

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Факультет среднего профессионального образования

Суделовская А.В.

## **БОТАНИКА И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**

### **Раздел III. Физиология растений**

Учебное пособие  
для практических занятий и самостоятельной работы  
студентов факультета СПО  
специальности 35.02.05 Агрономия

Брянская область  
2021

УДК 581.1 (07)  
ББК 28.57  
С 89

Суделовская, А. В. Ботаника и физиология растений. Разд. Ш. Физиология растений: учебное пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов факультета СПО специальности 35.02.05 Агротехнология / А. В. Суделовская. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. – 29 с.

Учебное пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов факультета СПО специальности 35.02.05 Агротехнология Ботаника и физиология растений Раздел Ш. Физиология растений разработано в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и предназначено для проведения практических занятий по темам курса, позволяет получить теоретические знания и выработать необходимые практические навыки.

Рецензент: к.с.-х.н., доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ В.Е. Мамеева

Рекомендовано к изданию цикловой методической комиссией факультета среднего профессионального образования, протокол № 3 от 11 января 2021 г.

© Брянский ГАУ, 2021  
© Суделовская А.В., 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Ботанические знания зародились и быстро накапливались с практической деятельностью человека. Ботаника как наука сформировалась более 2000 лет назад. Основоположниками были выдающиеся деятели древнего мира Аристотель (384 - 322 гг. до н. э.) и Теофраст (371 - 286 гг. до н. э.). Они обобщили накопленные сведения о разнообразии растений и их свойствах, приемах возделывания, размножения и использовании, географическом распространении. Ботаника и физиология растений - одна из старейших естественных наук. Первоначальное познание растений было связано с использованием их в хозяйстве и быту человека для питания, одежды, врачевания и пр.

В наши дни ботаника и физиология растений представляет собой большую многоотраслевую науку. Общая задача состоит в изучении отдельно взятых растений и их совокупностей – растительных сообществ. Структура и закономерности роста растений, их отношения с окружающей средой, закономерности распространения и распределения отдельных видов и всего растительного покрова на земном шаре; происхождение и эволюция царства растений, причины его разнообразия и классификация; запасы в природе хозяйственно ценных растений и пути их рационального использования, разработка научных основ введения в культуру (интродукции) новых кормовых, лекарственных, плодовых, овощных, технических и других растений - далеко не полный перечень вопросов, которые рассматриваются ботаническими науками.

### *Значение растений в природе и жизни человека.*

Континенты нашей планеты, составляющие 150 млн. км<sup>2</sup>, в основном покрыты растительностью. Только ледяные пространства полюсов и высочайшие вершины гор не имеют растительности. Площади, занятые морями и океанами (акватории), составляют около 360 млн. км<sup>2</sup>. Здесь широко представлены водные растения.

Подавляющее число растений имеет зеленый цвет, обусловленный зеленым пигментом хлорофиллом, сосредоточенным в особых органеллах растительных клеток — хлоропластах. Уникальное свойство хлорофилла - участие в сложнейшем процессе трансформации электромагнитной энергии солнечного луча в химическую энергию органических веществ (фотосинтез). Процесс фотосинтеза разворачивается в поистине колоссальных масштабах. По определению К. А. Тимирязева, хлорофилловое зерно – тот фокус, та точка в мировом пространстве, где солнечный луч, превращаясь в химическую энергию, становится источником всей жизни на Земле. Точно определить объем работы, выполняемой растениями, трудно и даже невозможно. По весьма приблизительным подсчетам, растения в процессе фотосинтеза ежегодно образуют около 400 млрд. т органических веществ, при этом они связывают около 175 млрд. т углерода, но, возможно, гораздо больше.

В ходе эволюции жизни на Земле, зародившейся миллиарды лет назад, растения обособились как носители хлорофилла, как единственные организмы, способные синтезировать органические вещества из неорганических.

В процессе фотосинтеза параллельно с образованием органического ве-

щества происходит выделение в атмосферу кислорода. До появления зеленых растений газовая оболочка Земли имела очень мало свободного кислорода. Практически можно считать, что весь кислород атмосферы возник благодаря фотосинтезу. Накопление свободного кислорода привело к появлению кислородного дыхания растений и животных. Возросли энергия жизненных процессов и скорость накопления массы органических веществ. Наличие свободного кислорода усилило также процессы химического выветривания горных пород и накопление в верхних слоях земной коры минеральных соединений, необходимых для питания растений.

Растительный покров играет первостепенную роль в общем газообмене и в водном балансе Земли, защищает от разрушения почву, обогащает ее элементами питания, создает пищевую и энергетическую базу для всего животного мира.

Жизнь человека немыслима без использования растений. Это - пища, строительный материал, сырье для различных отраслей промышленности покрыт.

### ***Взаимосвязь ботаники и физиологии растений с агрономией.***

Эти науки связаны общим объектом изучения, методами работы и историей развития. Ботаники исследуют закономерности строения и развития, видовой состав дикорастущих растений и их группировок; агрономы имеют дело с возделываемыми растениями.

Агрономия возникла как приложение ботаники к растениеводству. Перед агрономами и ботаниками стоит одна цель - возможно более полное использование растений для практических потребностей человека. Комплексное использование растительных ресурсов, как природных, так и возделываемых, - важный показатель общего уровня развития страны и ее земледелия.

Изучение данной дисциплины направлено на формирование общих и профессиональных компетенций, приведенных ниже, в сочетании теоретического и практического обучения с использованием различных форм закрепления изученного материала: решение ситуационных задач, практические работы, тестирование, проведение собеседований, подготовка и защита рефератов и др.

### **Профессиональные и общие компетенции**

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
ПК 1.1.	Выбирать агротехнологии для различных сельскохозяйственных культур.
ПК 1.2.	Готовить посевной и посадочный материал.
ПК 1.3.	Осуществлять уход за посевами и посадками сельскохозяйственных культур.
ПК 1.4.	Определять качество продукции растениеводства.
ПК 1.5.	Проводить уборку и первичную обработку урожая.
ПК 2.1.	Повышать плодородие почв.
ПК 2.2.	Проводить агротехнические мероприятия по защите почв от эрозии и дефляции.
ПК 2.3.	Контролировать состояние мелиоративных систем.
ПК 3.1.	Выбирать способы и методы закладки продукции растениеводства на хранение.
ПК 3.2.	Подготавливать объекты для хранения продукции растениеводства к эксплуатации.
ПК 3.3.	Контролировать состояние продукции растениеводства в период хранения.
ПК 3.4.	Организовывать и осуществлять подготовку продукции растениеводства к реализации и ее транспортировку.
ПК 3.5.	Реализовывать продукцию растениеводства.

ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
ОК 2	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
ОК 3	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
ОК 4	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 6	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
ОК 7	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
ОК 9	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

С целью овладения соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения курса дисциплины должен:

**уметь:**

распознавать культурные и дикорастущие растения по морфологическим признакам;

анализировать физиологическое состояние растений разными методами;

**знать:**

систематику растений;

морфологию и топографию органов растений;

элементы географии растений;

сущность физиологических процессов, происходящих в растительном организме;

закономерности роста и развития растений для формирования высококачественного урожая;

### Раздел III Физиология растений

Физиология растений – это наука о процессах, происходящих в растительном организме: почвенное, воздушное и гетеротрофное питание, синтез, транспорт и распад веществ, рост и развитие, движения растений, взаимодействие с патогенами, реакции на неблагоприятные факторы внешней среды.

