

# Рост и развитие растений

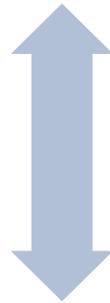
1. Особенности роста клеток
2. Влияние внешних условий на рост
3. Ростовые корреляции. Циркадные ритмы
4. Движения растений. Тропизмы и настии
5. Этапы развития растений
6. Регуляция процесса развития

# Рост и развитие – неотъемлемые свойства любого живого

организма

Критерии:  
Скорость нарастания  
массы

рост



разви  
е

Критерий:  
Переход растений к  
воспроизведению,  
репродукции (цветение)

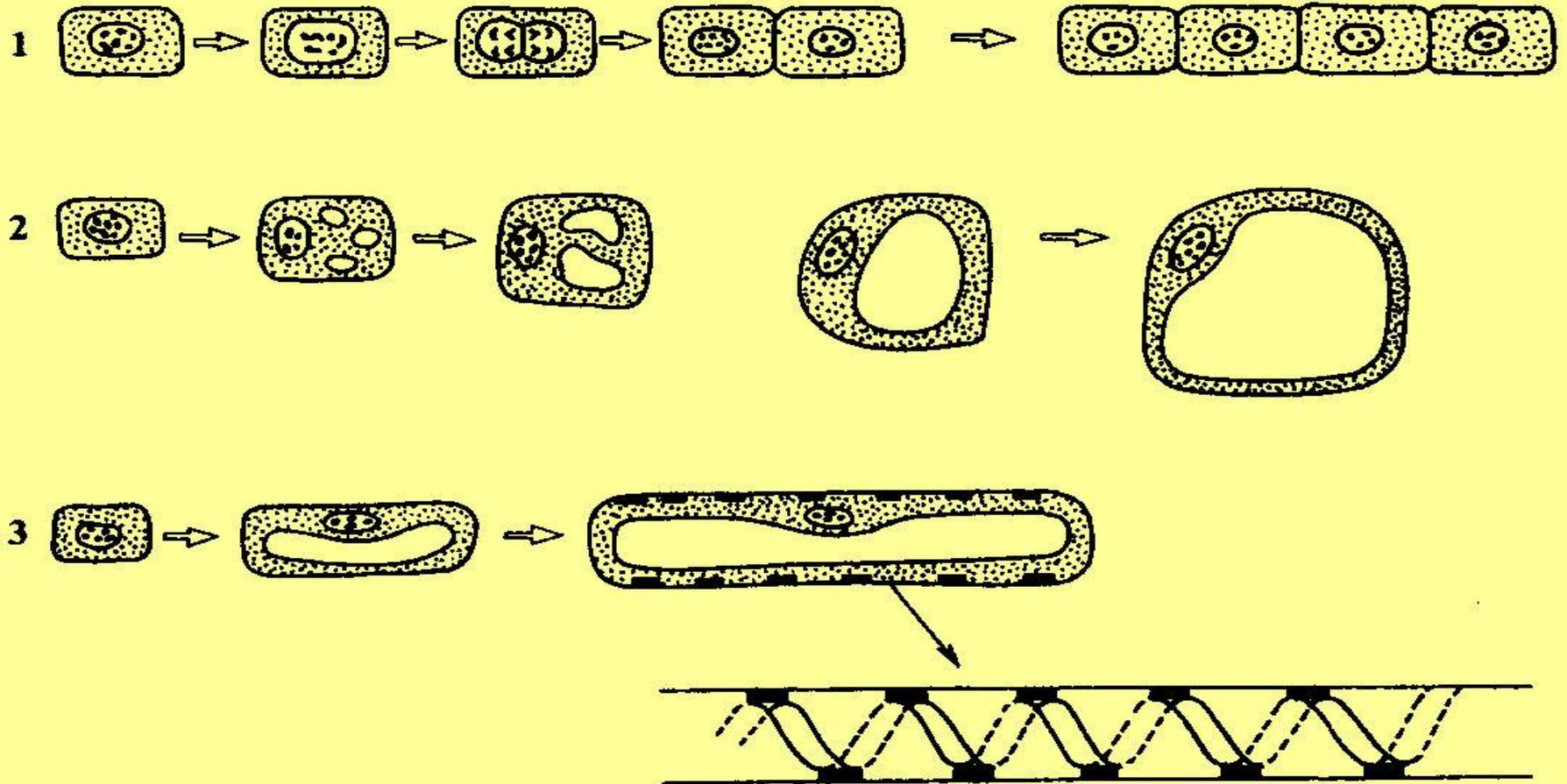
# Рост растений

- Рост – необратимое увеличение объема, массы растений, сопровождаемое новообразованием элементов структуры (органы, ткани, клетки) организма.

