

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР**  
**«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»**  
(ФИЦ КНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ



Заместитель генерального директора  
ФИЦ КНЦ РАН по научной работе,  
кандидат биологических наук

Е.А. Боровичев

11 июля 2022 г.

**ПРОГРАММА**  
**ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ**  
**ДИСЦИПЛИНЕ**

Образовательная программа высшего образования – программа  
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
научная специальность – **1.5.21 Физиология и биохимия растений**

Апатиты  
2022

## **ВВЕДЕНИЕ**

Программа предназначена для поступающих в аспирантуру ФИЦ КНЦ РАН по научной специальности 1.5.21 Физиология и биохимия растений.

Поступающий должен показать знания программного содержания теоретических дисциплин, иметь представление о фундаментальных работах и публикациях периодической печати в избранной области, ориентироваться в проблематике дискуссий и критических взглядов ведущих ученых по затрагиваемым вопросам, уметь логично излагать материал, показать навыки владения исследовательским аппаратом применительно к области специализации и сфере деятельности.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СДАЧЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ**

*Поступающие в аспирантуру должны продемонстрировать:*

- глубокие теоретические знания в области избранной научной дисциплины;
- достаточно полное представление об источниках, фундаментальных работах и последних достижениях науки в данной области;
- способность ориентироваться в дискуссионных проблемах избранной отрасли науки;
- способность владением понятийно-исследовательским аппаратом применительно к области специализации;
- умение логично, аргументировано излагать материал.

## **КРИТЕРИИ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ**

Оценка "отлично" ставится, если абитуриент:

- дает исчерпывающий ответ, демонстрирует знание альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, отечественного и зарубежного опыта;
- владеет современной нормативной базой, умеет раскрыть роль анализируемого явления в российской и мировой экономике;
- умеет аргументировать свою точку зрения, делать самостоятельные выводы и рекомендации;
- владеет научной терминологией и безошибочно раскрывает содержание используемых терминов, грамотно, литературно, логично излагает материал.

Оценка "хорошо" ставится, если абитуриент:

- дает полный ответ на поставленные вопросы, демонстрирует знание основных альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, отечественного и зарубежного опыта;
- владеет основными нормативными материалами по анализируемой проблеме;
- умеет оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;
- умеет аргументировать ключевые положения ответа, делать самостоятельные выводы и рекомендации;
- в целом владеет научной терминологией, но в отдельных случаях не может

раскрыть содержание используемых терминов, грамотно, логично излагает материал.  
Допускается 1-2 незначительные ошибки, фактические и/или смысловые.

**Оценка "удовлетворительно"** ставится, если абитуриент:

- дает недостаточно полный ответ, демонстрирует знание отдельных, не всегда наиболее важных альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, не имеет системных представлений об отечественном и зарубежном опыте;
- не владеет основными нормативными материалами по анализируемой проблеме;
- испытывает серьезные затруднения при попытке оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;
- испытывает серьезные затруднения при попытках аргументировать ключевые положения ответа, сделать самостоятельные выводы и рекомендации;
- недостаточно владеет научной терминологией и часто испытывает затруднения при определении содержания используемых терминов;
- в целом способен логично изложить материал, однако допускает существенные ошибки с точки зрения логической последовательности.

Допускается не более 3-4 ошибок, фактических и/или смысловых.

**Оценка "неудовлетворительно"** ставится, если абитуриент:

- дает ответ, который носит фрагментарный характер, не знает альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, имеет поверхностные представления об отечественном и зарубежном опыте;
- не владеет нормативными материалами по анализируемой проблеме;
- не способен оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;
- не в состоянии аргументировать ключевые положения ответа, сделать самостоятельные выводы и рекомендации;
- не владеет научной терминологией, не способен определить содержание используемых терминов;
- не может логично изложить материал.

## **РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В ХОДЕ ИСПЫТАНИЯ**

### **Введение**

Физиология растений - наука об организации и координации функциональных систем зеленого растения. Физико-химический, экологический и эволюционный аспекты физиологии растений. Ее задача - познание закономерностей жизнедеятельности растений, раскрытие молекулярных основ сложных функций и механизмов их регуляции в системе целого организма.

Методологические основы фитофизиологии. Редукционизм, органицизм и интегратизм как подходы к изучению живых систем. Сочетание различных уровней исследования (субклеточный, клеточный, организменный, биоценотический) как необходимое условие прогресса физиологии растений. Специфические методы фитофизиологии как науки.