Физиология растений занимается процессами, происходящими на разных уровнях организации: молекулярном, субклеточном, клеточном, тканевом, органном, организменном и биоценоотическом. Однако надо всегда иметь в виду, что в растении все процессы на любом уровне организации взаимосвязаны. Изменение какого-либо процесса сказывается на всей жизнедеятельности организма. Кроме того, надо учитывать следующие факторы:

- растения являются продуктом длительной эволюции, в ходе которой изменялись строение и обмен веществ растений под влиянием изменяющихся условий внешней среды,
- растительный организм неотделим от внешней среды, которая в значительной мере влияет на обмен веществ в растении,
- растительный организм развивается в течение всей своей жизни.

При изучении растительного организма возможны два подхода. Первый – это переход от высокого уровня организации к более низкому. Большое значение при этом имеет разработка модельных систем, применение которых открывает новые возможности исследования растений. Так, например, использование изолированных протопластов привело к большому прогрессу в выяснении процессов проникновения и размножения вирусов в клетках растений. Однако для того, чтобы понять закономерности жизнедеятельности целого растения, этот подход недостаточен. Поэтому применяется и иной путь – переход от изучения процессов на низком уровне организации к более сложному.

Изучение закономерностей жизнедеятельности растений является теоретической основой для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и, в дальнейшем, создания промышленных установок по производству продуктов питания, материалов и топлива.

#### Задачи физиологии растений:

1. Изучение процессов роста и развития, цветения и плодоношения, почвенного и воздушного питания, размножения и взаимодействия с окружающей средой.
2. Научиться управлять протекающими в организме растений физиологическими процессами, создать новые более эффективные формы удобрений, разработать методы повышения урожайности сельскохозяйственных растений.

#### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Химический состав клетки.
2. Фотосинтез и его значение в круговороте веществ в природе.
3. Значение дыхания в жизни растений. Анаэробная фаза дыхания. Аэробная фаза дыхания.
4. Содержание, свойства и роль воды в растении.

5. Что такое транспирация?
6. Макро- и микроэлементы. Поглощение минеральных веществ.
7. Рост растений. Влияние внутренних и внешних факторов на рост растений. Фотопериодизм.
8. Понятие о закалке как индивидуальном физиологическом приспособлении. Причины зимней гибели сельскохозяйственных растений и меры ее предотвращения.

### **Тема: Физиология растительной клетки**

Высшие растения являются многоклеточными организмами, состоящими из множества клеток, выполняющих специализированные функции. Несмотря на то, что дифференцированные клетки могут сильно отличаться друг от друга, все они как клетки эукариотического организма имеют ядро, цитоплазму, ряд клеточных органелл и систему мембран, которая не только отделяет клетку от окружающей среды, но и разделяет на компартменты ее внутреннее содержимое. Специфической особенностью строения растительной клетки является наличие системы пластид, крупной центральной вакуоли, а также прочной полисахаридной клеточной стенки.

Растительная клетка содержит три относительно автономные, но тесно взаимодействующие генетические системы: ядерную, митохондриальную и пластидную. Для растительных клеток характерен особый тип роста – рост растяжением. У делящихся растительных клеток отсутствуют центриоли. Поскольку клеточные стенки клеток одной ткани или органа непосредственно контактируют друг с другом, то возникает единая система клеточных стенок, которая называется апопластом.

#### *Основные закономерности поглощения воды клеткой*

Поглощение воды из внешней среды – обязательное условие функционирования любого живого организма. Вода может поступать в клетки растений за счет набухания биоколлоидов, увеличения степени их гидратации. Этот процесс характерен для сухих семян при помещении их во влажную среду (для прорастания). В основе перемещения молекул – диффузия, т. е. процесс, ведущий к равномерному распределению молекул газов или растворенного вещества и растворителя благодаря их постоянному движению. Диффузия всегда направлена от большей концентрации вещества к меньшей.

*Осмоз. Растительная клетка как осмотическая система. Осмотическое и тургорное давление.*

Диффузия воды через полупроницаемую мембрану называется осмосом. Полупроницаемая мембрана – это мембрана, хорошо проницаемая для воды и непроницаемая или плохо проницаемая для растворенных в воде веществ. Осмотическая ячейка – это пространство, окруженное полупроницаемой мембраной и заполненное каким-либо водным раствором, способным развивать определенное осмотическое давление. Осмотическое давление (диффузное давление) – параметр, характеризующий стремление раствора к понижению концентрации при соприкосновении с чистым растворителем вследствие встречной диффузии молекул растворённого вещества и растворителя.

Благодаря осмотическому притоку воды в клетку там возникает гидростатическое давление, называемое тургорным. Это давление прижимает цитоплазму к клеточной стенке и растягивает ее. Клеточная стенка имеет ограниченную эластичность и оказывает равное противодействие. Эластическое растяжение ткани благодаря тургорному давлению ее клеток придает твердость неодревесневшим частям растений. Завядающие побеги становятся дряблыми, так как при потере воды тургорное давление падает. Тургорное давление противодействует притоку воды в клетку.

**Тургор** – упругое состояние оболочки, вызываемое давлением воды. Обеспечивает сохранение сочным органам формы и положения в пространстве.

**Осмоз** – избирательный однонаправленный процесс перемещения воды через мембрану.

**Плазмолиз** – потеря тургора клетками при длительном недостатке воды. При этом объем вакуоли уменьшается и протопласт отделяется от клеточных стенок.

**Деплазмолиз** – исчезновение плазмолиза (восстановление тургора).

**Циторриз** – при потере тургора в молодых тканях протопласты, сокращаясь, не отделяются от клеточных стенок, а тянут их за собой и клетки ткани сжимаются.

### Тема: Фотосинтез

С древних времен люди отмечали, что деревья могут вырастать на бесплодных скалах. Английский ботаник и химик С. Гейлс в своей книге «Статика растений» (1727) высказал предположение, что растения значительную часть «пищи» получают из воздуха. При этом он вслед за И. Ньютоном полагал, что свет, поглощаемый листьями, «облагораживает» эту «пищу». Сходные мысли находят у М.В. Ломоносова. В «Слове о явлениях воздушных» (1753) он писал: «Преизобильное рощение тучных дерев, которые на бесплодном песку корень свой утверждали, ясно изъявляет, что листьями жирный тук из воздуха впитывают...». Так возникла идея о воздушном питании растений.

Началом экспериментальных работ в области фотосинтеза послужили опыты английского химика Дж. Пристли, который в 1771г. обнаружил, что растения мяты, помещенные в стеклянный кувшин, опрокинутый в сосуд с водой, «исправляют» в нем воздух, «испорченный» горением свечи или дыханием мыши. Свеча могла длительно гореть, а мышь дышать, если под стеклянным колпаком находились зеленые растения. В связи с этими и последующими опытами Пристли в 1774 г. открыл кислород. Через год независимо от него кислород был открыт во Франции А.Л. Лавуазье, который и дал название этому газу.

В 1776 г. шведский химик К.В. Шееле повторил опыты Пристли, но не получил того же эффекта, который был описан Пристли. Растения в опытах Шееле делали воздух непригодным для дыхания так же, как горящая свеча. Объяснил противоречие между результатами опытов Пристли и Шееле голландский врач Я.Л. Ингенгауз. Он обнаружил, что все зависит от света: Пристли ставил опыты при ярком свете, Шееле — в помещении с недостаточным

освещением. Ингенхауз показал, что зеленые растения выделяют кислород только при действии на них света. Зеленые растения в темноте, а их незеленые органы (например, корни) в темноте и при освещении поглощают кислород точно так же, как животные в процессе дыхания.

Швейцарский естествоиспытатель Ж. Сенебье в 1782 г. установил, что растения на свету не только выделяют кислород, но и поглощают испорченный воздух, т. е.  $\text{CO}_2$ . Сенебье назвал поглощение  $\text{CO}_2$  «углеродным питанием». Применяя методы количественного анализа, швейцарский ученый Т. Соссюр в 1804 г. показал, что растения на свету действительно усваивают углерод  $\text{CO}_2$ , выделяя при этом эквивалентное количество кислорода. Однако нарастание сухой массы растений превышает прирост количества углерода. Это превышение было значительно большим, чем количество поглощенных минеральных веществ. Соссюр сделал вывод, что органическая масса растения образуется не только за счет  $\text{CO}_2$ , но и за счет воды, т. е. вода такой же необходимый элемент питания, как и диоксид углерода. Результаты этих опытов были тщательно проверены французским агрохимиком Ж.Б. Буссенго (1840), который полностью подтвердил данные Соссюра.