# Критерии роста

- Высота и толщина стебля
- Площадь листьев и стеблей
- Масса (сырая, сухая)
- Число клеток
- Содержание белка
- Содержание ДНК

# Фазы роста



Диаграммы, иллюстрирующие рост растительной клетки:

1 — деление клетки; 2 — растяжение клетки; 3 — дифференциация клетки

# I. Особенности роста клеток

## Эмбриональная фаза

- Делится на два периода: интерфаза (15-20ч.) и деление клетки (2-3ч.).
- Структура клетки в интерфазе имеет ряд особенностей: густая цитоплазма с хорошо развитой эндоплазматической сетью; мелкие вакуоли; множество рибосом (свободно располагающихся в цитоплазме) и митохондрий (не достигшие окончательного размера с густым матриксом и малоразвитыми кристами); ядро небольшого размера, с крупным ядрышком; хроматин в виде нитей; первичная клеточная оболочка тонкая, пронизана плазмодесмами.

- Интерфаза делится на три периода: предсинтетический ( $g_1$ ) – 3-8 ч., синтетический (S) – 10-11ч., постсинтетический ( $g_2$ ) – 4-5ч.
- Переход из одного периода в другой регулируется ферментом циклонезависимой протеинкиназой.
- Большую роль играет белок циклин. При переходе от  $g_1$  к S,  $g_2$  а далее митозу, происходит последовательное фосфолирование и дефосфолирование протеинкиназы, а также ее связывание с циклином и освобождение от него.

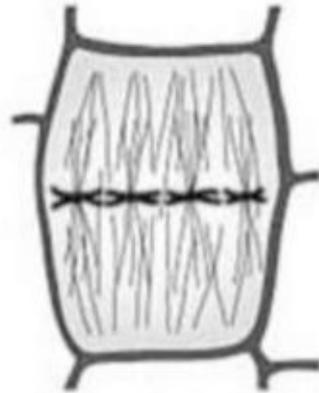
# Митоз растительной клетки



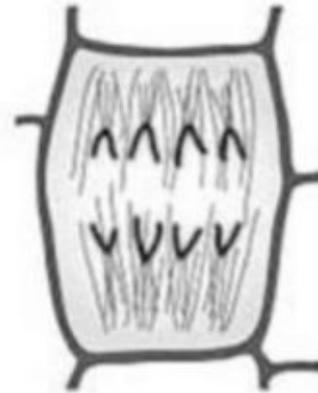
интерфаза



профаза



метафаза



анафаза



телофаза



- на конечной стадии митоза начинается деление клетки (цитокинез). В экваториальной области формируется клеточная стенка.
- В начале этого процесса происходит скопление микротрубочек и образуется фрагмопласт. Затем от аппарата Гольджи и ЭПС отделяются пузырьки (везикулы), содержащие галактауроновую кислоту. Везикулы сливаются и образуют клеточную стенку в форме диска. Удлиняясь она смыкается с продольными оболочками клетки. С двух сторон к клеточной мембране прилегают плазмолемма, а затем микрофибриллы целлюлозы. В результате образуется первичная клеточная оболочка.
- Т.о. между двумя дочерними клетками образуется трехслойное образование.

- Т.о. В первой фазе роста увеличение объема клетки происходит за счет деления и возрастания массы цитоплазмы. Одновременно идет формирование структурных компонентов клетки.
- Образовавшаяся в результате деления клетка вновь увеличивается в объеме и делится. После 3-5 делений, она переходит в новую фазу роста.

