

Лекция 15

Общая характеристика водного режима растений

**Людмила Алексеевна
Барахтенова,
Доктор биологических наук,
профессор**

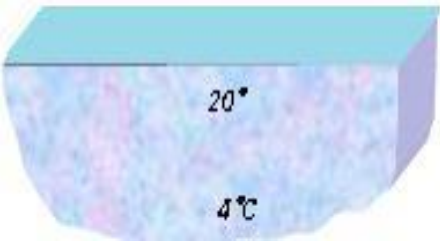
Основные вопросы

- **Отношение растений к воде, классификация.**
- **Водный баланс растения.**
- **Содержание и формы воды.**
- **Адаптации растений к условиям водного режима**
- **Роль листьев в регуляции водного баланса, типы устьиц, строение устьиц, устьичные движения.**
- **Влияние внешних факторов на движение устьиц**
- **Заключение**

Вода -это ...

- **Важнейший экологический фактор** для всего живого на земле.
- **Важнейший растворитель и метаболит**, необходимый для процессов обмена веществ со средой, что составляет основу жизни.
- **Главная составная часть тела растений.** Даже находясь в анабиозе, растения содержат воду; более того, запасы воды в растении постоянно пополняются из-за больших трат ее на испарение в связи с развитием большой фотосинтезирующей поверхности.
- **Фактор поддержания необходимого тургорного давления**, участвует в поддержании формы наземных растений как организмов не имеющих опорного скелета.
- **Непосредственная среда обитания** для большой группы растений, живущих в водоемах, морях и океанах.

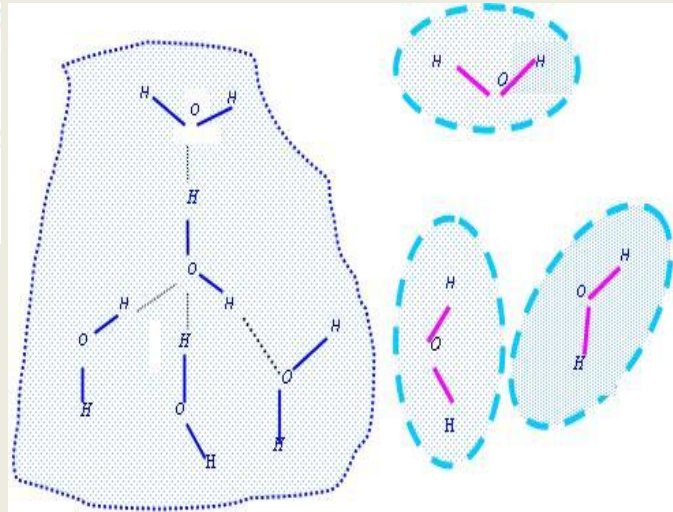
ФОРМЫ ВОДЫ: *твердая, жидкая, паробразная*



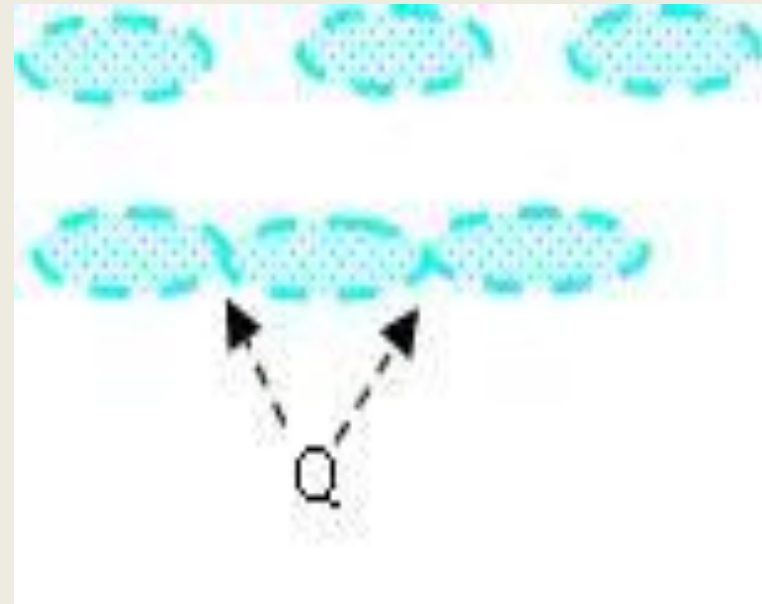
Твердая вода- лед.

Вода имеет максимальную плотность при 4° С, что несколько выше ее температуры замерзания (0°С).

При охлаждении от 4°С до 0°С вода расширяется. В кристалле льда расстояние между молекулами воды больше, чем в жидкой воде, а это значит, что кристалл льда больше объема той воды, из которой он образовался. Лед плавает на поверхности воды, создавая изолирующий слой, преграждающий доступ холодного воздуха.



Жидкая вода – свободные молекулы воды за счет водородных связей объединяются в агрегаты (H_2O)_n (кластеры или рои), чередуются с областями, где водородные связи отсутствуют или реализованы лишь частично, обладают однородной (ажурной) льдоподобной структурой, в пустотах которой находятся мономерные молекулы воды, не имеющие или имеющие малое число водородных связей

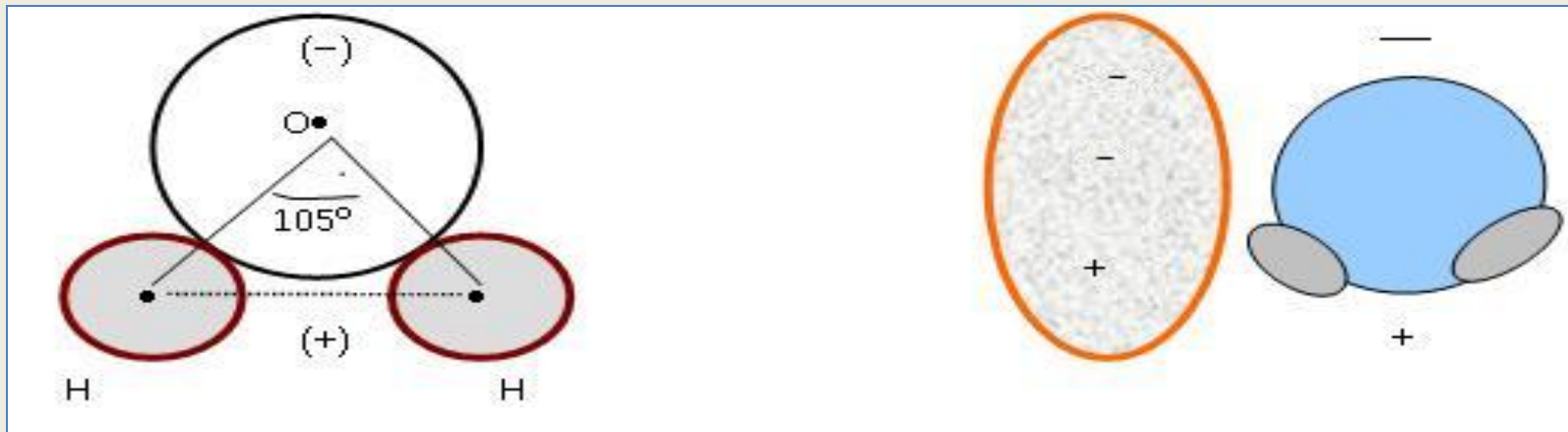


Паробразная вода – при повышении температуры происходит разрушение водородных связей между молекулами воды.