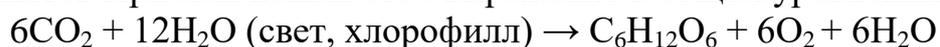
Первые опыты по выяснению места образования кислорода при фотосинтезе были сделаны немецким физиологом Т.В. Энгельманом (1881). Нить спириры помещали в камеру с водой или в висячую каплю. Края покровного стекла, которым закрывали ячейку, замазывали вазелином, чтобы кислород воздуха не проникал из внешней среды. В эту же камеру помещались бактерии, способные двигаться только в присутствии кислорода.

В темноте водоросль дышала и кислород исчезал из камеры. Затем включается свет и в ходе фотосинтеза выделяется кислород. Оказалось, что при включении света все бактерии «оживали» и скапливались вокруг локально освещенных участков хлоропластов. Следовательно, именно хлоропласты выделяют кислород на свету.

Вопросом о роли света в процессах фотосинтеза начали заниматься с середины XIX в.

Экспериментальные доказательства того, что фотосинтез — это процесс трансформации энергии света в энергию химических связей были получены крупнейшим физиологом растений К.А. Тимирязевым, который изложил их в своей докторской диссертации «Об усвоении света растением» (1875). Он сформулировал также идею о космической роли фотосинтеза: фотосинтез — единственный процесс, с помощью которого космическая солнечная энергия улавливается и остается на Земле, трансформируясь в другие формы энергии. Тимирязев писал, что в хлоропласте лучистая энергия солнечного света превращается в химическую энергию углеводов. Крахмал, клейковина и другие соединения, консервирующие солнечную энергию, служат нам пищей. Освобождаясь в нашем теле в процессе дыхания, эта энергия солнечного луча согревает нас, приводит в движение, поддерживает мышление.

Результаты изучения воздушного питания растений за первые сто лет после опытов Пристли нашли свое выражение в общем уравнении фотосинтеза:



### Влияние внешних факторов на фотосинтез:

1. *Свет.* По отношению к свету все растения делят на две группы: светолюбивые и теневыносливые. Светолюбивые растения не выносят затенения и растут на открытых местах и только в первом верхнем ярусе леса (с/х культуры, растения лугов, степей, пустынь, солончаков; лиственница, сосна, ясень, осина, береза, дуб). Светолюбивые деревья отличаются ажурной кроной, быстрым очищением ствола от сучьев, ранним изреживанием древостоя. Теневыносливые древесные растения (ель, пихта, клен, вяз, липа, рябина, лещина, крушина, бересклет) хорошо переносят затенение и встречаются как в верхнем ярусе, так и во втором. Отличаются густой и плотной кроной с большой протяженностью по высоте ствола, медленным очищением от сучьев. Листья светолюбивых растений имеют более толстую листовую пластинку, большое количество устьиц и проводящих пучков. Содержание пигментов меньше, чем у теневыносливых растений. Более высокое содержание пигмента обеспечивает эффективный фотосинтез в условиях низкой интенсивности света и рассеянной радиации.

2. *Концентрация диоксида углерода.*  $\text{CO}_2$  — основной субстрат фотосинтеза. Его содержание в атмосфере в значительной степени определяет интенсивность процесса. Концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере составляет 0,03%. При этой концентрации интенсивность фотосинтеза составляет лишь 50% от максимальной величины, которая достигается при содержании 0,3 %  $\text{CO}_2$ . Поэтому в условиях закрытого грунта весьма эффективны подкормки растений  $\text{CO}_2$ .

3. *Температура.* Влияние температуры на фотосинтез зависит от интенсивности освещения. При низкой освещенности фотосинтез практически не зависит от температуры, так как лимитируется светом. Для большинства растений оптимальная температура составляет 20 — 30 °С. Температурный минимум для хвойных растений колеблется между -2 и -7 °С.

4. *Вода.* На интенсивность фотосинтеза благоприятно влияет небольшой водный дефицит (до 5 %) в клетках листьев. Однако при недостаточном водоснабжении интенсивность фотосинтеза заметно снижается. Это связано с закрыванием устьиц, в результате чего замедляется доставка  $\text{CO}_2$  в лист, и отток образовавшихся продуктов фотосинтеза из листа.

### **Тема: Дыхание растений**

**Дыхание** – это сложный процесс получения энергии клеткой, получения метаболитов и их дальнейшее использование в синтезах; рассеивании энергии в виде тепла. Энергия запасается в связях АТФ.

#### Влияние внешних факторов на дыхание:

1. *Вода.* С усилением водного дефицита прежде все подавляется рост, затем фотосинтез и в последнюю очередь дыхание. Если интенсивность фотосинтеза уменьшается в 5 раз, то интенсивность дыхания примерно в 2 раза.

2. *Температура.* Нижний температурный предел дыхания лежит значительно ниже 0°С. Дыхание почек плодовых деревьев отмечено при температуре -14 °С, хвой сосны до -25°С. Снижение дыхательной активности зимующих частей древесных растений связано с переходом растений в состояние покоя. Интенсивность дыхания быстро возрастает при повышении температуры до 35 —

40°C. Дальнейшее увеличение температуры приводит к снижению дыхания из-за нарушения структуры митохондрий и денатурации белков-ферментов.

3. *Аэрация*. Угнетение дыхания начинается при содержании O<sub>2</sub> менее 5%, в этом случае может начаться анаэробное дыхание. Подобное явление наблюдается при избыточном переувлажнении почвы, затоплении, образовании ледяной корки. В такой ситуации растения сильно истощаются или даже погибают из-за дефицита энергии, отравления накапливающимся этиловым спиртом, а также в результате повреждения мембран. Повышение концентрации CO<sub>2</sub> как конечного продукта дыхания приводит к снижению интенсивности дыхания, а чрезмерное повышение его концентрации может вызвать закисление тканей — ацидоз. Например, в хранилищах целесообразно повышать концентрацию CO<sub>2</sub>, выступающего здесь как наркотическое средство. Это помогает в несколько раз снизить интенсивность дыхания плодов, способствуя более длительному сохранению их без потери качества.

**Брожение** – бескислородный распад органических веществ. Брожение как способ питания распространен у бактерий.

### **Тема: Водный режим растений**

Вода является главной составной частью растений. Ее содержание неодинаково в разных органах растения (так, в листьях салата она составляет 95 %, а в сухих семенах - не более 10 % от массы ткани) и зависит от условий внешней среды, вида и возраста растения. Для своего нормального существования растение должно содержать определенное количество воды. Два процесса – поступление и испарение воды – называют водным балансом.

Вода - это среда, в которой протекают процессы обмена веществ. Все реакции гидролиза, окислительно-восстановительные реакции идут с участием воды. Вода служит источником кислорода, выделяемого при фотосинтезе, и водорода, используемого для восстановления углекислого газа. Вода поддерживает конформацию молекул белка, устойчивость структур цитоплазмы и оболочки клеток в упругом состоянии. С изменением тургорного давления связаны некоторые движения частей растений.

Заряды в молекуле воды распределены неравномерно, так как атом кислорода воды оттягивает электроны от атомов водорода. Поэтому молекула воды представляет собой диполь: один полюс молекулы заряжен положительно, а другой отрицательно. Благодаря этому молекулы воды могут ассоциировать друг с другом, ионами и белковыми молекулами.