## Фаза растяжения

- Особенности структуры клетки: цитоплазма становится менее вязкой; Каналы ЭПС расширяются и в некоторых местах переходят в цистерны; мембары становятся шероховатыми; продолжается развитие крист; увеличение контакта между митохондриями и ЭПС; ядро имеет неправильную форму; размер ядрышка уменьшается; образуется центральная вакуоль.
- При переходе к фазе растяжения возрастает активность ферментов гликолиза и цикла Кребса. Увеличивается активность цитохромоксидазы, интенсивность дыхания возрастает, белок образуется в большом количестве.

Рост растяжением включает следующие этапы:

- Разрыхление связей между компонентами клеточной оболочки и увеличение её пластичности
- Поступление воды, которая давит на стенки, вызывает растяжение и увеличивает объем клетки
- Закрепление увеличения объема путем многосетчатого роста оболочки

- Наиболее характерным процессом для фазы растяжения является значительное увеличение объема клетки (возрастает 20-50, 100 раз) за счет усиленного поступления воды. Как известно, вода поступает в сторону меньшего водного потенциала ( $\Psi_{\text{в}}$ ), который зависит от отрицательного осмотического потенциала ( $\Psi_{\text{осм}}$ ) и потенциала давления ( $\Psi_{\text{давл.}}$ ).
- Клетка не повреждается и способна к растяжению благодаря тому, что в состав клеточной оболочки входят микрофибриллы .
- Рост клетки происходит тогда, когда тургор достигает своей пороговой величины и дальнейшее поступление воды возможно за счет необратимого растяжения клеточной оболочки.

## Фаза дифференциации

- В этой фазе процесс дифференцировки проявляется в определенных структурных признаках (форме, внутренней и внешней структуре).
- Процесс функциональной дифференциации клеток и накопление физиологических различий между ними, происходит во всех фазах роста.
- Определенные различия имеются уже между появившимися в период деления дочерними клетками, из которых в дальнейшем будут образовываться различные ткани.
- Это проявляется в химическом составе, морфологических особенностях. Очень изменяются клетки проводящей системы.

## II. Влияние внешних условий на рост

- **Температура.** Рост возможен в широких температурных границах. Для каждого растения, в зависимости от географического происхождения, характерны определенные температурные границы.
- Различают три температурные точки: *минимальная температура*, при которой рост начинается, *оптимальная* – наиболее благоприятная для ростовых процессов, и *максимальная*, при которой рост прекращается.

Растение	Температура, °С		
	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

- С повышением температуры от минимальной до оптимальной скорость роста резко возрастает.
- В области более низких температур, наблюдается быстрый рост при повышении температуры.
- Оптимальные температуры могут быть неодинаковыми для роста разных органов одного и того же растения.
- Растения интенсивнее растут в ночной период суток – термопериодизм (томаты).

- **Содержание воды.** Недостаток воды приводит к торможению роста растения. Снижается деление клеток и особенно их рост растяжением.
- насыщенность клетки или ткани водой называют *гидратурой* (%). За 100% принимается такая гидратура, при которой тело находится в равновесии с атмосферой, имеющей 100% относительную влажность. Рост происходит при 95% и выше.

- **Свет.** Оказывает огромное влияние на рост организма. Свет необходим для фотосинтеза, и поэтому накопление массы растения без света не идет.
- В отсутствие света происходит упрощение анатомической структуры стебля. Слабо развиваются ткани центрального цилиндра, механические ткани (но рост не прекращается) происходит несбалансированный рост.
- Так же свет необходим для синтеза хлорофилла. Ткани проростков способны проводить свет. Поэтому свет влияет на направление и темпы роста корневых систем и способствует их углублению.

- Изучение влияния отдельных участков спектра на перечисленные изменения (фотоморфогенез) показало, что чаще всего они вызываются при действии красного света с длиной волны около 660 нм. Для того чтобы свет оказал какое-либо физиологическое влияние, он должен быть поглощен каким-либо веществом. Таким веществом оказался пигмент фитохром. Было показано, что многие физиологические реакции, вызываемый облучением красным цветом, можно снять при облучении дальним красным светом( длина волны около 730 нм).