При полном отсутствии водородных связей вода переходит в пар.

Физико-химические свойства ВОДЫ

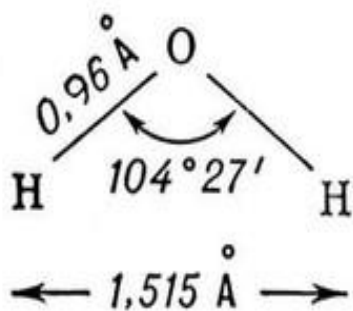
1. Молекула воды полярная и представляет из себя диполь ($\text{H}^{\delta+} - \text{O}^{\delta-}$).
2. Геометрическая форма (тетраэдр) молекулы вызывает разделение в пространстве «центров тяжести» отрицательного и положительного зарядов и образования диполя молекулы воды.



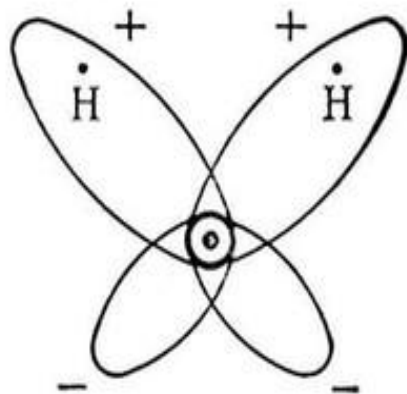
Проекция на плоскости

Условное изображение молекулы воды

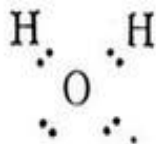
Геометрия молекулы воды



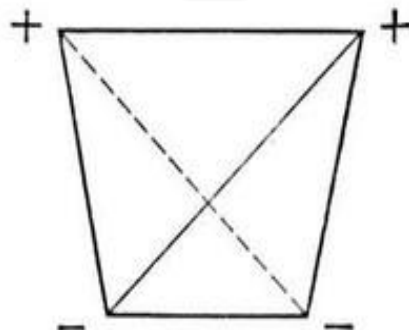
а



б



в



г

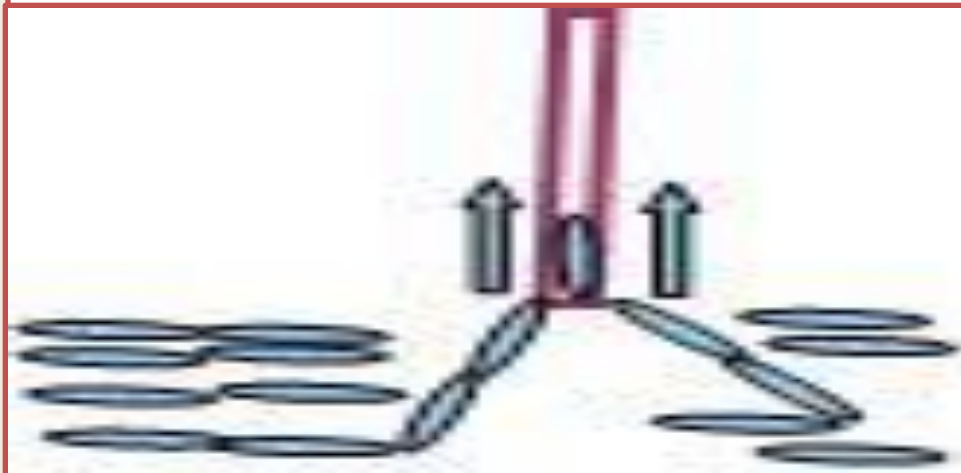
- а** — геометрия молекулы H_2O (в парообразном состоянии);
- б** — электронные орбиты в молекуле H_2O ;
- в** — электронная формула молекулы H_2O (видны необобществленные электронные пары);
- г** — четыре полюса зарядов в молекуле H_2O расположены в вершинах тетраэдра.

Явления когезии и адгезии.

Вода способна слипаться сама с собой (**когезия**) - поверхностное натяжение воды, из-за которого вода как бы покрыта кожицей:



Полярные молекулы воды притягиваются любой поверхностью, несущей электрический заряд (**адгезия**) - капиллярные свойства воды: способность подниматься по мелким порам клеточной стенки, сосудов, почвы. Молекулы воды



Содержание и формы воды в растении:

Содержание воды в различных органах растений зависит от:

- условий внешней среды,
- возраста и вида растений.
- органа растений: ➤

листья (80%)

стебли

корни

семена (10%)

Содержание воды различно по частям клетки:

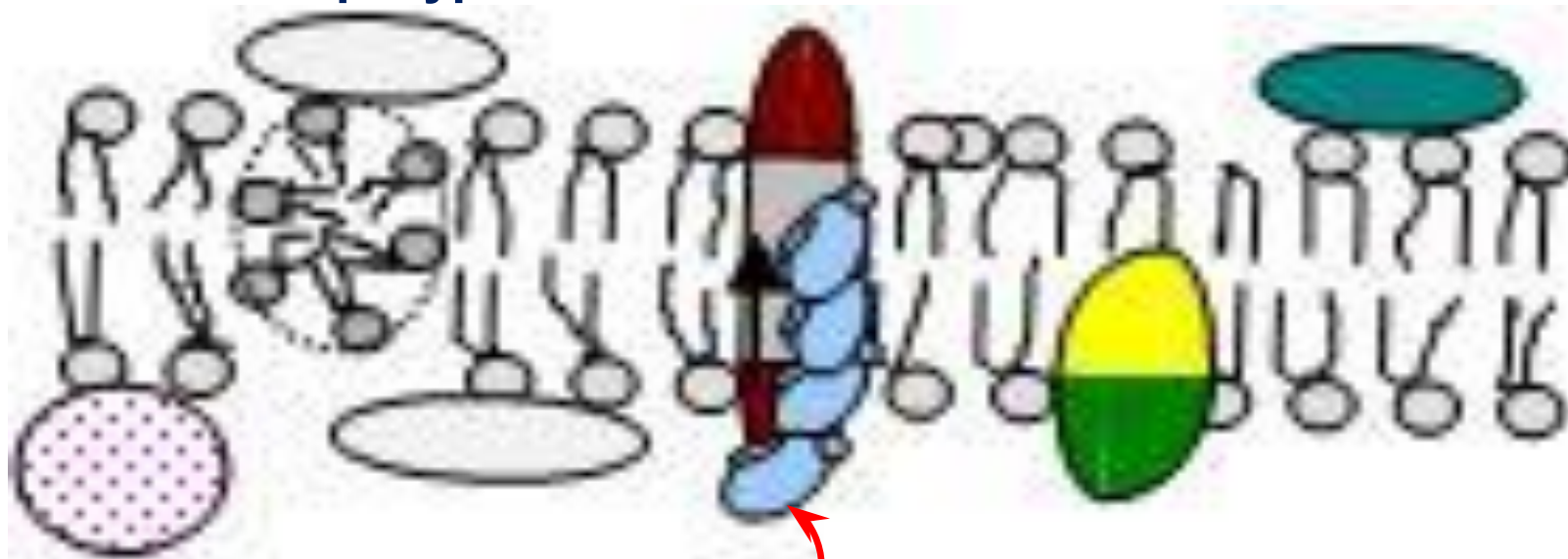
- вакуоля (90%) ➤ цитоплазма ➤ клеточная оболочка (30%)