Вода участвует в поглощении и транспорте веществ, так как является хорошим растворителем. Гидратные оболочки, окружающие ионы, ограничивают их взаимодействие. Вода обладает высокой теплоемкостью - 1 кал/град, что позволяет растению воспринимать изменения температуры окружающей среды в смягченном виде. Испарение воды растениями - транспирация служит основным средством терморегуляции у растений. Растения испаряют очень много воды. Большой расход воды связан с тем, что растения обладают значительной листовой поверхностью, необходимой для поглощения углекислого газа, содержание которого в воздухе незначительно (0,032 %).

### *Формы почвенной влаги.*

По степени доступности для растения различают следующие формы почвенной влаги. Гравитационная вода заполняет промежутки между частицами почвы и хорошо доступна растениям. Однако она быстро испаряется и легко стекает в нижние горизонты почвы под влиянием силы тяжести, вследствие чего бывает в почве лишь после дождей. Капиллярная вода заполняет капилляры в почвенных частицах. Эта вода хорошо доступна для растений, она удерживается в капиллярах силами поверхностного натяжения и поэтому не только не стекает вниз, но и поднимается вверх от грунтовых вод. Пленочная вода окружает коллоидные частицы почвы. Вода из периферических слоев гидратационных оболочек может поглощаться корнями. Гигроскопическая вода адсорбируется сухой почвой при помещении ее в атмосферу с 95 %-ной относительной влажностью. Этот тонкий слой молекул воды удерживается с такой силой, что их водный потенциал достигает -1000 бар и она недоступна для растений.

Количество почвенной воды в процентах, при котором растение впадает в устойчивое завядание, называют коэффициентом или влажностью завядания. Завядание растений разных видов может начинаться при одной и той же влажности, но промежуток времени от завядания растения до его гибели (интервал завядания) у растений может быть различным. Так, для растений бобов он составляет несколько суток, а для растений проса - несколько недель. Завядание начинается позже у растений с более отрицательным осмотическим потенциалом и меньшей скоростью транспирации.

«Мертвый запас» влаги в почве - это количество воды полностью недоступной растению. Он зависит от механического состава почвы. Чем больше глинистых частиц в почве, тем больше «мертвый запас» влаги. Количество доступной для растения воды представляет собой разность между полевой влагоемкостью (максимальное количество воды, удерживаемое почвой) и «мертвым запасом».

### *Формы воды в растении.*

Вода в растении состоит из фракций, различающихся по своей подвижности из-за связи с различными соединениями. 85-90 % воды приходится на более подвижную фракцию. В эту фракцию входит резервная вода, заполняющая вакуоли клетки. Она осмотически связана с сахарами, органическими кислотами, минеральными солями и другими растворенными в ней веществами. Осмотически связанной водой называют воду, образующую периферические слои гидратационных оболочек вокруг ионов и молекул. К подвижной фракции относят и интерстициальную воду, выполняющую транспортную функцию и находящуюся в клеточных стенках, межклетниках и сосудах растения.

Фракция малоподвижной воды составляет 10-15 % всей воды клетки. Это конституционная вода, химически связанная и входящая в состав неорганических соединений, а также гидратационная вода, образующая оболочки вокруг молекул веществ. Воду, гидратирующую мицеллы, называют коллоидносвязанной. Молекулы воды располагаются вокруг мицеллы несколькими слоями. Ближайший к поверхности мицеллы слой воды очень прочно связан. За этим слоем следуют все менее прочно связанные слои, молекулы которых могут об-

мениваться с молекулами свободной воды. Коллоидносвязанная вода необходима для нормального функционирования клетки и ее устойчивости при попадании в неблагоприятные условия. Коллоидные мицеллы могут гидратироваться не только путем присоединения молекул воды к гидрофильным группам, расположенным на поверхности - это так называемая мицеллярная гидратация, но и путем внедрения молекул воды внутрь мицеллы и присоединения к имеющимся здесь активным гидрофильным радикалам. Такая гидратация называется пермутоидной.

*Корневая система как орган поглощения воды.*

Наземные растения, в основном, поглощают воду из почвы. Однако некоторое количество воды может попадать в листья из воздуха. Есть даже растения, для которых атмосфера является главным источником влаги. Это эпифиты, живущие на поверхности других растений, но не являющиеся паразитами. Они обладают воздушными корнями с полыми тонкостенными клетками и впитывают парообразную влагу и воду осадков подобно губке. У некоторых эпифитов дождевая вода собирается листьями и затем всасывается с помощью листовых волосков. Корневая система является органом поглощения воды из почвы. Сформировавшаяся корневая система представляет собой сложный орган с хорошо дифференцированной структурой. Подсчитано, что общая поверхность корневой системы может превышать поверхность надземных органов примерно в 150 раз.

Рост корня и его ветвление продолжают в течение всей жизни растения. Поглощение воды и питательных веществ осуществляется корневыми волосками ризодермы.

**Транспирация** - это испарение воды растением. Основным органом транспирации является лист. Вода испаряется с поверхности листьев через клеточные стенки эпидермальных клеток и покровные слои (кутикулярная транспирация) и через устьица (устьичная транспирация).

Влияние внешних условий на транспирацию:

1. *Почвенная вода.* При недостатке воды в почве интенсивность транспирации древесных растений заметно снижается. На затопленной почве этот процесс, несмотря на обилие воды, также снижен у деревьев примерно в 1,5 — 2 раза, что связано с плохой аэрацией корневых систем. Уменьшается транспирация и при сильном охлаждении почвы в связи со снижением скорости поглощения воды. Недостаток или избыток воды, засоление или холодная почва действуют на интенсивность транспирации через их влияние на поглощение воды корневыми системами.

2. *Воздушный режим.* Свет увеличивает открытость устьиц. Интенсивность транспирации на рассеянном свете повышается на 30 — 40%. В темноте растения транспирируют в десятки раз слабее, чем при полном солнечном освещении. Повышение относительной влажности приводит к резкому снижению интенсивности транспирации всех пород. При повышении температуры воздуха листья нагреваются и транспирация усиливается. Ветер способствует повышению транспирации благодаря уносу паров воды от листьев, создавая недонасыщение воздуха у их поверхности.

В ходе дня изменяется интенсивность транспирации. В жаркий день оводненность листьев снижается по сравнению с нормой до 25% и более. Дневной водный дефицит наблюдается в полуденные часы летнего дня. Как правило, он существенно не нарушает жизнедеятельность растений. Остаточный водный дефицит наблюдается на рассвете и свидетельствует о том, что водные запасы листьев за ночь восстановились лишь частично вследствие низкой влажности почвы. При этом растения сначала сильно завядают, а затем при длительной засухе могут погибнуть.

**Гуттация** – выделение капель жидкости листьями при высокой влажности воздуха, когда транспирация затруднена. Она обеспечивает равновесие между поглощением и расходом воды, заставляя корни интенсивно всасывать воду.

### **Тема: Физиологические основы корневого питания растений**

Корневое питание растений также называют почвенным питанием, или минеральным питанием. Под ним понимают всасывание корнями растений воды и минеральных веществ из почвы. Вода и минеральные вещества необходимы для жизнедеятельности растения не меньше, чем органические вещества, которые образуются при фотосинтезе. Поэтому корневое питание очень важно. У водорослей нет корней, но они могут всасывать всей поверхностью своего тела, так как живут в воде или во влажной среде.

Не весь корень всасывает водный раствор из почвы, а только его одна зона. Эта зона называется зоной всасывания. Поверхность корня в зоне всасывания покрыта множеством мелких волосков. Их называют корневыми волосками. Они представляют собой выросты клеток. Обычно их размер не превышает нескольких миллиметров в длину. Корневые волоски живут не долго. В зависимости от вида растения от менее суток до пары недель. На смену отмершим волоскам появляются новые. Также из-за роста корней появляются новые зоны всасывания.