- Эти исследования привели к заключению, что фитохром существует в двух формах, который под влиянием облучении светом определенной длины волны могут переходить одна в другую. Фитохром, поглощающий красный свет, называют фитохром красной ( $\Phi_K$ ), а поглощающий дальний красный — фитохром в дальний красный ( $\Phi_{DK}$ ). При поглощении красного света (660 нм)  $\Phi_K$  переходит в  $\Phi_{DK}$ , а при поглощении дальнего красного света (730 нм)  $\Phi_{DK}$  переходит в  $\Phi_K$ .

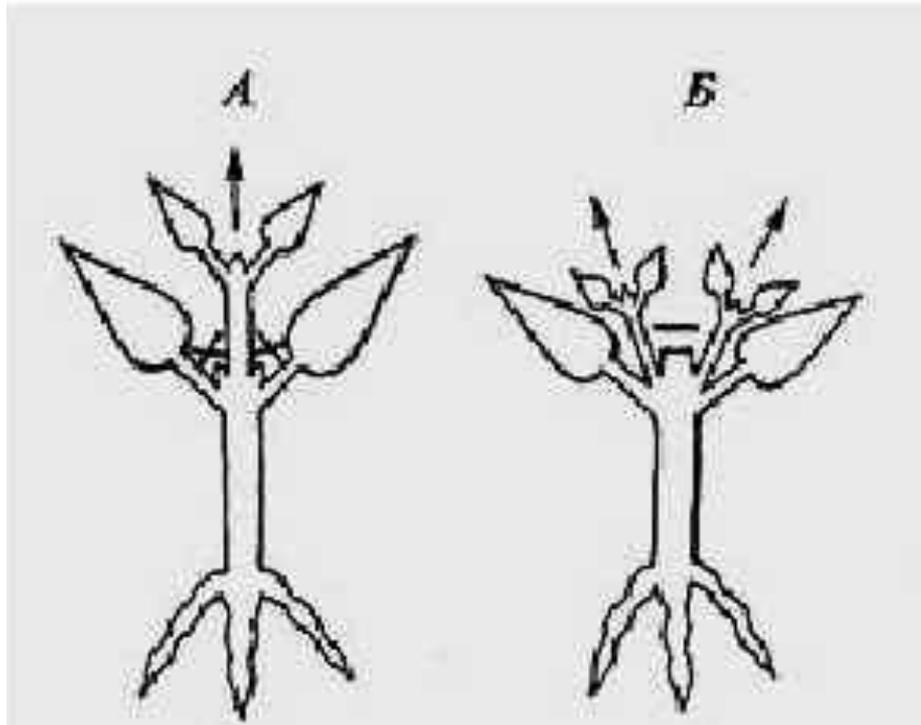
- **Снабжение кислородом.** Процессы роста требуют затрат энергии, источником которого является процесс дыхания.
- При снижении концентрации кислорода ниже 5% рост тормозится. Это происходит за счет нарушения энергетического баланса и накопления продуктов анаэробного обмена (спирт, молочная кислота).
- **Минеральное питание.** Для роста необходимы минеральные элементы. Особенно важен азот, так как он входит в состав белков и нуклеиновых кислот, а так же участвует в образовании двух основных групп гормонов, регулирующих ростовые процессы (ауксин и цитокинин).

# III. Ростовые корреляции.

## Циркадные ритмы

- Зависимость роста одной ткани от другой или роста одного органа от другого называют *коррелятивным ростом*. Корреляция проявляется на разных уровнях. Так если рассматривать на уровне отдельных тканей, дифференциация ксилемы ускоряется в присутствии меристематических клеток. Деление камбиальных клеток происходит интенсивно в зоне, расположенной под листом.
- Так же наблюдается взаимосвязь между ростом стебля и корня.
- Часто рост главного побега оказывает влияние на рост боковых.
- Удаление кончика корня вызывает усиленное ветвление.