Объект физиологии растений - эукариотный организм, осуществляющий фототрофный образ жизни. Специфика обмена зеленых растений по сравнению с другими объектами, характеризующимися фототрофным образом жизни. Космическая роль зеленого растения.

Этапы развития физиологии растений, их связь с общим развитием биологии и с практикой. Отечественные школы физиологов растений. Физиология растений - теоретическая основа растениеводства и новых отраслей биотехнологии. Физиологические основы продуктивности растений. Главные проблемы современной фитофизиологии.

### **Структурно-функциональная организация растительной клетки**

Клетка как организм и как элементарная структура многоклеточного организма - сравнение функций. Специфические особенности растительной и животной клеток. Автотрофность и гетеротрофность.

Структурная организация клетки - основа ее биохимической активности и функционирования как целостной живой системы. Эволюция клеточной организации на примере сравнения прокариотной и эукариотной клетки.

Мембранные системы клетки и мембранный принцип ее организации. Структура и свойства биологических мембран, их роль в клетке (проницаемость, системы активного транспорта, биосинтезов и процессинга макромолекул). Модели структурно-функциональной организации мембран. Биохимическая и функциональная разнокачественность мембран.

Основные структурные элементы эукариотной клетки.

Ядро, его организация и функционирование. Генетический аппарат растительной клетки. Пластиды и митохондрии. Гипотезы происхождения клеточных органелл. Взаимодействие ядерного, митохондриального и хлоропластного геномов. Двойной генетический контроль за синтезом белков в хлоропластах и митохондриях.

Плазмалемма. Эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, микротела (пероксисомы, глиоксисомы, лизосомы и др.), вакуоли, их строение и основные функции.

Цитоскелет, особенности его строения в связи с биологическими функциями.

Строение клеточной стенки, ее химический состав и основные функции (защитная, опорная, функции в морфогенезе, транспорте и др.).

Физико-химические свойства протоплазмы и их изменения в жизненном цикле клетки.

Функциональные взаимодействия различных органоидов клетки, их изменения в клеточном цикле и при ее дифференциации. Регуляторные системы клетки. Внутриклеточные факторы регуляции обмена: биохимические, генетические, мембранные. Регуляция с участием вторичных мессенджеров. Компартиментация каталитических систем и метаболических фондов как один из механизмов регуляции клеточного метаболизма.

### **Дыхание**

Физиологическая роль дыхания. Специфика дыхания у растений.

Развитие представлений о природе механизмов и о путях окислительно-восстановительных превращений в клетке. Каталитические системы дыхания (дегидрогеназы, оксидазы, оксигеназы, карбоксилазы, трансферазы и др.). Механизмы

активации водорода субстрата и молекулярного кислорода.

Митохондрии. Их структура и функции. Изменение ультраструктуры митохондрии в зависимости от функционального состояния организма.

Пути окисления органических веществ в клетке. Унификация субстратов дыхания. Механизм активации дыхательных субстратов, пути их включения в процессы биологического окисления.

Основные пути диссимиляции углеводов. Пентозомоно-фосфатный путь окисления глюкозы и его роль в конструктивном обмене клетки. Гликолитический путь окисления; основные стадии.

Гликолиз. Цикл Кребса. Глиоксалатный цикл. Механизмы регуляции циклов.

Электронтранспортная цепь митохондрий: структурная организация, основные компоненты, их окислительно-восстановительные потенциалы. Комплексы переносчиков электронов. Альтернативность каталитических механизмов биологического окисления.

Окислительное фосфорилирование. Единство элементарных энергетических процессов в живой природе. Фосфорилирование на уровне субстрата и фосфорилирование в дыхательной цепи. Основные положения хемиосматической теории сопряжения Митчела. Мембраны как структурная основа биоэнергетических процессов. Трансформация энергии на сопрягающих мембранах. Электро-химический потенциал - движущая сила фосфорилирования. Регуляция электронного транспорта и фосфорилирования.

Дыхание как центральное звено обмена веществ. Значение дыхания в конструктивном метаболизме. Связь с другими функциями клетки. Дыхание роста и дыхание поддержания.

Количественные показатели газообмена (поглощение кислорода, выделение углекислоты, дыхательный коэффициент и др.).

Регуляция дыхания. Зависимость дыхания от внешних и внутренних факторов.

### **Фотосинтез**

Развитие учения о фотосинтезе. Историческое значение работ К.А.Тимирязева.

Сущность и значение фотосинтеза. Общее уравнение фотосинтеза, его компоненты. Роль фотосинтеза в процессах энергетического и пластического обмена растительного организма. Фотосинтез как процесс трансформации энергии света в энергию химических связей. Масштабы фотосинтетической деятельности в биосфере.