Корневые волоски плотно прилегают к частицам почвы и всасывают из нее водный раствор. Также на корневых волосках выделяется слизь, которая способствует растворению некоторых веществ в почве, после этого они могут поступать в корень.

Основная часть поступившего водного раствора по клеткам внутри зоны всасывания доходит до сосудов и далее под давлением поднимается в стебель. Здесь вода и минеральные вещества используются в различных процессах жизнедеятельности (фотосинтезе, испарении, образовании органелл клеток, росте и др.).

Некоторая часть воды и минеральных веществ используется в самом корне. Здесь синтезируется ряд органических веществ, в том числе витамины и гормоны. Для их синтеза также используется глюкоза, которая поступает из надземных частей растения, где образуется в процессе фотосинтеза. Таким образом, у растения корневое и воздушное питание взаимосвязаны.

Минеральными веществами, которые растворены в воде и необходимы растению, являются различные неорганические соли. В состав этих солей входят такие химические элементы как кальций, калий, магний, азот, сера, фосфор

и ряд других. При их дефиците растение начинает заболеть и чахнуть. Оно хуже растет, хуже осуществляет процесс фотосинтеза и т. д.

Когда растения или его части отмирают, они попадают в почву, где разлагаются различными организмами (бактериями, червями и др.). Рано или поздно минеральные вещества возвращаются из растений в почву. Таким образом, в природе существует круговорот минеральных веществ. Однако на полях и в садах, где человек выращивает растения и собирает урожай, основная часть минеральных веществ уносится. В таком случае необходимо вносить в почву различные минеральные удобрения. Потребность современного сельского хозяйства в удобрениях настолько велика, что для их производства существуют специальные отрасли промышленности.

### Физиологическая роль элементов питания

Элемент питания	Символ	Физиологическая роль
органогенные		
Водород	H	Компонент органических веществ и воды.
Кислород	O	Входит в состав воды и органических веществ.
Углерод	C	Компонент всех органических веществ.
макроэлементы		
Азот	N	Входит в состав белков, ферментов, хлорофилла, АТФ, витаминов.
Железо	Fe	Входит в состав многих ферментов, участвует в синтезе хлорофилла, в процессах дыхания и фотосинтеза.
Калий	K	Участвует в процессах фотосинтеза, обмена, образования и передвижения сахаров, улучшает поступление воды и снижает испарение.
Кальций	Ca	Входит в состав клеточной стенки, играет роль в обменных процессах, в образовании корневых волосков.
Магний	Mg	Компонент хлорофилла.
Сера	S	Входит в состав белков, ферментов, масел, витаминов, способствует фиксации азота.
Фосфор	P	Входит в состав соединений, участвующих в различных синтезах, дыхании, в росте и размножении.
микроэлементы		
Бор	B	Влияет на ростовые процессы, процессы дыхания, оплодотворения, стимулирует образование клубеньков на корнях, отток сахаров в плоды.
Кобальт	Co	Участвует в фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями.
Медь	Cu	Участвует в процессах фотосинтеза, дыхания, обмена, регулирует водный баланс
Молибден	Mo	Участвует в фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями, в белковом, углеводном обменах.
Цинк	Zn	Компонент некоторых ферментов, участвует в синтезе гормонов, витаминов

## Тема: Рост и развитие. Онтогенез растения

**Онтогенезом** называют индивидуальное развитие организма от зиготы или вегетативного зачатка до естественной смерти. В ходе онтогенеза реализуется наследственная информация организма – его генотип – в конкретных условиях окружающей среды, в результате чего формируется фенотип, то есть совокупность всех признаков и свойств данного индивидуального организма.

**Развитие** – это качественные изменения в структуре и функциональной активности растения и его частей в процессе онтогенеза. Возникновение качественных различий между клетками, тканями и органами получило название дифференцировки.

**Рост** – необратимое увеличение размеров и массы клетки, органа или всего организма, обусловленное новообразованием элементов их структур.

### Фазы роста:

1. **Эмбриональная фаза** - рост осуществляется за счет деления меристематических клеток. Требуется больших затрат питательных веществ и энергии. Эмбриональная фаза или митотический цикл клетки делится на два периода: собственно деление клетки (2-3 ч) и период между делениями – интерфаза (15-20 ч).

Митоз – это такой способ деления клеток, при котором число хромосом удваивается, так что каждая дочерняя клетка получает набор хромосом, равный набору хромосом материнской клетки.

В зависимости от биохимических особенностей различают следующие этапы интерфазы: пресинтетический – G1 (от англ. gap – интервал), синтетический - S и премитотический - G2. В течение этапа G1 синтезируются нуклеотиды и ферменты, необходимые для синтеза ДНК. Происходит синтез РНК. В синтетический период происходит удвоение ДНК и образование гистонов. На этапе G2 продолжается синтез РНК и белков. Репликация митохондриальной и пластидной ДНК происходит на протяжении всей интерфазы.

2. **Фаза растяжения** – клетки увеличиваются в размерах, в них появляются вакуоли, которые в дальнейшем сливаются в одну большую. Прекратившие деление клетки переходят к росту растяжением. Под действием ауксина активируется транспорт протонов в клеточную стенку, она разрыхляется, ее упругость повышается и становится возможным дополнительное поступление воды в клетку. Происходит рост клеточной стенки из-за включения в ее состав пектиновых веществ и целлюлозы

3. **Фаза дифференциации** – происходит окончательное формирование клетки, превращение ее в специализированную клетку (проводящую, механическую и т.д.) с доминированием соответствующих структур или органелл. Каждая клетка растения содержит в своем геноме полную информацию о развитии всего организма и может дать начало формированию целого растения (свойство тотипотентности). Однако, находясь в составе организма, эта клетка будет реализовывать только часть своей генетической информации. Сигналами для экспрессии только определенных генов служат сочетания фитогормонов, метаболитов и физико-химических факторов (например, давление соседних клеток).

4. **Фаза зрелости.** Клетка выполняет те функции, которые заложены в ходе ее дифференцировки.

5. **Старение и смерть клетки.** При старении клеток происходит ослабление синтетических и усиление гидролитических процессов. В органеллах и цитоплазме образуются автофагические вакуоли, разрушаются хлорофилл и хлоропласты, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, ядрышко, набухают митохондрии, в них снижается число крист, вакуолизируется ядро. Гибель клетки становится необратимой после разрушения 99 клеточных мембран, в том числе и тонопласта, выхода содержимого вакуоли и лизосом в цитоплазму. Старение и смерть клетки происходит в результате накопления повреждений в генетическом аппарате, клеточных мембранах и включения генетической запрограммированной клеточной смерти.

### **Регенерация у растений.**

Регенерация – это восстановление организмом поврежденной или утраченной части тела, что является одним из способов вегетативного размножения и защиты растений от повреждений. Различают следующие виды регенерации.

I. **Физиологическая регенерация.** Части восстанавливаются при их естественном изнашивании, например, постоянное восполнение слущивающихся клеток корневого чехлика.

II. **Травматическая регенерация.**

1. Регенерация, обусловленная дедифференцировкой клеток:

а) заживление ран.

Эпидермис и первичная кора дедифференцируются, их клетки начинают делиться и образуют вторичную меристему, которая превращается в пробку.

б) органогенез, связанный с образованием каллуса.

Клетки дедифференцируются и переходят к неорганизованному делению, образуя каллусную ткань из рыхло соединенных друг с другом паренхимных клеток. Иногда отдельные клетки дают начало адвентивным, то есть возникшим не из эмбриональных тканей, органам: корням, побегам, листьям.

в) соматический эмбриогенез.

На раневой поверхности образуется каллус. Из отдельных клеток каллуса, начинающих делиться, формируются соматические зародыши (эмбриоиды), из которых при определенных условиях развивается целый организм.