▪ осмотически-
связанная
▪ свободная

▪ коллоидно-
связанная
▪ свободная
▪ осмотически-
связанная

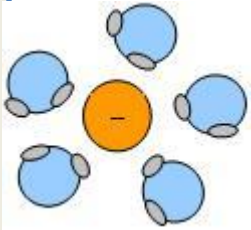
коллоидно-связанная

Свободная вода – подвижна, имеет практически все физико-химические свойства чистой воды, хорошо проникает через клеточные мембраны при помощи специальных белков, образующие внутри мембраны каналы, проницаемые для воды (**аквапорины**), вступает в различные биохимические реакции, испаряется в процессе транспирации, замерзает при низких температурах.



Белок аквапорин

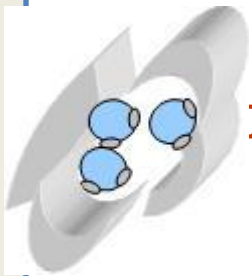
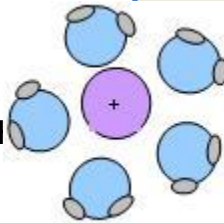
Связанная вода – имеет измененные физические свойства в результате взаимодействия с неводными компонентами: не замерзает при понижении температуры до -10°C , ее формы:



Осмотически- связанная. Связана с ионами или низкомолекулярными веществами. Вода гидратирует растворенные вещества – ионы, молекулы.

Вода электростатически связывается и образует мономолекулярный слой первичной гидратации. Вакуолярный сок содержит сахара, органические

кислоты и их соли, неорганические катионы и анионы. Эти вещества удерживают воду осмотически.



1 Коллоидно-связанная. Коллоидно-связанная вода – включает воду, которая находится внутри коллоидной системы и воду, которая находится на поверхности коллоидов и между ними, а также иммобилизованную воду. Иммобилизация представляет собой механический захват воды при конформационных изменениях макромолекул или их комплексов, при этом вода оказывается заключенной в замкнутом пространстве макромолекулы.

□ Капиллярно-связанная. Значительное количество коллоидно-связанной воды находится на поверхности фибрилл клеточной стенки, а также в биокolloидах цитоплазмы и матриксе мембранных структур клетки.

Классификация растений

по отношению к воде основа на:

- **приуроченности** растений к местообитаниям с разными условиями увлажнения;
- **выработке приспособлений** среди наземных растений. По этим признакам выделяется:

три основных экологических типа:
гигрофиты, мезофиты и ксерофиты.

Ксерофиты – от греческого xeros -сухой

Общая характеристика: растения засушливых областей, способны приспосабливаться к атмосферной и почвенной засухе. Представлены травами или низкорослыми кустарниками.

Характерные признаки :

- небольшие размеры испаряющей поверхности,
- небольшие размеры надземной части по сравнению с подземной,
- повышенное осмотическое давление клеточного сока, позволяющее использовать не только легкодоступную, но и труднодоступную почвенную влагу,
- высокая водоудерживающая способность тканей и клеток, обусловленная физиологическими и биохимическими особенностями,
- способность переносить глубокое обезвоживание тканей без потери жизнеспособности и восстановление нормального содержания воды в растении при возобновлении благоприятных условий,
- выработка сезонных ритмов, дающих возможность растениям использовать для вегетации наиболее

Типы ксерофитов

Суккуленты —

- очень стойкие к перегреву,
- устойчивые к обезвоживанию,
- во время засухи они не испытывают недостатка воды, потому что содержат большое количество ее и медленно расходуют.
- Корневая система у них разветвлена во все стороны в верхних слоях почвы, благодаря чему в дождливые периоды растения быстро всасывают воду.

Это: кактусы, алоэ, очиток, молодило и др.

Эвксерофиты —

- жаростойкие растения, хорошо переносят засуху,
- способны сбрасывать листья и даже целые ветви.
- имеют незначительную транспирация, высокое осмотическое давление,
- цитоплазма отличается высокой эластичностью и вязкостью,
- корневая система очень разветвлена, основная ее масса размещена в верхнем слое почвы.

Это: вероника сизая, астра мохнатая, полынь голубая, верблюжья колючка и др.

Гемиксерофиты, или полуксерофиты-

- неспособны переносить обезвоживание и перегрев.
- вязкость и эластичность протопласта у них незначительная,
- высокая транспирация, глубокая корневая система, которая может достигать подпочвенной воды, что обеспечивает бесперебойное снабжение растения водой.

Это: шалфей, резак обычный и др.

Стипаксерофиты –

- устойчивы к перегреву,
- хорошо используют влагу кратковременных дождей,
- выдерживают лишь кратковременную нехватку воды в почве.

Это: ковыль, тырса и другие узколистные степные злаки.

Пойкилоксерофиты — растения, не регулирующие своего водного режима.

Это в основном лишайники, которые могут высыхать до воздушно-сухого состояния и снова проявлять жизнедеятельность после дождей.

