

# Физиология растений

# План:

1. Предмет физиологии растений
2. Корневое питание растений
3. Понятие о росте и развитии растений
4. Основные этапы онтогенеза растений
5. Основные закономерности роста.  
Влияние внешних факторов на рост.
6. Ростовые движения: тропизмы и  
настии

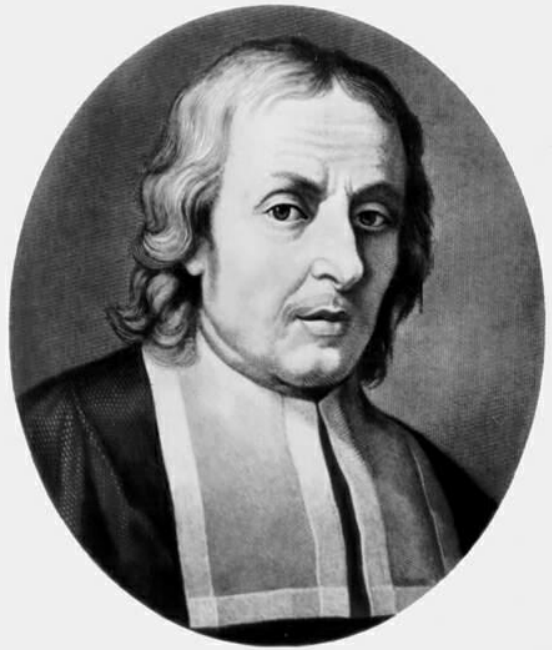
# Физиология растений -

- ***Наука, изучающая закономерности жизнедеятельности растений.***

Изучает механизмы:

- ***Питания***
- ***Дыхания***
- ***Движения***
- ***Роста***
- ***Размножения и др.***

# Физиология растений



*Marcello Malpighi*

**Марчелло Мальпиги**

1628-1694

Физиология растений зародилась в XVII—XVIII вв. в трудах английского ботаника и врача С. Гейлса и итальянского биолога и врача М.Мальпиги.



**Стивен Гейлс**

(1677-1761).

В своих опытах они доказывали существование восходящих и нисходящих токов воды и питательных веществ у растений.

Корневое питание растений.

Минеральное, корневое или почвенное питание осуществляется путём всасывания корнем растворённых в воде минеральных веществ.

Первые эксперименты по изучению питания растений были проведены в 1629 голландским естествоиспытателем Ян Баптиста ван Гельмонтом.

Его опыты послужили основой для создания «водной теории» питания, согласно которой вся растительная масса образуется за счет воды.

В конце XVIII в. немецкий агроном Альбрехт Даниэль Тэер разработал «гумусовую теорию» питания растений, согласно которой растения питаются гумусом и водой.

Немецкий химик Юстон фон Либих в 1840 г. в своей книге «Химия в приложении к земледелию и физиологии» обосновал теорию минерального питания растений, согласно которой основой плодородия являются минеральные вещества.

Ю. Либих также считал, что растения поглощают азот из воздуха в виде аммиака, и отвергал значимость органических веществ почвы для развития растений.

Российские ученые П. А. Костычев и В. В. Докучаев разработали основы научного почвоведения. Отечественный агрохимик К. К. Гедройц обосновал учение о почвенном поглощающем комплексе. Основателем почвенной микробиологии считается С. Н. Виноградский.

*Питание растений* – это обмен веществ между растением и окружающей средой: переход веществ из почвы, воздуха в состав растительной ткани и преобразования их в сложные органические соединения в процессе метаболизма и вывод метаболизмом из них.

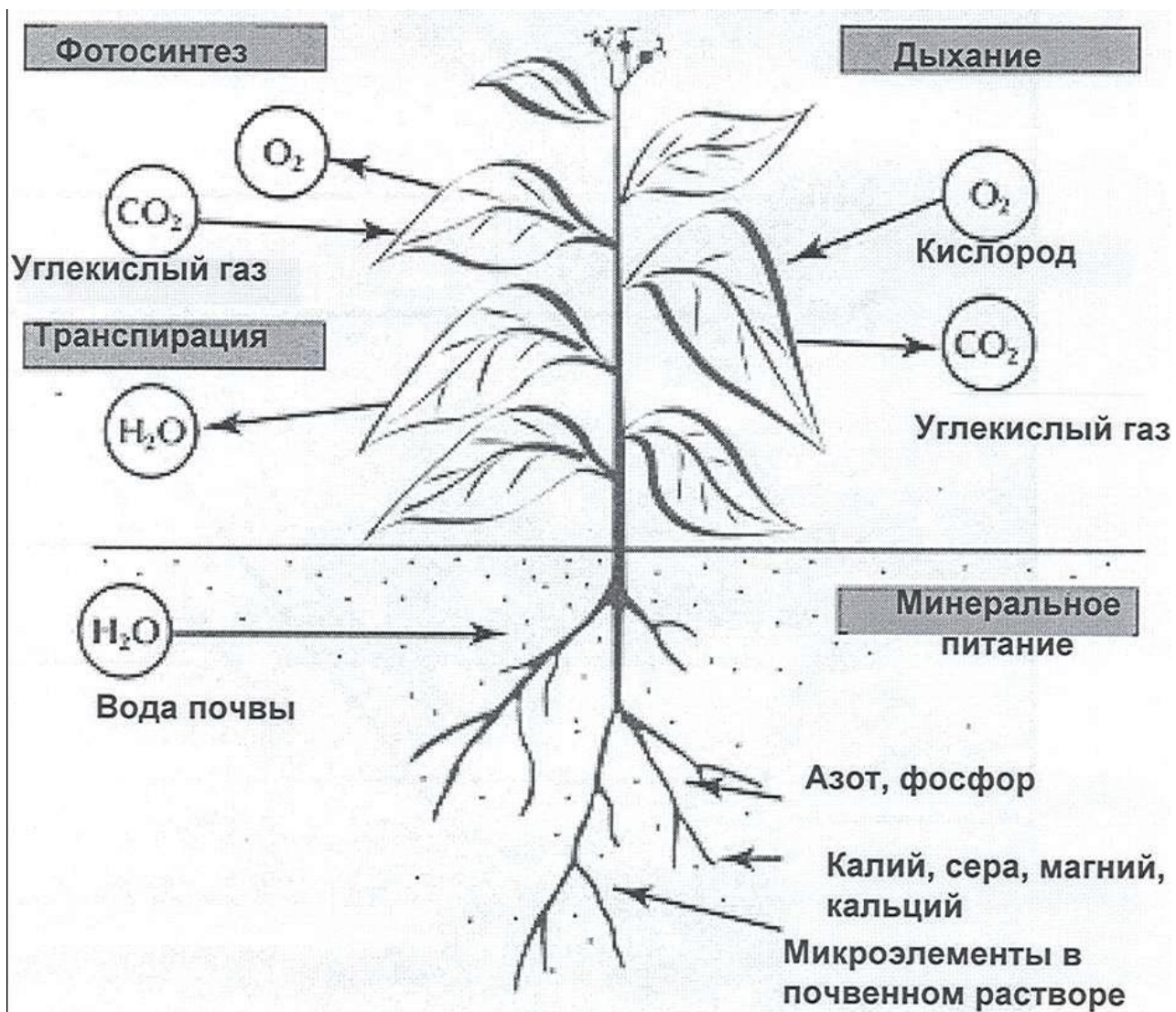
**Воздушное**

**Корневое**

**Некорневое**



# СХЕМА ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ



## Корневое питание -

Это поглощение, превращение и усвоение *минеральных* элементов питания *корнями* растений.



Активное



Пассивное

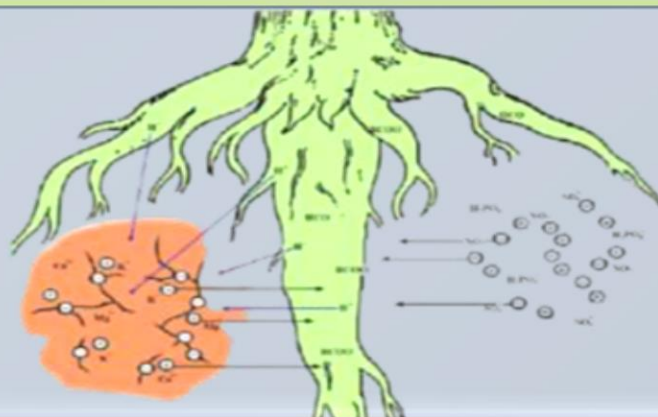


Активное (метаболическое) поглощение носит *избирательный* характер, идет *независимо от градиента концентраций*, с использованием энергии АТФ.