г) восстановление частей без образования каллуса.

Паренхимные клетки коры под влиянием ауксина, индуцирующего генетическую программу ксилемообразования, превращаются в клетки ксилемы при образовании обходного участка проводящего пучка вокруг места его прерывания.

2). Регенерация на уровне меристем:

а) восстановление апикальных меристем.

При продольном рассечении конуса нарастания из каждой половины могут регенерировать отдельные апексы

б) органогенез из предсуществующих зачатков.

Восстановление надземных органов у высших растений происходит за

счет отрастания пазушных почек при устранении доминирующего влияния апекса побега.

### Физиологическая роль регуляторов роста

Наименование гормонопод. вещества	Место синтеза	Физиологическая роль	
		усиливает	подавляет
<b>Стимуляторы роста</b>			
ауксин	побег	рост побега в длину, боковых и придаточных корней, развитие бессемянных плодов	рост боковых побегов
		участвует в движении растений	
гиббереллин	лист	стимулирует цветение, ускоряют созревание плодов и прорастание семян, рост стебля в длину	
цитокинины	корень	рост корня в длину, боковых побегов, развитие бессемянных плодов	рост боковых корней
брассины	во всех тканях	устойчивость к неблагоприятным условиям	рост корней
<b>Ингибиторы роста</b>			
абсцизовая кислота	во всех тканях	переход в покой почек, листопад при засухе, созревание плодов	транспирацию, т.к. закрывает устьица
этилен	во всех тканях	старение тканей, созревание плодов, опадение листьев	деление клеток

#### Влияние внешних факторов на рост:

1. *Температура.* Оптимальной называют температуру, при которой рост наиболее быстрый. В зависимости от приспособленности к действию температуры различают растения теплолюбивые и холодостойкие. Для растений умеренной зоны минимальная температура 5 – 10°C, оптимальная 25 – 30 °C, максимальная 40 – 45 °C. У теплолюбивых культур все кардинальные точки смещены в сторону более высоких температур. Оптимальная температура различна не только для разных растений, но и для разных органов. Рост корней обычно происходит при более низких температурах, чем рост надземной части растения.

2. *Свет.* Растение может расти как на свету, так и в темноте. В полной темноте характер роста изменяется: происходит этиоляция. В результате сильного растяжения клеток растения имеют длинные междоузлия, а листовые пластинки недоразвитые и желтоватого цвета из-за отсутствия хлорофилла.

3. *Водный режим.* Влажность почвы и атмосферы влияет на оводнен-

ность растительных тканей и рост растения. При недостатке воды растения вырастают низкорослыми. Корни способны расти только при достаточной влажности почвы, в сухой почве их рост невозможен. Рост надземных частей менее зависит от влажности воздуха, так как точки роста защищены от непосредственного соприкосновения с сухой атмосферой.

4. *Минеральное питание.* Для нормального роста необходимо снабжение растений всеми необходимыми минеральными веществами.

5. *Воздух.* В почве содержание кислорода значительно ниже, чем в атмосфере. В среднем оптимальная для роста корней концентрация кислорода 8 – 10%, снижение ее до 2 – 3 % приводит к ингибированию роста корней.

### **Тема: Движение растений**

Движение – это перемещение организма или его частей в пространстве. Движение необходимо для питания, защиты и размножения растений.

#### *Верхушечный рост*

Перемещение корневых волосков и гиф грибов происходит за счет верхушечного роста. В кончиках клеток содержится много везикул, производных аппарата Гольджи и эндоплазматического ретикулума, которые доставляют материалы для формирования клеточной стенки, а также синтетазы и гидролазы. Гидролазы разрывают стенку, которая растягивается под давлением протопласта. Микрофибриллы целлюлозы раздвигаются и в стенку встраиваются новые компоненты.

#### *Ростовые движения*

В процессе эволюции у растений возник специфический способ движения за счет необратимого роста клеток растяжением.

**Тропизмы** – это движения растений, обусловленные односторонне действующими факторами среды. Они являются следствием более быстрого роста клеток растяжением на одной стороне побега, корня, листа. В зависимости от природы фактора различают гео-, фото-, тигмо-, термо-, электро- и хемотропизмы. При положительных тропизмах движение направлено в сторону раздражителя, при отрицательных – от него. Рассмотрим несколько видов тропизма.

*Геотропизм* – изгибание под действием гравитационного поля Земли вследствие разной скорости роста клеток противоположных сторон органа. Восприятие силы тяжести связано с воздействием на плазмалемму и эндоплазматический ретикулум статолитов (амилопласты, хлоропласты, отложения солей). Давление статолитов на мембраны приводит к изменению мембранного транспорта, поляризации клеток. При этом нижняя часть стеблей и корней, приведенных в горизонтальное положение, приобретает суммарный электроположительный заряд. Активируется транспорт ауксина как отрицательно заряженного аниона к нижней стороне органа. У стебля это приводит к усилению роста нижней части горизонтально расположенного стебля и его изгибу вверх. У клеток корней выше чувствительность к ауксину, поэтому повышенная концентрация ИУК в нижней части корня ингибирует ее рост и верхняя половина растет быстрее, что приводит к изгибу корня вниз.

*Фототропизм* – изгибы растений под влиянием одностороннего освещения. Затененная сторона этиолированных проростков растет более быстро, так как туда перемещается ауксин. В зеленых проростках ауксин не транспортируется на затененную часть побега, но у них в клетках освещенной стороны накапливается ингибитор роста ксантоксин.

*Хемотропизм* – ростовая реакция на химические соединения. Он наблюдается у корней, пыльцевых трубок, железистых волосков насекомоядного растения росянки. Большую роль при этом играет не только природа вещества, но и его концентрация: при низкой концентрации хемотропизм положителен, а при сверхоптимальной – отрицателен.

*Гидротропизм* – движения, вызванные неравномерным распределением влаги в почве.

*Термотропизм* – движения, связанные с температурными колебаниями

**Ростовые настиги** - это движения растений, обусловленные диффузно действующими факторами среды и происходят в результате неравномерного роста клеток растяжением. При росте верхней стороны орган изгибается книзу (эпинастия), нижней стороны – кверху (гипонастия). Фотонастия вызвана сменой света и темноты. У многих растений цветки закрываются

*Фотонастия* вызвана сменой света и темноты. У многих растений цветки закрываются при наступлении темноты и открываются утром. Эти движения можно вызвать, искусственно затеняя и освещая растения. Движения цветков происходят из-за разной скорости роста верхней и нижней сторон лепестков при изменении освещенности.

*Тигмонастия* характерна для лазающих растений, когда усик в ответ на прикосновение закручивается. Он реагирует только при создании эффекта трения. В темноте усик не закручивается, но освещение растения даже через 90 мин после прикосновения вызывает закручивание усика. Движение происходит при участии этилена и ауксина, так как обработка ими вызывает закручивание усика без механического раздражения. После прикосновения нижняя сторона усика теряет тургор и становится вогнутой. Затем начинает расти верхняя сторона усика, что приводит к его закручиванию.

### **Тема: Приспособление и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды**

Для высших растений характерны сложные пути адаптации к неблагоприятным факторам среды, что выражается в оптимизации и перестройке протекающих в них физиологических процессов. Эти приспособительные реакции основаны на способности растений к саморегуляции, т. е. к изменению обмена веществ и энергии. Растительный организм находится в непрерывном взаимодействии с факторами окружающей среды на протяжении всего онтогенеза.