http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Euphorbia_virosa



www.cactuslove.ru



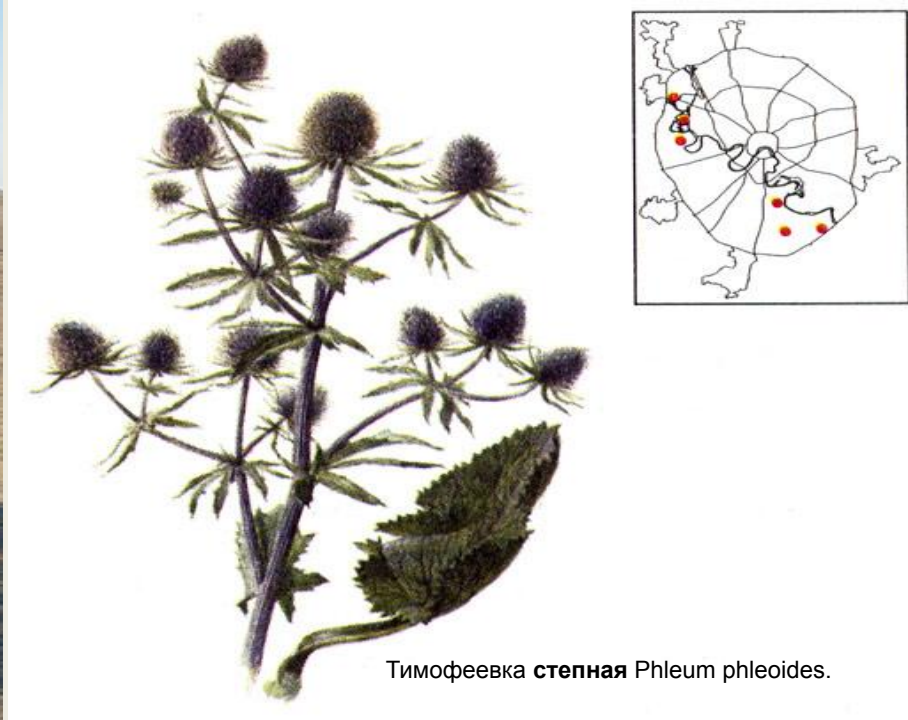
Цветение ксерофитов (Xerophyte plant portrait)

© Владимир Борисов / Фотобанк Лори



lori.ru/1967844





Тимофеевка **степная** *Phleum phleoides*.



Гигрофиты от греческого *híhros* — влажный

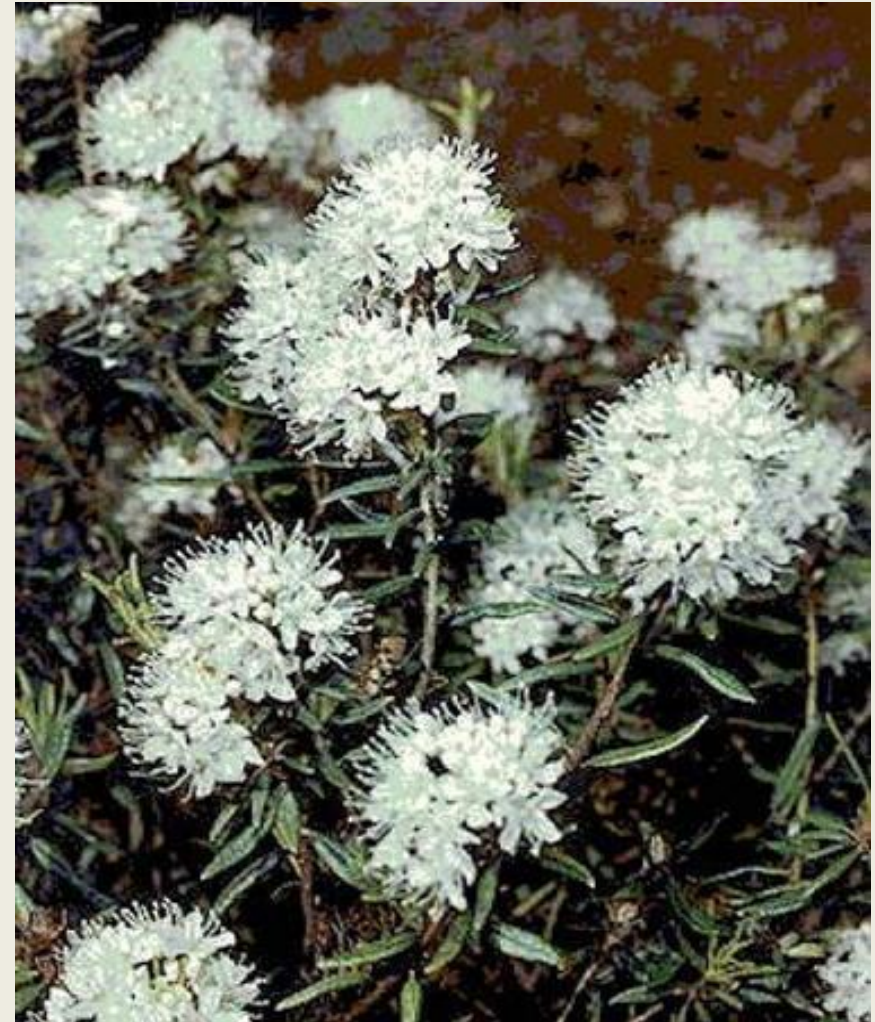
Общая характеристика:

- нет приспособлений, ограничивающих расход воды,
- большие размеры клеток и тонкостенная оболочка,
- тонкая кутикула и малоутолщенные внешние стенки эпидермиса,
- большие устьица и незначительное количество их на единицу поверхности, устьица широко открыты
- интенсивность транспирации очень высока: низкое осмотическое давление клеточного сока, незначительная водоудерживающая способность, приводящая к быстрой потере запасов воды.
- большая листовая пластинка,
- плохо развитые механические ткани,
- редкая сеть жилок в листе,
- длинный стебель,
- недостаточно развитая корневая система

Это: манник, багульник, брусника, лох...

Багульник болотный - *Ledum palustre* L.

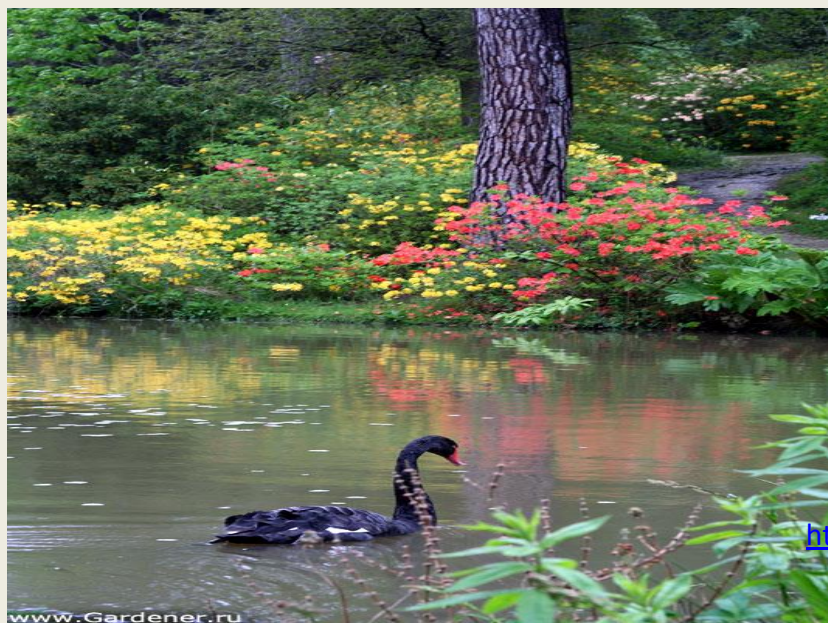
<http://doctortrav.ru/herbs/respiratory/article-147>



