

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра лесозащиты и древесиноведения**

# **ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ С ОСНОВАМИ МИКРОБИОЛОГИИ**

**Программа, методические указания и контрольные задания  
для студентов заочной формы обучения специальности  
1-75 01 01 «Лесное хозяйство»**

Минск 2011

УДК [581+579](073)  
ББК 28.55я73  
Ф50

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета.

Составители:  
*Н. П. Ковбаса, М. И. Баранов*

Рецензент  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент кафедры лесоводства  
*Л. С. Пашкевич*

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2011 г. Поз. 115.

Для студентов заочной формы обучения специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство».

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2011

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Физиология растений с основами микробиологии относится к числу фундаментальных общебиологических дисциплин. Целью дисциплины является формирование у будущих специалистов лесного хозяйства системных представлений о жизнедеятельности растений и микроорганизмов.

При изучении физиологии студенты получают знания об основных физиологических процессах, их взаимосвязи, зависимости от факторов внутренней организации растения и окружающей среды, узнают физиологическую основу лесохозяйственных мероприятий и агротехнических приемов выращивания растений. В связи с этим физиология является теоретической базой всех специальных дисциплин: «Лесоводство», «Лесные культуры», «Лесозащита» и др.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- сущность и механизмы жизненных процессов, протекающих в растениях и микроорганизмах, зависимость процессов жизнедеятельности от факторов внешней среды;

- механизмы регуляции физиологических процессов и пути оптимизации условий жизнедеятельности;

- взаимоотношения высших растений и микроорганизмов почвы, влияние микроорганизмов на корневое питание, рост и развитие растений.

Студенты должны уметь:

- оценивать состояние растений в конкретных условиях среды и диагностировать по внешним признакам более простые причины нарушения жизненных процессов;

- регулировать количество и качественный состав микроорганизмов почвы путем проведения агротехнических и лесохозяйственных мероприятий;

- повышать продуктивность и устойчивость растений в конкретных условиях роста.

Эффективность применения физиологических знаний на практике зависит от того, насколько целостным будет представление о механизмах и взаимосвязи сложных физиологических процессов в растительном организме. Такой уровень знаний достигается благодаря проработке довольно большого объема теоретического материала и закрепляется путем проведения исследований в лабораториях и анализа их результатов. Успешное освоение данной дисциплины невозможно без знания основ физики, химии, экологии, анатомии растений, биохимии. Все это, как показала практика, приводит к определенным

трудностям в изучении физиологии растений и требует настойчивости и времени.

Изучение данной дисциплины проводится студентом самостоятельно в соответствии с учебной программой и методическими рекомендациями по изучению ее разделов, которые приведены в первой части издания. Следует отметить, что изучение дисциплины без программы, только по учебникам, малоэффективно. Программа позволяет получить общее представление о содержании курса, его структуре, изучаемые вопросы здесь систематизированы по разделам.

Методические указания содержат соответствующие разъяснения и рекомендации, вопросы для самопроверки. Все это позволяет лучше понять логическую взаимосвязь между отдельными вопросами, с меньшими затратами труда уяснить сложные физиологические процессы.

# 1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## Введение

Предмет и задачи физиологии растений. Физиология растений – теоретическая основа растениеводства. Связь физиологии растений с другими дисциплинами.

### Раздел 1. Основы физиологии и биохимии растительной клетки

Биохимический состав растительной клетки. Вода, неорганические и органические вещества. Содержание в клетке и функции веществ основного обмена. Органические вещества вторичного происхождения.

Общая морфология растительной клетки. Мембраны клетки. Протопласт. Клеточная оболочка, ее образование и рост. Апопласт и симпласт.

Обмен веществ и энергии клетки. Компартиментация. Автотрофность и гетеротрофность. Пути использования и превращения энергии. АТФ, ее структура, химическая природа и роль в энергетике клетки.

Строение, функции, механизм действия и свойства ферментов. Зависимость активности ферментов от внешних условий. Типы окислительно-восстановительных реакций клетки. Коферменты оксидоредуктаз: НАД<sup>+</sup>, НАДФ<sup>+</sup>, ФАД.

Биосинтез белка в клетке.

Регуляция процессов метаболизма. Раздражительность и возбудимость клетки. Взаимосвязь между клетками.

### Раздел 2. Водный обмен растений

Свойства воды и ее роль в жизни растений. Клетка – осмотическая система. Осмотический, тургорный и водный потенциалы. Поступление воды в клетку.

Поглощение воды растением. Всасывающая и нагнетательная деятельность корней. Корневое давление. Гуттация и «плач». Зависимость поглощения воды от внутренних и внешних факторов.

Транспирация и ее физиологическая роль. Физиология устьичных движений. Зависимость транспирации от внешних условий и состояния растения. Условия, определяющие максимальную продуктивность транспирации. Суточная и сезонная динамика транспирации.

Движение воды по растению. Поднятие воды от корней к листьям у деревьев. Водопроницаемость древесины хвойных и лиственных растений.

Водный баланс растений. Водный дефицит. Увядание растений. Регуляция водного обмена. Антитранспираты.

### **Раздел 3. Фотосинтез и транспорт ассимилятов**

Сущность и значение фотосинтеза. Лист как орган фотосинтеза. Поглощение энергии света. ФАР. Энергетический баланс листа. КПД фотосинтеза листа. Пигменты фотосинтеза. Зависимость образования пигментов от внутреннего состояния растения и внешних условий.

Световая фаза фотосинтеза. Восстановление углекислоты при фотосинтезе. КПД световых и темновых реакций фотосинтеза. Продукты фотосинтеза. Образование и взаимные превращения углеводов. Транспортировка органических веществ в растении. Состав флоэмного сока. Акцепторные зоны и их роль в транспортировке ассимилятов.

Зависимость фотосинтеза от внешних и внутренних факторов. Взаимосвязь факторов. Суточный и сезонный ход фотосинтеза.

Связь фотосинтеза с продуктивностью растений. Пути повышения биологической продуктивности растений и фитоценозов. Листовой индекс. КПД фотосинтеза насаждения. Физиологические основы рубок ухода за лесом.

### **Раздел 4. Дыхание и обмен веществ**

Суть и значение дыхания. Дыхательные субстраты и пути их использования. Показатели дыхания.

Окисление углеводов в процессе дыхания. Гликолиз, цикл дитрикарбоновых кислот. Субстратное фосфорилирование. Дыхательная цепь и окислительное фосфорилирование. Баланс энергии и КПД дыхания. Дыхание и обмен веществ в растительной клетке. Синтез и распад жиров. Взаимопревращение жиров и углеводов. Сезонная динамика превращения и накопления запасных веществ в древесных растениях.

Зависимость дыхания от внутренних и внешних факторов. Роль дыхания в продуктивном процессе.

### **Раздел 5. Основы микробиологии**

Особенности строения прокариот. Рост и размножение бактерий. Основные типы питания. Фото- и хемоавтотрофы. Аэробное и анаэробное окисление. Брожение.

Влияние внешних условий на жизнедеятельность микроорганизмов. Микрофлора почвы. Участие микроорганизмов в биологическом круговороте углерода и азота. Взаимоотношения между микроорганизмами почвы, микроорганизмами и высшими растениями.

## **Раздел 6. Минеральное питание растений**

Необходимые макро- и микроэлементы, их содержание в растениях, физиологическая роль и формы усвоения. Диагностика недостаточности элементов питания.

Поглощение элементов питания растениями. Движение и распределение питательных элементов в растении. Состав ксилемного сока. Пути использования минеральных элементов в растении. Реутилизация минеральных веществ. Усвоение минеральных веществ. Ассимиляция азота. Синтетическая деятельность корня.

Влияние внешних условий на поглощение и усвоение растением питательных веществ. Физиологически кислые, щелочные и нейтральные соли. Антагонизм и синергизм ионов. Микориза и ее роль в минеральном питании.

Физиологические основы применения удобрений в лесном хозяйстве. Органические, минеральные и бактериальные удобрения.

## **Раздел 7. Рост и развитие растений**

Понятия об онтогенезе, росте и развитии. Периодизация онтогенеза. Фитогормоны. Использование фитогормонов и других физиологически активных веществ в растениеводстве.

Морфогенез растений. Полярность. Основы биотехнологии. Рост растений. Рост дерева в толщину. Характер и показатели роста. Корреляции.

Влияние внешних факторов на рост и морфогенез. Роль света для процессов роста и морфогенеза. Ростовые движения. Фото- и геотропизмы.

Виды покоя растения. Покой семян и способы его преодоления в искусственных условиях.

Вегетативное развитие растений. Физиология прорастания семян. Физиологические основы хранения семян. Особенности состояния растений на ювенильном этапе развития. Возрастные изменения у растений и их проявления. Влияние внешней среды на процесс старения. Старение и омоложение растений в онтогенезе.

Генеративное развитие растений. Условия перехода к репродуктивному этапу развития. Яровизация. Фотопериодизм. Формирование

семян и плодов. Влияние внешних условий на цветение и плодоношение древесных растений.

## **Раздел 8. Устойчивость растений**

Устойчивость как результат приспособления к условиям среды в процессе эволюционного развития. Холодо- и морозоустойчивость растений. Закаливание. Зимостойкость. Тепло- и засухоустойчивость. Тепловые повреждения древесных растений при лесных пожарах. Устойчивость растений к избытку воды в почве. Солеустойчивость. Устойчивость растений к действию промышленных газов и пыли. Радиационная стойкость. Иммунитет растения.



## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **2.1. Основы физиологии и биохимии растительной клетки**

Клетка – элементарная структурно-функциональная единица организма. На клеточном уровне проходят многие физиологические процессы, которые являются предметом изучения в физиологии растений.

Для понимания этих процессов необходимы знания о строении клетки, функциях субклеточных структур, принципах организации обмена веществ, регуляции метаболизма и другие общие представления о физиологии и биохимии клетки.

#### **2.1.1. Общая характеристика клетки**

Общие представления о строении клетки можно получить из схемы на рис. 2.1.

При изучении раздела следует обратить внимание на различия в строении клеток различных тканей, растительных и животных клеток, на общие изменения в клетках, происходящие в процессе жизни. Необходимо усвоить назначение клеточных структур, их роль в процессах жизнедеятельности клетки и всего растения.

#### **2.1.2. Химический состав клетки**

Клетка состоит из органических и неорганических веществ. Растения синтезируют большое количество органических соединений. Одни из них содержатся во всех живых клетках всех растений (белки, нуклеиновые кислоты и др.) и активно превращаются в ходе обмена веществ. Их условно относят к группе веществ основного обмена (первичных). Вторые – вещества вторичного обмена – образуются не во всех растениях и даже не во всех клетках растения. Они могут полностью исключаться из обмена веществ. Эти соединения составляют большую химически разнообразную группу, включающую гликозиды, алкалоиды, танины, флавоноиды, эфирные масла, лигнин, живицу и др. С химической точки зрения их можно разделить на азотсодержащие вещества, производные изопрена, безазотистые фенольные соединения, сахароспирты. В процессе самостоятельной работы необходимо усвоить природу и важнейшие соединения каждой группы веществ вторичного обмена.



Рис. 2.1. Схема строения клетки

Органические вещества могут быть разделены на группы по выполняемым функциям: конституционные, запасные, транспортные, регуляторные, защитные.

Приведенные классификации условны, потому что не всегда возможно определить принадлежность вещества к той или другой группе. Наибольшее значение для растений имеют вещества основного обмена, в связи с чем их изучению следует уделять особое внимание.

### **2.1.3. Субклеточные структуры**

При изучении субклеточных структур особое внимание необходимо уделять клеточным мембранам и органеллам (ядру, пластидам, митохондриям), с которыми связаны важнейшие жизненные процессы. Будущим специалистам-лесоведам важно иметь представление о строении клеточной оболочки – основного компонента древесины, об изменениях, которые происходят в оболочке при развитии клетки.

### **2.1.4. Раздражимость клетки**

Клетке как части организма присущи разнообразные функции: питание (фотосинтез, поглощение воды и минеральных веществ), дыхание, деление, развитие и др. Деление клеток изучалось в курсе ботаники, ряд других функций будет рассматриваться в других разделах физиологии растений. В данной теме необходимо ознакомиться с явлением раздражимости.