- Торможение роста боковых побегов верхушечным органом называют *апикальным доминированием*. Ярко проявляется и у древесных растений



- Ростовые корреляции широко применяются в практике:
- Прищипывание кончика корня при высадке рассады овощных культур
- Пасынкование (удаление боковых побегов) томатов
- Чеканка (удаление верхушки) хлопчатника



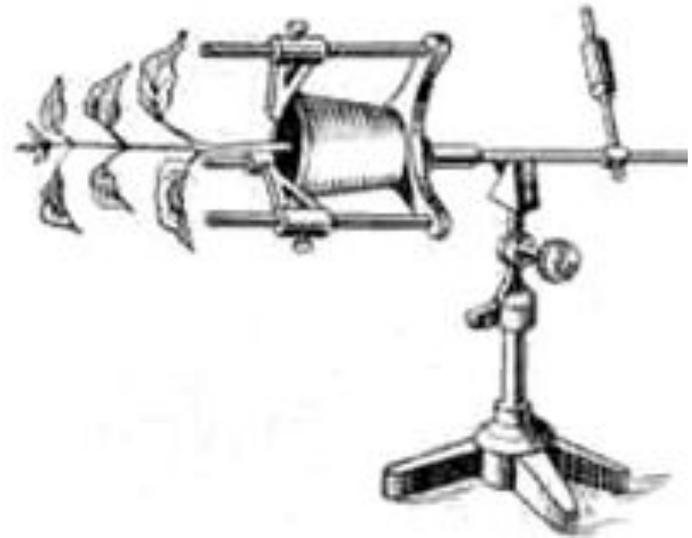
- Основное значение в обеспечении взаимного влияния органов принадлежит гормонам, а именно соотношению ауксинов и цитокининов (гормоны роста).
- Действия гормона ауксина, при одной и той же концентрации, стимулирует рост верхушечного побега и подавляет рост боковых почек. Ауксины, образовавшиеся в верхушечной почке, передвигается вниз, тормозят рост боковых точек. Удаление верхушки побега приводит к уменьшению концентрации ауксинов в боковых почках, в результате чего они трогаются в рост.
- Последнее время высказывается предположение, что под влиянием ауксинов накапливается этилен, что и вызывает торможение роста.
- Большую роль во взаимодействии органов играют и цитокинины. Действие цитокининов противоположно ауксинам. Есть мнение, что боковые почки не растут из-за недостатка цитокининов.

- **Циркадные ритмы.** Для растений характерны ритмические колебания некоторых процессов. В естественных условиях он составляет 24 часа (суточный). Это и есть циркадные ритмы.
- Они проявляется в скорости роста, митотической активности, движение листьев у ряда растений (фасоль, клевер) и других процессах.
- Измерение времени может осуществляться в организме по типу песочных часов. Здесь время измеряется как интервал, требующиеся для протекания какого-то процесса, идущего с постоянной скоростью. Например, накопление какого-то вещества (гормоны или соотношение гормонов).
- Второй возможный механизм изменения времени — это маятник-осциллятор, по ритмическим колебаниям, которые проходит определенные промежутки времени. Например, это могут быть две обратимые реакции образования того или иного вещества, ритмически изменяющегося.

# IV. Движения растений. Тропизмы и настии

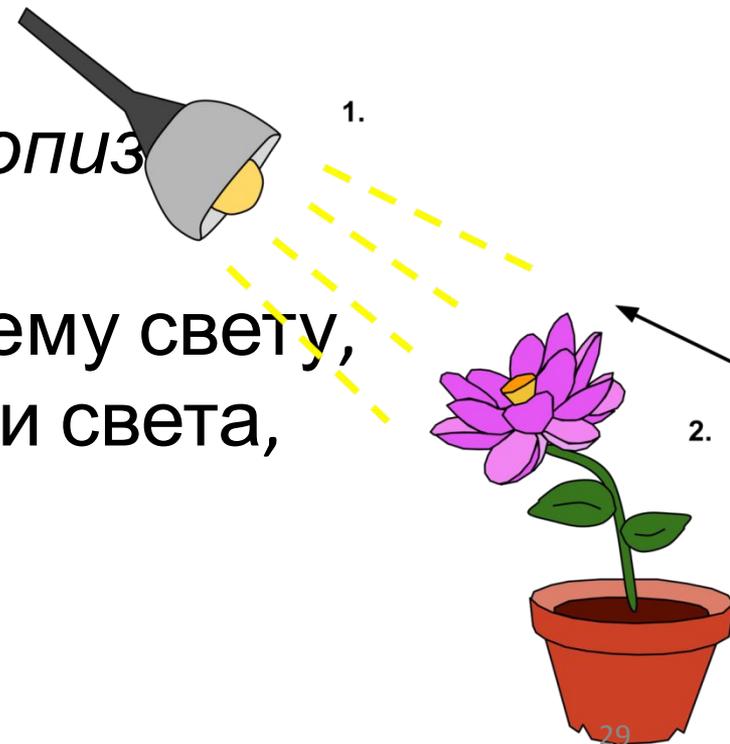
- Различают *ростовые* движения растений - это движение отдельных органов и *тургорные* движения растений - они связаны с изменением в тургорном напряжении отдельных клеток.
- Ростовые движения, бывает двух типов:
- *тропические движения, или тропизмы* - движение, вызванное односторонним действием какого-либо фактора внешней среды (света, сила земного притяжения и т.д.)
- *настические движения, или настии* - движение, вызванное общим диффузным изменением какого-либо фактора (света, температуры и др.).
- В зависимости от тропизма, различают *геотропизм, фототропизм, хемотропизм, тигмотропизм, гидратропизм.*