Болотные растения

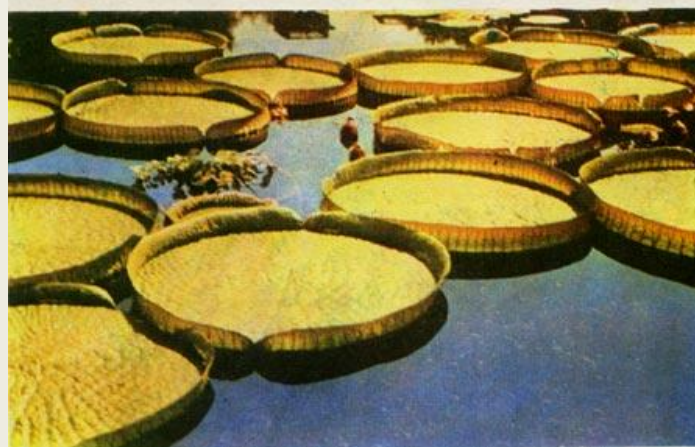


katoga.ru/forum/30-236-1



<http://ourflo.ucoz.ru/publ>

Гидрофиты



<http://mudream.ru/>

Мезофиты

от греческого mesos — средний, промежуточный

Общая характеристика.

- Растения произрастают в условиях достаточного увлажнения.
- Осмотическое давление клеточного сока у мезофитов высокое, они легко завядают.

Представлены луговыми злаками и бобовыми — пырей ползучий, лисохвост луговой, тимофеевка луговая, люцерна синяя и др.

Из полевых культур - твердые и мягкие пшеницы, кукуруза, овес, горох, соя, сахарная свекла, конопля, почти все плодовые (за исключением миндаля, винограда), многие овощные культуры (морковь, помидоры, капуста и др.).

Стратегии адаптаций растений к водному режиму

- 1. Структурные приспособления, направленные на уменьшение расхода воды:**
 - Общее сокращение транспирирующей поверхности: мелкие, узкие, сильно редуцированные листовые пластинки.
 - Уменьшение листовой поверхности в наиболее жаркие и сухие периоды вегетационного сезона.
 - Защита листьев от больших потерь влаги на транспирацию.
 - Усиленное развитие механической ткани.
 - Мелкие размеры устьиц и плотная их упаковка
- 2. Физиологические приспособления, направленные на повышение выживания в условиях недостатка воды:**
 - Повышение вязкости цитоплазмы.
 - Образование стрессовых белков.
 - Альтернативные изменения метаболизма
- 3. Онтогенетические – критические периоды роста**

Примеры **АДАПТАЦИЙ** растений к водному режиму

Структурные (особенности анатомического и морфологического строения):

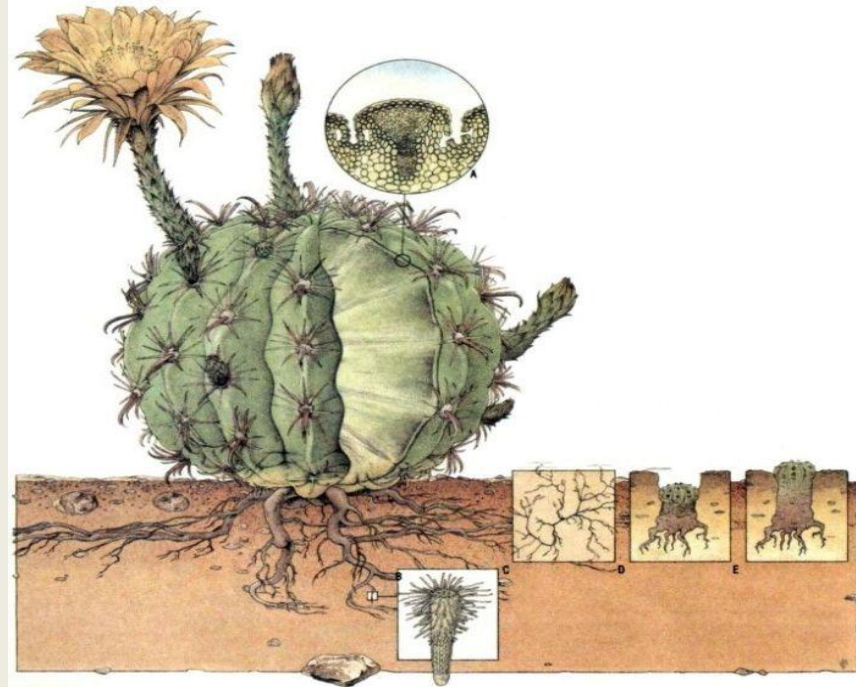
- Развитые поверхностные барьерные ткани - кутикула, корка, механические ткани и т. д.).
- Специальные органы защиты (жгучие волоски, колючки).
- Двигательные и физиологические реакции.
- Выработка защитных веществ (смола, фитонцидов, токсинов, защитных белков).

Физиологические:

- **Альтернативность фотосинтеза.** САМ-тип фотосинтеза суккулентных растений, сводящий к минимуму потери воды и крайне важный для выживания растений в пустыне и т. д.
- **Альтернативность дыхания.** Возможность использовать иные (неуглеводные) субстраты дыхания при снижении интенсивности фотосинтеза.

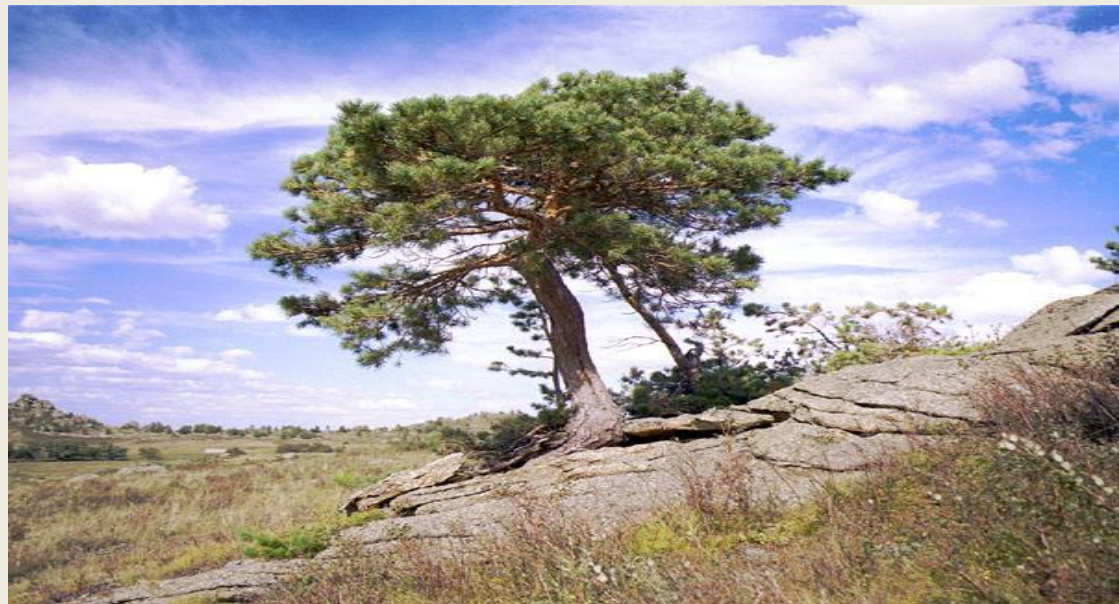
Онтогенетические:

- Очень чувствительны растения к недостатку воды в периоды наибольшего роста конкретного органа или всего растения = **критические периоды в онтогенезе растений**



Устьица кактусов спрятаны в углублениях (А) - уменьшает транспирацию. У кактусов **грубая наружная кожа**, покрытая обычно восковым налетом для сокращения водопотери.