Раздражимость – свойство живой материи. Она характерна для всех клеток растения и лежит в основе их приспособительной реакции на различные воздействия. С раздражимостью специальных рецепторных клеток связана реакция всего растительного организма. Они, так же как и аналогичные клетки органов чувств животных, воспринимают внешнее воздействие, которое трансформируется в фактор электрической или химической природы. Этот фактор распространяется по растению и вызывает ответную реакцию соответствующих органов.

### **2.1.5. Суть и значение обмена веществ**

Обмен веществ в живой клетке (метаболизм), а также между клеткой и окружающей средой является одним из свойств живой материи и необходимым условием ее существования. В ходе обмена веществ обновляются субклеточные структуры (поддерживается состояние наименьшей энтропии системы), синтезируются сложные органические соединения для растущих клеток, поставляются необходимые для жизнедеятельности клетки вещества и энергия.

### **2.1.6. Обмен и превращение энергии**

Химическая энергия питательных веществ, поглощенных гетеротрофными клетками или синтезированных автотрофными клетками, постепенно освобождается в катаболических реакциях метаболизма и используется на различные процессы жизнедеятельности. При этом химическая энергия превращается в иные виды энергии. Центральным звеном в цепи ее использования и превращения является аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Это нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и трех остатков фосфорной кислоты, соединенных энергоемкой связью, разрыв которой и приводит к высвобождению энергии.

Синтез АТФ из АДФ (аденозиндифосфорная кислота) путем присоединения неорганического фосфора носит название фосфорилирование. Этот процесс проходит в хлоропластах (фотосинтетическое фосфорилирование), митохондриях и цитоплазме (окислительное и субстратное фосфорилирование).

### **2.1.7. Ферменты и ферментный катализ**

Обмен веществ в клетке не мог бы происходить без участия биологических катализаторов – ферментов. Роль ферментов огромная. Они делают возможным протекание биохимических реакций, увеличивают скорость, определяют направленность и обеспечивают взаимосвязь превращений веществ в клетке. Через ферменты происходит регуляция процессов метаболизма.

Сущность ферментативного катализа состоит в снижении энергии активации биохимической реакции. Простые ферменты полностью состоят из белков. Сложные имеют небелковую часть – кофактор, которым могут быть коферменты (НАД<sup>+</sup> и ФАД<sup>+</sup>), простетические группы (ФАД, ФМН) и ионы металлов. При изучении данного раздела следует уделить внимание механизму деятельности ферментов и роли в этом процессе активного центра. Важно понимать, как активность ферментов зависит от температуры, рН среды, концентрации ферментов и субстрата. Подробнее необходимо рассмотреть ферменты класса оксидоредуктаз, а также типы окислительно-восстановительных реакций, которые катализируются этими ферментами.

### **2.1.8. Синтез белка в клетке**

Признаки и свойства клеток определяются характером обмена веществ, который, в свою очередь, зависит от состава белков-ферментов. Таким образом, через синтез белков реализуется наследственная программа клетки. Синтезу белков предшествует образование аминокислот. Этот процесс будет рассматриваться в разделе «Минеральное питание».

При самостоятельном изучении данного раздела подробно следует рассмотреть принципы кодирования наследственной информации на ДНК; уяснить, что собой представляет триплет и ген. Важным является понимание процессов транскрипции и трансляции, механизма, который обеспечивает синтез белка в соответствии с генетической программой. Также необходимо знать, какие субклеточные структуры участвуют в синтезе белка.

### **2.1.9. Регуляция метаболизма**

Регуляторные механизмы поддерживают высокую упорядоченность и согласованность биохимических процессов, обеспечивают направлен-

ные изменения метаболизма клетки при ее развитии и адаптации к внешней среде. Работа всех регуляторных механизмов сводится в конечном итоге к регулированию скорости и направленности химических реакций путем изменения активности ферментов (ферментативная регуляция), а также их синтеза и разрушения. Регуляция метаболизма клетки лежит в основе функционирования систем более высокого уровня, в том числе генетической системы регуляции.

## Вопросы для самоконтроля

1. Почему некоторые органические соединения имеют название «аминокислоты»? Приведите формулу и расскажите о свойствах этих соединений.

2. Как построена молекула белка? Чем различаются протеины и протеиды?

3. Назовите виды структур молекул белка, с помощью каких внутримолекулярных связей они образуются?

4. Назовите факторы, которые приводят к нарушению белковой структуры. Какие результаты это имеет для живой клетки и почему?

5. Назовите основные функции белка в клетке.

6. К какому классу органических соединений относятся, чем отличаются и какие функции выполняют моно-, олиго-, полисахариды? Приведите примеры.

7. Перечислите соединения класса липидов и покажите их роль в живой клетке.

8. Приведите формулу фосфолипидов и покажите гидрофильную и гидрофобную части молекулы. Какое значение имеют эти свойства при строении клеточных мембран?

9. Какие вещества объединяются под названием «фитонциды»? Их роль в жизни растений.

10. Назовите виды нуклеиновых кислот, места их локализации в клетке и функции. Чем они отличаются?

11. Как кодируется наследственная информация в молекуле ДНК, что такое триплет и ген?

12. Как реализуется записанная на ДНК информация? Процессы транскрипции и трансляции.

13. Приведите общую схему строения клетки. Назовите клеточные структуры и их функции.

14. Какие органические вещества входят в состав клеточной оболочки и зачем она нужна клетке? Чем отличается первичная клеточная оболочка от вторичной?

15. В настоящее время большое внимание уделяется изучению клеточных мембран, которые выполняют важные и разнообразные функции. Какие это функции?

16. Приведите изображение жидкостно-мозаичной модели мембраны и назовите вещества, которые входят в ее состав.

17. Какие изменения происходят в клетке при ее развитии?

18. Что такое «раздражимость»? Восприятие клеткой раздражающего воздействия и реакция на раздражение.

19. Что понимают под обменом веществ? Что такое метаболизм, какие направления метаболизма различают? Их характеристика.

20. Объясните суть авто- и гетеротрофных типов питания. Назовите примеры авто- и гетеротрофных клеток, тканей и органов растения.

21. К какой группе органических веществ относится АТФ? Ее химическое строение и роль в клетке.

22. Суть фосфорилирования. Назовите виды фосфорилирования АДФ, источники энергии и компоненты клетки, в которых осуществляется этот процесс.

23. Как называются небелковые части сложных ферментов и какое их назначение? Приведите примеры веществ, которые выполняют эту роль.

24. Почему большинство реакций в клетке не могут идти самопроизвольно и нуждаются в катализаторах? Как осуществляется ферментативный катализ?

25. Одним из свойств ферментов является специфичность их действия. Как это обеспечивается?

26. От каких факторов, как и почему зависит скорость ферментативной реакции?

27. Суть и основные типы окислительно-восстановительных реакций клетки. Класс и подклассы ферментов, катализирующих эти реакции.

28. Основные кофакторы дегидрогеназ и оксидаз, их химическая природа.

## **2.2. Водный обмен растений**

Под водным режимом понимают совокупность процессов поглощения и транспирирования воды, а также перемещения ее по растению. Водный режим оказывает очень большое влияние на продуктивность растений, поэтому его регулирование с целью оптимизации является одной из первоочередных задач агротехники. Растениевод должен уметь правильно оценивать состояние водного режима. Это возможно только на основе глубокого понимания механизма поглощения, передвижения

воды по растению и транспирации, а также зависимости этих процессов от экологических факторов.

### **2.2.1. Общие представления о водном режиме**

При изучении данного раздела следует ознакомиться с основными физико-химическими свойствами воды, которые обуславливают ее физиологическую роль в процессе жизнедеятельности растения, уяснить формы состояния воды в растении и в почве, а также понятия водного режима, обмена.

### **2.2.2. Поглощение воды растительной клеткой и корнями растений**

Поглощение воды клеткой, а также перемещение ее по корням в радиальном направлении от клеток ризодермы до клеток ксилемы основано на осмосе, который представляет собой диффузию молекул воды из раствора большей концентрации в раствор меньшей концентрации. Воду клетка поглощает за счет сосущей силы, которая зависит от осмотического и тургорного давления. В современной физиологии вместо приведенных показателей силы используются энергетические показатели: водный, осмотический и тургорный потенциалы. Необходимо усвоить сущность этих показателей.

Перед изучением механизмов активного и пассивного поглощения воды корнями растений следует ознакомиться с анатомическим строением корня. Основным способом поглощения воды корнем является активное поглощение, которое требует затраты метаболической энергии. В результате активного поглощения возникает корневое давление, доказательством которого является гуттация и «плач». Присасывающее действие транспирации не требует затрат энергии и играет второстепенное значение в поглощении воды растением.

Корневое давление (нижний двигатель водного потока) и транспирация (верхний двигатель) обеспечивают движение воды от корней в крону.

### **2.2.3. Влияние различных факторов на поглощение воды**

Для того чтобы оценить состояние водного режима, необходимо знать условия, от которых зависит поступление воды в растение.

На поглощение воды оказывают влияние особенности строения корневых систем, наличие микоризы, осмотический потенциал поглощающих клеток. Большое значение имеют факторы внешней среды: температура, аэрация почвы. Они влияют на процессы дыхания, которые снабжают энергией активный механизм поглощения воды. Температура оказывает воздействие на цитоплазму и мембраны клеток корня,

что приводит к изменению процессов водопоглощения. Поглощение воды зависит от ее доступности (характеризуется водным потенциалом почв). При изучении данного вопроса следует уяснить, какие формы воды содержатся в почве, какие из них являются доступными для растений, как доступная влага связана с разным механическим составом почвы, что такое физиологическая сухость почвы, коэффициент завядания. Определенное влияние на поглощение воды оказывают условия среды, в которых находятся надземные части растения.

#### **2.2.4. Транспирация и ее физиологическая роль**

При изучении данного вопроса следует понимать, что транспирация – это не просто испарение воды растением, а физиологический процесс. Роль транспирации не только в том, что при этом происходит охлаждение растения, данный процесс лежит в основе действия «верхнего концевое двигателя», благодаря которому вода может подниматься на значительную высоту у древесных растений. Через открытые устьица в растение попадает оксид углерода, необходимый для процесса фотосинтеза, в связи с этим следует понимать смысл выражения о том, что транспирация является «неизбежным злом». Для характеристики транспирации существуют такие показатели, как интенсивность, экономичность и продуктивность транспирации, транспирационный коэффициент.

#### **2.2.5. Регулирование устьичной транспирации**

Растение регулирует транспирацию путем изменения ширины устьичной щели. Движение устьиц при изменении обводненности растения называется гидроактивной реакцией. Движение устьиц вызывается и другими факторами, например светом (фотоактивная реакция), но гидроактивная реакция в условиях недостатка воды является доминирующей. Для лучшего понимания механизма регуляции открытия и закрытия устьиц следует изучить строение устьичного аппарата, роль тургорного давления (тургорного потенциала) в изменении ширины устьичной щели.

#### **2.2.6. Влияние различных факторов на интенсивность транспирации**

Транспирация – основная статья расхода воды. Поэтому для оценки состояния водного режима важно знать ее зависимость от различных факторов. Они подразделяются на внутренние – строение листа, и внешние – освещенность, влажность и температура воздуха, скорость ветра, поглощение воды корнями. Следует ознакомиться с суточной и сезонной динамикой транспирации.



### **2.2.7. Движение воды по растению**

Движение воды как составной части водного режима также оказывает влияние на его состояние. Транспорт воды по растению характеризуется общей протяженностью пути, сопротивлением потока и скоростью движения, пропускной способностью ксилемы. Существуют участки ближнего транспорта по корню от ризодермы до сосудов ксилемы и от сосудов по жилкам листа до клеток мезофилла. Участок дальнего транспорта (ксилемного) у древесных растений отличается большой протяженностью и площадью поперечного сечения ствола. В связи с этим возникают дополнительные вопросы о силах и способах поднятия воды на большую высоту в стволе и проводящих зонах воды на поперечном сечении ствола. Следует уяснить роль эндодермы для продвижения воды в корнях, значение симпласта и апопласта в этом процессе, изучить проводящие элементы ксилемы у хвойных и лиственных пород.