Клеточная оболочка корня имеет множество пор и обладает высокой адсорбирующей способностью, поэтому на внутренней поверхности оболочки адсорбируются ионы из почвенного раствора.

Метаболическое поглощение происходит на поверхности клеточных мембран в виде *обменной адсорбции*.

У растений имеется *обменный фонд ионов  $H^+$ ,  $OH^-$ ,  $HCO_3^-$* ; в обмен на которые, растение избирательно поглощает необходимые ему элементы питания.





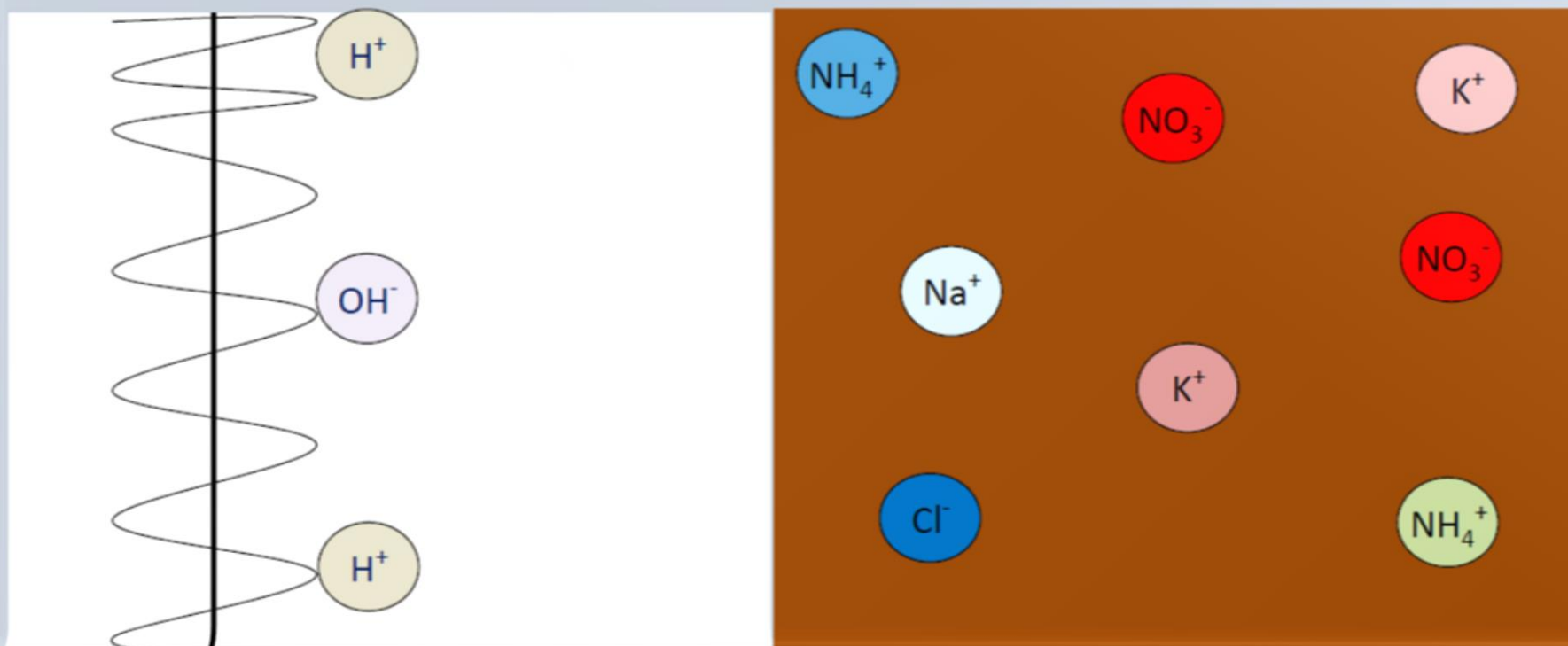
**Пассивное** – это поглощение корнями воды и растворенных в ней питательных веществ за счет *сосущей силы*, возникающей вследствие транспирации.

Это поглощение идет *только по градиенту концентрации*, (от большей концентрации к меньшей) по законам диффузии и осмоса.

## Механизм метаболического поглощения элементов корнем растения.

*КОРЕНЬ РАСТЕНИЯ*

*ПОЧВА*



В высушенном растении на долю органических веществ приходится 95% и 5% неорганических веществ, которые при сжигании сухого растения составляют золу.

**По содержанию химических элементов в растении их разделяют на 3 группы:**

**Макроэлементы** (10% - 0,01%). Углерод, водород и кислород поступают в растение преимущественно в виде  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Эти элементы, а также азот называют органогенами.

Все вместе органогенные вещества составляют — 95 %, а 5 % приходится на зольные вещества (P, S, K, Ca, Mg, Fe, Al, Si, Na и др.).



Побег апельсинового дерева с симптомами ранних стадий недостатка серы

**Фосфор** входит в состав белков, нуклеиновых кислот, фосфолипидов, витаминов, АТФ .

При дефиците фосфора снижается скорость поглощения кислорода, изменяется активность ферментов, участвующих в дыхательном обмене, тормозится процесс синтеза белков и нуклеотидов.

**Сера** входит в состав важнейших аминокислот— цистеина и метионина, коэнзима А, витаминов, фитонцидов чеснока и лука, участвует в поддержании окислительно-восстановительного потенциала клетки.

Недостаток серы снижает фотосинтез, синтез белков и скорость роста растений, особенно надземной части.



1 - Симптомы Р-дефицита на молодой кукурузе в условиях водных культур. 2 - Р-дефицит на кукурузе в фазу цветения. 3 - Листья кукурузы; **слева:** без Р-дефицита (0.26% Р); **справа:** Р-дефицит (0.09% Р).



**Калий** влияет на коллоидно-химический состав цитоплазмы, необходим для поглощения и транспорта воды по растению, имеет большое значение в механизме открывания и закрывания устьиц.

При недостатке калия листья начинают желтеть. Недостаток калия также снижает продуктивность фотосинтеза.

**Кальций** влияет на структуру мембран, ионный транспорт через них, биоэлектрические явления, на перестройку цитоскелета, активизирует ряд ферментов.

При недостатке кальция у делящихся клеток не образуются новые клеточные стенки, не происходит ослизнение клеточных стенок и разрушение клеток.

В результате корни, листья и отдельные участки стебля загнивают и умирают.



Растение  
томатов с  
отмирающей  
точкой роста  
из-за Са-  
дефицита  
(содержание  
Са в листьях  
= 0,71% Са)