Шарообразная форма кактусов увеличивает до предела их объем, уменьшает до минимума площадь поверхности. **Выступы и впадины** на «теле» - уменьшает повреждение тканей во время неизбежного сжатия, сопровождающего водопотерю. **Корни** кактусов проникают на глубину до 6 м в поисках воды.



Сосна на скале.
из серии [Горный алтай](#)
автор: [Вячеслав Моргачёв, http://hieru.ru](http://hieru.ru)

Экспертная комиссия по засухе ([Drought Policy Review Expert Social Panel](#)) при правительстве [Австралии](#) рекомендует журналистам исключить из лексикона слово «засуха» (drought), заменив его на политкорректное слово «сухость» (dryness), сообщает [Telegraph](#). По мнению комиссии, это позволит фермерам, страдающим от многолетней нехватки воды, свыкнуться с текущим положением дел. Тем более что, по прогнозам климатологов, убийственная «сухость» продлится в Австралии еще несколько лет.



Адаптации листа-

***определенные закономерности в строении и функционировании
листьев***

в зависимости от расположения их на растении:

- **изменения в анатомическом строении, верхние листья:**
 - наблюдаются закономерные изменения в сторону усиления ксероморфизма (закон Заленского).
 - характеризуются ксерофилией, т. е. образованием структур, способствующих повышению засухоустойчивости.
- **изменения в физиологическом отношении, верхние листья:**
 - отличаются более высокой ассимиляционной способностью ,
 - имеют более интенсивный обмен веществ,
 - имеют более интенсивную транспирацию.



Слева направо.

Различные виды листьев.

Верхняя сторона листа (увеличено).

Нижняя сторона листа (увеличено).

Шалфей лекарственный *Salvia officinalis* L.,

<http://dic.academic.ru>

Анис обыкновенный — *anisum vulgare g.*

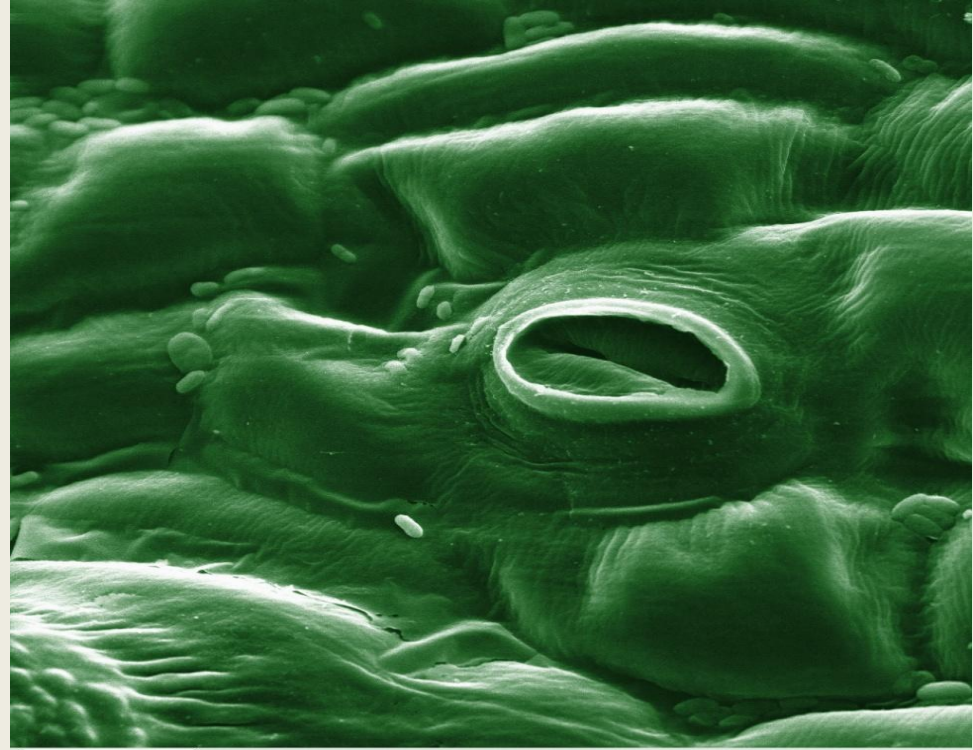
<http://fitoapteka.org>

Нижние листья цельные, с длинным черешком, надрезанно-зубчатые по краям, верхние сидящие на узком влагалище, дваждыперистые с линейно-ланцетными дольками.

Типы устьиц

Количество сопровождающих клеток и их расположение относительно устьичной щели позволяют выделить ряд типов устьиц:

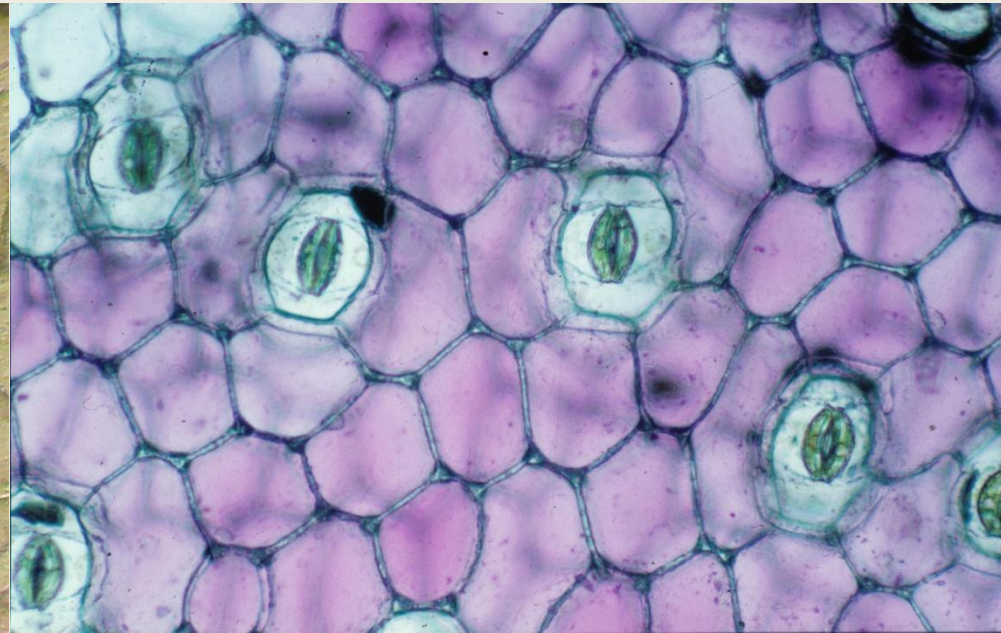
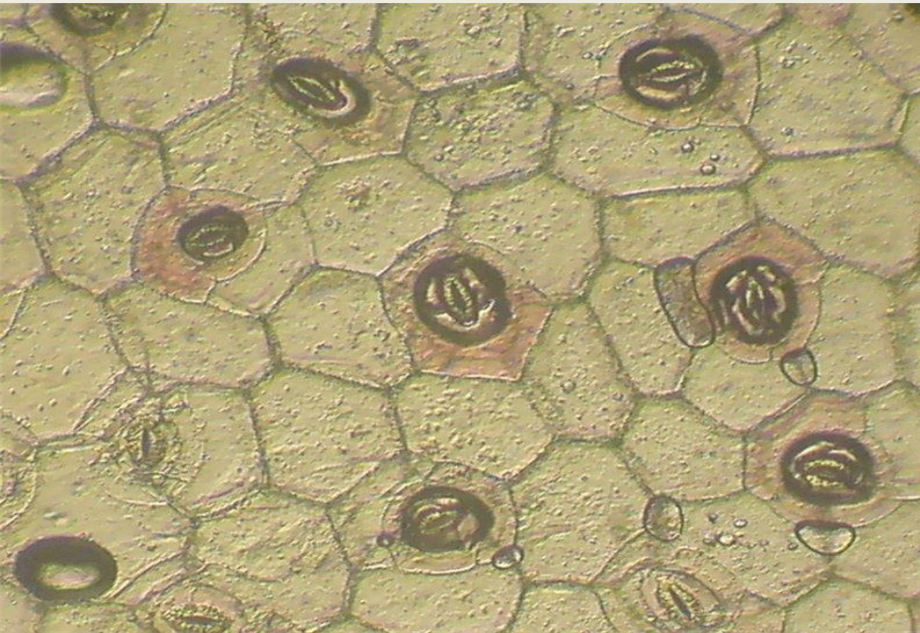
- **аномоцитный** - сопровождающие клетки не отличаются от остальных клеток эпидермиса, тип весьма обычен для всех групп высших растений;
- **диацитный** – есть две сопровождающих клетки, общая стенка которых находится под прямым углом к замыкающим клеткам;
- **парацитный** - сопровождающие клетки располагаются параллельно замыкающим и устьичной щели;
- **анизоцитный** - замыкающие клетки окружены тремя сопровождающими, одна из которых заметно крупнее или мельче остальных, цветковых растений;
- **тетрацитный** - четыре сопровождающие клетки, однодольные;
- **энциклоцитный** - сопровождающие клетки образуют узкое колесо вокруг замыкающих клеток;
- **актиноцитный** - несколько сопровождающих клеток, радиально расходящихся от замыкающих клеток;
- **перицитный** - замыкающие клетки окружены одной побочной сопровождающей клеткой, устьице не соединено с сопровождающей клеткой антиклинальной клеточной стенкой;
- **десмоцитный** - замыкающие клетки окружены одной сопровождающей клеткой, устьице соединено с ней антиклинальной клеточной стенкой;
- **полоцитный** - замыкающие клетки окружены одной сопровождающей клеткой не полностью: к одному из устьичных полюсов примыкает одна или две эпидермальные клетки; устьице прикреплено к дистальной стороне единственной сопровождающей клетки, имеющей U-образную или подковообразную форму;
- **стефаноцитный** - устьице, окружённое четырьмя или более (обычно пять-семь) слабодифференцированными сопровождающими клетками, образующими более или менее отчётливую розетку;
- **латероцитный** - такой тип устьичного аппарата рассматривается большинством ботаников как простая модификация аномоцитного типа.

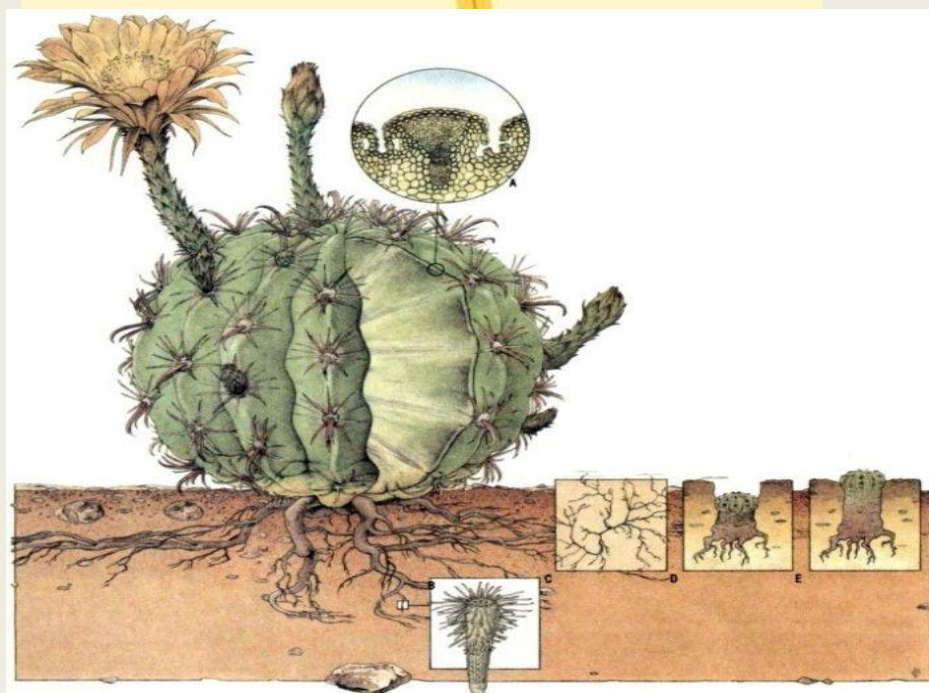
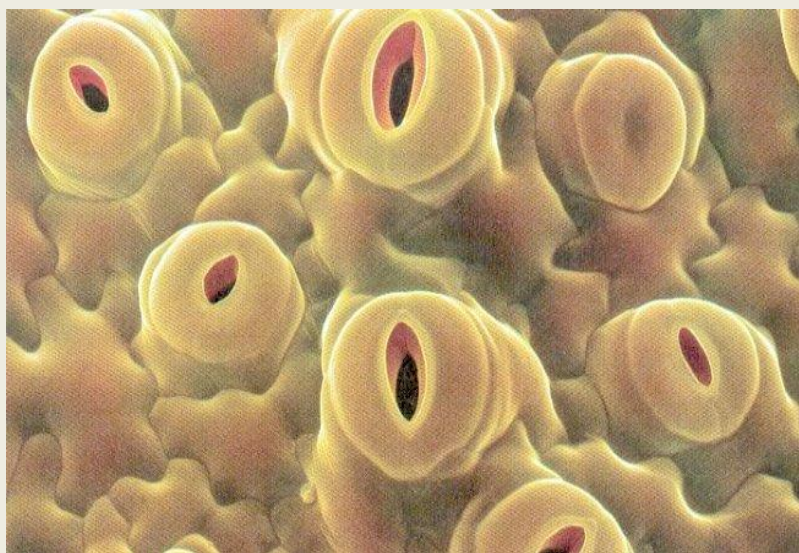
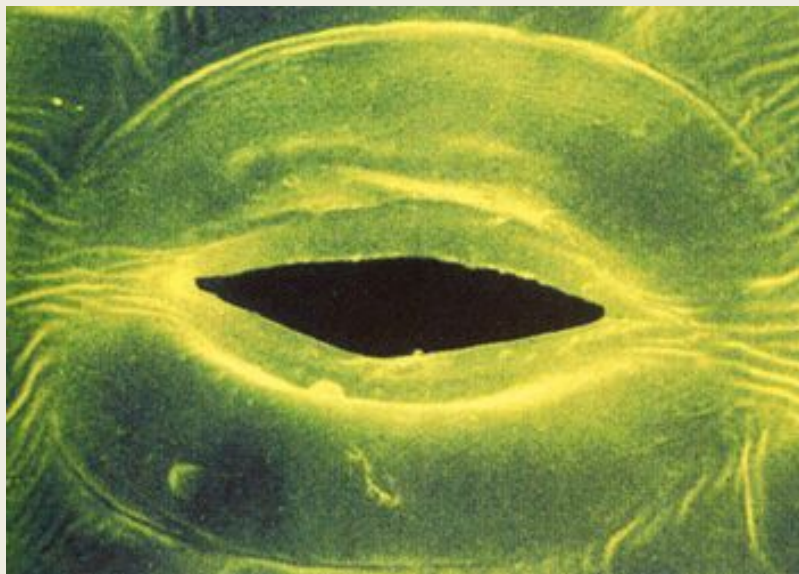