На каждой стадии развития растений их способность приспособляться к неблагоприятным условиям (низкая температура, засуха, засоление почвы и т.д.) выражена в разной степени. Наиболее распространенными неблагоприятными для растений факторами являются засуха, высокие и низкие температуры

(экстремальные для растений), избыток воды и солей в почве, недостаток кислорода (гипоксия), очень высокая или низкая освещенность, присутствие в атмосфере вредных веществ, ультрафиолетовая радиация, ионы тяжелых металлов и т. д. При краткосрочных стрессовых воздействиях появляются акклимации – ненаследуемые изменения, чаще всего носящие физиолого-биохимический характер. При длительно действующих стрессорах растения приобретают адаптации – наследуемые изменения, возникающие в ходе естественного отбора.

1. Устойчивость клеток растений к холоду При замерзании растительных тканей в межклетниках образуются кристаллы льда, которые оттягивают воду из цитоплазмы. Если клетка недостаточно морозоустойчива, то она, не выдержав 25 обезвоживания, а также механического давления кристаллов льда на протопласт, повреждается. О степени повреждения клетки можно судить по ее способности удерживать клеточный сок. Устойчивость клетки может быть повышена защитными веществами – криопротекторами, которые связывают свободную воду и препятствуют обезвоживанию и образованию кристаллов льда в тканях. Среди криопротекторов важная роль принадлежит растворимым сахарам.

2. Влияние высокой температуры на проницаемость мембран клеток При нагревании растений до температуры выше оптимальной в клетках нарушается обмен веществ: происходит разобщение дыхания и фосфорилирования, прекращается синтез белков, усиливается их распад, накапливаются токсичные вещества. При высоких температурах резко повышается проницаемость цитоплазматических мембран, при температурах выше 60 °С начинается коагуляция белков, а затем – гибель клеток.

3. Определение жаростойкости растений (по Ф. Ф. Мацкову) Если подвергнуть лист действию высокой температуры, а затем погрузить в слабый раствор соляной кислоты, то поврежденные и мертвые клетки побуреют вследствие свободного проникновения в них кислоты, которая вызывает превращение хлорофилла в феофитин, тогда как неповрежденные участки листа останутся зелеными. У растений с кислым клеточным соком феофитинизация может произойти и без обработки соляной кислотой, так как при нарушении проницаемости тонопласта органические кислоты проникают из клеточного сока не только в цитоплазму, но и в пластиды и вытесняют магний из молекул хлорофилла. Чем больше повреждены ткани, тем больше образуется бурых пятен на листьях.

4. Определение температурного порога коагуляции цитоплазмы (по П. А. Генкелю) Для характеристики жаростойкости растений можно использовать показатель «температурный порог коагуляции белков цитоплазмы». Температура, при которой за 10 мин белки цитоплазмы полностью коагулируют, считается условной границей жаростойкости растений. При коагуляции белков цитоплазмы клетки погибают. Гибель клеток устанавливается по потере ими способности к плазмолизу.

*Причины гибели растений связаны в основном с зимой. Это основные четыре фактора:*

- выпирание,

- вымерзание,
- вымокание,
- выпревание.

Часто бывает так, что посадили растение в прошлом сезоне, а весной:

1. не нашли его;
2. обнаружили иссохшим;
3. как-будто выдернутым из земли.

1. Важно вовремя установить, по какой причине погибают растения на вашем участке, чтобы принять соответствующие меры. Почему такое происходит? Причин гибели растений несколько. Рассмотрим наиболее частые.

**Выпирание растений** происходит ранней весной и поздней осенью, когда заморозки чередуются с оттепелями. Страдают поздно посаженные и плохо укоренившиеся растения. Верхний слой почвы смерзается, вода при этом расширяется и растения оказываются приподнятыми коркой льда. При оттепели лед тает, а растение так и остается приподнятым над землей. Поэтому, травянистые многолетники рекомендуется сажать весной или в середине августа.

Высаживать саженцы растений весной или в августе, тогда они успеют хорошо укорениться до наступления заморозков. Для надежности можно его окутать, создать зимнее укрытие. Насыпьте над ним холмик сухого торфа или земли высотой 10-15 см. Работайте над структурой почвы. Выпирание корней меньше, чем больше в грунте грубых примесей. Помните, что при глубокой посадке выпирание не страшно. Так, [луковичные растения](#), от выпирания никогда не страдают. Высаживайте черенки наклонно — это уменьшит эффект выпирания.

### **Вымерзание растений**



Вымерзание — это гибель растений от низких температур, которое часто случается с теплолюбивыми видами и сортами. В первую очередь гибнут верхние части растения, подземные органы более жизнеспособны. Часто вымерзают растения, лишенные снежного покрова. Также могут подмерзнуть старые куртины альпийских растений, цветочные почки слабо зимостойких сортов бородач ирисов. При подмерзании страдает верхняя часть растения.

- подбирайте для посадки зимостойкие [многолетники](#), адаптированные к зимним условиям вашего климата;
- проводите снегозадержание; установите вертикальные щиты, кото-

рые будут накапливать снег. Защитите посадки цветов от господствующих зимних ветров кулисными насаждениями зимостойких [деревьев и кустарников](#). Зимой прикройте снегом оголившиеся участки;

- для укрытия растений от вымерзания используйте деревянные ящики, торф, еловые ветки.

**Вымокание растений** случается рано весной при снеготаянии. Главный фактор — уровень грунтовых вод. При вымокании растение повреждается снизу. Избыток влаги в почве и высокая температура воздуха, то растению приходится тяжелее. Бороться с вымоканием довольно трудно.

- на глинистых участках необходимо устроить систему отвода талых вод;
- размещать чувствительные к вымоканию растения на более возвышенных участках;

- в пониженных местах высаживать устойчивые к вымоканию растения — [купальницы](#), [болотные](#) и [сибирские ирисы](#), гибридные и видовые [лилейники](#).

Иногда вымокание возникает в результате глубокого промерзания грунта зимой. В некоторых местах есть даже [народная примета](#): «Низкие снега — высокие воды». Если в течение зимы было мало снега и сильные морозы, почва промерзает на большую глубину. Весной оттаивает верхний слой грунта, а под ним располагается «водоупорный» слой льда. Вместо того, чтобы просочиться в более низкие горизонты почвы (как положено при «высоком снеге»), талые воды текут по поверхности, вызывая вымокание верхней части растений.

Этот эффект особенно актуален в районах с вечной мерзлотой, но и в средней полосе России такое «вымокание сверху» иногда происходит. Например, даже на высоких местах и на песчаном грунте корни [морозников](#) вымокли весной, когда почва не успела оттаять после зимы. Некоторой гарантией в этом случае может быть легкий уклон участка в сочетании с системой отведения воды.

**Выпревание** губит растения, если вы неправильно их укрыли или если не успели снять укрытие с наступлением теплой погоды. Причина в том, что растения оказываются в бескислородной атмосфере и задыхаются.

1. Выпревание грозит в первую очередь посадкам, накрытым на зиму навозом, соломой, опилками, листьями, другими материалами, которые могут слеживаться и подвержены гниению. Особенно опасно, когда этими материалами накрыты точки роста слабоморозостойких видов. Никогда не используйте их в качестве укрытия. Оптимальны ветки ели (лапник), сухой дубовый лист или белый нетканый полимерный материал.

2. Особенно внимательно следите за укрытиями с полиэтиленовой пленкой в солнечную погоду температура под пленкой резко возрастает и растения выпревают. Избежать этого поможет ранневесеннее проветривание укрытий с боков. Важно снять пленку своевременно.

### **Темы докладов (рефератов):**

1. Химический состав клетки. Основные макро- и микроэлементы, их значение в жизни растительной клетки.

2. Фотосинтез и его значение в круговороте веществ в природе.
3. Зависимость интенсивности дыхания от внутренних и внешних условий.
4. Содержание, свойства и роль воды в растении.
5. Влияние внутренних и внешних факторов на рост растений. Фотопериодизм. «Биологические часы».
6. Причины зимней гибели сельскохозяйственных растений и меры ее предотвращения.