### **2.2.8. Водный баланс**

Водный баланс определяется соотношением между поглощением воды и транспирацией и является критерием оптимальности водного режима. Нарушение водного баланса приводит к появлению водного дефицита. Нарастание водного дефицита сопровождается нарушениями процессов жизнедеятельности и может привести к отмиранию растения.

Водный баланс находится в сложной зависимости от факторов внешней среды и особенностей структурной организации растения, которые влияют на процессы поглощения, транспирации и перемещения воды. Необходимо представлять закономерности совместного влияния различных факторов и уметь оценивать состояние водного режима на основании анализа условий роста. Следует знать суточные и сезонные изменения водного баланса, явление временного завядания растений и физиологические последствия глубокого водного дефицита. Необходимо уяснить буферную роль ствола древесных растений как резервуара влаги в устойчивости к засухе.

### **2.2.9. Регулирование водного режима**

Целью регулирования водного режима является поддержание водного баланса. Все приемы регулирования направлены на улучшение поступления воды и ограничение процесса транспирации. Регулирование осуществляется путем воздействия на растение или на среду, где оно произрастает. В связи с этим следует ознакомиться с антитранспирантами, приемами снижения транспирации и улучшения поглощения воды, путями оптимизации водного режима при пересадке растений в разном возрасте, при укоренении черенков.

## Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение осмоса, какое значение он имеет в жизни растения?
2. Что такое водный потенциал клетки, тургорное давление и сосущая сила?
3. Приведите формулу взаимосвязи  $P$ ,  $T$ ,  $S$  и график зависимости их от степени насыщенности клетки водой.
4. Как функционирует осмотический механизм образования корневого давления? Приведите доказательства активного поглощения воды корнем.
5. В практической работе важно знать условия, от которых зависит водопоглощающая деятельность корней. Какие же внешние факторы и как влияют на этот процесс? Механизм этого влияния.
6. Назовите формы влаги, которая имеется в почве при влажности на уровне полной полевой влагоемкости, влажности устойчивого увядания, а также величины водоудерживающих сил этих форм влаги.
7. Приведите данные, подтверждающие известное высказывание К. А. Тимирязева, что транспирация является «неизбежным злом» для растения. В чем заключается физиологическая роль транспирации?
8. Какие факторы вызывают движение устьиц и какова цель этого движения? Механизм гидроактивной реакции устьиц.
9. Какие факторы и как влияют на интенсивность транспирации?
10. Почему посадку лесных культур и деревьев в парках проводят осенью или весной, но не летом?
11. Каковы движущие силы и как обеспечивается поднятие воды на большую высоту у деревьев? За счет какой энергии поднимается вода?
12. Дайте определение водного баланса и водного дефицита. Какими способами можно обеспечить поддержание водного баланса растений при их выращивании?
13. На продуктивность растений отрицательно влияют даже относительно небольшие трудности с водообеспечением. Почему? Через какие нарушения недостаток воды сказывается на росте?

## 2.3. Фотосинтез и транспорт ассимилятов

Способность к фотосинтезу является свойством автотрофных организмов. При фотосинтезе они поглощают энергию света и образуют необходимые для роста органические вещества. С этим процессом непосредственно связана продуктивность растений.

В процессе самостоятельной работы необходимо, во-первых, разобраться в механизме фотосинтеза. Изучение механизма базируется на хороших знаниях особенностей строения фотосинтетического аппарата. Во-вторых, важно осознать характер и причины зависимости фотосинтеза от внешних и внутренних факторов. Эти знания дают возможность оценить соответствие условий роста растений потребностям высокой фотосинтетической продуктивности и целенаправленно изменять их. Наконец, необходимо понять роль фотосинтеза в формировании урожая, осознать пути и способы повышения его продуктивности.

### **2.3.1. Общие представления о фотосинтезе**

Необходимо знать определение и общее уравнение фотосинтеза, его роль для растения и в биосфере. Следует уяснить фазы фотосинтеза, их суть, источник водорода, который используется для восстановления  $\text{CO}_2$ , происхождение кислорода, выделяющегося при фотосинтезе, иметь представление о таких показателях фотосинтеза, как интенсивность, коэффициент полезного действия (КПД), уяснить понятия «чистый» (нетто) и «истинный» (брутто) фотосинтез.

### **2.3.2. Поглощение энергии света**

Для того чтобы понять механизм поглощения света в световой фазе фотосинтеза, необходимо уяснить, что такое фотосинтетически активная радиация (ФАР), разобраться в особенностях строения листа, которые обеспечивают максимально эффективное поглощение света. Зная световой баланс листа (на какие цели расходуется попадающая на лист световая энергия), можно рассчитать КПД фотосинтеза листа.

Пигментами-акцепторами света являются зеленые (хлорофиллы) и желтые (каротиноиды) пигменты, которые локализируются в хлоропластах. Следует изучить их строение, свойства, спектры поглощения и их связь со спектром действия фотосинтеза, факторы внешней среды, которые оказывают влияние на синтез пигментов. Пигменты на мембранах хлоропластов по-особому организованы и образуют реакционные центры (РЦ), фотосинтетические единицы (ФСА), светособирающий комплекс (ФСК).

### **2.3.3. Фотохимические реакции фотосинтеза**

На фотохимическом этапе энергия поглощенных квантов используется на расщепление молекул воды и передается ее электронам, которые при этом высвобождаются. Высокоэнергетические электроны восстанавливают кофермент НАДФ<sup>+</sup> (никотинамиддинуклеатидфосфат) до НАДФН<sub>2</sub> и переносят на них часть своей энергии. За счет

энергии электронов также образуются макроэргичные связи АТФ. Таким образом, на данном этапе энергия света превращается в химическую энергию АТФ и НАДФН<sub>2</sub>. Последовательность и взаимосвязь указанных процессов иллюстрируются схемой нециклического и циклического транспорта электронов.

Следует разобраться, что собой представляют фотосистемы I и II, участвующие в транспорте электронов, где локализованы их компоненты в хлоропластах, как происходят указанные выше процессы.

#### **2.3.4. Темновая фаза фотосинтеза**

Темновая фаза фотосинтеза идет в матриксе хлоропластов.

В темновой фазе происходит поглощение CO<sub>2</sub> и восстановление ее до углеводов за счет энергии АТФ и НАДФН<sub>2</sub>, которые образовались в световой фазе. В непосредственном воздействии света биохимические реакции темновой фазы не нуждаются.

Темновая фаза осуществляется в различных растениях тремя путями, которые называются C<sub>3</sub>-, C<sub>4</sub>- и САМ-путями фотосинтеза. В случае C<sub>3</sub>-пути фиксации CO<sub>2</sub> в цикле Кальвина происходит карбоксилирование РДФ (рибулезодифосфата) с образованием ФГК (фосфоглицериновой кислоты), затем идет восстановление CO<sub>2</sub> путем восстановления ФГК до ФГА (фосфоглицеринового альдегида), и на последнем этапе происходит регенерация РДФ. При этом часть молекул ФГА выводится из цикла и используется на синтез фруктозодифосфата (ФДФ). Далее из ФДФ образуются другие углеводы – продукты фотосинтеза. Следует самостоятельно ознакомиться с образованием сахарозы и крахмала, путями взаимопревращений углеводов.

#### **2.3.5. Транспортирование питательных веществ по растению**

Питательные вещества переносятся к зонам потребления с флоэмным потоком. При мобилизации запасных веществ к их распространению подключается ксилема. Таким образом, органические вещества, как и минеральные, включаются в круговорот с участием флоэмного и ксилемного потоков. Взаимосвязь этих потоков обеспечивается благодаря радиальному перемещению веществ.

Следует подробно ознакомиться с анатомическим строением и механизмом действия проводящих элементов флоэмы – ситовидных трубок, уяснить пути поступления питательных веществ из фотосинтезирующих клеток во флоэму и из запасяющих клеток в ксилему. Важно знать, в каких формах и с какой скоростью транспортируются питательные вещества, состав флоэмного и ксилемного соков.

### **2.3.6. Влияние на фотосинтез факторов внутренней организации растения и экологических факторов**

Интенсивность фотосинтеза не одинакова у растений разных видов и сортов, теневыносливых и светолюбивых пород, зависит от анатомического строения и возраста листа, содержания в нем хлорофилла, скорости оттока ассимилятов и пр.

Знания, полученные при изучении влияния экологических факторов на процесс фотосинтеза, имеют непосредственное прикладное значение. Они дают возможность квалифицированно осуществлять мероприятия, направленные на повышение фотосинтетической продуктивности растений.

Экологические факторы влияют на фотосинтез непосредственно и косвенно. К ним в первую очередь относится освещенность, в связи с этим необходимо уяснить, как адаптируется к свету ассимиляционный аппарат растения, знать характер световых кривых для светолюбивых и теневыносливых растений и их параметры (световой компенсационный пункт, световое насыщение), влияние спектрального состава света на фотосинтез. Важно понимать характер и причины зависимости интенсивности фотосинтеза от температуры, содержания  $\text{CO}_2$  в воздухе, водобеспечения растения, минерального питания, понимать такое явление, как хлороз (результат недостатка минеральных веществ), знать характер и причины суточной и годовой динамики интенсивности фотосинтеза.

### **2.3.7. Роль фотосинтеза в формировании урожая**

Представление о роли фотосинтеза и других физиологических процессах в формировании урожая дает уравнение баланса органических веществ растения:  $\Phi + M = Y_6 + D + A$ , где  $\Phi$  – масса образованных при фотосинтезе углеводов;  $M$  – масса поглощенных корнями минеральных элементов, необходимых для синтеза органических веществ;  $Y_6$  – масса растения в сухом состоянии (биологический урожай);  $D$  – масса органических веществ, израсходованных в процессе дыхания;  $A$  – потери органических веществ с опадом. Отсюда  $Y_6 = \Phi + M - D - A$ . Оценивая вклад приведенных в приходной части баланса процессов, сделать выводы о значении фотосинтеза в формировании урожая.

### **2.3.8. Пути повышения продуктивности растений**

Главная роль в формировании  $Y_6$  принадлежит фотосинтезу. Массу образованных фитоценозом углеводов в процессе фотосинтеза (продукцию фотосинтеза) можно рассчитать по формуле:  $\Phi = K \cdot I_{\phi} \cdot S \cdot T$ , где  $K$  – коэффициент перехода от массы  $\text{CO}_2$  к массе образованных углеводов, равный  $\approx 0,64$ ;  $I_{\phi}$  – средняя интенсивность фотосинтеза

растений фитоценоза за исследуемый период, г  $\text{CO}_2/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ;  $S$  – площадь листьев всех растений фитоценоза,  $\text{м}^2$ ;  $T$  – продолжительность фотосинтеза, ч.

Из формулы следует, что для увеличения  $\Phi$  необходимо повысить три показателя:  $I_{\text{ф}}$ ,  $S$  и  $T$ . Наибольший эффект достигается через повышение до оптимальных размеров площади листовой поверхности фитоценоза, которая характеризуется листовым индексом (с ним связана также густота фитоценоза). Оптимизация листового индекса (густоты) ведет к существенному повышению КПД фотосинтеза фитоценоза, который больше, чем КПД фотосинтеза листа.

## Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение и приведите общее уравнение фотосинтеза. В чем заключается суть световой и темновой фаз этого процесса?
2. Дайте определение понятиям ФСА, РЦ, ФС. Где в хлоропластах локализованы компоненты фотосистем?
3. Покажите химическую природу пигментов хлоропластов и приведите формулу этих соединений, в которых она была бы отражена.
4. Назовите основную функцию пигментов хлоропластов и объясните механизм, через который она выполняется.
5. Приведите спектр поглощения хлорофиллов и каротиноидов. Какими внутримолекулярными связями обусловлено поглощение соответствующих участков спектра?
6. Приведите спектр действия фотосинтеза. Почему в разных лучах спектра скорость процесса разная?
7. При выращивании растений в некоторых случаях может наблюдаться хлороз. Что это за явление, полезно или вредно оно для растения, какими факторами вызывается?
8. Объясните суть механизма световой фазы фотосинтеза. Из каких этапов она состоит и где локализована?
9. Что такое ЭТЦ фотосинтеза и какова ее роль?
10. Изложите суть и приведите общую схему  $\text{C}_3$ -пути темновой фазы фотосинтеза. Что является источником энергии и водорода для этого и в виде каких соединений они поступают?
11. Назовите основные продукты фотосинтеза и покажите пути их образования.
12. Приведите световой баланс листа. Что такое КПД фотосинтеза листа и чему он равен?
13. Приведите уравнение баланса органического вещества растения и покажите роль физиологических процессов в формировании урожая.

14. Какой величины достигает КПД фотосинтеза фитоценоза? Покажите пути повышения этого показателя.

15. Что такое листовой индекс и как он связан с продуктивностью фитоценоза?

16. Приведите данные о структурно-функциональных различиях между листьями светолюбивых и теневыносливых растений. Какое это имеет значение для практической работы специалиста лесного хозяйства?

17. Как зависит фотосинтез от факторов внутренней организация растений?

18. Покажите характер (на графиках) и причины зависимости фотосинтеза от света, температуры,  $\text{CO}_2$ . Приведите основные параметры кривых.

19. Опишите строение хлоропласта. Какие процессы фотосинтеза проходят на структурах этой органеллы?

20. Назовите виды органических питательных веществ и их функции.

21. Где и в каком виде откладываются в древесных растениях запасные вещества? Группы деревьев по преобладающим видам запасных веществ.

22. Какие преобразования происходят с питательными веществами в фотосинтезирующих клетках?

23. Какие превращения происходят с запасными веществами в вегетативных органах древесных растений в течение года?

24. Что происходит с питательными веществами при созревании и прорастании семян?

25. Назовите состав ксилемного и флоэмного соков.

26. Охарактеризуйте путь органических питательных веществ по растению. В какой форме они перемещаются на разных этапах этого пути?

## **2.4. Дыхание и обмен веществ**

Клетки растений для поддержания жизнедеятельности нуждаются в постоянном притоке энергии. Энергия поступает с питательными органическими веществами – продуктами фотосинтеза, и освобождается в процессе дыхания. Признаком дыхания является поглощение кислорода воздуха. В связи с этим живые организмы, которые осуществляют данный процесс, называются аэробами. Существуют также организмы, живущие в бескислородной среде. Они получают энергию за счет брожения или анаэробного дыхания и называются анаэробами.

### **2.4.1. Сущность и значение дыхания**

При изучении дыхания в дальнейшем рекомендуется придерживаться следующей схемы.

Процесс дыхания включает две стадии: а) окисления субстрата; б) окислительное фосфорилирование. Первая стадия в зависимости от окисляемого субстрата может идти различными путями. Для углеводов, в частности, есть два пути. Первый является основным и изучается подробно, он включает этапы гликолиза и цикл Кребса. Второй – это пентозофосфатный цикл. Окисление жира и белка проходит иными путями, связанными с циклом Кребса.

В процессе дыхания в результате аэробного окисления органических питательных веществ выделяется энергия и образуются промежуточные метаболиты, которые используются растением для синтеза аминокислот, белков, жиров и других веществ. Энергия, аккумулируемая в АТФ, используется растением на процессы роста, движения, поглощения воды и минеральных веществ, поддержания процессов синтеза. При дыхании окисляются и выводятся вредные вещества, а образующаяся метаболическая вода помогает выжить растению при недостатке влаги в почве.

По теории В. И. Палладина, в первой, анаэробной стадии дыхания происходит окисление субстрата. Общее уравнение этого процесса имеет следующий вид:  $C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12R = 6CO_2 + 12RH_2$ .

На второй стадии, аэробной, происходит окисление  $RH_2$  и регенерация акцепторов водорода R.

Уравнение второй стадии имеет следующий вид:  $12RH_2 + 6O_2 = 12R + 12H_2O$ .

При изучении раздела следует уяснить такие понятия, как субстраты дыхания, дыхательный коэффициент и его зависимость от степени восстановленности субстрата, интенсивность дыхания.

#### **2.4.2. Окисление субстрата**

Подробно изучается только путь окисления глюкозы – гликолиз и цикл Кребса. Окисление проходит без непосредственного участия кислорода, т. е. анаэробно. Электроны и протоны переносятся от окисляемого субстрата на кофермент, НАД<sup>+</sup> и ФАД (никотинамиддинуклеатид и флавинадениндинуклеотид – в уравнении В. И. Палладина радикал R), которые при этом восстанавливаются. Восстановленным коферментам передается также значительная доля энергии субстрата дыхания. Регенерация необходимых для первой фазы окисленных форм коферментов НАД<sup>+</sup> и ФАД происходит во второй фазе. Несмотря на то что окисление в первой фазе является анаэробным, в бескислородной среде идет только процесс гликолиза. Цикл Кребса в отсутствие кислорода останавливается, а дальнейшее превращение продуктов гликолиза осуществляется другими путями, в частности идет процесс брожения.

Гликолиз представляет собой цепь из 10 биохимических реакций, которые локализуются в цитоплазме клеток, в ядре, матриксе митохон-



дрий, и по сути своей является анаэробным окислением глюкозы до пировиноградной кислоты (ПВК). Упрощенно можно выделить три группы реакций. Первая – это фосфорилирование глюкозы и расщепление ее на 2 молекулы ФГА (фосфоглицериновый альдегид). Вторая – окисление ФГА до ФГК (фосфоглицериновая кислота). При этом происходит первое субстратное фосфорилирование (образование АТФ). Третья – превращение ФГК в ПВК, идет второе субстратное фосфорилирование.

Цикл Кребса (замкнутая цепь из 8 биохимических реакций) локализован в матриксе митохондрий, куда поступает ПВК. В митохондриях происходит ее окислительное декарбоксилирование, активизация остатков уксусной кислоты путем образования ацетил-КоА. В цикле Кребса продолжается окисление и декарбоксилирование ацетила.

### **2.4.3. Электрон-транспортная цепь дыхания и окислительное фосфорилирование**

Выход АТФ в стадии окисления сравнительно небольшой. Основное количество энергии концентрируется в восстановленных НАДН<sub>2</sub> и ФАДН<sub>2</sub>. Эта энергия постепенно освобождается при аэробном окислении коферментов в дыхательной цепи во второй стадии дыхания. Окисленные НАД<sup>+</sup> и ФАД снова используются в первой фазе, а энергия направляется на образование макроэргических связей АТФ – окислительное фосфорилирование.

### **2.4.4. Роль дыхания в обмене веществ**

Углеводы, образованные в процессе фотосинтеза, являются источниками энергии и «строительным» материалом для большого количества других органических веществ. Образование этих веществ из углеводов представляет собой вторую функцию дыхания. Связь дыхания с метаболизмом клетки иллюстрирует схема на рис. 2.2.

### **2.4.5. Превращение и накопление питательных веществ**

Питательные органические вещества являются источником энергии и субстратом для синтеза других веществ. Они образуются в процессе фотосинтеза, транспортируются по растению к потребляющим их органам и тканям, откладываются в запас, мобилизуются из резерва для поддержания жизнедеятельности в период весеннего роста. При этом происходит превращение этих веществ из одних форм в другие. При самостоятельном изучении этого раздела следует уяснить накопление, локализацию в растении и мобилизацию запасных питательных веществ, как происходит превращение этих веществ при созревании и прорастании семян, а также сезонные и суточные превращения их в вегетативных органах растений.

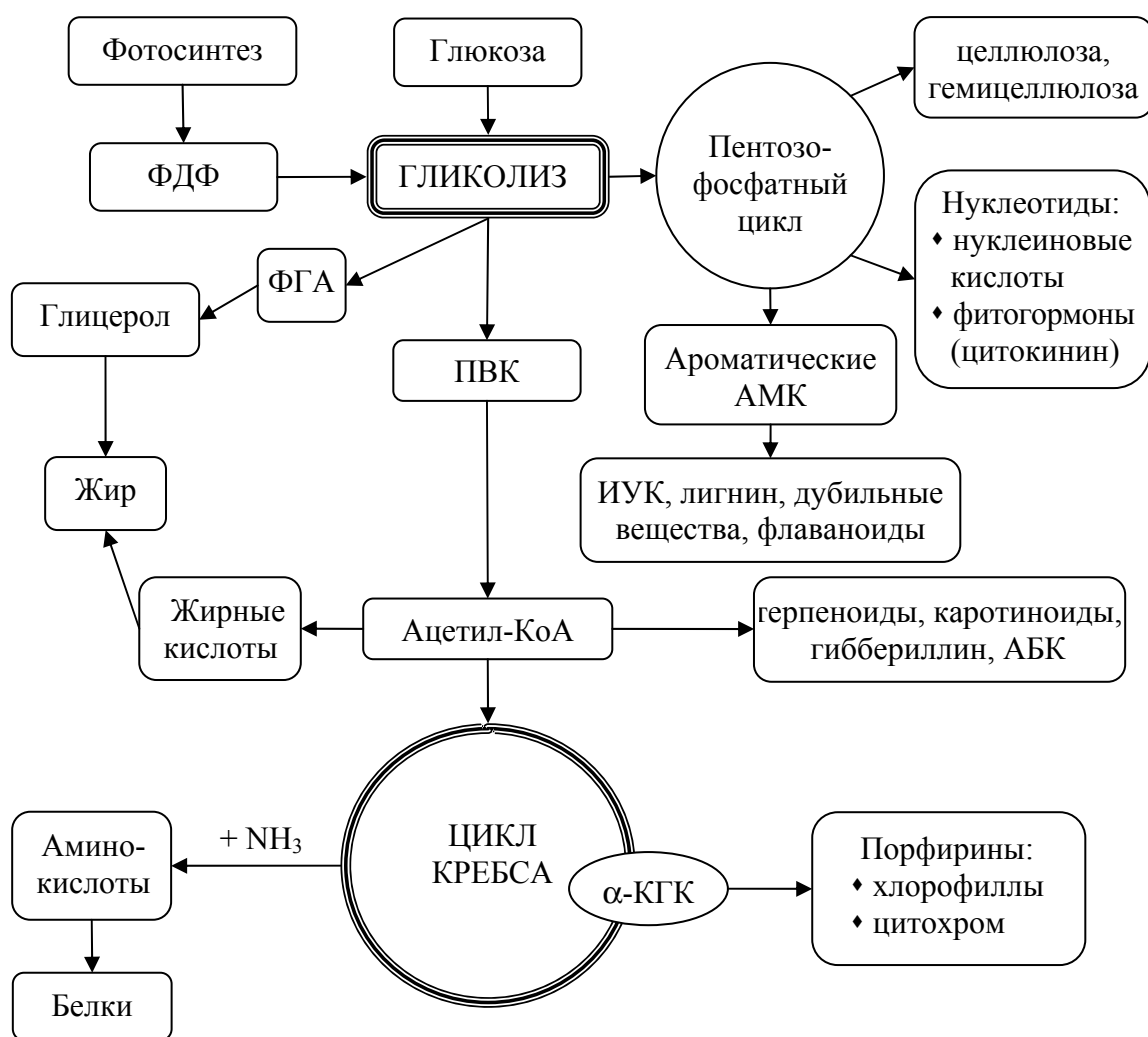


Рис. 2.2. Схема метаболизма растительной клетки

#### 2.4.6. Синтез и распад жиров

Синтез и превращение некоторых углеводов рассматривались в разделе «Фотосинтез». Образование аминокислот будет изучаться в разделе «Минеральное питание». В этой теме необходимо ознакомиться с вопросами синтеза и распада жиров.

В растении содержатся жидкие жиры – масла. Масла являются запасными веществами. Они не растворимы в воде, поэтому не транспортируются по растению, а синтезируются в запасяющих клетках. Для перемещения до мест потребления масла предварительно превращаются в растворимые углеводы.