Эволюция биосферы и фотосинтез.

Структурная организация фотосинтетического аппарата. Строение листа как органа фотосинтеза, изменения в онтогенезе. Хлоропласты. Основные элементы структуры хлоропластов (двойная мембрана, матрикс, тилакоиды, граны). Онтогенез хлоропластов.

Эволюция структуры фотосинтетического аппарата.

Пигментные системы фотосинтезирующих организмов. Хлорофиллы. Химическая структура, спектральные свойства. Отдельные представители группы хлорофиллов. Распространение хлорофиллов среди различных групп организмов. Функции хлорофиллов. Основные этапы биосинтеза молекулы хлорофилла. Хлорофилл-белковые комплексы.

Фикобилины. Распространение, химическое строение, спектральные свойства. Роль в фотосинтезе.

Каротиноиды. Химическое строение, свойства. Спектры поглощения. Функции в

фотосинтезе.

Регуляция биосинтеза пигментов. Зависимость биосинтеза пигментов от интенсивности и качества света, снабжения  $CO_2$ ,  $O_2$  и минеральными элементами. Явление хроматической адаптации.

Функциональное и экологическое значение спектрально-различных форм пигментов у фотосинтезирующих организмов.

Первичные процессы фотосинтеза. Электронно-возбужденные состояния пигментов (синглетное, триплетное). Типы дезактивации возбужденных состояний. Флуоресценция. Механизмы миграции энергии в системе фотосинтетических пигментов.

Представление о фотосинтетической единице. Антенные комплексы. Реакционные центры, модели их структурной организации. Преобразование энергии в реакционном центре. Окислительно-восстановительные превращения хлорофилла реакционного центра.

Электрон-транспортная цепь фотосинтеза, природа ее основных компонентов. Представление о совместном функционировании двух фотосистем. Эффекты Эмерсона. Основные функциональные комплексы электронтранспортной цепи -  $PS_1$ ,  $PS_2$ , цитохром  $b_6/f$  комплекс; их структура и функции. Образование соединений с высоким восстановительным потенциалом. Системы фотоокисления воды и выделения кислорода при фотосинтезе. Участие хинонов, цитохромов,  $Cu$ - и  $Fe$ -протеидов в реакциях транспорта электронов. Циклические и нециклические потоки электронов, системы регуляции.

Фотофосфорилирование. Характеристика основных типов фотофосфорилирования - циклического, нециклического, псевдоциклического. Механизм сопряжения электронного транспорта и образования АТФ.

Темновая стадия фотосинтеза. Связь фотосинтетической ассимиляции  $CO_2$  с фотохимическими реакциями. Природа первичного акцептора углекислоты. Химизм реакций цикла Кальвина, его ключевые ферменты. Первичные продукты фотосинтеза, их превращения. Регенерация акцепторов  $CO_2$ . Первичный синтез углеводов. Фотодыхание. Цикл Хэтча-Слэка-Карпилова. Особенности  $C_3$ - и  $C_4$ - растений и САМ-тип метаболизма.

Взаимосвязь фотосинтеза и процессов усвоения азота. Функциональная роль хлоропласта. Потоки метаболитов в хлоропласт и из него.

Экология фотосинтеза. Зависимость фотосинтеза от внешних условий и состояния организма. Влияние на фотосинтез температуры, условий освещения, содержания углекислоты, условий минерального питания, водоснабжения. Компенсационная точка при фотосинтезе и ее зависимость от особенностей организма. Ассимиляционное число.

Фотосинтез и общая продуктивность растительных организмов и их сообществ. Фотосинтез в онтогенезе растения. Теория фотосинтетической продуктивности.

Культура растений в условиях искусственного освещения и при повышении концентрации  $CO_2$  и  $O_2$ . Фотосинтез в условиях промышленной фитотроники и в замкнутых системах жизнеобеспечения.

Эволюция фотосинтеза. Хемосинтез. Бактериальный фотосинтез.

### **Физиология водообмена растений**

Значение воды в жизнедеятельности растений. Растения и круговорот воды на Земле.

Молекулярная структура и физические свойства воды. Взаимодействие молекул воды и биополимеров, гидратация. Свободная и связанная вода. Физиологическое значение

различных фракций воды в растении.