### Тесты:

1. Процесс поступления воды в клетку через полупроницаемую мембрану называется:
  - а) Осмос
  - б) Фотосинтез
  - в) Тургор
  - г) Плазмолиз
2. Типы плазмолиза:
  - а) Линейный
  - б) Уголковый
  - в) Вогнутый
  - г) Выпуклый
3. Структурными компонентами растительной клетки являются:
  - а) Двойная клеточная стенка, содержащая целлюлозу
  - б) Двойная клеточная стенка, содержащая гликоген
  - в) Пластиды
  - г) Вакуоли
4. Цитопlasма растительной клетки имеет плазматические оболочки:
  - а) Плазмалемму
  - б) Мезоплазму
  - в) Тонопласт
  - г) Ризодерму
  - д) Перидерму
5. Мезопlasма содержит:
  - а) Гиалоплазму
  - б) Эндоплазматическую сеть
  - в) Аппарат Гольджи
  - г) Рибосомы
6. Движение цитопlasмы:
  - а) Хаотичное
  - б) Струйчатое
  - в) Нутации
  - г) Вращательное
7. Компоненты первичной клеточной стенки:
  - а) Пектин
  - б) Гликоген
  - в) Камбий
  - г) Целлюлоза
8. Рост вторичной клеточной стенки происходит в результате:
  - а) Радиального транспорта органических веществ
  - б) Аппозиций
  - в) Митоза
  - г) Клеточной дифференцировки
  - д) Интеркалярного роста
9. Виды пор первичной клеточной стенки:
  - а) Простые
  - б) Сложные
  - в) Полусложные
  - г) Окаймленные
  - д) Опробковевшие
10. К эргастическим веществам клетки относятся:
  - а) Склериды
  - б) Трахеиды
  - в) Включения
  - г) Продукты метаболизма
11. Клеточный крахмал подразделяется на:
  - а) Ассимиляционный
  - б) Запасной
  - в) Транзиторный
  - г) Диффузный

12. К вторичным продуктам обмена растительной клетки относится:

- а) Крахмал
- б) Эфирные масла
- в) Белки
- г) Смолы

13. В вакуолях соли кальция откладываются в виде:

- а) Рафидов
- б) друз
- в) Кристаллического песка
- г) Цитокинов

14. В процессе жизнедеятельности клетки целлюлозная клеточная стенка претерпевает

изменения:

- а) Лигнификации
- б) Ослизнения
- в) Кутинизации
- г) Минерализации

15. Функции вакуолей растительной клетки:

- а) Участвуют в делении
- б) Накапливают запасные вещества
- в) Регулируют водно-солевой обмен
- г) Поддерживают тургор

16. В процессе фотосинтеза участвуют органоиды растительной клетки:

- а) Диктиосомы
- б) Хлоропласты
- в) Полисомы
- г) Хромопласты

17. В процессе плазмолиза участвуют:

- а) Клеточная стенка
- б) Хлоропласты
- в) Ядро
- г) Хромопласты

18. Хромопласты встречаются в плодах:

- а) Рябины
- б) Шиповника
- в) Клюквы

г) Тыквы

19. Общим признаком стресса от разных факторов является:

- а) уменьшение проницаемости мембран;
- б) увеличение проницаемости мембран;
- в) увеличение объема вакуоли;
- г) накопление белка в клетке.

20. Укажите последовательность процессов в первой стадии развития стресса у растений:

- а) снижение рН цитоплазмы, которое способствует активации гидролаз;
- б) увеличение проницаемости мембран;
- в) усиление процессов распада полимеров;
- г) деполяризация мембран.

21. Уточните процессы, происходящие во второй стадии развития стресса у растений (вставьте пропущенные слова):

- а) катаболических реакций;
- б) мембран; в) активности митохондрий, хлоропластов и уровня энергообеспечения;
- г) генерации активных форм кислорода.

22. В фазе адаптации у растений происходит:

- а) снижение рН;
- б) стабилизация рН;
- в) активация аппарата Гольджи.

23. Гормон, который накапливается при водном дефиците, вызывая закрытие устьиц:

- а) АБК;
- б) ауксин;
- в) гиббереллин;
- г) цитокинин.

24. Солеустойчивость криногаллофитов обусловлена:

- а) накоплением сахаров;

- б) сбрасыванием солей в вакуоль;
- в) секрецией солей;
- г) непроницновением солей в растение.

25. Солеустойчивость гликогалофитов обусловлена:

- а) накоплением сахаров;
- б) сбрасыванием солей в вакуоль;
- в) секрецией солей;
- г) непроницновением солей в растение.

26. Солеустойчивость эугалофитов обусловлена:

- а) накоплением сахаров;
- б) сбрасыванием солей в вакуоль;
- в) секрецией солей;

- г) непроницновением солей в растение.

27. Резкое понижение температуры до отрицательных значений вызывает:

- а) механические повреждения тканей;
- б) обезвоживание;
- в) увеличение концентрации токсических соединений;
- г) все перечисленное.

28. При температуре 0°C у растений в межклетниках начинается:

- а) гомогенная нуклеация;
- б) гетерогенная нуклеация.

## Список рекомендуемой литературы

### Основные источники:

1. Имескенова Э.Г., Казаков М.В., Татарникова В.Ю. Ботаника с основами физиологии растений: учебник для СПО. СПб.: Лань, 2021.

### Дополнительные источники:

2. Суделовская А.В. Учебно-методические указания для практических занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине ОП.01 Ботаника и физиология растений. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016.

### Интернет-ресурсы (И-Р):

1. Машкова С.В., Руднянская Е.И. Ботаника и физиология растений [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО. Саратов: Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2019. 104 с. // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: URL: <https://www.iprbookshop.ru/86504.html> (дата обращения: 06.03.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Щукин В.Б. Методические указания по организации самостоятельной работы и выполнению контрольных работ по ботанике, микробиологии, физиологии и биохимии растений [Электронный ресурс]. Оренбург: ФГБОУ ВПО Оренбургский государственный аграрный университет, 2012. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/215000> (дата обращения 10.03.2021). Заглавие с экрана.

3. Аюшова Е.Ч., Дорджиева В.И. Ботаника. Анатомия растений [Электронный ресурс]: методические указания. Элиста: Калмыцкий государственный университет, 2010. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/309999>. (дата обращения 22.03.2021). Заглавие с экрана.

4. Барабаш Г.И., Камаева Г.М., Казьмина Е.С. Ботаника: основы структурной ботаники и систематики высших растений [Электронный ресурс]. Воронеж: Изд. дом Воронежского гос. ун-та, 2014. 53 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/295822>. (дата обращения 07.04.2021). Заглавие с экрана.

5. Павлов М.И., Гончарова Н.М., Оразаева И.В. Физиология растений: лабораторный практикум [Электронный ресурс]. 2014. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/227932>. (дата обращения 09.04.2021). Заглавие с экрана.

6. Коваленко, М.В. Физиология растений [Электронный ресурс]. Самара: РИЦ СГСХА, 2013. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/231879>. (дата обращения 17.04.2021). Заглавие с экрана.

## Содержание

Введение	3
Раздел III Физиология растений	6
Физиология растительной клетки	7
Фотосинтез	8
Дыхание растений	10
Водный режим растений	11
Физиологические основы корневого питания растений	14
Рост и развитие. Онтогенез растения	16
Движение растений	19
Приспособление и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды	20
Список рекомендуемой литературы	27

Учебное издание

Алла Васильевна Суделовская

# **БОТАНИКА И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**

## **Раздел III. Физиология растений**

Учебное пособие  
для практических занятий и самостоятельной работы  
студентов факультета СПО  
специальности 35.02.05 Агрономия

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 23.07.2021 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,68. Тираж 25 экз. Изд. № 6988.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