Заключительный этап превращения масел в сахар представляет собой повернутые назад реакции гликолиза.

Продукты распада липидов (ФГА, Ац-КоА и др.) могут также окисляться в процессе дыхания без предварительного превращения в сахар.

Процесс гидролиза масел, включения в процесс дыхания или превращения в сахар идет по схеме, приведенной на рис. 2.3.

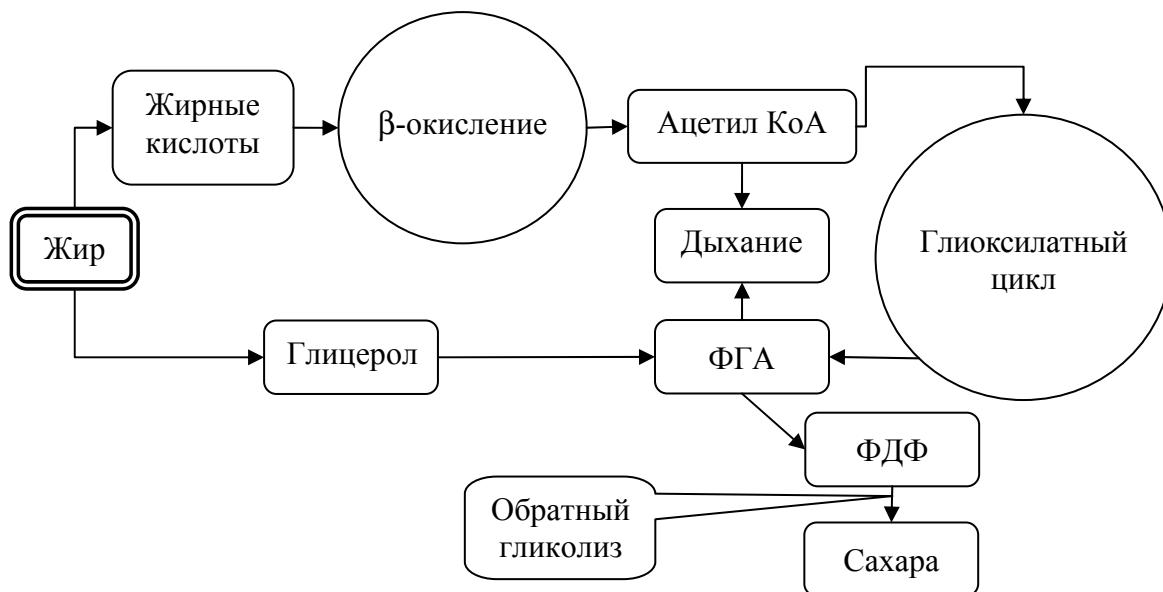


Рис. 2.3. Схема окисления и превращения жиров в сахара

#### 2.4.6. Зависимость дыхания от внутренних и внешних факторов

Интенсивность дыхания зависит от таких внутренних факторов, как видовая принадлежность растения, структурная организации и функциональное назначение органов и тканей, метаболическая активность клеток.

На дыхание влияют экологические факторы: содержание кислорода, температура, освещение, водный режим, минеральное питание, содержание углекислоты.

#### 2.4.7. Значение дыхания для продуктивности растений

Роль дыхания в продуктивном процессе противоречивая. Дыхание является, с одной стороны, значительной расходной статьей продуктов фотосинтеза, с другой стороны дыхание – это источник необходимой растению энергии. Условием высокой продуктивности растения является принцип наименьшей достаточности: дыхание должно обеспечивать энергетические потребности организма при минимальном расходе дыхательного субстрата. Наибольшая эффективность дыхания наблюдается при оптимальных условиях произрастания.

### Вопросы для самоконтроля

1. Сущность дыхания и его роль. Приведите общее уравнение и уравнения фаз дыхания.
2. Изложите суть и содержание этапов фазы окисления субстрата. Локализация процессов этой фазы в клетке.

3. Что такое электрон-транспортная цепь дыхания? Где она находится в клетке и какова ее роль?
4. Какие органические вещества используются растениями в качестве субстратов дыхания и как они включаются в этот процесс?
5. Как и почему в зависимости от дыхательного субстрата изменяется дыхательный коэффициент?
6. Приведите схемы синтеза жиров и превращения жиров в углеводы.
7. Какова роль дыхания в обмене веществ?
8. Какое влияние оказывает дыхание на рост и продуктивность растений? Предложите приемы регулирования дыхания с целью достижения его наибольшей эффективности.
9. Приведите изображение митохондрии, покажите ее структурные элементы, их функциональное назначение.
10. Как и почему дыхание зависит от внешних факторов (содержания углекислоты, температуры, водообеспечения и др.)?
11. Почему растения не могут долго жить в анаэробных условиях, хотя и не гибнут сразу после попадания в среду без кислорода?

## **2.5. Основы микробиологии**

### **2.5.1. Структурная организация и метаболизм бактерий**

Микробиология – наука, изучающая микроорганизмы: бактерии, микроскопические водоросли, микроскопические грибы, простейшие животные. Бактерии и цианобактерии – прокариоты. Грибы, водоросли (зеленые, желто-зеленые и диатомовые), простейшие – эукариоты. Почвенные микроорганизмы, являясь участниками биологического круговорота веществ, обеспечивают наличие в почве доступных для растений минеральных элементов.

В жизни растений большая роль принадлежит прокариотам – бактериям и цианобактериям. Особенностью прокариот является многообразие путей обеспечения себя энергией и веществом, т. е. типов питания. Для характеристики типов питания используются одновременно три критерия: источник углерода, источник энергии и донор электронов (водорода). Существуют четыре основных типа питания прокариот (таблица).

Энергию для жизнедеятельности прокариоты получают, осуществляя процессы аэробного и анаэробного дыхания, а также брожения. Аэробное дыхание бактерий протекает так же, как и дыхание растений. Анаэробное дыхание по своему механизму аналогично аэробному и отличается от него тем, что акцептором водорода является не кислород, а неорганические соединения. В зависимости от используемых неоргани-

ческих акцепторов водорода различают виды анаэробного дыхания: нитратное (бактерии-денитрификаторы), сульфатное (сульфатвосстанавливающие бактерии), карбонатное (метанообразующие бактерии) и др.

### Основные типы питания прокариот

Типы питания	Источник углерода	Источник энергии	Донор электронов	Представители прокариот
Фотолитоавтотрофы	CO <sub>2</sub>	Свет	H <sub>2</sub> O, неорганические соединения (H <sub>2</sub> S, S, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> )	Цианобактерии, зеленые, серые, пурпурные бактерии
Фотоорганавтотрофы	CO <sub>2</sub> и органические соединения	Свет	Органические соединения (спирты, органические кислоты и др.)	Некоторые пурпурные бактерии
Хемолитоавтотрофы	CO <sub>2</sub>	Реакции окисления неорганических веществ	Неорганические соединения (H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , Fe <sup>2+</sup> и др.)	Нитрифицирующие, трионовые, водородные бактерии; ацидофильные железобактерии
Хемоорганогетеротрофы	Органические соединения	Реакции окисления органических веществ	Органические соединения	Большинство бактерий (аммонификаторы, азотофиксаторы, пиктиноразрушающие, клетчаткоразрушающие, молочнокислые, уксуснокислые и др.)

При брожении происходит частичное окисление питательного субстрата, а акцептором водорода являются продукты брожения, которые при этом восстанавливаются. В итоге брожение – это не окисление, а распад сложных органических веществ на более простые органические и неорганические. В связи с этим выход энергии при брожении значительно меньше, чем при дыхании. Брожение связано с дыханием – общим этапом для этих процессов является гликолиз.

Схема спиртового брожения приведена на рис. 2.4.

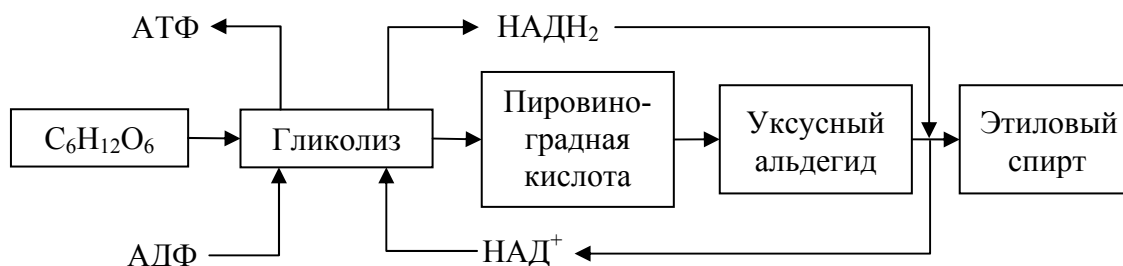


Рис. 2.4. Схема спиртового брожения

При самостоятельном изучении материала данного раздела следует усвоить классификацию прокариот по форме клеток, особенности их строения, роста и размножения. Необходимо уяснить сущность основных типов питания, способов получения энергии для жизнедеятельности, представителей прокариот по типам питания и способам получения энергии.

### **2.5.2. Распространение и роль микроорганизмов в природе**

Микроорганизмы распространены во всех средах, но основное место их обитания – почва. Почвенные микроорганизмы участвуют в биологическом круговороте химических элементов. Важнейшим минеральным элементом, в котором больше всего испытывают потребность растения, является азот. Круговорот азота в биосфере включает четыре этапа, которые осуществляются почвенными микроорганизмами: аммонификация, нитрификация, денитрификация и «фиксация» азота.

В данном разделе необходимо изучить влияние внешних условий на жизнедеятельность микроорганизмов и особенности их распространения в почве. Уяснить роль представителей микроорганизмов в биологическом круговороте углерода и азота, сущность этапов круговорота. Изучить взаимоотношения между почвенными микроорганизмами, микроорганизмами и высшими растениями.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие организмы изучает микробиология?
2. Назовите основное отличие прокариотической клетки от клетки эукариот.
3. На какие группы подразделяются бактерии по форме клеток?
4. Назовите основные особенности строения клеток прокариот.
5. По каким признакам различают грамположительные и грамотрицательные бактерии?
6. Какие критерии используются для определения типов питания прокариот?
7. Что является источником энергии и водорода для фотолитоавтотрофов?
8. Охарактеризуйте тип питания хемолитоавтотрофов.
9. Дайте определение анаэробного дыхания.
10. В чем состоит сущность процесса брожения?
11. Какие факторы влияют на распространение микроорганизмов в почве?

12. Назовите этапы биологического круговорота углерода в биосфере. Какие микроорганизмы по типам питания участвуют на каждом этапе?

13. Назовите этапы круговорота азота в биосфере.

14. Что такое «фиксация» азота? Назовите симбиотические микроорганизмы, осуществляющие «фиксацию». Какой тип питания у этих микроорганизмов?

15. Покажите, какие взаимоотношения устанавливаются между микроорганизмами в почве, а также между микроорганизмами и растениями.

## **2.6. Минеральное питание растений**

В данном разделе изучаются вопросы поглощения и усвоения минеральных веществ живыми клетками, перемещения их по растению. Эти процессы и составляют суть минерального питания. Рассматривается также роль экологических факторов в минеральном питании растений.

### **2.6.1. Характеристика минеральных элементов**

При изучении данного вопроса необходимо усвоить, какие макро- и микроэлементы необходимы для растения, в составе каких ионов они поглощаются и каково их физиологическое значение. Важно знать источники минеральных элементов, формы их содержания в почве, доступность растениям, а также накопление минеральных элементов в различных растениях, органах и тканях.

### **2.6.2. Поглощение минеральных веществ**

Поглощение минеральных веществ растением осуществляется в ионной форме независимо от транспирации. На первом этапе происходит проникновение ионов в свободное пространство корня и их адсорбция. На втором этапе ионы переносятся через плазмалемму в протопласт клетки. При изучении данного раздела следует уяснить, на каких участках корня идут процессы поглощения, что собой представляет свободное пространство корня, способы переноса ионов через мембраны, механизмы активного и пассивного способа переноса, избирательность поглощения ионов и ее природа.