Основные закономерности поглощения воды клеткой. Набухание биокolloидов, осмос - явления, лежащие в основе поступления воды в растение. Термодинамические показатели, определяющие поведение воды: активность воды, химический потенциал, водный потенциал. Составляющие водного потенциала: осмотический потенциал, матричный потенциал, потенциал давления. Градиент водного потенциала как движущая сила поступления и передвижения воды в системе "почва-растение-атмосфера", в клетках, тканях и целом растении.

Механизм передвижения воды по растению. Пути ближнего и дальнего транспорта. Движущие силы восходящего тока воды в растении. Верхний и нижний концевые двигатели. Корневое давление, механизм его развития и значение в жизни растений. Натяжение воды в сосудах; значение сил молекулярного сцепления.

Выделение воды растением. Гуттация, транспирация. Физиологическое значение этих процессов. Количественные показатели транспирации: интенсивность, продуктивность, транспирационный коэффициент. Устьичная и кутикулярная транспирация. Строение устьиц и механизмы их движений, влияние света. Устьичное и внеустьичное регулирование транспирации. Влияние внешних факторов (света, температуры, влажности воздуха и почвы и др.) на интенсивность транспирации. Суточный ход транспирации.

Экология водообмена растений. Особенности водообмена у растений разных экологических групп (ксерофитов, мезофитов, гигрофитов, галофитов) и пути адаптации растений к водному дефициту.

### **Физиология минерального питания**

Роль растений в круговороте минеральных элементов в биосфере. Потребность растений в элементах минерального питания. Содержание и соотношение минеральных элементов в почве и в растениях и факторы, их определяющие. Классификации элементов, необходимых для растений. Основная функция ионов в метаболизме: структурная и каталитическая.

Почва как источник минеральных элементов. Твердая фаза почвы, почвенный раствор, состав и структура почвенного поглощающего комплекса.

Корень как орган поглощения минеральных элементов и воды, а также место специфических синтезов. Система взаимодействия "корень-почва". Рост корня как основа поступления минеральных элементов.

Ближний транспорт ионов в тканях корня. Симпластический и апопластический пути. Дальний транспорт. Восходящее передвижение веществ по растению: пути и механизмы. Перераспределение и реутилизация ионов в растении. Поступление и превращения ионов и дыхание. Взаимосвязь минерального питания с процессами роста и развития растений.

Механизм поглощения ионов. Роль процессов диффузии и адсорбции, их характеристика. Понятия водного свободного пространства и Доннановского свободного пространства. Транспорт ионов через плазматическую мембрану. Пассивный перенос. Активный транспорт ионов (первичный и вторичный активный транспорт). Уравнение Нернста. Движущие силы транспорта ионов и формы потребляемой энергии. Механизмы транспорта ионов через мембраны:

АТФазы, редокс-цепи, ионные каналы, портерные системы (симпорт, антипорт, унипорт).

Кинетика процессов поглощения. Участие мембранных структур клетки в

поглощении и компартментации ионов. Роль вакуоли. Пиноцитоз. Взаимосвязь процессов поглощения веществ корнем с другими функциями растения (дыханием, фотосинтезом, водообменом, биосинтезами, ростом и др.).

Физиологическая и биохимическая роль основных элементов питания.

Азот и его значение в жизни растений. Круговорот азота в природе. Источники азота для растений. Симбиотическая фиксация молекулярного азота. Структурная и функциональная характеристика нитрогеназы. Минеральные формы азота, используемые растением. ферментные системы, участвующие в усвоении нитратов, регуляция их синтеза и активности. Биохимические пути ассимиляции аммиака в растении. Синтез аминокислот, амидов, реакции переаминирования. Запасные и транспортные формы минерального и органического азота, накопление нитратов в тканях. Круговорот азота по растению.

Азотный обмен и дыхание. Азотный обмен и фотосинтез:

взаимодействие азотного и углеродного потоков; роль первичных реакций фотосинтеза в усвоении окисленного азота.

Сера. Основные соединения серы в растении, их роль в структурной организации клетки, участие в окислительно-восстановительных реакциях. Источники серы для растения. Механизм восстановления сульфатов, отдельные этапы процесса, ферментные системы.

Фосфор. Значение разных типов фосфорсодержащих соединений в клетке. Поступление фосфора в клетку, пути его включения в обмен. Участие соединений, содержащих фосфор, в образовании клеточных структур, ферментных систем. Макроэргические соединения фосфора, их роль в энергетическом обмене.

Калий, его значение в обмене растительного организма. Влияние калия на физические свойства протоплазмы, на ферменты углеводного обмена, синтез белков и др. Роль калия в поддержании ионного баланса в тканях, в процессах осморегуляции.