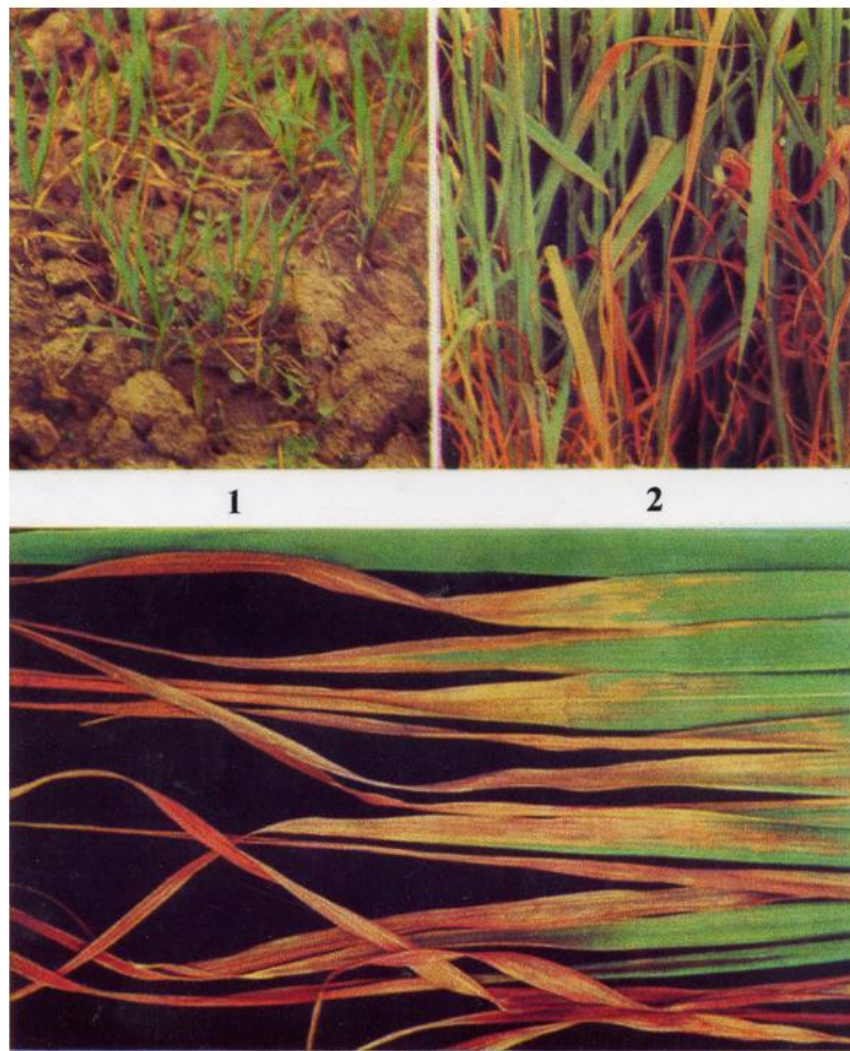


Спелые томаты при  
нарушения снабжения  
плодов Са



Болезнь  
плодов  
томатов  
“вершинная  
гниль” из-за  
Са - дефицита

**Недостаток кальция у томатов**



1 - К-дефицит на молодой озимой пшенице на лёссовой почве после засушливого периода. 2 - К-дефицит у овса во время трубкования. 3 - Типичные симптомы К-дефицита на старых листьях овса на верху: здоровый лист.

Азот составляет около 1,5% сухой массы растений. Он входит в состав белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла, цитохрома, многочисленных ферментов, НАД и НАДФ, а также во многие витамины.

При недостатке азота происходит торможение роста растений, ослабление синтеза хлорофилла и его полное разрушение, что приводит к более раннему созреванию семян.

В связи с центральной ролью азота в метаболизме растительного организма вопросам азотного питания уделяется большое внимание.

Несмотря на огромные запасы азота в природе далеко не все формы азота могут быть использованы растениями.

Недоступными для растений являются газообразный азот атмосферы и азот органических соединений, находящихся в почве.

При помощи бактерий органические формы азота в почве превращаются в форму неорганических соединений, которые доступны для высших растений.





1 - Сильный N-дефицит в ранней фазе развития кукурузы; справа растения удобренные N. 2 - Лист кукурузы с типичными симптомами N-дефицита; можно видеть V-образную зеленую окраску листа. 3 - Типичные симптомы N-дефицита в старых листьях кукурузы в поле.

**Железо** принимает участие в процессах фотосинтеза и дыхания, катализирует начальные стадии образования хлорофилла.

Недостаток железа приводит к снижению интенсивности дыхания, фотосинтеза и выражается в пожелтении и быстром опадании листьев.

**Микроэлементы** (0,001% - 0,00001%) – Mn, B, Cu, Zn, Li, I, Br, Ni, Mo, Co. При их недостатке возникают нарушения в росте и развитии растения, снижается его устойчивость к разным заболеваниям и вредителям.

При недостатке бора замедляется рост, нарушается цветение и не образуются плоды.



Симптомы Fe-дефицита на листьях конского боба. Слева вверху - лист здорового растения



Характерные симптомы Fe-дефицита у гороха на почве, богатой медью



Кукуруза на гидропонике при слабом Fe-дефиците

Дефицит железа у разных культур

При недостатке марганца развивается хлороз.

При недостатке цинка замедляется рост.

Молибден улучшает условия кальциевого питания.

Медь активирует ферменты хлоропластов, увеличивает морозоустойчивость растения.

Ультрамикроэлементы (миллионные доли процента) – цезий, селен, кадмий, ртуть, серебро, золото, радий.





**Хлороз растений** — заболевание растений, при котором нарушается образование хлорофилла в листьях и снижается активность фотосинтеза.

# Водообмен и передвижение веществ. Токи веществ в растении. Дальний и ближний транспорт.

В результате фотосинтеза, с одной стороны, и поступления через корень воды с растворенными в ней питательными веществами — с другой, создаются два тока различных веществ — восходящий и нисходящий.

При восходящем токе (транспирационном) растворенные минеральные вещества идут от корня по стеблю к листьям и другим органам растения.

Часть воды испаряется в атмосферу, а часть используется при обмене веществ, поддержание тургора клеток, в транспорте органических веществ по флоэме.

Нисходящий ток ( *ассимиляционный* ) переносит органические вещества, полученные в результате фотосинтеза, из листьев к корням, к цветкам и плодам, где они используются в метаболизме или откладываются в запас.

Передвижение веществ по проводящим тканям растения называют транслокацией.

Восходящий ток осуществляется по ксилеме, а нисходящий по флоэме.

Такое перемещение веществ получило название дальнего транспорта.

Передвижение ионов, органических веществ и воды между клетками и тканями (горизонтально) называется ближним транспортом.

Ближний транспорт осуществляется тремя основными путями:

1. Путь через апопласт. Апопласт – это система, образованная из примыкающих друг к другу клеточных стенок.

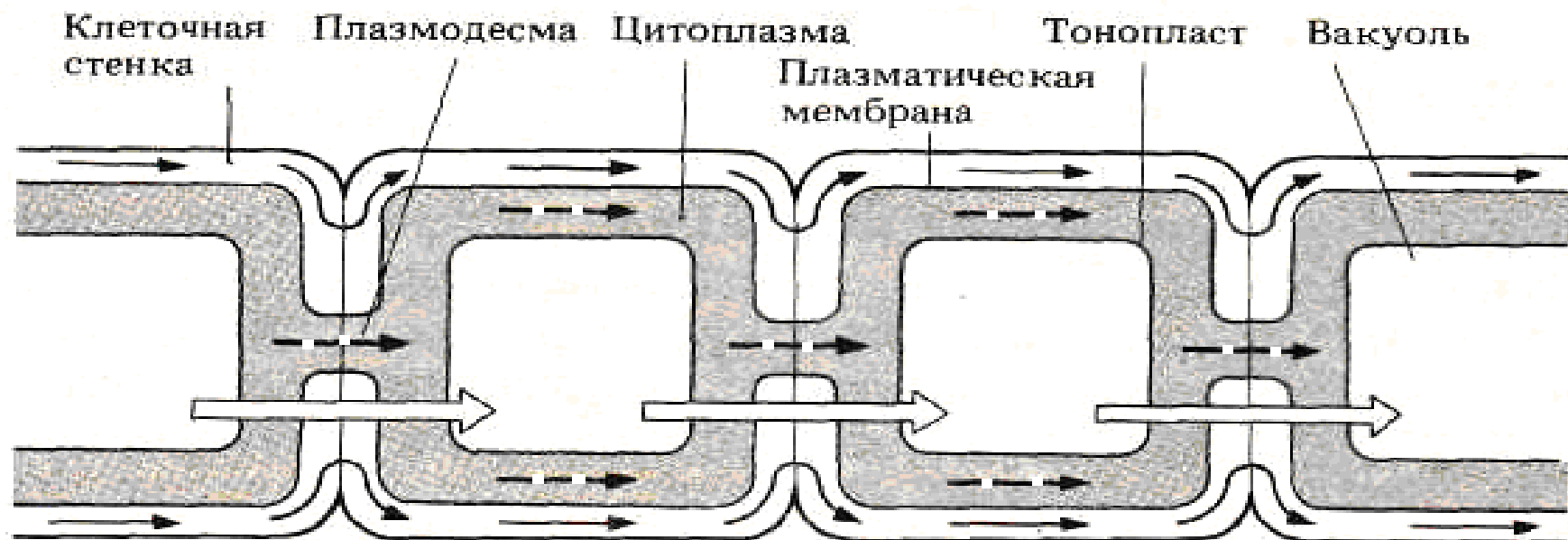
Испарение воды с апопласта в межклеточное воздушное пространство и сила сцепления молекул воды заставляет воду двигаться по апопласту.

2. Путь через симпласт. Симпласт – это система связанных между собой протопластов клеток.

Эта связь осуществляется через плазмодесмы.

Вода идёт по симпласту по градиенту водного потенциала.

3. Вакуолярный путь. Вода движется через плазматические мембраны, цитоплазму и тонопласты вакуолей по градиенту водного потенциала.



Клеточная стенка    Плазмодесма    Цитоплазма    Плазматическая мембрана    Тонoplast    Вакуоль

—————> Апопластный путь — через клеточные стенки

- - - - -> Симпластный путь — через цитоплазму и плазмодесмы

—————> Вакуолярный путь — через плазматические мембраны, цитоплазму и тонoplastы вакуолей (по этому пути переносится сравнительно мало воды)

**Поступление воды в растение. Факторы, обуславливающие поднятие воды по растению: корневое давление, сила сцепления молекул воды. Передвижение воды по тканям растения.**

Поглощение воды из внешней среды является обязательным условием существования любого живого организма.

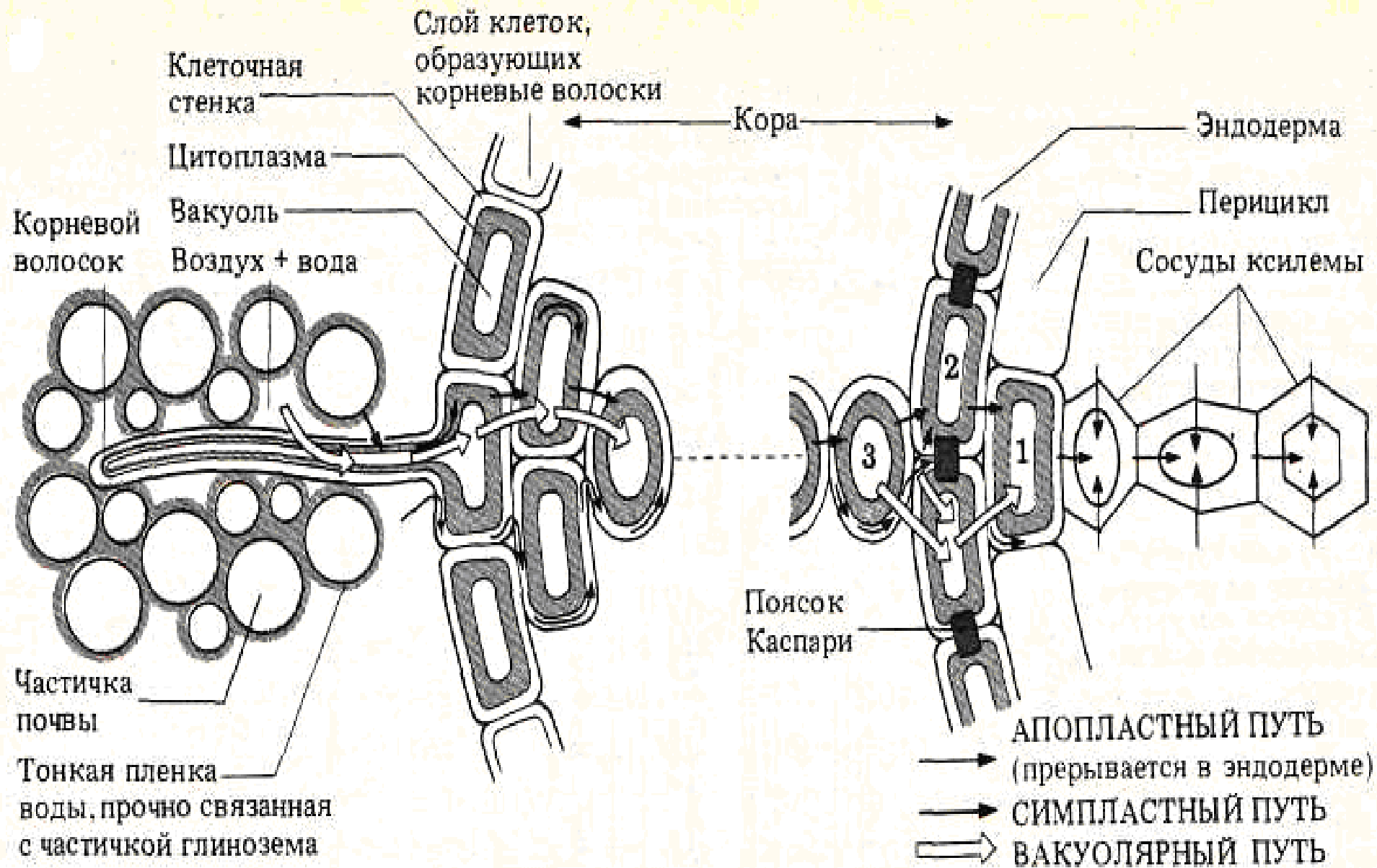
Основная масса воды осмотически поступает в растение через корневые волоски. Из них вода поступает через кору корня, эндодерму и перицикл к первичной ксилеме (рис.1).

Вода передвигается по корню по симпласту, апопласту и через вакуоли.

В сосуды ксилемы вода поступает осмотически.

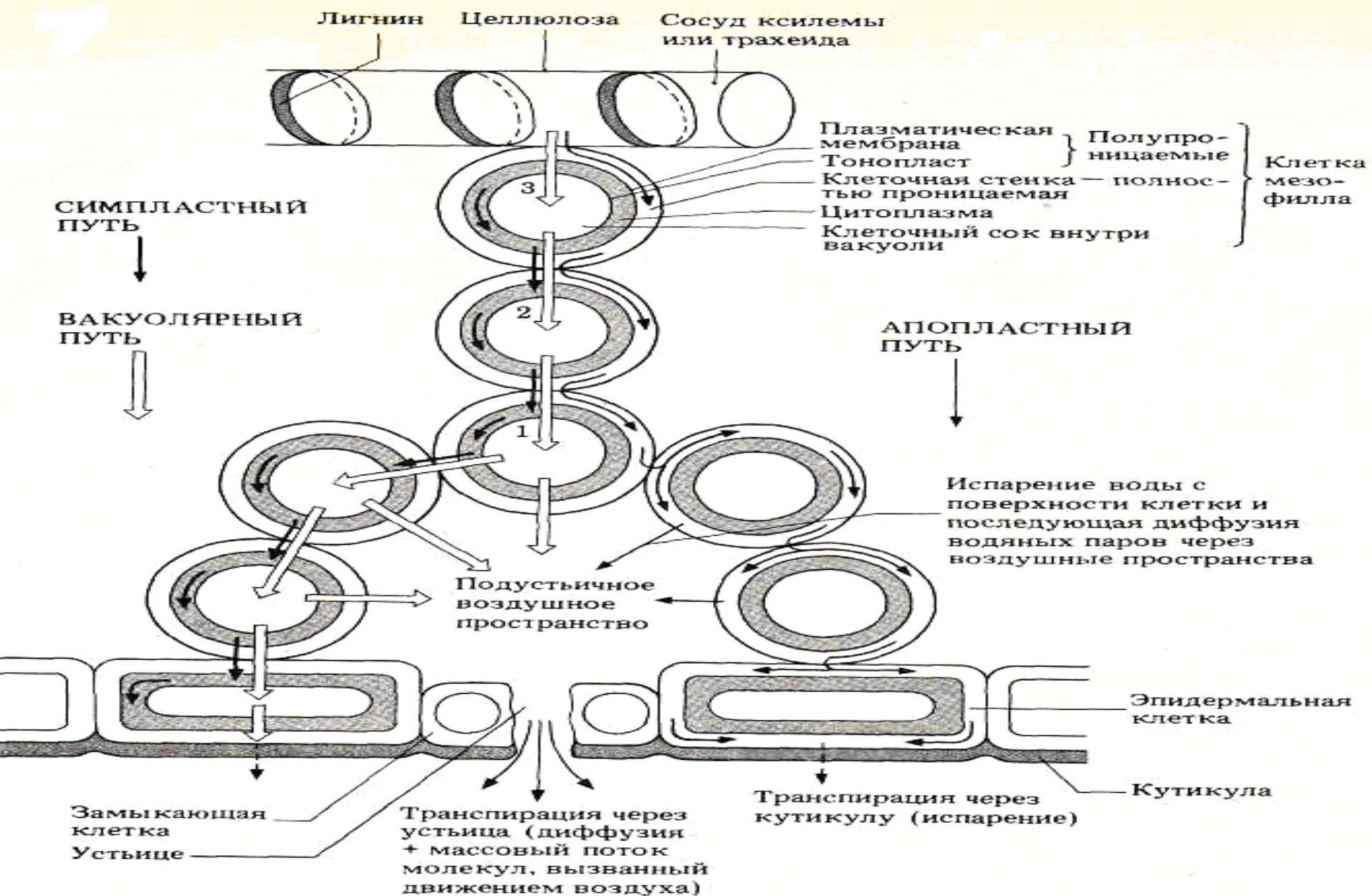
Далее она поднимается по ксилеме к стеблю и листьям, испаряется с поверхности клеток мезофилла листа, а затем диффундирует наружу через устьица (рис.2).

# Рисунок 1.





# Рисунок 2.





Возникает так называемое корневое давление, создаваемое всасывающей силой всех корневых волосков и испарением воды с поверхности листьев.

Механизм поднятия воды по растению вследствие развивающегося корневого давления называется нижним концевым двигателем.

Испарение воды с поверхности листьев называется транспирацией.

Она играет роль «верхнего концевого двигателя», обеспечивающего передвижение воды вверх по растению.

Транспирация через раскрытые устьица уменьшает гидростатическое давление в ксилеме, что приводит к натяжению воды в проводящих элементах и подтягиванию водного столба к листьям.

# Рост и развитие растений

- **Рост**- необратимое увеличение размеров и массы клетки, органа или всего организма, связанное с новообразованием элементов и структур. Отражает количественные изменения
- **Развитие** – это качественные изменения в структуре и функциональной активности растений и его частей
- Возникновение качественных различий между клетками, тканями и органами называется дифференцировкой
- В понятие «развитие» входят также возрастные изменения
- Рост и развитие тесно связаны между собой: рост сопровождается развитием, а развитие невозможно без роста
- Рост и развитие осуществляется за счет деятельности меристем и регулируется фитогормонами

# Морфогенез -

- Образование морфологических структур и целостного организма

В морфогенезе выделяют:

- 1. Цитогенез***
- 2. Гистогенез***
- 3. Органогенез***

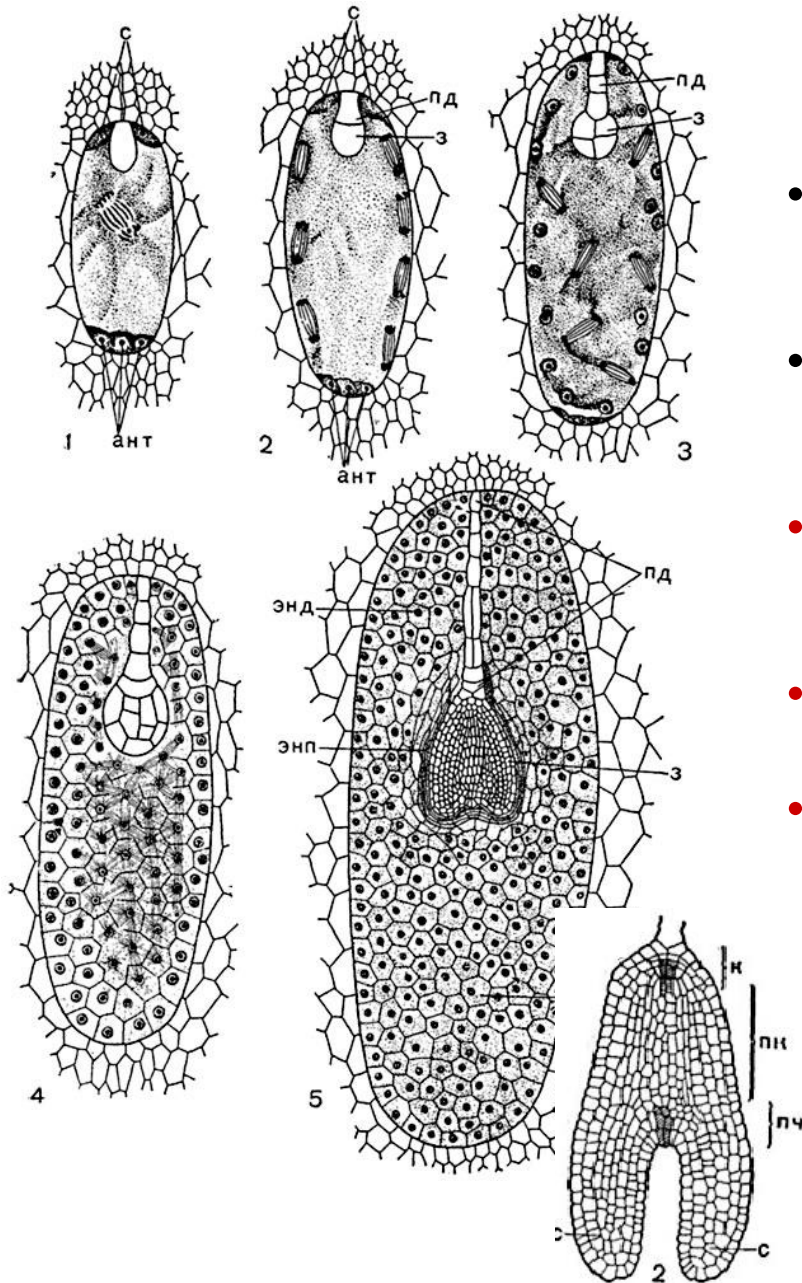
# Онтогенез

онтогенез высших растений делят на 4 периода:

- 1. Эмбриональный***
- 2. Ювенильный (молодость)***
- 3. Репродуктивный (зрелость)***
- 4. Сенильный (старость)***

В пределах периодов выделяют более мелкие фазы

# Эмбриональный период



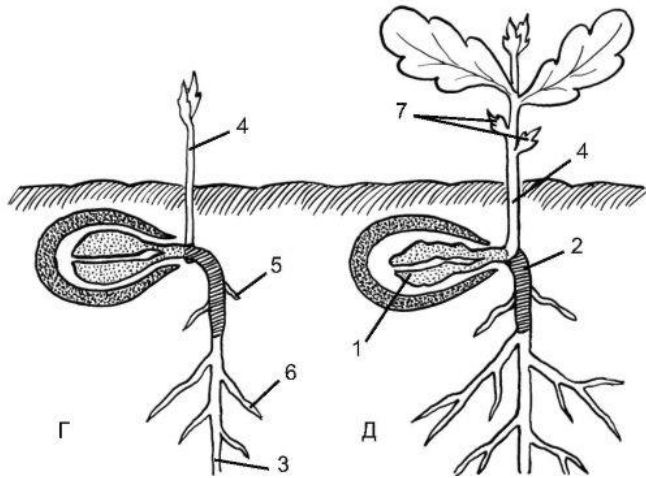
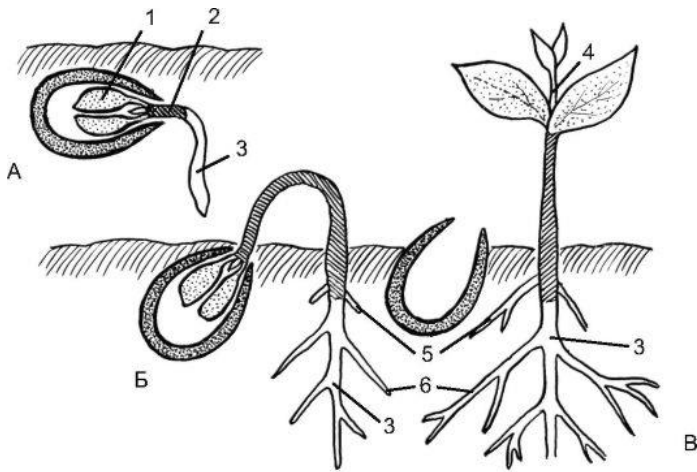
- Включает развитие зародыша от образования зиготы до созревания семян
- В этом периоде у двудольных выделяют следующие фазы развития:
  - **Прозембрио (3)**- зародыш состоит из 2-6 недифференцированных клеток
  - **Глобулярная фаза (4)**- шаровидный зародыш
  - **Сердцевидная фаза (5)**- закладываются семядоли
  - **Торпедовидная** - семядоли удлиняются, у некоторых растений они складываются вдвое, образуется **гипокотиль (подсемядольное колено)**, промеристема корня

# Ювенильный период

- От прорастания семян до первого цветения
- Характеризуется накоплением вегетативной массы

Прорастание семян делится на фазы:

- 1. Набухание**
- 2. Проклевывание**
- 3. Гетеротрофный рост проростка**
- 4. Переход к автотрофному питанию**

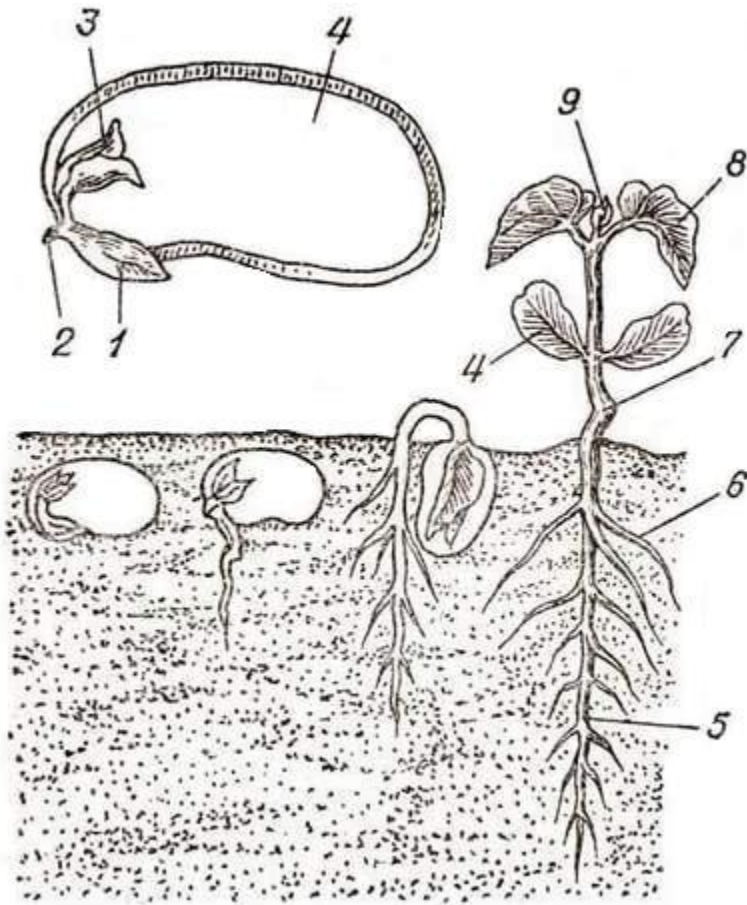


# Набухание и проклевывание



- Пусковой механизм прорастания – поглощение воды. **Набухание** практически не зависит от температуры, освещения и наличия кислорода
- **Проклевывание** начинается когда влажность достигает 40-65%. Оно происходит путем роста растяжением зародышевого корешка и гипокотиля. В результате кончик корня выталкивается из семени





- Затем начинается рост побега
- Прорастая в темноте, и корень, и побег ориентируются по гравитационному полю
- Когда побег достигает поверхности почвы, возникает светоростовая и фотоморфогенетическая реакции: рост гипокотиля и мезокотиля резко подавляется, усиливается рост эпикотиля (первого настоящего междоузлия и листьев)
- Крючок распрямляется
- Растение зеленеет и переходит к автотрофному питанию

1 - зародышевый корешок; 2 - стебелек; 3 - почечка; 4 - семядоли; 5 - главный корень; 6 - боковые корни; 7 - подсемядольное колено; 8 - первые настоящие листья; 9 - верхушечная почка

# Ювенильный период

К концу ювенильного периода растение накапливает значительную вегетативную массу.

Продолжительность ювенильного периода:

Однолетние травы – несколько недель

Древесные – несколько лет

Проростки отличаются от взрослых растений по:

- **Форме листьев**
- **Развитию верхушечной меристемы**
- **Внутреннему строению (папоротники)**

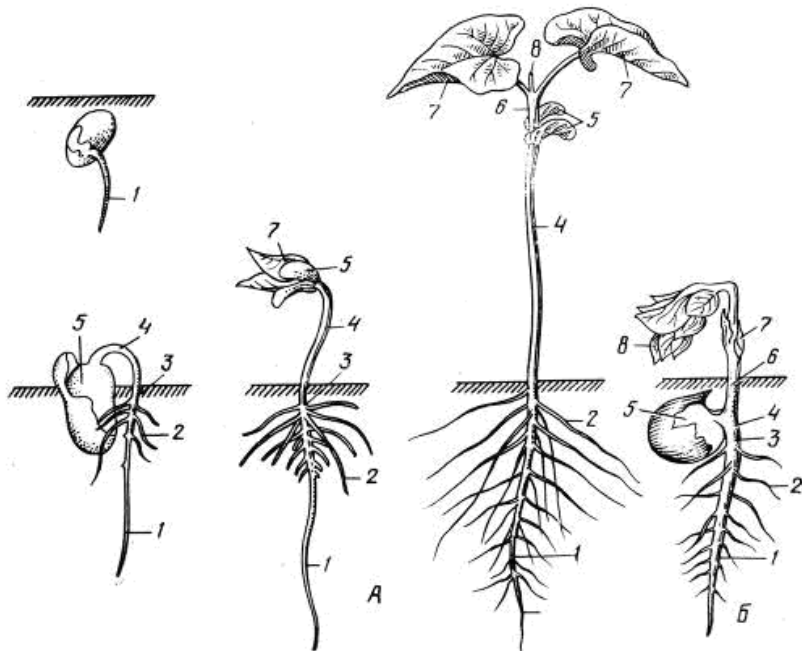


Рис. Проростки двудольных:  
А — фасоль (*Phaseolus vulgaris*); Б — горох (*Pisum sativum*); 1 — главный корень, 2 — боковые корни, 3 — корневая шейка, 4 — гипокотиль, 5 — семядоля, 6 — эпикотиль, 7 — лист, 8 — почка

# Ювенильный период

- В ювенильном периоде выделяют стадии:
- **Проросток**- сохраняются зародышевые органы (семядоли и остатки эндосперма)
- **Собственно ювенильная** – растение имеет семядоли и следующие листья, отличающиеся от листьев взрослых
- **Имматурная (полувзрослая)** – растение потеряло ювенильные черты, но не вполне взрослое
- Ювенильные растение имеют большую способность к корнеобразованию
- Ювенильность поддерживается особым соотношением гормонов



# Генеративный период



**Саговая пальма  
(Metroxylon sagu) –  
плодоносит 1 раз в  
возрасте 15-20 лет**

- От первого до последнего цветения
- Растение наиболее жизнеспособно
- Происходит закладка генеративных органов, цветение, созревание плодов и семян
- По особенностям репродуктивного периода растения делят на:
- **Монокарпики** – плодоносят 1 раз в жизни (однолетние, двулетние травы, некоторые многолетние – бамбуки, некоторые пальмы)
- **Поликарпики** – плодоносят многократно (многолетние травы, древесные и полудревесные)

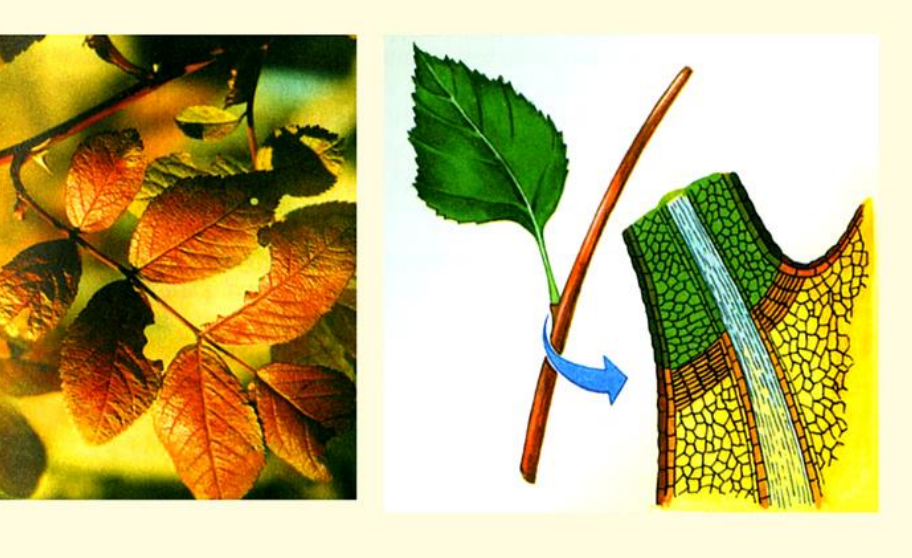


# Сенильный период (старость)



- От прекращения плодоношения до смерти
- Характеризуется ослаблением жизнедеятельности
- Однолетние растения отмирают целиком
- У многолетних трав ежегодно полностью отмирает только надземная часть
- У многолетних стареют и отмирают нижние листья
- У листопадных деревьев стареют и опадают все листья

# Старение листьев



- В процессе старения в листьях снижается содержание хлорофилла, белков, НК, разрушаются органоиды
- Активизируются гидролитические ферменты, что приводит к автолизу
- Старение завершается опадением органа
- Перед опадением листа или плода в основании черешка или плодоножки образуется **отделительный слой** – клетки ориентированы перпендикулярно оси черешка
- Размягчаются и растворяются клеточные стенки и срединные пластинки клеток отделительного слоя
- Этот процесс индуцируется этиленом, который вырабатывается стареющими листьями

# Рост

- Рост осуществляется за счет деления клеток меристем и их роста растяжением
- Существование меристем поддерживается за счет инициальных клеток
- В зависимости от расположения меристем различают:
- Верхушечный или апикальный рост
- Вставочный или интеркалярный
- Базальный – зона деления находится в основании (листья)



# Механизм роста клетки растяжением

- 1. Образование центральной вакуоли**
- 2. Накопление в ней осмотически активных веществ**
- 3. Поглощение воды → повышение тургорного давления**
- 4. размягчение и растяжение клеточных стенок**

Растяжение стенок сопровождается включением новых молекул полисахаридов

Растяжение регулируется гормональной системой.

Главную роль играет ИУК. Ауксин вырабатывается в апексе побега, затем перемещается в зону растяжения и индуцирует рост клеток

# Закономерности роста

1. *Растения растут в течение всей жизни*
2. **Согласованный рост** – клетки не перемещаются относительно друг друга, т. к. они связаны плазмодесмами
3. **Коррелятивный рост** – зависимость роста и развития одних органов от других.

*Например:*

- Развитие побега зависит от корня, поставляющего минеральные в-ва и гормоны
- Корни зависят от побега, поставляющего органические в-ва
- При плодоношении рост побегов замедляется
- **апикальное доминирование** – коррелятивное торможение верхушкой побега или корня, развития пазушных почек и боковых корней

- Ростовые корреляции используются в растениеводстве:
- Удаление верхушечной почки способствует развитию боковых
- **Пикировка**- Удаление верхушки главного корня способствует развитию боковых
- **Пасынкование** – удаление боковых побегов (томаты, виноград) способствует образованию более крупных плодов
- **Вершкование** – удаление соцветий (табак) – повышает выход листьев

# Периодичность роста

- Обусловлена внутренними и внешними факторами
- Суточные (Циркадные) ритмы: митотическая активность меристем
- Сезонные: годовые кольца
- На любых этапах онтогенеза характерно наличие периодов **покоя**: Покой на стадии эмбрионального развития (зиготы, семян), почек, побегов
- Покой может быть **вынужденным** – причиной являются неблагоприятные факторы среды (отсутствие влаги, низкая температура) и **физиологическим** – причины внутренние (соотношение гормонов ИУК и АБК)

# Различная интенсивность роста на разных этапах онтогенеза

- Выделяют 4 фазы роста:

**1. Начальный**

**2. Интенсивного роста**

**3. Замедления роста**

**4. Стабильного состояния**

Переход к репродуктивному состоянию сопровождается замедлением роста

# Влияние внешних факторов на рост

## Свет

- Свет задерживает скорость роста
- Чем сильнее освещенность, тем ниже скорость роста
- Днем рост медленнее, чем ночью
- при недостатке света растения вытягиваются, листья имеют уменьшенные размеры,
- задерживается развитие механических тканей и одревеснение клеточных стенок. Растения легко полегают
- Корневая система плохо развивается (недостаток питания и гормонов)



# Влияние света на рост растений



Рис. 2. Растения одуванчика, выросшие среди густого травостоя (1) и на открытом месте (2)



- Растения, выросшие в темноте называют ***этиолированными***
- они лишены зеленой окраски, листья недоразвиты



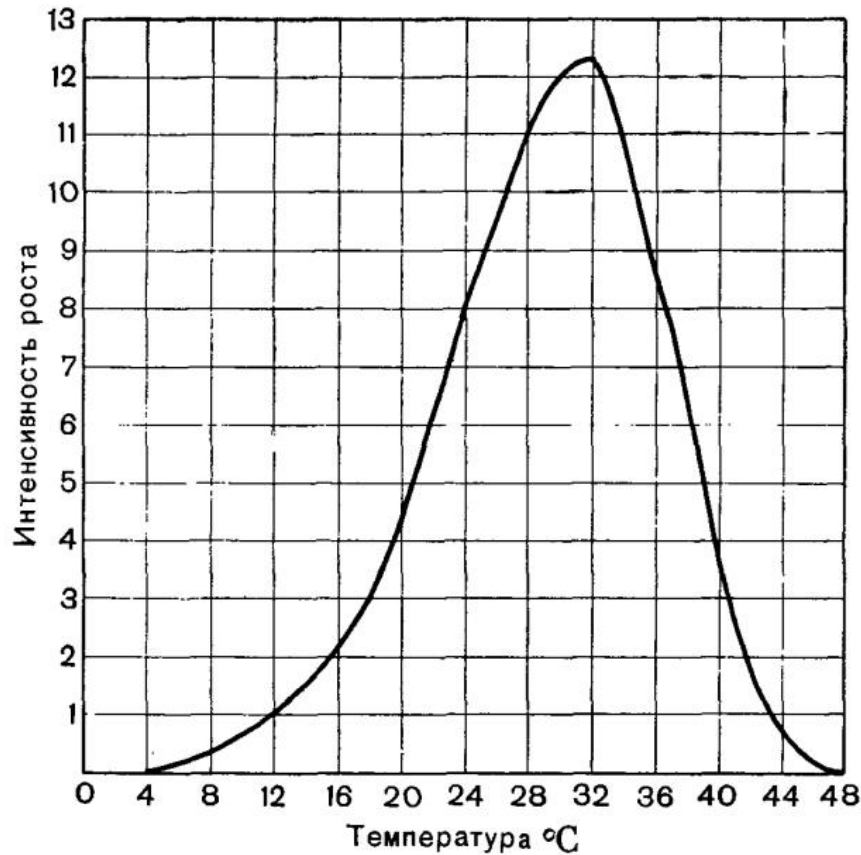
# Влажность

- При недостатке влаги рост замедляется, т.к. клетка растет путем растяжения (роста вакуоли)

# Кислород

- При недостатке кислорода рост замедляется

# Температура



- Зависимость роста от температуры отражает кривая нормального распределения выделяют: min, max, opt  $t^0$
- opt  $t^0$  у пшеницы 25 -31 $^0$
- Для кукурузы и тыквы — 37-44 $^0$

**Зависимость роста растений от температуры**

Растение	Температура, °C		
	минимальная	оптимальная	максимальная
Ячмень	0—5	25—31	31—37
Кукуруза	5—10	37—44	44—50
Тыква	10—15	37—44	44—50
Огурцы	15—18	31—37	44—50

# Гармонический оптимум

- Оптимальная температура для роста не является наиболее благоприятной для развития: растения, выросшие при более высокой  $t^0$  более слабые
- **гармонический оптимум** – температура, при которой растения получают наиболее крепкими
- Гармонический опт  $t^0$  не постоянен
- на более ранних стадиях развития гармонический оптимум ниже (это совпадает с сезонными изменениями температуры)

# Ростовые движения

```
graph TD; A[Ростовые движения] --> B[Тропизмы]; A --> C[Настии];
```

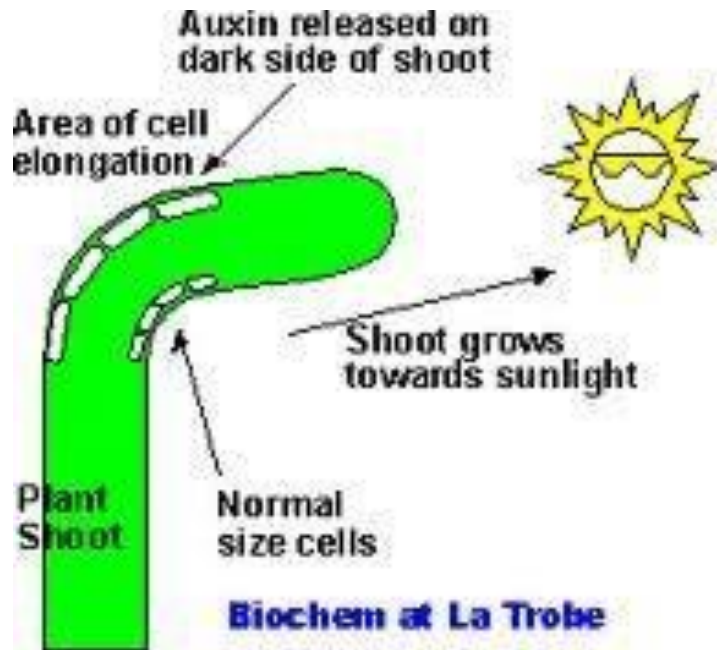
## Тропизмы

- обусловлены изгибанием органов в ответ на **односторонне** действующие факторы среды

## Настии

- обратимые движения органов (изгибы) с дорсивентральным строением в ответ на **диффузно** действующие факторы среды

# Тропизмы



- Осуществляются в растущих частях растения
- причина – более быстрый рост клеток путем растяжения с одной стороны
- Регулируются гормонами
- Индуцируются изменением электрических потенциалов под действием факторов среды, что приводит к ассиметричному транспорту ИУК
- «+» тропизм – движение в сторону раздражителя
- «-» тропизм – движение от раздражителя

# Тропизмы

- Благодаря тропизмам осуществляется ориентация органов в пространстве, обеспечивающая наиболее эффективное использование факторов питания и избегание вредных воздействий



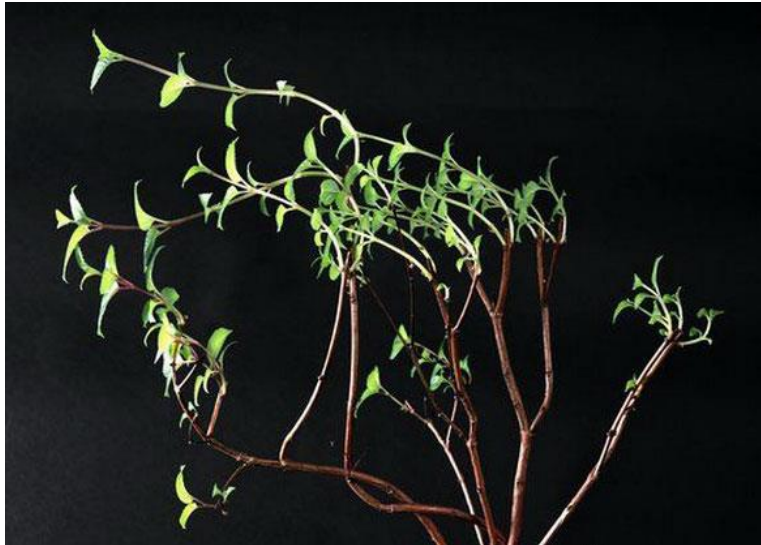
# Тропизмы



геотропизм

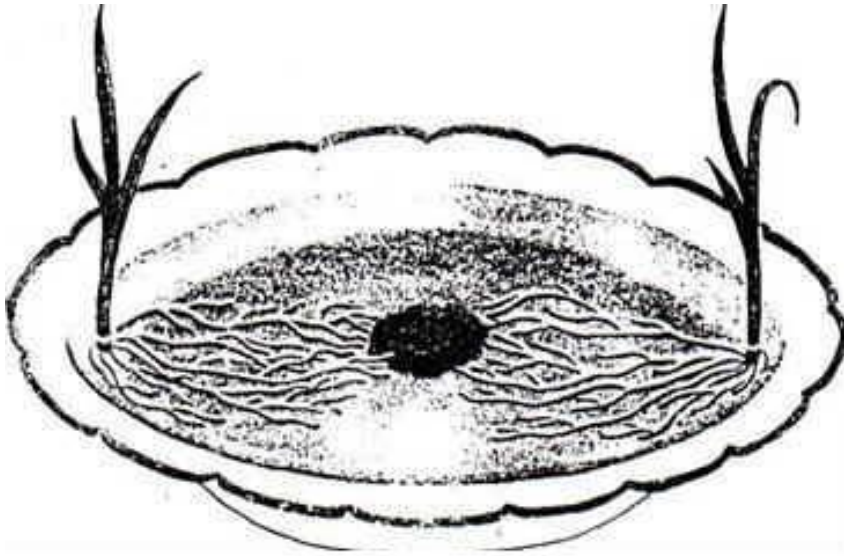
- Геотропизмы
- Фототропизмы
- Хемотропизмы
- Тигмотропизмы
- Гидротропизмы
- Аэротропизмы
- Электротропизмы
- Термотропизмы
- Травмотропизмы
- автотропизмы

# Фототропизм



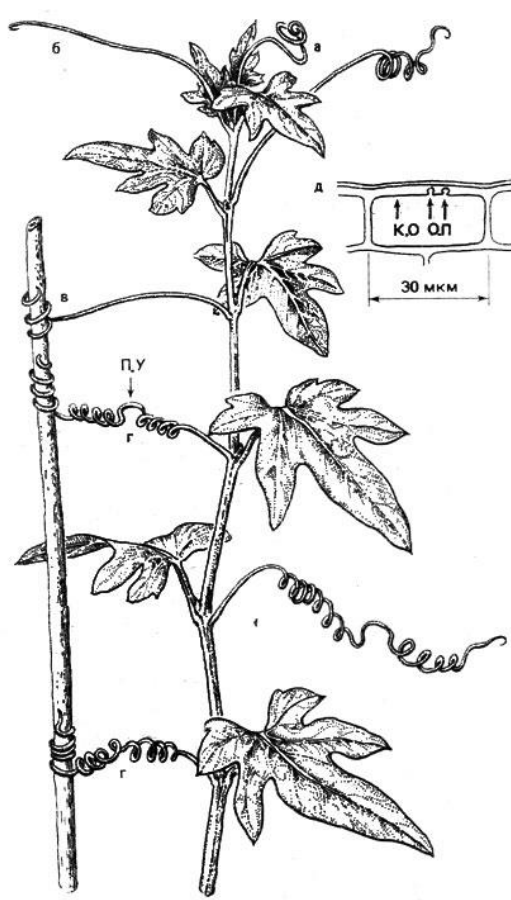
- Растение воспринимает разницу в количестве света между освещенной и теневой стороной  
Фототропические изгибы обусловлены различием в скорости роста растяжением на освещенной и неосвещенной стороне

# Хемотропизм



- Ростовая реакция на градиент химических веществ
- Обнаружен у корней, пыльцевых трубок, железистых волосков росянки, гифов грибов
- У корней хемотропическая чувствительность расположена на кончике
- Гифы гриба *Mucor* реагируют на концентрацию глюкозы 0,01%
- У корней наблюдается хемотропическая реакция на  $O_2$  и  $CO_2$

# Тигмотропизм



Ростовые движения на прикосновения (усики лазающих растений, листовые черешки, кончики воздушных корней)  
Автотропизмы – способность органа выправлять тропические изгибы после удаления раздражителя ( если прикосновение было кратковременным закрученный усик выпрямляется)





# Настии

- обратимые движения органов (изгибы) с дорсивентральным строением в ответ на **диффузно** действующие факторы среды (открывание и закрывание цветков при смене дня и ночи) настии происходят в результате неравномерного роста клеток растяжением: при более быстром росте верхней стороны (лист, лепесток) орган изгибается книзу (эпинастия), при более быстром росте нижней стороны орган изгибается кверху (гипонастия)
- Настические движения обеспечивают защиту органов (закрывание цветков) или захват предметов (усики, ловчие аппараты)



Лепестки тюльпана реагируют на изменение температуры в  $0,2^{\circ}\text{C}$

# Настии

- В зависимости от природы раздражителя:
- *Фотонастии*
- *Термонастии*
- *Гидронастии*
- *хемонастии*
- *Никтинастии*
- *Тигмонастии*
- *Сейсмонастии*
- *Электронастии*
- *травмонастии*



# Никтинастии- тургорные фотонастии (движения сна)



- Изменение освещения в течение дня вызывает ритмические движения листьев многих бобовых (фасоль, клевер)
- Обеспечивается специальными подушечками в сочленениях между стеблем и черешком
- В подушечках имеются специальные моторные клетки, которые изменяют тургор за счет транспорта ионов

# Сейсмонастии



Мимоза стыдливая опускает листья при сотрясении