### **2.6.3. Усвоение азота и других минеральных элементов**

Поглощенные ионы используются растением для нужд растущих клеток. До места усвоения они могут транспортироваться в неизменной форме или в виде продуктов первичной ассимиляции, которая происходит в живых клетках поглощающих корней.

Наиболее сложным процессом является ассимиляция азота, который включает 4 этапа и представлен на рис. 2.5.

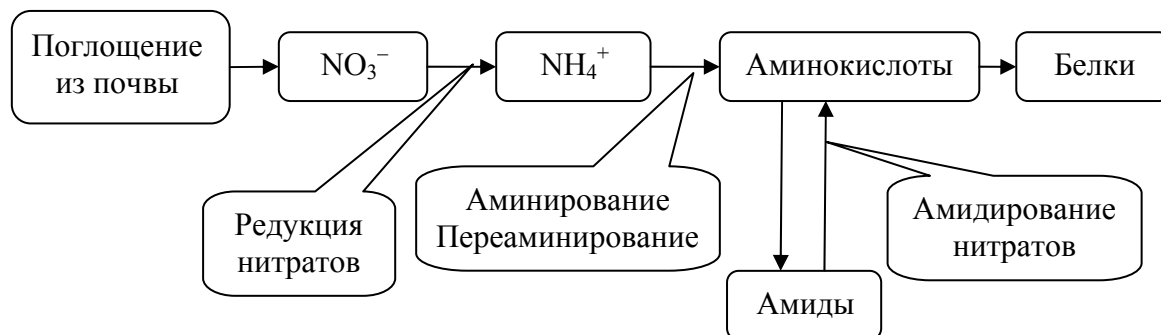


Рис. 2.5. Схема ассимиляции азота растением

При изучении данных вопросов необходимо уяснить сущность процессов редукции нитратов, аминирования, переаминирования, образования амидов.

#### **2.6.4. Передвижение и реутилизация минеральных элементов в растении**

Весь путь передвижения минеральных веществ можно разделить на три этапа. На первом этапе происходит транспорт ионов от клеток ризодермы корня до сосудов ксилемы. Второй этап (далекий транспорт) – перемещение ионов по сосудам корня и стебля до самых мелких жилок листа. На третьем этапе происходит перемещение ионов в клетки мезофилла листа. Необходимо изучить, как на этом пути ионы усваиваются растением, уяснить роль проводящих тканей в этом процессе.

При недостатке минеральных элементов в почве они могут переходить из органических веществ, находящихся в растении, снова в ионную форму и затем повторно использоваться растением. Такое явление получило название реутилизация. Необходимо уяснить, какие элементы являются хорошо и слабо передвигающимися, и в связи с этим знать признаки недостатка тех и других в растении.

#### **2.6.5. Роль внешних факторов в минеральном питании растений**

Необходимо изучить роль микоризы в минеральном питании растений, усвоить, что такое микориза, ее виды, понимать взаимоотношения растения и гриба. К абиотическим факторам, влияющим на минеральное питание, относятся водный режим почвы, ее минеральный состав, кислотность, аэрация, температура. Необходимо понимать характер и причины воздействия этих факторов, а также знать, какими путями можно улучшить условия минерального питания растений.



### **2.6.6. Физиологические основы применения удобрений**

Содержание доступных форм минеральных ионов даже на богатых почвах может не соответствовать потребностям растений для их высокой продуктивности. Кроме того, с биомассой выносятся значительное количество элементов, что приводит к обеднению почвы. Все это вызывает необходимость применения разнообразных удобрений. Необходимо, в связи с этим, четко представлять, какие удобрения нужно использовать (физиологически кислые, нейтральные, щелочные соли), как они должны быть сбалансированы по элементам питания, в какие периоды развития растительного организма нужно вносить удобрения и в каких дозах. Физиологические основы применения удобрений вытекают из правил и закона «минимума» Ю. Либиха.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите необходимые растениям микро- и макроэлементы. Каковы их поглощаемые формы и физиологическая роль?
2. Сформулируйте правила и закон «минимума» Ю. Либиха.
3. В чем заключается сущность и значение реутилизации? Назовите необходимые минеральные элементы, которые имеют хорошую и слабую подвижность.
4. Назовите формы питательных веществ почвы. Как они доступны для растения? В какой форме преимущественно содержатся в почве N, P, K?
5. Какова роль клеточной оболочки в поглощении минеральных элементов?
6. Как обеспечивается избирательность поглощения ионов корнями растений?
7. Как и за счет какой энергии функционирует механизм активного поглощения ионов корнями? Приведите доказательства активного поглощения.
8. Что является движущей силой ионов при пассивном поглощении и какими способами осуществляется их перенос через плазмолемму?
9. Какие преобразования осуществляются в растениях с соединениями азота? Суть процессов аминирования, амидирования и переаминирования.
10. На поглощение ионов растениями большое влияние оказывает pH почвенного раствора, аэрация почвы и ее температура. Каков механизм этого влияния?
11. Что такое «микориза»? Назовите виды микоризы и охарактеризуйте взаимоотношения между микоризообразователями.

12. Назовите основные требования к применению удобрений.
13. По каким признакам можно определить недостаток для растений хорошо и слабо подвижных элементов?

## **2.7. Рост и развитие растений**

Данный раздел посвящен вопросам роста и развития растительного организма, которое тесно связано с другими физиологическими процессами, интегрирует в себе эти процессы.

Проблемы развития занимают центральное место в биологии. Это наиболее сложный и интересный раздел курса.

### **2.7.1. Общие представления об онтогенезе**

При изучении общих понятий и определений, таких как онтогенез, рост, развитие, необходимо усвоить их взаимосвязь и взаимозависимость.

Под онтогенезом понимается развитие организма в течение его жизни. В этом смысле онтогенез и развитие – синонимы. Развитие включает изменение структуры растения – морфогенез, и возрастные изменения организма. Морфогенез – наиболее изученный процесс. В настоящее время активно изучаются физиолого-биохимические и генетические аспекты развития, которые позволяют лучше понять его механизм.

При самостоятельном изучении раздела необходимо обратить внимание на этапы онтогенеза растения, их характеристики, уяснить особенности вегетативного и репродуктивного периодов в жизни растений, этапов развития у древесных растений.

### **2.7.2. Общие представления о регуляции развития**

Развитие растений контролируется генотипом. Очередной этап развития организма или его частей начинается с включения на реализацию определенной генетической программы. Гены, ответственные за данную программу, активизируются, в то время как другие остаются в неактивном состоянии (дифференциальная активность генов). Очередная программа включается лишь после полного выполнения предыдущей.

Упорядоченное развитие в пространстве и времени обеспечивается регуляторными механизмами, которые могут действовать автономно или под влиянием внешних факторов. Первые обеспечивают преимущественно пространственную, вторые – временную координацию развития. Пространственная ориентация в процессе развития связана с полярностью, а временная – с циркадными ритмами (биологическими часами). Компонентами регуляторных систем являются фитогормоны. Работа регуляторных систем также контролируется генотипом.

### **2.7.3. Фитогормоны**

Фитогормоны – это органические вещества, которые вырабатываются в неспецифических тканях и действуют как регуляторы и координаторы онтогенеза. Необходимо изучить химическое строение, локализацию биосинтеза, особенности транспортирования, физиологическое действие ауксинов, гиббериллинов, цитокининов, абсцизинов и этилена. Следует знать, с какой целью используют в растениеводстве препараты ауксинового типа, цитокинины, этилен, что собой представляют и где применяются гербициды, арборициды, ретарданты.

### **2.7.4. Полярность**

Полярность является внутренним фактором и координирует развитие растения в пространстве, обуславливает форму клетки, органов и всего растения в целом.

Полярность – это физиологическая неравномерность противоположных полюсов клеток, органов и целого растения, обусловленная специфической ориентацией в пространстве структур и процессов. Требуется уяснить роль полярности в морфогенезе, почему необходимо учитывать полярность при укоренении черенков и прививке растений.

### **2.7.5. Онтогенез растительной клетки**

Процессы развития растительной клетки лежат в основе роста и развития растения. Онтогенез растительной клетки включает в себя этапы деления, растяжения, дифференцировки, старения и смерть. При самостоятельном изучении этого раздела следует уяснить роль фитогормонов на каждом этапе развития, а также иметь представление о том, где идут эти процессы.

### **2.7.6. Механизм и характер роста**

Рост – это процесс новообразования элементов структуры растения (клеток, тканей, органов), который сопровождается необратимым увеличением его размеров и массы благодаря делению и растяжению клеток. Рост характеризует количественные изменения в растении и локализован в меристемах (апикальных, латеральных и интеркалярных). Для характеристики роста используются такие показатели, как динамика и скорость роста. При самостоятельном изучении раздела следует уяснить, что собой представляет S-образная кривая роста (закон Ю. Сакса), какие периоды роста выделяют на этой кривой, а также сущность абсолютной и относительной скорости роста, механизм роста дерева по диаметру, как идет формирование годичных слоев, что такое побеги с преформированным и не преформированным ростом.

### **2.7.7. Корреляции между частями растения в процессе роста**

Корреляция – это упорядоченное влияние одних органов на другие в процессе роста растения в целях гармоничного развития формы. В зависимости от механизма выделяют трофические, гормональные и смешанные корреляции. Следует уяснить сущность апикального доминирования, его механизм и роль в формировании кроны растения, ознакомиться с приемами устранения апикального доминирования.

### **2.7.8. Влияние внешних факторов на рост и морфогенез растений**

Влияние света на морфогенез осуществляется через систему фитохрома и криптохрома. Через фитохром оказывает действие красный свет, через систему криптохрома – синий.

Следует уяснить, как влияет свет на процессы роста и дифференцировки растительного организма (фотоморфогенез), которые определяют наиболее оптимальную форму и структуру растения для более эффективного поглощения световой энергии в различных условиях произрастания. Рост также зависит от внешних факторов (температуры, минерального питания, содержания углекислоты и кислорода, водообеспеченности растения).

### **2.7.9. Ростовые движения**

Различают ростовые и тургорные движения, которые носят приспособительный характер с целью получения питания, защиты или размножения растения. Следует понять сущность настий, тропизмов, знать, что такое фото-, гео- и хемотропизмы.

### **2.7.10. Виды покоя растения и семян**

В состоянии покоя растение характеризуется отсутствием видимого роста и низкой интенсивностью обмена веществ, что помогает переносить неблагоприятные условия. Состояние покоя присуще растению на всех этапах онтогенеза. Так, на эмбриональном этапе развития у семян различают покой вынужденный и органический (экзогенный и эндогенный). Необходимо уяснить сущность этих видов покоя, причины, которые их вызывают, а также способы преодоления покоя семян. В связи с этим следует знать, что такое стратификация и скарификация семян.

В состоянии покоя летом переходят почки растений, а все растение целиком – осенью под влияние изменения фотопериода. Следует уяснить, что собой представляет летний (предварительный), зимний (органический или глубокий) и вынужденный покой у растений. Необходимо

понимать, какие факторы и как включают процессы выхода из состояния глубокого покоя, и какие существуют искусственные приемы выведения растения из этого состояния.

### **2.7.11. Прорастание семян**

Прорастание семени – это начало ювенильного этапа онтогенеза. Данный процесс включает фазы набухания, проклевывания, гетеротрофного роста проростка, перехода проростка к автотрофному питанию. Следует уяснить сущность процессов, происходящих в каждой фазе, знать, какие факторы внешней среды необходимы для прорастания семян, что такое этиоляция.

### **2.7.12. Роль внешних факторов в развитии растений**

Необходимо различать прямое и индуктивное воздействие факторов на развитие растений. Прямое воздействие оказывается непосредственно на процессы обеспечения растений энергией и питательными веществами, от которых зависит развитие. Прямое воздействие осуществляется за счет энергии фактора или путем его непосредственного участия в процессе жизнедеятельности. Например, усиление роста при повышении температуры или улучшения водообеспечения и минерального питания. Прямое влияние больше сказывается на процессах роста.