Кальций. Структурообразовательная роль кальция. Участие в образовании клеточной стенки, поддержании структурной целостности мембран и регуляции их проницаемости. Регуляторная роль кальция.

Магний. Формы участия магния в метаболизме. Магний в составе хлорофилла. Участие в реакциях переноса фосфатных групп, в формировании функционально-активных клеточных структур.

Микроэлементы. Представления о роли микроэлементов в метаболизме растений. Металлы как компоненты простетических групп и как активаторы ферментных систем. Особенности поступления микроэлементов в растения. Физиологическая роль железа, меди, марганца, молибдена, цинка, бора и других микроэлементов. Участие микроэлементов в формировании и функционировании электронтранспортных цепей фотосинтеза и дыхания, в азотном и углеводном обмене, в ростовых процессах и других реакциях метаболизма.

Водная, песчаная и почвенная культуры, их применение в физиологии растений. Питательные смеси. Физиологически кислые и физиологически основные соли. Взаимодействие ионов (антагонизм, синергизм, аддитивность). Физиологические основы применения удобрений. Гидропоника.

Значение работ Д.Н.Прянишникова и Д.А.Сабина в создании теории минерального питания.

Корневое питание как важнейший фактор управления продуктивностью и качеством урожая. Генотипические различия в минеральном питании разных видов и сортов.

### **Транспорт веществ в растении**

Понятие о восходящем и нисходящем токах веществ в растении. Передвижение органических веществ. Ближний и дальний (флоэмный) транспорт ассимилятов.

Транспортные формы веществ. Возможный механизм и регуляция флоэмного транспорта. Зависимость транспорта веществ от температуры, водного режима, минерального питания.

Донорно-акцепторные взаимодействия и роль транспортных систем в интеграции физиологических функций целого растения.

### **Физиология роста и развития растений**

Определение понятий "рост" и "развитие" растений. Проблема роста и развития на клеточном и молекулярном уровнях. Существование организма как развертывание во времени генетической программы. Воздействие на этот процесс внутренних и внешних факторов.

Общие закономерности роста, типы роста у растений. Организация меристем корня и стебля. Рост и деятельность меристем. Кинетика ростовых процессов и их свойства. Ритмика, биологические часы. Корреляции. Полярность. Регенерация.

Рост растений и среда. Влияние температуры, света, воды, газового состава атмосферы, элементов минерального питания на ростовые процессы.

Клеточные основы роста. Фазы роста клеток и их характеристики. Изменения морфологии и метаболизма при прохождении каждой фазы. Понятие о клеточном цикле, влияние различных факторов на деление клеток. Рост клетки в фазе растяжения, механизм действия ауксина на этот процесс.

Дифференцировка клеток и тканей; компетенция и детерминация. Дифференциальная экспрессия генома как фактор реализации генетических программ развития. Тотипотентность растительной клетки.

Системы регуляции функций целого растения: трофическая, гормональная, электрическая. Доминирующие центры и физиологические градиенты. Системы восприятия и передачи сигналов. Системы связей и регуляторных контуров. Элементы теории сложных систем и их приложение к анализу систем регуляции в растении.

Механизм регуляции ростовых процессов. Фитогормоны (ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, этилен, брассиностероиды), их строение, биосинтез, транспорт, физиологическое действие. Молекулярные основы действия гормонов и ингибиторов роста растений. Взаимодействие между различными гормонами. Синтетические регуляторы и ингибиторы роста (гербициды, ретарданты, морфактины), их практическое применение.

Ростовые и тургорные движения растений. Тропизмы (фото-, гео-, электро-, термотропизмы). Гормональная природа тропизмов. Насии. Сейсмонастические движения. Раздражимость; фитохромная и криптохромная системы; электрофизиологические процессы.

Жизненный цикл высших растений. Основные этапы онтогенеза (эмбриональный, ювенильный, репродуктивный, зрелости, старения), их морфологические,

физиологические и метаболические особенности. Состояние покоя у растений. Типы покоя и их значение для жизнедеятельности растений.

Механизмы морфогенеза растений. Индукция генетических программ, морфогенетические градиенты и ориентация клеток в пространстве. Целостность и коррелятивное взаимодействие органов. Физиологические и молекулярные основы эмбриогенеза растений. Созревание и прорастание семян как фазы морфогенеза.