10 μ m

Tomato leaf stomate 1

1/14/0 REMF





Устьичные движения

1. **Гидропассивные** — это закрывание устьичных щелей, вызванное тем, что окружающие паренхимные клетки переполнены водой и механически сдавливают замыкающие клетки. В результате устьица не могут открыться и устьичная щель не образуется. Гидропассивные движения наблюдаются после сильных поливов и могут служить причиной торможения процесса фотосинтеза.
2. **Гидроактивные** — это движения, вызванные изменением в содержании воды в замыкающих клетках устьиц.
3. **Фотоактивные** — эти движения проявляются в открывании устьиц на свету и закрывании в темноте.

Факторы, влияющие на открывание и закрывание устьиц

1. Содержание воды в листе

- Клеточные стенки замыкающих клеток имеют неодинаковую толщину. Внутренняя часть стенки, примыкающая к устьичной щели, более толстая, а внешняя — более тонкая. По мере того как замыкающая клетка осмотическим поглощает воду, более тонкая и эластичная часть ее клеточной стенки растягивается и оттягивает внутреннюю часть стенки. Замыкающие клетки принимают полукруглую форму и устьица раскрываются.
- При недостатке воды замыкающие клетки выпрямляются и устьичная щель закрывается.
- По мере увеличения водного дефицита в тканях растения повышается концентрация ингибитора роста абсцизовой кислоты; подавляет деятельность H^+ -насосов в плазмалемме замыкающих клеток, снижается их тургор и устьица закрываются, ингибируется синтез фермента α -амилазы, что приводит к снижению гидролиза крахмала. По сравнению с низкомолекулярными углеводами крахмал не является осмотически активным веществом, поэтому сосущая сила замыкающих клеток уменьшается и устьица закрываются.

2. Содержание углекислого газа

- Если концентрация CO_2 в подустьичной полости падает ниже 0,03 %, тургор замыкающих клеток увеличивается и устьица открываются.
- Повышение концентрации CO_2 в воздухе вызывает закрытие устьиц. Это происходит в межклетниках листа ночью, когда в результате отсутствия фотосинтеза и продолжающегося дыхания уровень углекислого газа в тканях повышается.

3. Содержание ионов калия.

- На свету замыкающие клетки устьиц содержат значительно больше калия, чем в темноте. При открывании устьиц содержание калия в замыкающих клетках увеличивается в 4 раза при одновременном снижении его содержания в сопутствующих клетках.
- В темноте ионы калия выделяются из замыкающих клеток и устьица закрываются.

Л
о
г
и
ч
е
с
к
и
й
д
и
к
т
а
н
т

Свет

Фотосинтез в замыкающих клетках

Уменьшение содержания CO_2

Повышение содержания АТФ

Повышение pH

Гидролиз крахмала

Увеличение содержания сахаров

Повышение содержания ионов K^+

Повышение концентрации клеточного сока.
Понижение осмотического и водного потенциала в замыкающих клетках по сравнению с окружающими клетками

Вода поступает в замыкающие клетки устьиц

Устьица открываются

Заключение

- **ВОДА ВАЖНЕЙШИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ.**
- **СОДЕРЖАНИЕ И ФОРМЫ ВОДЫ В РАСТЕНИИ ИЗМЕНЯЮТСЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КЛЕТКИ, ТКАНИ , ОРГАНА И ЦЕОГО РАСТЕНИЯ.**
- **В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ РАСТЕНИЯ ВЫРАБОТАЛИ РАЗНООБРАЗНЫЕ АНАТОМО-МОФРОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ВЫЖИВАНИЕ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ (СТРУКТУРНЫЕ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ).**
- **ПО ОТНОШЕНИЮ К УСЛОВИЯМ УВЛАЖНЕНИЯ РАСТЕНИЙ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА ТРИ ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ: КСЕРОФИТЫ, ГИГРОФИТЫ И МЕЗОФИТЫ.**
- **ВАЖНЕЙШЕЙ АДАПТАЦИЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ АДАПТАЦИЯ ЛИСТА, НА ВЕРХНИХ И НИЖНИХ СТОРОНАХ КОТОРЫХ НАХОДЯТСЯ УСТЬИЦА, ПРИ ПОМОЩИ КОТОРЫХ РЕГУЛИРУЕТСЯ ВОДНЫЙ БАЛАНС РАСТЕНИЙ.**

Дополнительно: web-ресурсы

<http://portaleco.ru/osnovy-ekologii/voda-zhiznenno-neobhodima-dlja-processov-obmena-veshchestv-v-kletke.html>