При индуктивном воздействии включаются процессы, которые идут за счет внутренней энергии растения, а не фактора. Эти процессы могут продолжаться даже тогда, когда индуктивное воздействие снимается. Индуцируются в основном процессы дифференцирования. Реакция растения на индуцированное воздействие имеет приспособительное значение. К основным явлениям такого рода относятся фотоморфогенез, фотопериодизм, яровизация, покой, ростовые движения растений.

### **2.7.13. Индукция развития растения фотопериодом и низкими температурами**

Фотопериодизм – это реакция растения на сезонные изменения соотношения длины дня и ночи, которая проявляется в его развитии: растение переходит в состояние покоя, меняется активность меристем, происходит переход к цветению (репродуктивному этапу развития). При изучении этого вопроса следует понять сущность фотопериодизма, механизма восприятия фотопериодического воздействия, роль в этом процессе фитогормонов. Следует знать группы растений, которые выделяются по отношению к длительности дня и ночи.

Низкие температуры также могут оказывать индуцирующее воздействие на растение, которое проявляется в переходе их в состояние

покоя и к этапу цветения. Последнее явление получило название яровизации. Следует понять сущность яровизации и взаимосвязь фото- и термопериодических реакций при регуляции сезонного развития растений.

## Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается разница между процессами дифференцировки и роста? Наблюдается ли рост в ходе морфогенеза?
2. Сколько этапов онтогенеза у растения и клетки, какие это этапы?
3. Чем характеризуется ход развития растения и какие внутренние факторы участвуют в его регуляции?
4. Какие фитогормоны необходимы для процессов деления и растягивания клетки? Какова их роль?
5. Какой фитогормон участвует в работе механизма движения устьиц?
6. В чем заключается физиологическое действие и роль этилена АБК, ауксина, гиббериллина, цитокинина?
7. Что такое полярность? Чем она обусловлена и в чем проявляется ее роль в морфогенезе?
8. Как осуществляется дифференциация клеток? Где в растении наблюдается этот процесс?
9. Как происходит рост растения и по какому закону увеличиваются его размеры?
10. В чем заключается суть апикального доминирования? Каков механизм и значение этого явления?
11. Как и чем воспринимается в растении воздействие фотопериода? Какова химическая природа акцептора фотопериодического сигнала и где он локализован?
12. Какие процессы в растении и с какой целью регулируются фотопериодом?
13. Какова роль низких температур в развитии растений?
14. В чем заключается значение фото- и геотропизма?
15. Какие факторы вызывают цветение у разных растений?
16. Какие факторы необходимы для роста плодов?
17. Какие факторы и почему влияют на урожай плодов и семян?  
Причины периодичности плодоношения.
18. Виды покоя семян. Их биологический смысл. Как преодолеть глубокий покой семян?
19. Какие процессы происходят в семени при его прорастании?
20. Какие факторы и зачем нужны для прорастания семян? При каких значениях этих факторов прорастает семя?
21. Этиоляция и ее биологический смысл.

## **2.8. Устойчивость растений**

Под устойчивостью понимают способность растений переносить неблагоприятные воздействия факторов внешней среды без существенных нарушений основных жизненных функций. При изучении данного раздела необходимо уяснить основные факторы, которые оказывают неблагоприятные воздействия на растения, характер этих воздействий, а также механизмы адаптации и защиты. Способность к защите от воздействия неблагоприятных факторов обусловлена генетически и является результатом приспособления вида к условиям жизни на протяжении всей истории своего развития. Понимание сущности устойчивости растений – важное условие их успешного выращивания.

### **2.8.1. Устойчивость растений к воздействию физико-химических факторов внешней среды**

На растения влияют следующие факторы: температура, влажность воздуха и почвы, соль, газ, радиация.

При самостоятельном изучении данного раздела требуется уяснить сущность понятий холодо- и морозоустойчивости, зимостойкости растений, понять, как проходит процесс закаливания растительного организма.

Следует изучить механизм воздействия на растение высоких температур, избытка влаги и соли в почве, усвоить такие понятия, как жаро-, засухоустойчивость, солеустойчивость, устойчивость к переувлажнению почвы, к воздействию промышленных газов и радиации.

### **2.8.2. Иммуитет растений**

Растения часто поражаются патогенными грибами, бактериями и вирусами, которые вызывают инфекционные заболевания. В связи с этим важно знать, что такое иммунитет, какие виды иммунитета существуют, механизм устойчивости растений к заболеваниям. Нужно уяснить сущность взаимоотношения хозяина и паразита, механизм действия на растение патогенных организмов, физиолого-морфологические механизмы защиты от них, понимать роль фитонцидов и фитоалексинов в этом процессе.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. Как повреждаются растения низкими температурами?
2. Назовите основные способы, которые имеются у растений для защиты от недостатка влаги.

3. Какие элементы минерального питания повышают устойчивость растений к засухе?

4. Какие защитные вещества запасаются в клетках солеустойчивых растений?

5. Какое засоление является наиболее токсичным для растения?

6. В чем заключается неблагоприятное воздействие на растение излишнего застойного увлажнения?

7. Чем объяснить, что мембраны теплолюбивых растений в большей степени повреждаются при низких температурах?

8. Какие вредные вещества в атмосфере являются наиболее вредными для растений и почему?

9. Каков механизм повреждения растений ионизирующим излучением?

10. В каком состоянии и на каком этапе развития растения являются более устойчивыми и наиболее восприимчивыми к воздействию радиации?

11. Что такое иммунитет растений, каков его механизм?

12. Как воздействует на клетку растения патогенный организм?

13. Как растение защищается от патогенных организмов?



### 3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Дисциплина «Физиология растений с основами микробиологии» изучается студентами-заочниками на III курсе. Студенты выполняют две контрольные работы, которые являются отчетом перед кафедрой о ходе изучения дисциплины, а в период очных занятий слушают обзорные лекции, делают лабораторные работы.

К выполнению контрольного задания следует приступать после проработки всех разделов, поскольку правильные и полные ответы на многие вопросы требуют знаний по разным темам.

Контрольная работа не должна представлять собой сплошное переписывание глав из учебника и других источников. Она является результатом анализа материала и понимания сущности физиологических процессов, характера и причин их зависимости от различных факторов. Ответы должны излагаться конкретно и достаточно кратко: объем ответа на один вопрос не должен превышать 5–7 страниц. Работа выполняется в ученической тетради с полями разборчивым почерком от руки. Если это необходимо, нужно приводить схемы и рисунки (допускается вклеивание ксерокопий).

При оформлении контрольной работы следует придерживаться следующих требований. На первой странице должны быть выписаны все вопросы своего варианта и указаны соответствующие страницы, с которых начинается ответ на данный вопрос. Все страницы нумеруются, и на каждой оставляется поле для замечаний. Ответ на каждый вопрос лучше начинать с новой страницы. В конце работы необходимо указать использованную литературу.

Контрольная работа должна быть выслана на рецензию до начала очных занятий для того, чтобы после ее проверки каждый студент мог внести дополнения и изменения согласно замечаниям преподавателя. До экзамена допускаются студенты, которые получили зачет по двум контрольным работам и выполнили все лабораторные работы во время очных занятий.

Контрольная работа выполняется согласно одному из вариантов, который соответствует последней цифре номера зачетной книжки и начальной букве фамилии студента. Вопросы, на которые необходимо дать ответы, содержатся в 10 темах: 5 тем в первой контрольной работе и 5 тем во второй контрольной работе. Название тем и сами вопросы приводятся ниже. Пользуясь таблицей в приложении, студент самостоятельно выбирает вопросы из каждой темы в соответствии со своим вариантом. Например, последняя цифра зачетной книжки – 4, фамилия студента начинается с буквы «А», тогда в контрольных работах № 1 и 2

он отвечает на следующие вопросы: тема 1 – 6-й вопрос; тема 2 – 7-й вопрос; тема 3 – 8-й вопрос; тема 4 – 9-й вопрос; тема 5 – 10-й вопрос.

## **Вопросы для контрольной работы № 1**

### **Тема 1. Строение и функции растительной клетки**

1. Схема строения и общий химический состав растительной клетки. Краткая характеристика основных клеточных структур, сущность и значение выполняемых ими физиологических функций.

2. Современные представления о строении клеточных мембран, их происхождение и функции (привести рисунок жидкостно-мозаичной модели мембраны с пояснениями).

3. Строение и химический состав клеточной оболочки, изменения, которые происходят в ней в процессе развития клетки. Первичные и вторичные клеточные оболочки.

4. Строение и химический состав хлоропластов, их происхождение и основные функции. Роль тилакоидов и матрикса хлоропластов в процессе фотосинтеза (привести рисунок хлоропласта с пояснениями).

5. Строение, химический состав и функции митохондрий. Биохимические процессы, которые идут в митохондриях. Локализация процессов дыхания на структурах митохондрий (привести рисунок митохондрии с пояснениями).

6. Строение, химический состав и функции ядра (привести рисунок с пояснениями).

7. Строение, свойства и функции белков. Происхождение в растениях органических кислот и аминокислот, которые входят в их состав. Клеточные структуры, ответственные за синтез белка и их роль в этом процессе.

8. Виды структур белка. Роль структуры в функциональной активности белковых молекул, факторы, которые нарушают структуры белка.

9. Строение нуклеиновых кислот. Нуклеотиды ДНК и РНК. Локализация в клетке ДНК и различных видов РНК. Кодирование наследственной информации.

10. Схема биосинтеза белка в клетке (привести рисунок с пояснениями). Считывание и передача наследственной информации. Локализация синтеза белка в клетке. Роль АТФ в данном процессе, ее источники.

### **Тема 2. Общие представления об обмене веществ и энергии клетки**

1. Сущность и значение обмена веществ. Анаболизм и катаболизм. Компартиментация. Авто- и гетеротрофность.

2. Источники энергии для авто- и гетеротрофных клеток растений и пути их использования клеткой.
3. Строение ферментов, их роль в метаболизме клетки.
4. Механизм работы ферментов.
5. Свойства ферментов, зависимость активности ферментов от температуры и рН.
6. Виды окислительно-восстановительных реакций в клетке. Ферменты класса оксидоредуктаз.
7. Важнейшие представители углеводов в растениях, их строение и функции. Химическая природа моносахаридов (привести структурные формулы с пояснениями).
8. Химическая природа и физиологическая роль гликозидов, алкалоидов, дубильных веществ, флавоноидов, эфирных масел, живицы и лигнина.
9. Классификация, строение и функции липидов. Свойства фосфолипидов, их роль в образовании мембран (привести структурную формулу фосфолипида).
10. Химическое строение и роль АТФ в клетке.

### **Тема 3. Фотосинтез**

1. Световой баланс листа. КПД фотосинтеза листа.
2. Химическая природа и особенности строения хлорофилла «а» и «б» (привести формулы с пояснениями). Оптические и химические свойства зеленых пигментов, их функции. Влияние внешних условий на синтез хлорофиллов.
3. Каротиноиды: химическая природа, оптические свойства. Влияние внешних условий на синтез каротиноидов.
4. Локализация пигментов в хлоропластах. Разделение функций между пигментами в процессе фотосинтеза. Реакционный центр (РЦ), светособирающий комплекс (ССК), фотосинтетическая единица (ФСЕ).
5. ФАР. Поглощение света пигментами (механизм, спектр поглощения). Спектр действия фотосинтеза.
6. Фотохимические реакции фотосинтеза, их локализация в хлоропластах (привести схемы циклического и нециклического фосфорилирования с пояснениями).
7. Превращение углекислого газа в процессе фотосинтеза. Конечные продукты фотосинтеза (привести схему с пояснениями).
8. Характер и причины зависимости фотосинтеза от внешних факторов (света, температуры,  $\text{CO}_2$ , влажности, минерального питания, привести графики с пояснениями).
9. Характер и причины зависимости фотосинтеза от внутренних факторов. Ассимиляционное число.

10. Роль фотосинтеза в формировании урожая. Пути повышения продуктивности растений. Листовой индекс. КПД фотосинтеза фитоценоза.