Внутренние и внешние факторы, определяющие переход растений от вегетативного развития к генеративному. Индукция цветения. Яровизация. Фотопериодизм. Роль фитохромной системы в фотопериодических реакциях. Типы фотопериодической реакции. Природа флорального стимула. Гипотезы о бикомпонентной природе флоригена, о многокомпонентном контроле цветения. Цветение как многоступенчатый процесс. Эвокация цветения и ее регуляция. Модель переключения генной активности. Закладка и рост соцветий и цветка. Оплодотворение.

Детерминация пола. Генетические, фенотипические и гормональные факторы, определяющие пол у растений.

Физиология вегетативного размножения. Размножение клубнями, луковицами, корневищами, усами, отводками и черенками.

Культура изолированных зародышей, органов, тканей, клеток, протопластов как модель для изучения процессов роста и развития. Биология изолированных клеток и тканей, клеточная биотехнология. Использование метода культуры клеток для изучения биологии клетки и понимания взаимоотношений части и целого при функционировании клеток в растительном организме.

Пути практического использования культуры растительных клеток (освобождение от вирусных инфекций, массовое размножение, сохранение генофонда редких видов, получение биомассы клеток-продуцентов практически важных веществ).

### **Устойчивость растений к неблагоприятным факторам**

Устойчивость как приспособление растений к условиям существования. Ответные реакции растений на действие неблагоприятных факторов. Общие принципы адаптивных реакций растений на экологический стресс (изменение экспрессии генов и включение синтеза стрессовых, мембранных, структурных белков; перестройки мембранных систем и физиологических процессов; синтез протекторных соединений и др.). Биохимическая адаптация. Пути повышения устойчивости растений.

Реакция растений на температуру. Влияние низких положительных температур (холодоустойчивость растений), низких отрицательных температур (морозоустойчивость растений) и почвенно-климатических факторов (зимостойкость растений), высоких положительных температур (жароустойчивость растений). Закаливание растений.

Реакция растений на водный дефицит (засухоустойчивость растений). Атмосферная и почвенная засуха. Приспособление различных ксерофитных форм и мезофитных растений к низкому водному потенциалу и гигрофитов - к гипоксии. Пути адаптации растений к гипо-и аноксии.

Реакция растений на высокое содержание солей в почве (солеустойчивость растений). Типы засоления почв. Классификация растений по отношению к засолению почв. Механизмы адаптации галофитных организмов к солям. Особенности загрязнения почв тяжелыми металлами. Токсичность их для высших растений.

Радиоустойчивость растений и ее механизмы.

Загрязнение атмосферы сернистым газом, оксидами азота и углерода, соединениями фтора и др. Токсичность их действия на растения. Формирование устойчивости к газам (регулирование их поступления, поддержание внутриклеточного гомеостаза, детоксикация образующихся ядов).

Физиологические и биохимические основы устойчивости высших растений к патогенным микроорганизмам и другим биотическим факторам. Конституционные и индуцированные защитные свойства. Приобретенный (индуцированный) иммунитет.

### Основная литература

1. БАТЫГИНА Т.Б. Размножение растений: Учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петербург.ун-та, 2002. – 232 с. Б 28
2. БИОХИМИЯ растений / Л.А. Красильникова, О.А. Авксентьева и др., под ред. Л.А. Красильниковой. – Ростов н/Д: «Феникс», Харьков: Торсинг, 2004. -224 с. Серия «Учебные пособия» УДК 581.1 Б 63
3. БОТАНИКА. Учебник для вузов : в 4-х т.; На основе учебника Э. Страсбургера и др. Том 1. Клеточная биология. Анатомия. Морфология / под. ред. А.К. Тимонина, В.В. Чуба. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 366 с. УДК 58 Б 86
4. БОТАНИКА. Учебник для вузов: в 4-х т.; На основе учебника Э. Страсбургера и др. Том 2. Физиология растений / под. ред. В.В. Чуба. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 496 с. УДК 58 Б 86
5. ВЕРЕТЕННИКОВ А.В. Физиология растений: Учебник. – М.: Академический проект, 2006. – 480 с. УДК 581.1 В 31
6. ГЕНЕТИКА развития растений: учебное пособие для вузов /Л.А. Лутова и др. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2010.- 431 с. УДК 57 Г 34
7. ЖИВОРОЖДЕНИЕ у растений и животных: беспозвоночных и низших хордовых: Учебное пособие / Т.Б. Батыгина, Е.А. Брагина и др. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. – 131 с. УДК 58 Ж 67
8. ИВАНОВСКИЙ Д.И. Физиология растений / Д.И. Ивановский, под.ред. Н.Н.Худякова. – Изд.3-е.- М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ»,2012. – 552 с. (Из наследия естественно-научной мысли). УДК 581.1 И 22
9. КИРИЛЛОВ Ю.И. Рост и развитие растений (теория и практика): Учебное пособие / Ю.И. Кириллов, В.В. Немченко, Г.А. Думанская. – Курган: Изд-во «Зауралье», 2001. – 174 с. УДК 581.1 К 43
10. КОНИЧЕВ, А.С. Основные термины молекулярной биологии / А.С. Коничев, Г.А. Севастьянова. – М.: КолосС, 2006. – 188 с.(Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) УДК 57 К 64
11. КОРОВИН, В.В. Введение в современную биологию и дендрологию: Учебное пособие / В.В. Коровин, С.П. Зуихина. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2010. – 360 с. УДК 57 К 68
12. КУЗНЕЦОВ В.В. Физиология растений: Учебник / Вл.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М.: Абрис, 2011. – 783 с. УДК 58 К 89
13. МАРКОВ М.В. Популяционная биология растений: Учебное пособие. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 387 с. УДК 581.1 М 27
14. МЕДВЕДЕВ С.С. Биология развития растений. В 2-х т. Том 1. Начала биологии развития растений. Фитогормоны: Учебник / С.С. Медведев, Е.И. Шарова – СПб.: Изд-во С.-Петерб.ун-та, 2011. – 253 с. УДК 581.1 М 42
15. МОЛЕКУЛЯРНАЯ биология клетки: с задачами Джона Уилсона и Тима Ханта: в 3-х т. Т.1. / Алберте Брюс и др. – М.;Ижевск:Ин-т комп.исслед.: R&C Dynamics, 2013. – 773 с. УДК 57 М 75
16. МОЛЕКУЛЯРНАЯ биология клетки: с задачами Джона Уилсона и Тима Ханта: в 3-х т. Т.2. / Алберте Брюс и др. – М.;Ижевск:Ин-т комп.исслед.: R&C Dynamics, 2013.– 776-1736. с. УДК 57 М 75
17. МОЛЕКУЛЯРНАЯ биология клетки: с задачами Джона Уилсона и Тима

Ханта: в 3-х т. Т.3. / Албертс Брюс и др. – М.;Ижевск:Ин-т комп.исслед.: R&C Dynamics, 2013. – 1740-2764 с. УДК 57 М 75

18. МОЛЕКУЛЯРНО- генетические и биохимические методы в современной биологии растений / под ред. В.В.Кузнецова и др. – М.: БИНОМ. Лаб.знаний, 2011. – 487 с. (Методы в биологии) УДК 57 М 75

19. НЕЛЬСОН, Д. Основы биохимии Ленинджера: в 3-х т. Т.1: Основы биохимии, строение и катализ / Д.Нельсон, М.Кокс. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 694 с.(Лучший зарубежный учебник) УДК 57 Н 49

20. НЕЛЬСОН, Д. Основы биохимии Ленинджера: в 3-х т. Т.2: Биоэнергетика и метаболизм / Д.Нельсон, М.Кокс. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 636 с.(Лучший зарубежный учебник) УДК 57 Н 49

21. НЕЛЬСОН, Д. Основы биохимии Ленинджера: в 3-х т. Т.3: Пути передачи информации / Д.Нельсон, М.Кокс. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 448 с.(Лучший зарубежный учебник) УДК 57 Н 49

22. ПРАКТИКУМ по цитологии и цитогенетике растений / В.А.. Пухальский, А.А. Соловьёв и др. – М.: КолосС,2007. – 198 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). УДК 581.1 П 69

23. ПРИСНЫЙ, А.В. Общая биология: дуалистическая и материалистическая концепции жизни на Земле: учебник / Присный А.В.. – М.: КолосС, 2009. – 350. (Классическое университетское образование). УДК 57 П 77

24. РЕПКИНА, Н.С. Устойчивость растений к тяжёлым металлам и экспрессия генов: учеб.-метод. пособие / Н.С. Репкина, В.В. Таланова, Л.В. Топчиев. – Петрозаводск: Карел.НЦ РАН, 2013. – 32 с. УДК 58 Р 41

25. РИЗНИЧЕНКО, Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Часть 1. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 232 с. УДК 57 Р 49

26. РОГОЖИН В.В. Биохимия растений: учеб./ В.В.Рогожин. - СПб.: ГИОРД, 2012. – 432 с. УДК 581.1 Р 59