- **Геотропизм** - движение, вызванное односторонним влиянием силы тяжести.
- Если положить проросток горизонтально, то через определенный момент времени корень изгибается



КЛИНОСТА

- **Фототропизм** – движение, вызванное неравномерным освещением разных сторон органов.
- Если свет падает с одной стороны, стебель изгибается по направлению к свету — *положительный фототропизм*.
- Корни обычно изгибаются в направлении от света — *отрицательный фототропизм*.
- Если пластинки листьев перпендикулярны падающему свету, при большой интенсивности света, — это *диафототропизм*.



**Хемотропизм** – это изгибы, связанные с односторонним воздействием химических веществ.

- Это характерно для пыльцевых трубок и корней растений. Так, например, корни растений изгибаются по направлению к питательным веществам. Если питательные вещества располагаются отдельными очагами. То корни растут по направлению к этим



- **Гидротропизм** – это изгибы, происходящие при неравномерном распределении воды. Для корневых систем характерны положительный гидротропизм.
- **Аэротропизм** – ориентировка в пространстве, связанная с неравномерным распределением кислорода. Аэротропизм свойственен в основном корневым системам.
- **Тигмопропизм** – реакция растений на одностороннее механическое воздействие. Свойствен лишь лазающим и вьющимся растениям.

- Настические движения бывают двух типов:
- *Эпинастии* – изгиб вниз
- *Гипонастии* – Изгиб вверх
- В зависимости от фактора, вызывающего те или иные настические движения, различают:
- **Термонастии** – движения, вызванные сменой температуры. Ряд растений (тюльпаны, крокусы) открывают и закрывают цветки в зависимости от температуры. При повышении температуры – раскрываются (эпинастические движения), при снижении – закрываются (гипонастические движения)

- **Фотонастии** – движения, вызванные сменой света и темноты. Цветки одних растений (одуванчик) закрываются с наступлением темноты и открываются на свету. Других (табака) – открываются с наступлением темноты.
- **Никтинастии** – движения цветков и листьев растений, связанные с изменением света и температуры. Такое воздействие наступает при смене дня ночью (листья бобовых и кислицы)

- К тургорным движениям относят:
- **Сейсмонастии** – движения, вызванные толчком или прикосновением. Например, движения листьев у венериной мухоловки или стыдливой мимозы. В результате прикосновения листья мимозы опускаются, а листочки складываются. Эти движения связаны с потерей тургора нижней стороны листа. Значение подобной двигательной реакции заключается в предотвращении повреждений от ливневых дождей и сильных ветров.
- **Автонастии** – это самопроизвольные ритмические движения листьев, не связанные с какими-либо изменениями внешних условий (тропическое растение десмидиум).

# V. Этапы развития растений

- Этапы развития для семенных растений:
  1. Эмбриональный – от оплодотворения яйцеклетки до прорастания зародыша.
    - а) эмбриогенез – период , в котором эмбрионы находятся на материнском растении
    - б) покой – период от конца формирования семени и до его проростания
  2. Молодости (ювенильный) – от проростания зародыша до закладки цветочных зачатков (происходит усиленный рост)

3. Зрелости – от момента закладки цветочных зачатков до оплодотворения (появления новых зародышей)
4. Размножения – от оплодотворения до полного созревания семян
5. Старость – от периода созревания семян до отмирания
  - *Органогенез* – процесс формирования органов

- 12 этапов органогенеза для одно- и двулетних растений:
- На I и II этапах происходит дифференциация вегетативных органов
- На III и IV – дифференциация зачаточного соцветия
- С V по VIII – формирование цветков
- На IX – оплодотворение и образование зиготы
- На X-XII – рост и формирование семян

- Старение – активный процесс развития, который зашифрован в генетической программе и регулируется специфическими сигналами или импульсами, возникающими под влиянием условий среды.
- Апоптоз – генетически детерминированная смерть клеток, которая является обязательной частью развития клеток.
- Может проявляться в различных органах
- Происходит ряд изменений: реорганизуется цитоплазма, изменяется фрагментация ДНК, происходит распад ядра.
- Функция апоптоза – защита от патогенных организмов

- Некрозы – темные пятна мертвых клеток



Роль некрозов  
заключается в  
ИЗОЛЯЦИИ  
ТОКСИЧЕСКИХ  
Веществ для  
здоровых клеток

# VI. Регуляция процесса развития

- Процесс развития – переход от одного этапа в другой – обуславливается внутренними причинами, заложенными в генетической основе организмов



- **Влияние внешних условий на процесс развития.** Условия среды могут влиять на реализацию генетической информации и тем самым ускорять или замедлять наступление определенных этапов развития, в первую очередь переход растений от этапа молодости к этапу зрелости.
- Существует два типа регуляторных механизмов, которые влияют на переход растения от этапа молодости к зрелости: *автономный и индуцированный.*

- *Автономная регуляция* — это возрастной контроль, не зависящий от условий среды. Автономность надо понимать как возможность перехода к цветению вне зависимости от внешних условий.
- *Индукцированная регуляция* вызывается определенными факторами среды (температура и фотопериод).
- Зависимость перехода растений к цветению от температуры называют *яровизацией*.
- Зависимость перехода растений к цветению от соотношения длины дня и ночи в течение суток — *фотопериодизм*.

- **Яровизация** (зависимость развития от температуры). Для ряда растений переход к этапу зрелости (образование цветочных зачатков) происходит лишь после воздействия в течение определённого периода с пониженными температурами.
- Необходимо отметить, что яровизация не вызывает непосредственно перехода растений к репродукции, лишь подготавливает этот период.
- Яровизационные изменения происходят в точках роста. Для того чтобы произошли изменения, именно точка роста должна быть подвергнута действию пониженных температур.

- **Фотопереодизм.** Зависимость развития растений от соотношения длины дня и ночи в течение суток называют *фотопериодизмом*.
- Сущность фотопериодической реакции заключается в том, что циклическое чередование света и темноты переводит растение из вегетативного в репродуктивное состояние.
- Фотопериодизм это приспособительная реакция, позволяющая растением зацветать в определенное, наиболее благоприятное время года.

- По отношению к фотопериодической реакции зацветания все растения можно разделить на несколько групп:
- короткодневные растения (КДР), которые зацветают при длине дня больше определённой — критической продолжительности (южные растения).
- Длиннодневные растения (ДДР) — зацветающий при длине дня больше определенной критической продолжительности (северные растения).
- Нейтральные растения (НДР) — зацветают при любой длине дня.

- Фотопериодическая реакция растений наиболее успешно проходит лишь в лучах определенной длины волны. Наиболее активными в смысле задержки цветения КДР оказались красные лучи (660 нм).
- Действия вспышки красного (660нм) света на задержку цветения короткодневных растений снимается действием дальнего красного света.
- В ночной период  $\Phi_{\text{дк}}$  под влиянием дальних красных лучей превращается в  $\Phi_{\text{к}}$ , и это способствует началу реакции, приводящих короткодневные растения к цветению.

- Из этого следует, что для перехода к цветению короткодневных растений нужно меньшее содержание активного цитохрома, поглощающего дальние красные лучи, тогда как для перехода к цветению длиннодневных растений необходимо его более высокое содержание.