#### **Тема 4. Дыхание растений**

1. Сущность дыхания и его значение в жизни растений.
2. Гликолиз: сущность, значение, локализация в клетке (привести схему с пояснениями).
3. Цикл ди-, трикарбоновых кислот в клетке (привести схему с пояснениями).
4. Окислительное фосфорилирование. Сущность, значение и локализация этого процесса в митохондриях. Электрон-транспортная цепь (привести схему с пояснениями).
5. КПД дыхания (привести необходимые расчеты).
6. Роль дыхания в обмене веществ. Приведите схему, которая иллюстрирует связь дыхания с метаболизмом клетки.
7. Синтез жиров и их превращение в углеводы (привести схему с пояснениями). Локализация этих процессов в клетке.
8. Использование жиров и полисахаридов в качестве субстратов дыхания. Дыхательный коэффициент.
9. Характер и причины зависимости дыхания от факторов внутренней организации растения. Роль дыхания в продуктивности растений.
10. Влияние внешних условий на интенсивность дыхания.

#### **Тема 5. Водный режим растения**

1. Функции и формы воды в растении. Физико-химические свойства воды, обуславливающие ее функции.
2. Поглощение воды растительной клеткой. Осмос. Взаимосвязь между осмотическим, тургорным давлением и сосущей силой (привести график с пояснениями). Водный потенциал клетки.
3. Активная роль корня в поглощении воды и передвижении ее по растению. Осмотический механизм поглощения воды корнями.
4. Транспирация как физиологический процесс и ее значение в жизни растений. Причины неизбежности напрасного расходования воды в процессе транспирации. Виды транспирации, их количественное соотношение.
5. Устьичная транспирация и механизмы ее регуляции.
6. Строение устьичного аппарата. Функционально-структурная специализация замыкающих клеток (привести рисунок с пояснениями).
7. Транспорт воды по растению. Особенности перемещения воды на различных участках пути. Роль «верхнего и нижнего двигателей» водного потока у древесных растений (привести рисунок с пояснениями).
8. Характер и причины зависимости водопоглощающей деятельности корней и транспирации от внешних факторов. «Физиологическая

сухость» почвы. Суточная и сезонная динамика транспирации (привести графики с пояснениями).

9. Водный баланс и его изменение в суточной и сезонной динамике. Водный дефицит и водный стресс. Завядание растений.

10. Пути регуляции водного режима растений.

## **Вопросы для контрольной работы № 2**

### **Тема 1. Основы микробиологии**

1. Строение клеток прокариот. Основные отличия от клеток эукариот.

2. Основные типы питания прокариот, их характеристика. Представители микроорганизмов данных типов питания.

3. Способы получения энергии для жизнедеятельности у прокариот. Особенности аэробного и анаэробного дыхания.

4. Сущность и основные виды брожения. Основные представители микроорганизмов.

5. Этапы круговорота углерода в биосфере. Микроорганизмы, принимающие участие на каждом этапе круговорота, их характеристика по типам питания.

6. Этапы круговорота азота в биосфере. Аммонификация, нитрификация, денитрификация. Привести уравнения. Микроорганизмы, участвующие в данном процессе, их типы питания.

7. Биологическая «фиксация» азота. Симбиотические и свободно живущие авто- и гетеротрофные, анаэробные и аэробные микроорганизмы. Бактериальные удобрения.

8. Особенности почвенной микрофлоры леса.

9. Взаимодействие между микроорганизмами и растениями. Ризосфера. Состав ризосферных микроорганизмов.

10. Роль микроорганизмов в минеральном питании растений.

### **Тема 2. Минеральное питание растений**

1. Необходимые для растений минеральные элементы, их источники, формы содержания в почве и доступность.

2. Физиологическая роль и формы поглощения макро- и микроэлементов.

3. Поглощение ионов корнями растений. Роль клеточной оболочки. Движущая сила и способы переноса ионов через мембрану. Избирательность поглощения и ее природа.

4. Усвоение азота и других минеральных элементов растением.

5. Влияние аэрации и температуры почвы на поглощение минеральных веществ растением.

6. Влияние кислотности почвы на поглощение минеральных веществ.

7. Передвижение и накопление минеральных веществ в растении. Реутилизация ионов.

8. Микориза и ее роль в минеральном питании растений.

9. Антагонизм и синергизм ионов.

10. Физиологические основы применения минеральных удобрений.

### **Тема 3. Превращение и транспортирование органических питательных веществ**

1. Питательные органические вещества, их функции и формы.

2. Запасные вещества, их виды и локализация в растении.

3. Образование в растении сахарозы и крахмала (проследить путь углерода от его поглощения в процессе фотосинтеза до включения в молекулы крахмала и сахарозы).

4. Образование жира в растении (проследить путь углерода от его поглощения в процессе фотосинтеза до включения в молекулы жира).

5. Запасные вещества, содержащиеся в семенах, и их превращение при прорастании.

6. Содержание и сезонная динамика превращения запасных веществ в вегетативных органах древесных растений.

7. Строение и функции анатомических элементов флоэмы, которые участвуют в перемещении ассимилятов.

8. Этапы и направления ассимиляционного потока. Транспортные формы ассимилятов на различных этапах. Состав флоэмного сока.

9. Механизмы перемещения органических питательных веществ по флоэме. Скорость перемещения питательных веществ и ее зависимость от внешних условий.

10. Мобилизация запасных питательных веществ в период вегетативного роста. Роль ксилемы в их перемещении. Состав ксилемного сока.

### **Тема 4. Онтогенез растений**

1. Понятие об онтогенезе. Этапы онтогенеза растений и растительных клеток, их общая характеристика.

2. Общие представления о регуляции развития. Фитогормоны, их роль и характеристика.

3. Полярность, ее сущность и возникновение. Роль полярности в морфогенезе.

4. Механизм и характер роста растений. Показатели роста.

5. Ростовые движения растений. Механизм фото- и геотропизма.

6. Покой растений и его биологическое значение. Виды покоя, их причины.

7. Индукция цветения озимых растений низкими температурами. Яровизация.
8. Индукция цветения растений фотопериодом. Фотопериодизм.
9. Виды покоя семян. Способы преодоления глубокого покоя в процессе предпосевной подготовки.
10. Физиология прорастания семян. Условия внешней среды, необходимые для прорастания.

### **Тема 5. Устойчивость растений к неблагоприятным воздействиям**

1. Влияние низких температур на растения. Повреждения растений низкими температурами. Причины гибели тканей при замерзании.
2. Закаливание растений. Физиологические механизмы устойчивости растений к низким температурам. Превращения веществ в деревьях в осенне-зимний период.
3. Холодо-, морозо- и зимостойкость растений. Методы определения морозостойкости. Защита растений от заморозков.
4. Воздействие на растения высоких температур. Физиологические механизмы жароустойчивости.
5. Устойчивость растений к недостатку воды. Типы засухоустойчивости растений.
6. Устойчивость растений к переувлажнению почвы.
7. Типы засоления почв. Адаптация растений к засолению. Галофиты.
8. Воздействие на растения ионизирующего излучения.
9. Механизм устойчивости растений к воздействию промышленных газов и пыли. Газоустойчивость различных видов и форм древесных растений.
10. Физиологические основы устойчивости растений к инфекционным заболеваниям.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

**Таблица для определения вопросов  
по темам в пределах своего варианта для контрольных работ № 1 и № 2**

Начальная буква фамилии	Темы	Последняя цифра зачетной книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А–И	Тема 1	1	10	9	1	6	1	6	7	4	10
	Тема 2	7	9	2	2	7	8	6	1	3	5
	Тема 3	10	8	7	3	8	1	6	10	5	2
	Тема 4	4	7	2	4	9	1	7	3	5	6
	Тема 5	5	6	9	5	10	9	3	4	7	8
К–П	Тема 1	2	3	7	10	1	3	8	5	9	4
	Тема 2	7	4	1	9	3	3	5	1	2	6
	Тема 3	4	3	9	10	5	5	1	2	7	6
	Тема 4	6	3	10	9	7	5	2	1	4	8
	Тема 5	9	8	5	9	10	5	4	10	1	2
Р–Я	Тема 1	2	8	4	3	2	3	6	7	1	9
	Тема 2	4	7	6	5	2	1	9	3	8	5
	Тема 3	6	7	8	1	7	7	4	5	2	3
	Тема 4	8	5	10	8	2	9	3	1	1	7
	Тема 5	1	4	10	9	1	7	2	5	8	3



## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Баранаў, М. І. Фізіялогія раслін: метаад. дапаможнік да лабараторных заняткаў для студэнтаў спец. Т 16.01.00, Т 16.02.00. / М. І. Баранаў, Г. У. Бельская, В. Р. Русаленка. – Мінск: БДТУ, 2001. – 79 с.
2. Веретенников, А. В. Физиология растений: учеб. для вузов по направлению «Лесное дело» / А. В. Веретенников. – 3-е изд. – М.: Академ. проект, 2006. – 479 с.
3. Гусев, М. В. Микробиология / М. В. Гусев. – 7-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. – 462 с.
4. Крамер, П. Д. Физиология древесных растений / П. Д. Крамер, Т. Т. Козловский. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 464 с.
5. Лир, Х. Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польштер, Г.-И. Фидлер. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 424 с.
6. Лукомская, К. А. Микробиология с основами вирусологии: учеб. для вузов / К. А. Лукомская. – М.: Просвещение, 1987. – 190 с.
7. Медведев, С. С. Физиология растений: учеб. для вузов / С. С. Медведев. – СПб.: СПбГУ, 2004. – 336 с.
8. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н. Н. Третьяков [и др.]; под ред. Н. Н. Третьякова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2005. – 655 с.
9. Якушкина, Н. И. Физиология растений / Н. И. Якушкина, Е. Ю. Бахтенко. – М.: Владос, 2005. – 464 с.

### Дополнительная

1. Гудвин, Т. Введение в биохимию растений: в 2 т. / Т. Гудвин, Э. Мерсер. – М.: Мир, 1986. – 2 т.
2. Кузнецов, В. В. Физиология растений: учеб. для вузов / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. – 742 с.
3. Мишустин, Е. Н. Микробиология / Е. Н. Мишустин, В. Т. Емцев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.
4. Рейвн, П. Современная ботаника: в 2 т. / П. Рейвн, Р. Эверт, С. Айкхорн. – М.: Мир, 1990. – 2 т.
5. Тейлор, Д. Биология: в 3 т. / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут. – М.: Мир, 2005. – 3 т.
6. Физиология растений: учеб. для вузов / Н. Д. Алехина [и др.]; под ред. И. П. Ермакова. – М.: Академия, 2005. – 640 с.
7. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель. – М.: Мир, 1987. – 567 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
2.1. Основы физиологии и биохимии растительной клетки .....	9
Вопросы для самоконтроля .....	13
2.2. Водный обмен растений .....	14
Вопросы для самоконтроля .....	18
2.3. Фотосинтез и транспорт ассимилятов .....	18
Вопросы для самоконтроля .....	22
2.4. Дыхание и обмен веществ .....	23
Вопросы для самоконтроля .....	27
2.5. Основы микробиологии .....	28
Вопросы для самоконтроля .....	30
2.6. Минеральное питание растений .....	31
Вопросы для самоконтроля .....	33
2.7. Рост и развитие растений .....	34
Вопросы для самоконтроля .....	38
2.8. Устойчивость растений .....	39
Вопросы для самоконтроля .....	39
3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ .....	41
Вопросы для контрольной работы № 1 .....	42
Вопросы для контрольной работы № 2 .....	45
Таблица для определения вопросов по темам в пределах своего ва- рианта для контрольных работ № 1 и № 2 .....	48
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	49

# **ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ С ОСНОВАМИ МИКРОБИОЛОГИИ**

Составители: **Ковбаса** Николай Петрович  
**Баранов** Михаил Иосифович

Редактор *М. В. Лобач*  
Корректор *О. П. Приходько*  
Компьютерная верстка *О. В. Трусевич*

Подписано в печать 22.04.2011. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 3,0. Уч-изд. л. 3,1.  
Тираж 75 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение  
УО «Белорусский государственный технологический университет».  
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.  
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.  
Ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск.