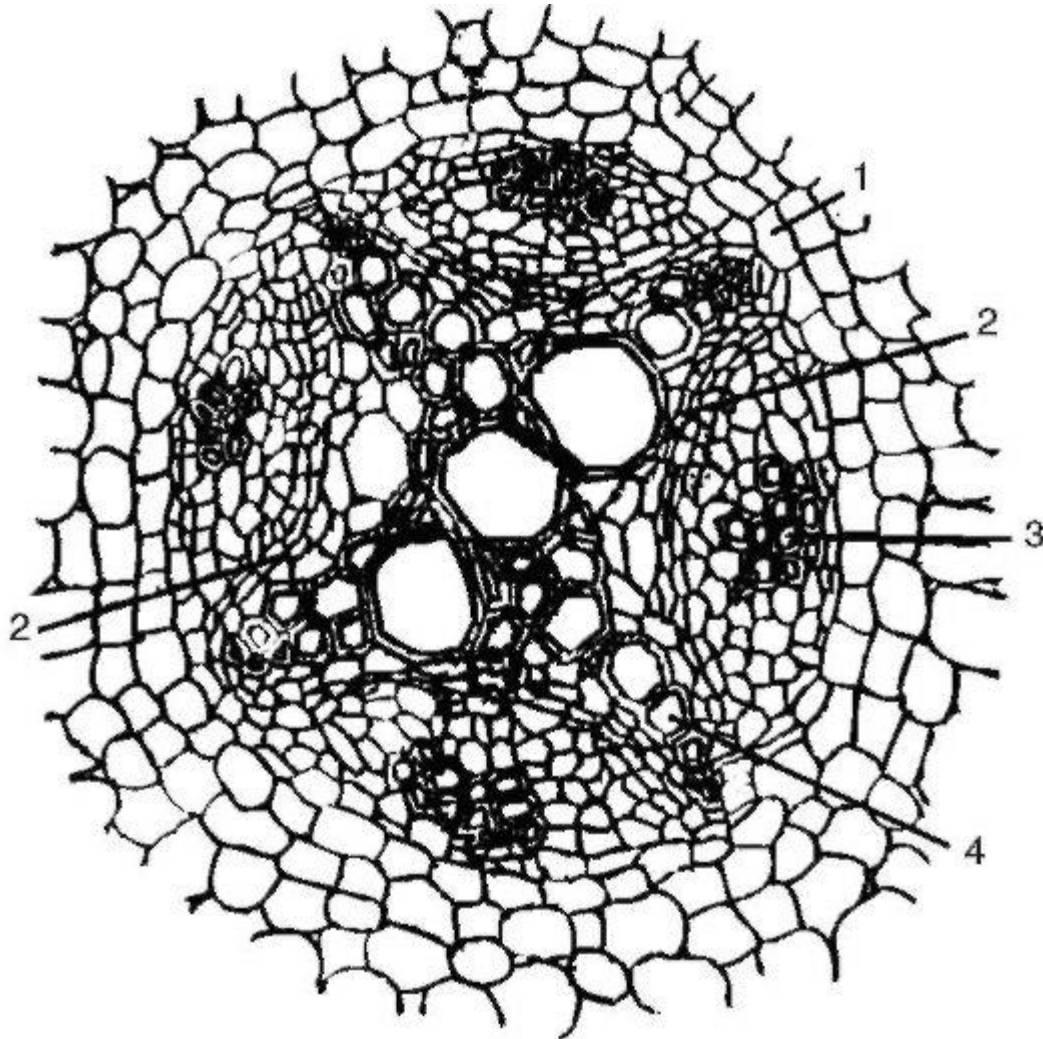
утолщение корня



- Отдельные участки камбия в виде вогнутых дуг возникают с внутренней стороны тяжей флоэмы между лучами первичной ксилемы
- Когда дуги достигают перicycle, его клетки тоже начинают делиться
- Дуги камбия соединяются и образуют сплошной слой меристемы (извилистый)
- Участки камбия, огибающие флоэму – **пучковый камбий**
- Участки перicycle происхождения – **межпучковый камбий**

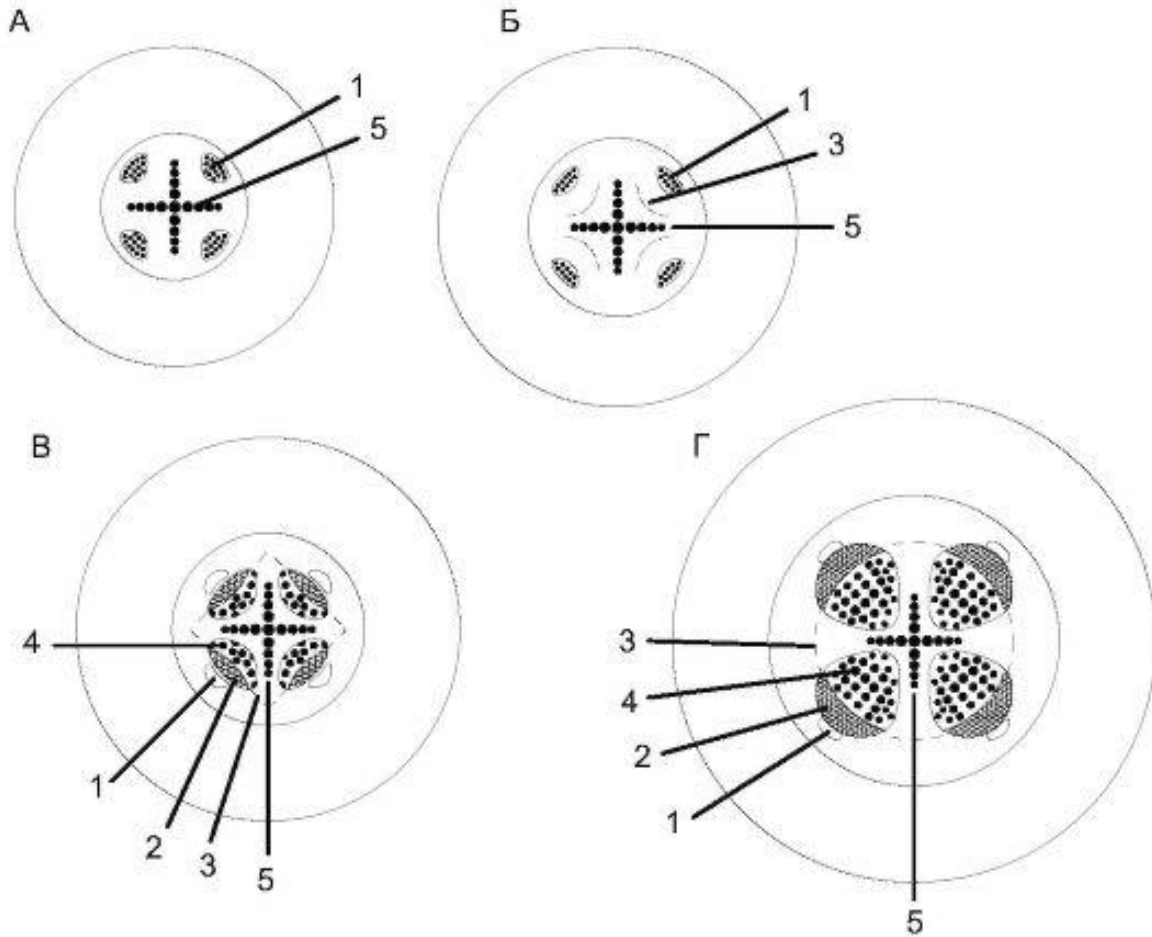
• Поперечный срез молодого корня фасоли (*Phaseolus*). PC — паренхима первичной коры; E — эндодерма; P — перicycle; X — ксилема; F — флоэма; Pr — прокамбий; M — сердцевина.

Переход к вторичному строению корня (заложение камбиального кольца)



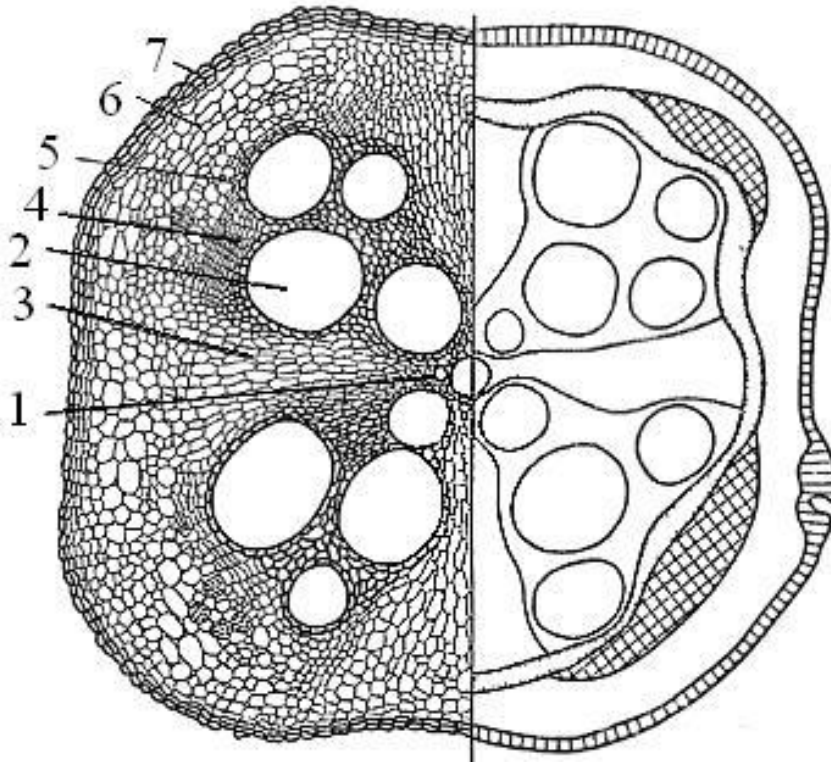
- 1 - перicycle
- 2 - камбий
- 3 - первичная флоэма
- 4 - первичная ксилема

Вторичное утолщение корня



- Клетки пучкового камбия делятся **тангенциально** и откладывают наружу элементы **вторичной флоэмы**, внутрь – элементы **вторичной ксилемы**
- ксилемы откладывается больше и она оттесняет камбий наружу
- Камбий приобретает форму кольца (3)
- Между лучами первичной ксилемы образуются открытые коллатеральные проводящие пучки (в отличие от стебля в них отсутствует первичная ксилема)

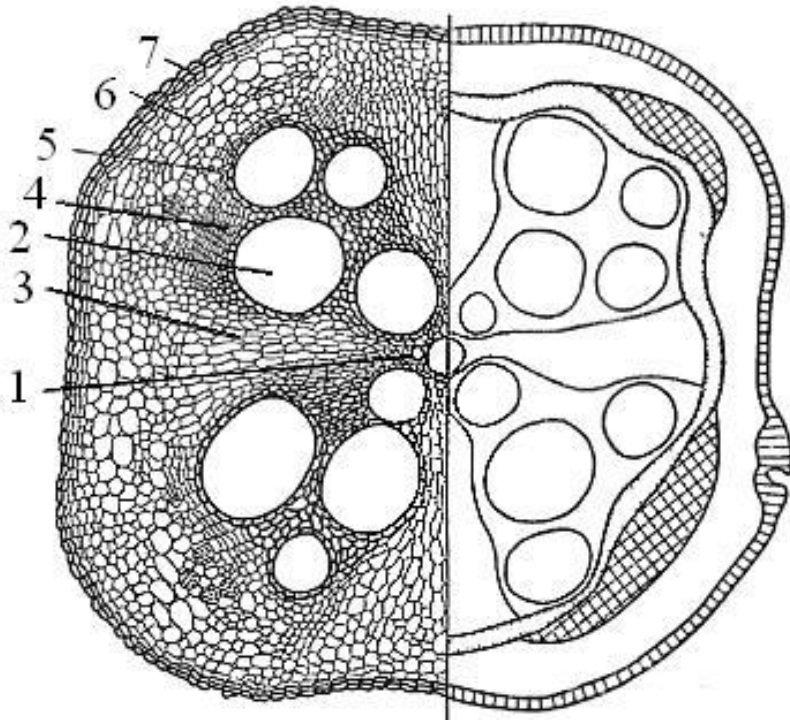
Вторичное утолщение корня



- Межпучковый камбий откладывает паренхимные клетки и образует широкие паренхимные лучи

1 - первичная ксилема,
2 - вторичная ксилема,
3 - радиальный луч,
4 - камбий,
5 - первичная и вторичная флоэма,

Вторичное строение корня



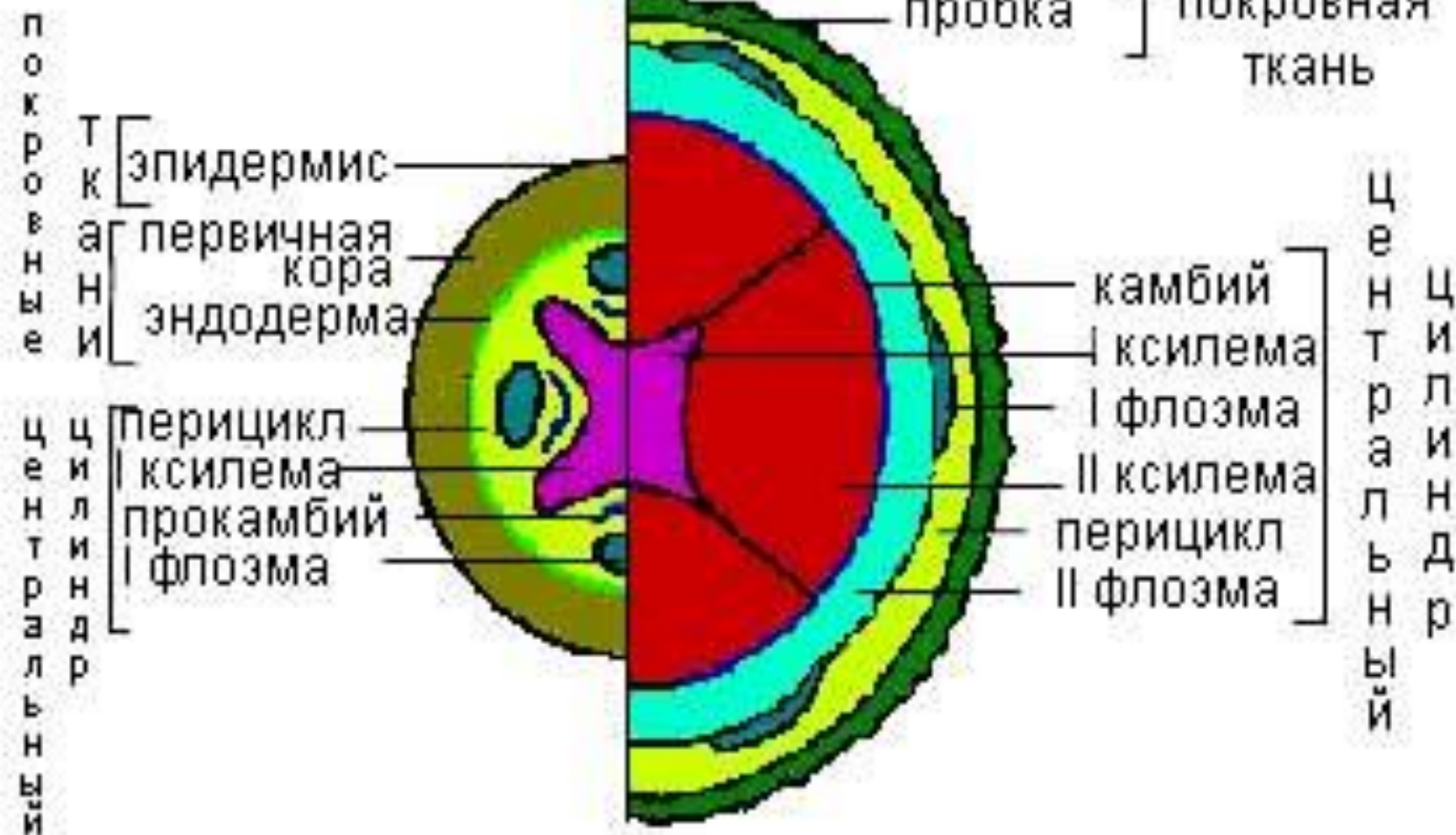
Корень тыквы

- 1 - первичная ксилема,
- 2 - вторичная ксилема,
- 3 - радиальный луч,
- 4 - камбий,
- 5 - первичная и вторичная флоэма,
- 6 – основная паренхима вторичной коры,
- 7 - перидерма

- Вторичные изменения происходят в коре
- В перицикле закладывается **феллоген**, он откладывает наружу клетки пробки, а внутрь – **феллодерму**
- Вокруг проводящих тканей формируется **перидерма**
- Первичная кора отмирает и сбрасывается
- между феллодермой и проводящими тканями может формироваться **запасящая паренхима**
- Ткани, расположенные снаружи от камбия (флоэма, основная паренхима, феллодерма, феллоген) называют **вторичной корой**

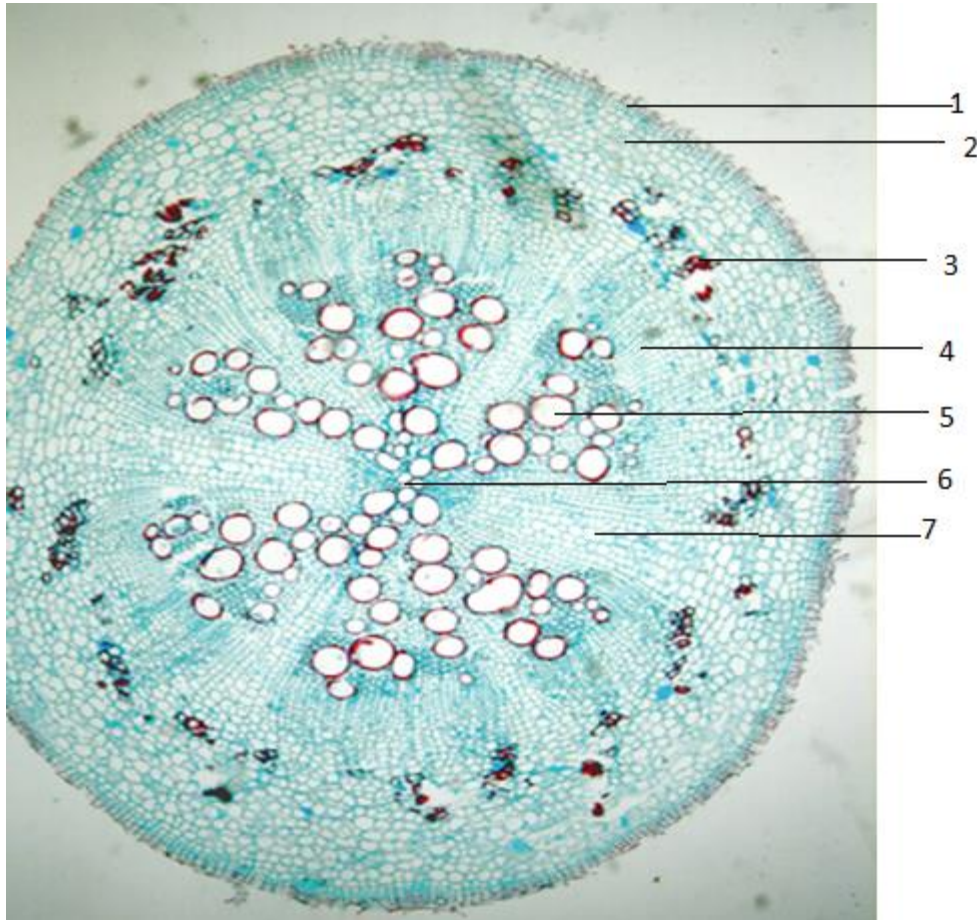
первичное строение

вторичное строение



поперечный срез корня

Корень капусты (вторичное строение)



1. Перидерма
2. Вторичная кора
3. Флоэма
4. Камбий
5. Вторичная ксилема
6. Первичная ксилема
7. Паренхимный луч

Строение корня древесных растений



Корень липы

Зоны:

1. **Кора** (перидерма, флоэма)
2. **Древесина**

Отличия от стебля:

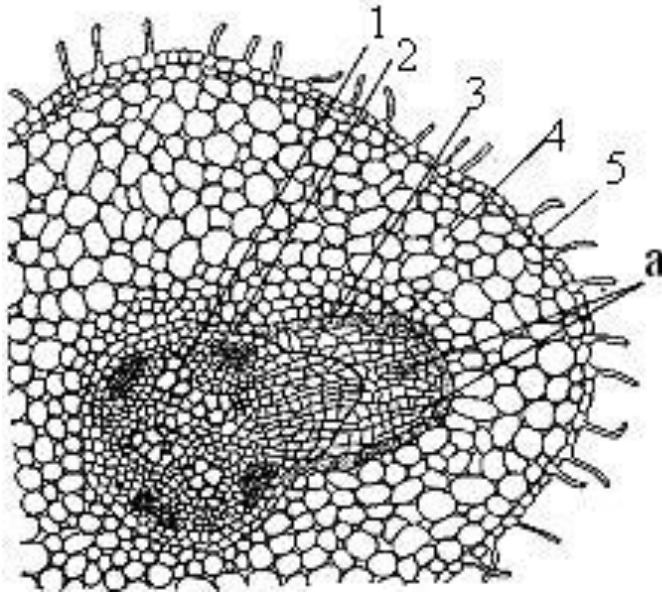
- Годовые приросты древесины тоньше, границы выражены менее четко
- Сосуды более широкопросветные и тонкостенные
- Меньше волокон либриформа и больше паренхимы
- Отсутствует первичная кора
- Отсутствует сердцевина – в центре первичная ксилема в виде звезды

Особенности корней однодольных



- В течение всей жизни сохраняется первичное строение
- После слущивания ризодермы покровной тканью становится экзодерма, затем мезодерма, эндодерма, а иногда и перицикл
- Старые корни однодольных имеют меньший диаметр, чем молодые
- у некоторых есть первичное утолщение (драцена). Меристема, подобная камбию, закладывается в перицикле или первичной коре. Эта меристема откладывает наружу паренхимные клетки, а внутрь – паренхиму с амфиазальными пучками.

Развитие боковых корней



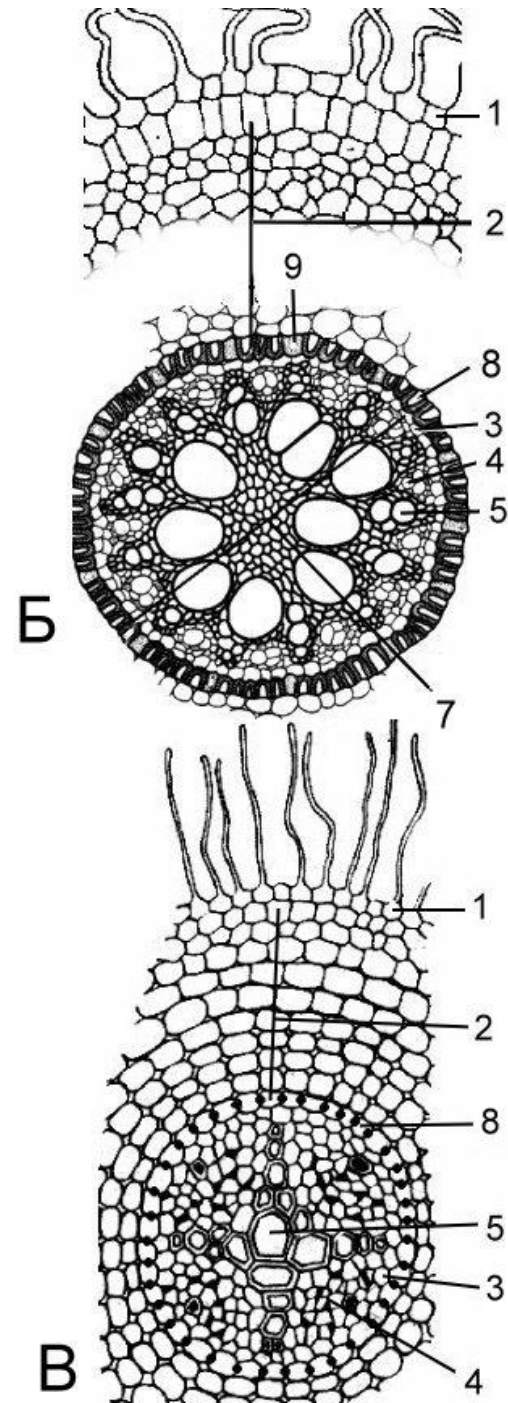
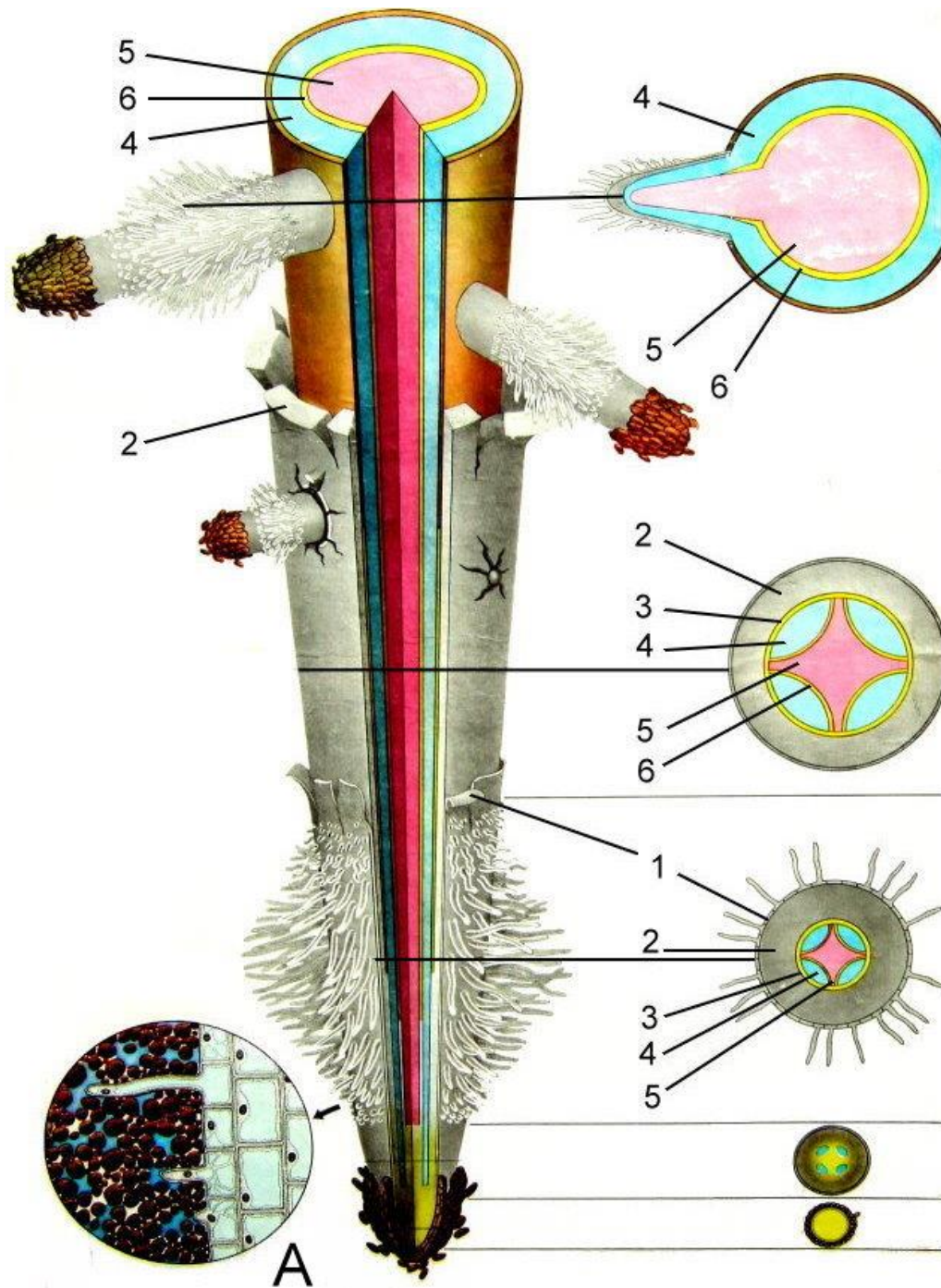
1 - центральный цилиндр главного корня, 2 - перicycle, 3 - эндодерма, 4 - коровая паренхима, 5 - ризодерма.

Типы ветвления:

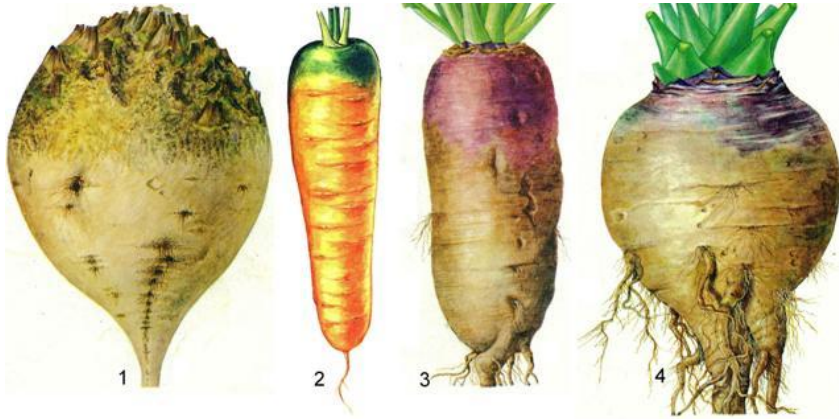
1. Дихотомическое (плауны)

2. Моноподиальное (все семенные)

- Зачатки боковых корней закладываются в перicycle: клетки делятся, появляется бугорок. Он растет, на верхушке обособляется апикальная меристема. Клетки главного корня вокруг зачатка бокового тоже делятся (антиклинально), образуя корневой кармашек. При выходе на поверхность кармашек разрывается
- у двудольных зачатки боковых корней развиваются напротив лучей первичной ксилемы, у однодольных – против лучей флоэмы, в диархных пучках – между тяжами ксилемы и флоэмы



Анатомическое строение корнеплодов



- Корнеплод – утолщенный видоизмененный главный корень

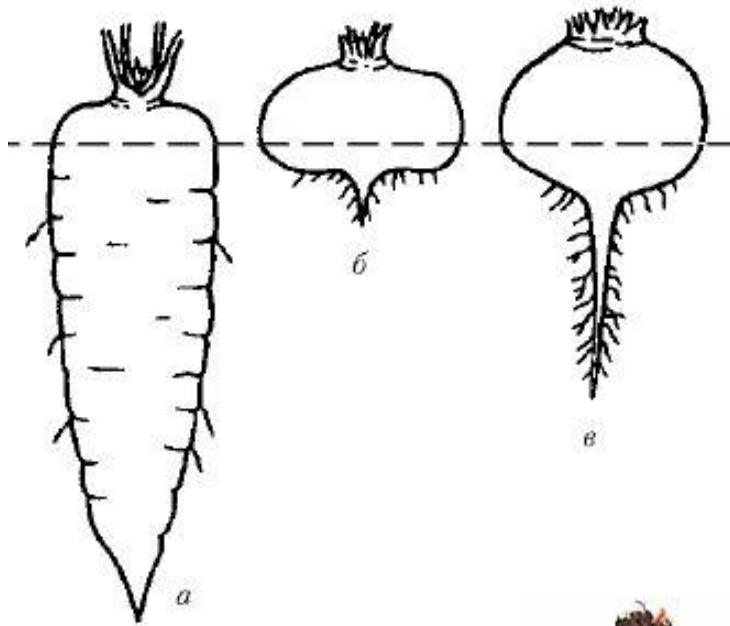
В формировании принимают участие:

1. Главный корень
2. Подсемядольное колено (гипокотиль)
3. Укороченный стебель, несущий розетку листьев

Функция – запас питательных веществ (сахара, витамины, эфирные масла, пигменты)

Характерны для семейств
Зонтичных и Крестоцветных

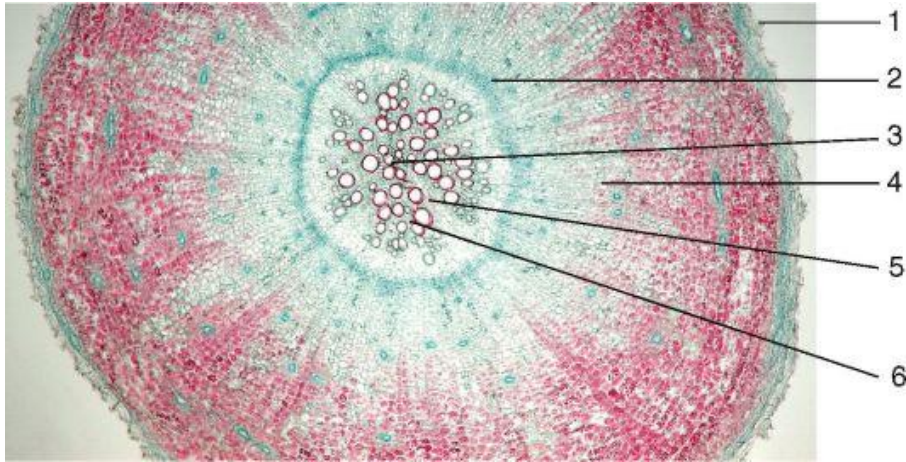
Типы корнеплодов



- **Длиннокорнеплодные** - большая часть образована главным корнем (морковь)
- **Короткорнеплодные** - большая часть образована гипокотилем (свекла, редька)

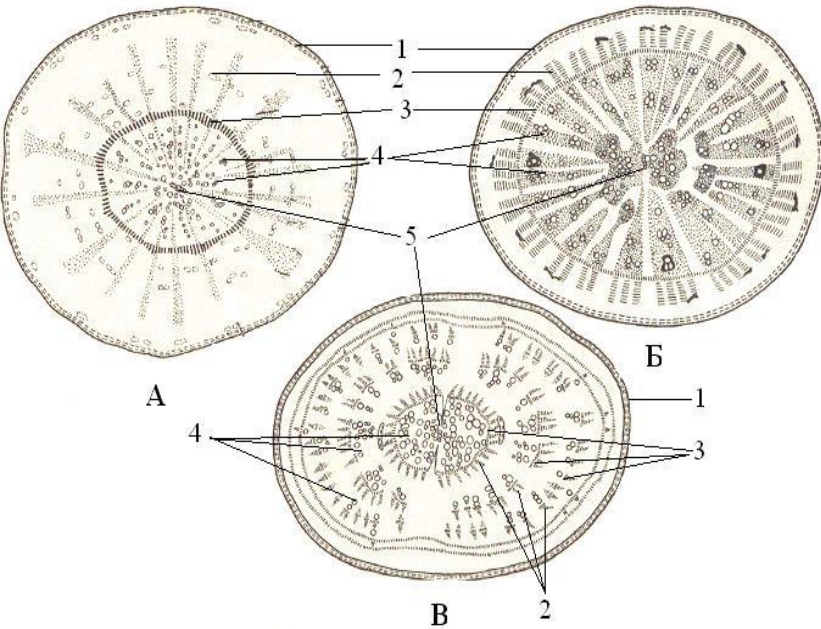


Анатомическое строение корнеплодов



- Молодые корни имеют одинаковое строение: в центре диархный проводящий пучок (3), окружен первичной корой
- Вторичное утолщение начинается очень рано и сопровождается сбрасыванием первичной коры и образованием **перидермы (1)**
- Камбий (2) образует два крупных коллатеральных пучка (6) и два широких паренхимных луча (5)

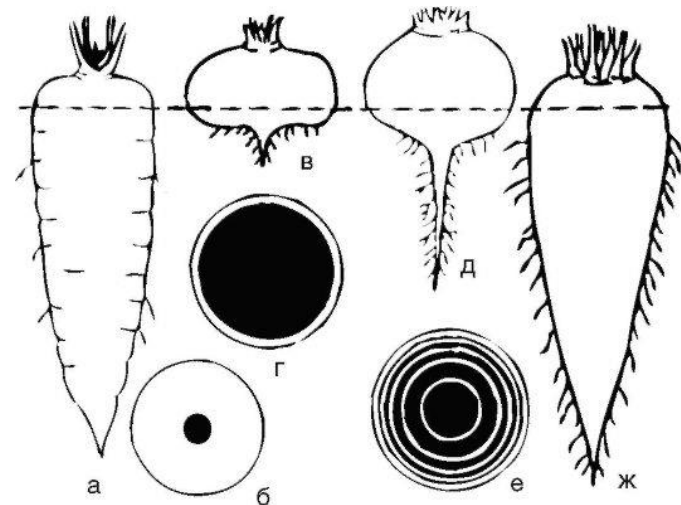
Строение корнеплодов



А – морковь, Б - редька ; В - свекла.

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

- Корнеплоды различаются соотношением объемов вторичной ксилемы и вторичной флоэмы
- У моркови и петрушки преобладает флоэма. В ней развита запасаящая паренхима с схизогенными вместилищами эфирных масел
- У Капустных преобладает ксилема

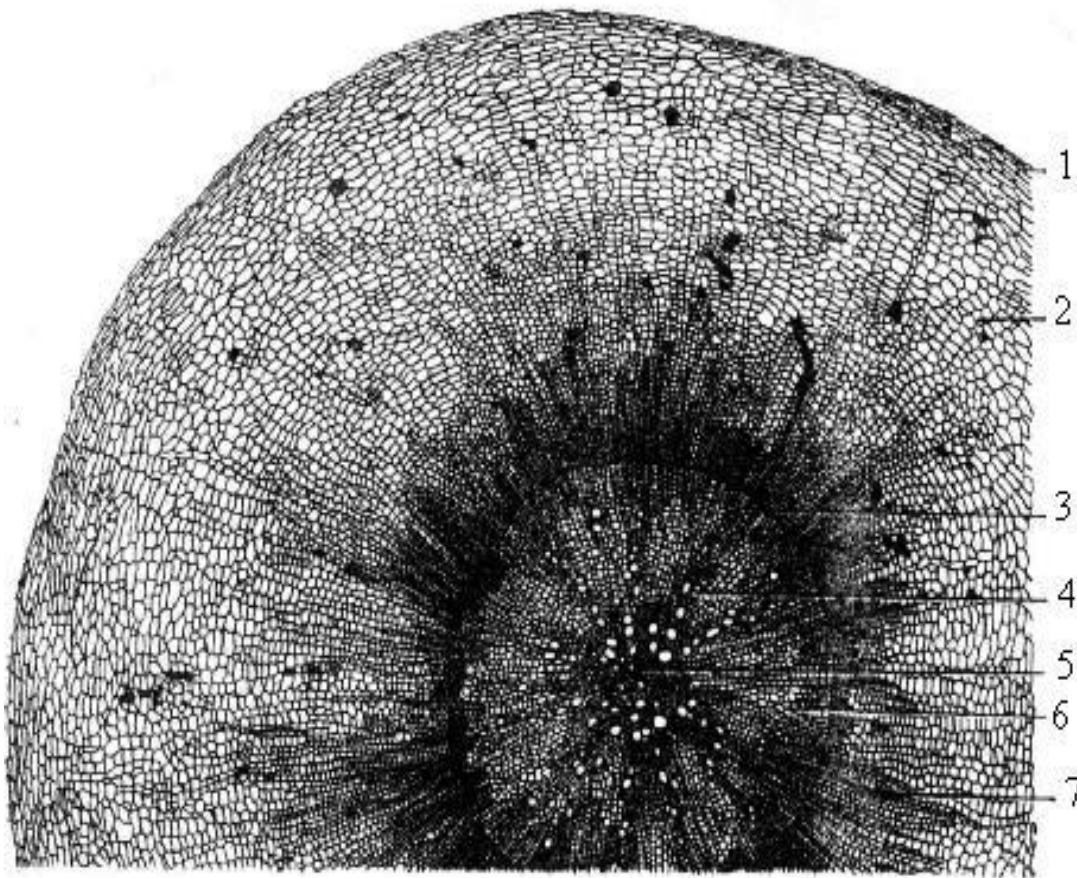


Строение корнеплода свеклы

- Характерна закладка добавочных камбиев
- Первый добавочный камбий закладывается в перицикле
- Клетки перицикла делятся тангенциально: наружный слой превращается в феллоген, а внутренний в добавочный камбий
- Клетки добавочного камбия делятся тангенциально: наружный слой дает начало второму добавочному камбию, а внутренний откладывает коллатеральные проводящие пучки и паренхимные клетки.
- Далее активизируется второй добавочный камбий



Анатомическое строение корня моркови



1 – пробка;

2 – паренхима
вторичной коры

3 – камбиальная зона

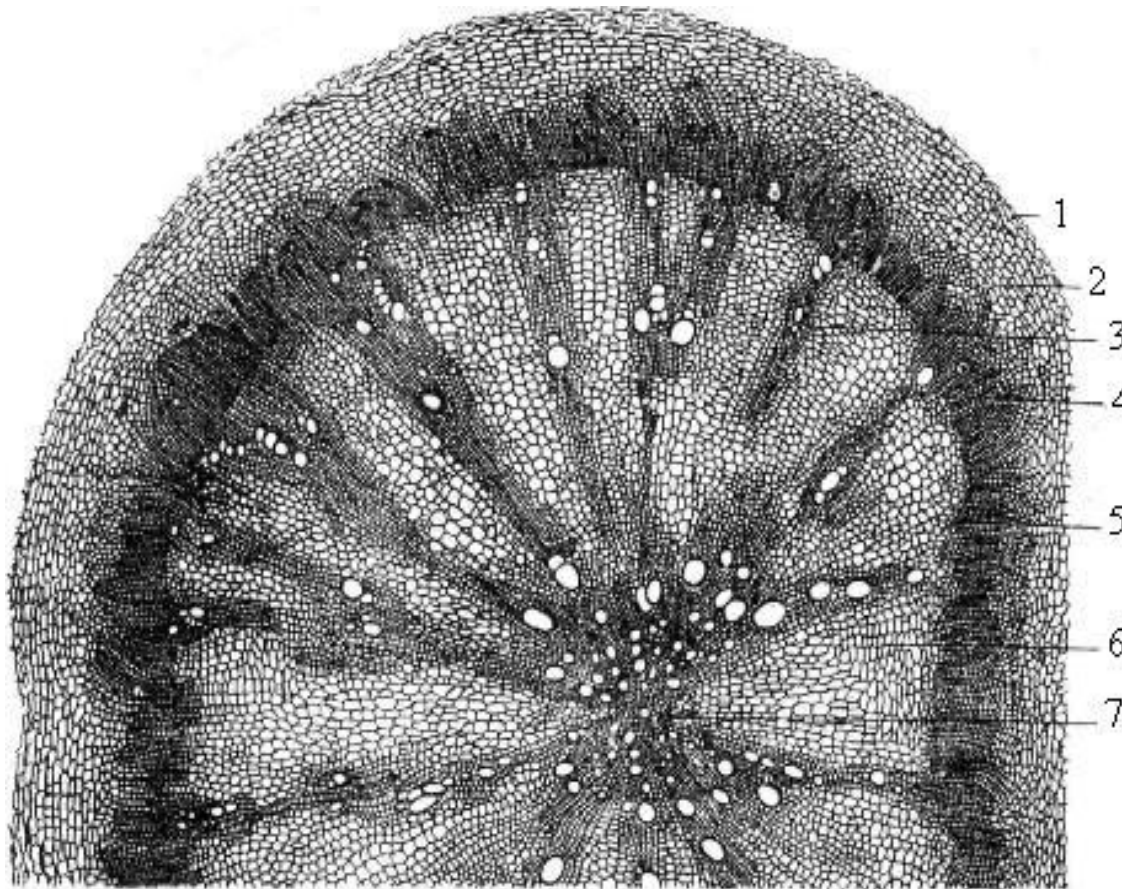
4 – вторичная ксилема

5 – первичная ксилема

6 – радиальный луч

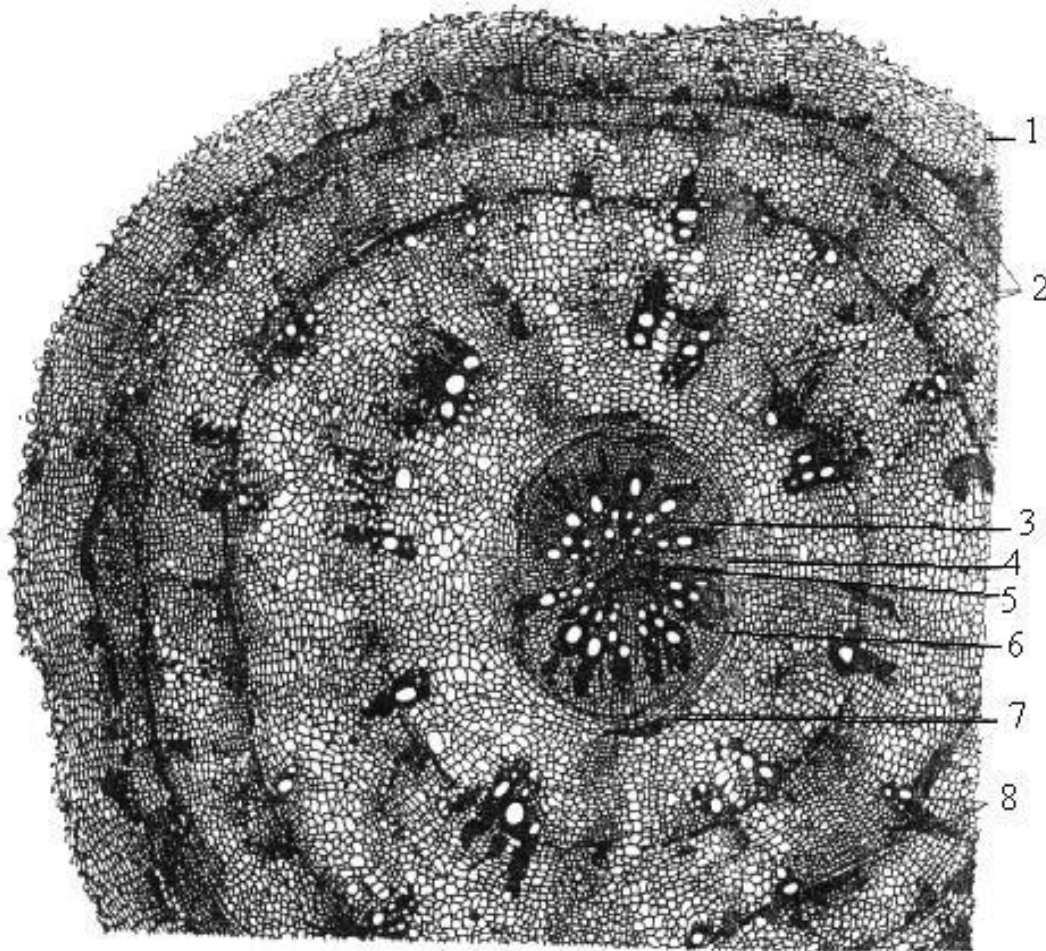
7 – первичная и
вторичная флоэма.

Анатомическое строение корня редьки



- 1 – пробка
- 2 – паренхима
вторичной коры
- 3 – вторичная ксилема
- 4- камбиальная зона
- 5 – первичная ксилема
- 6 – радиальный луч
- 7 – первичная и
вторичная флоэма.

Анатомическое строение корня свеклы:



1 – пробка

2 – добавочные слои
камбия; паренхима
вторичной коры

3 – вторичная ксилема

4 – радиальный луч

5 – первичная ксилема

6 – камбиальная зона

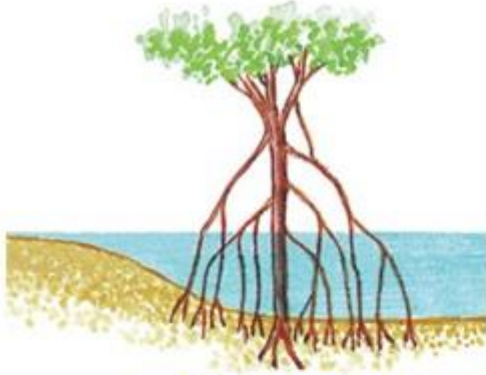
7 – первичная и
вторичная флоэма

8 – коллатеральные
проводящие пучки

У свеклы (семейство Маревые) утолщение корня происходит своеобразно. Первичная ксилема у корня свеклы тоже диархная. Деятельность камбия ограничена. После отложения небольшого числа вторичных элементов камбий прекращает свою работу. Утолщение корня продолжается, но уже при участии перицикла. Оно происходит в результате деятельности нескольких возникающих последовательно один за другим колец добавочного камбия. При этом паренхимные клетки перицикла образуют кольцо меристематической ткани. В периферическом слое этого кольца возникают феллоген и его производные, а из внутреннего слоя клеток поделившегося перицикла формируется первый добавочный камбий.

Добавочный камбий образует зону меристематически активных клеток. Наружные клетки ее в дальнейшем функционируют в качестве второго добавочного камбия. Внутренние клетки камбиальной зоны, продолжая делиться, откладывают постоянные ткани: наружу тонкостенную паренхиму и местами небольшие группы вторичной флоэмы. Внутрь камбий откладывает вначале крупноклеточную паренхиму, затем – элементы ксилемы. Таким образом, в результате деятельности первого добавочного камбия возникает широкое кольцо паренхимной ткани с погруженными в нее открытыми коллатеральными пучками.

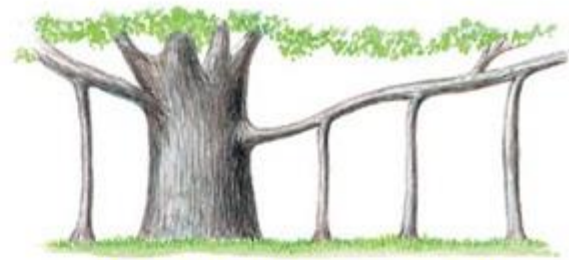
Метаморфозы корня



Ходульные корни



Прицепляющиеся корни



Столбовидные корни



Сократительные корни



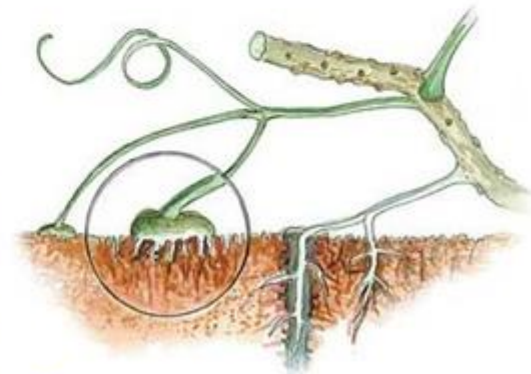
Воздушные корни



Бактериальные клубеньки



Дыхательные корни



Присасывательные корни