27. РУМЯНЦЕВ, Е.В. Химические основы жизни / Е.В. Румянцева, Е.В. Антина, Ю.В. Чистяков. \_ М.: Химия, КолосС, 2007. – 360 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) УДК 57 Р 86

28. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ биотехнология: учебник / В.С. Шевелуха и др. – М.: Высшая шк., 2008. – 709 с.(Для высших учебных заведений) УДК 63 С 29

29. ТВЕРДИСЛОВ В.А. Биофизическая экология / В.А. Твердислов,А.Э. Сидорова, Л.В. Яковенко. – М: КРАСАНД, 2012 – 544 с. УДК 577.3 Т 26

30. ТИТОВ, А. Ф. Устойчивость растений к кадмию (на примере семейства злаков): учеб. пособие / А.Ф. Титов, Н.М. Казнина, В.В. Таланова. - Петрозаводск: Карел.НЦ РАН, 2012. – 56 с. УДК 581.5 Т 45

31. ТИТОВ, А. Ф. Физиологические основы устойчивости растений к тяжёлым металлам. Практикум по курсу: учебно-метод.пособие / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина. - Петрозаводск: Карел.НЦ РАН, 2013. – 64 с. УДК 58 Т 45

32. ФИЗИОЛОГИЯ и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин и др.; под. ред. Н.Н. Третьякова. – 2-е изд. – М.: КолосС,2005. – 656 с. (Учебники и учеб. пособия для студ.высш. учеб. заведений). УДК 581.1 Ф 50

33. ФИЗИОЛОГИЯ растений: учебник / Н.Д. Алехина и др.; И.П. Ермаков ред. –

М.: Академия, 2007. – 635 с. (Высшее профессиональное образование. Естественные науки) УДК 581.1 Ф 50

34. ХЕЛДТ Г.-В. Биохимия растений / Г.-В. Хелдт; пер.с англ.-М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 471 с. (Лучший зарубежный учебник) УДК 581.1 Х 36

35. ЧЕНЦОВ Ю. Введение в клеточную биологию: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. /Ю.С. Ченцов. – М.: ИКЦ «Академкнига»,2005. – 495 с. УДК 57 Ч 43

36. ЮСУФОВ А.Г. Лекции по эволюционной физиологии растений: Учеб. пособие для студ. вузов / А.Г. Юсуфов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2009. – 295 с. УДК 581.1 Ю 91.

#### **Дополнительная литература**

1. БЕЛЯЕВА О.Б. Светозависимый биосинтез хлорофилла. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 232 с. УДК 57 Б 44

2. ВОЙНИКОВ В.К. Митохондрии растений при температурном стрессе. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2011. – 163 с. УДК 581.1 В 65

3. ГОЛОВКО Т.К. Дыхание растений (физиологические аспекты). – СПб.: Наука,1999. – 204 с. УДК 581.1 Г 61

4. МАТОРИН Д.Н. Флуоресценция хлорофилла высших растений и водорослей / Д.Н. Маторин, А.Б. Рубин. – М.-Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2012. – 256 с. УДК 581.1 М 34

5. ТИТОВ А.Ф. Локальное действие высоких и низких температур на растения / А.Ф. Титов, В.В. Таланова. - Петрозаводск: Карел.НЦ РАН, 2011. – 166 с. УДК 581.1 Т 45

#### **Рекомендованные учебные пособия**

1. БИОЛОГИЯ развития культурных растений: Учеб. пособие для биол. спец. вузов /Ф.М. Куперман и др. – М.: Высш.шк., 1982. – 343 с. УДК 581.4 Б 63

2. ИЗБРАННЫЕ главы физиологии растений: учебное пособие для вузов по спец. «Биология»/ В.Ф. Гавриленко, М.В. Гусев и др. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 440 с. УДК 581.1 И 32

3. ИЗМАЙЛОВ С.Ф. Азотный обмен в растениях. – М.: Наука, 1986. – 320 с. УДК 581.1 И 37

4. КЕМП, П. Введение в биологию / П. Кемп, К. Армс. – М.: Мир, 1988. – 771 с. УДК 57 К 35

5. КРЕТОВИЧ, В.Л. Биохимия растений: Учебник для биол. специальностей ун-тов. – М.: Высш. шк., 1986. – 503 с. УДК 581.1 К 80

6. ЛЕБЕДЕВ, С.И. Физиология растений: По агр. спец. – М.: Колос, 1982. – 463 с. (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений) УДК 581.1 Л 33

7. ОБРУЧЕВА, Н.В. Англо-русский словарь по физиологии высших растений.- М.: Наука, 1979. – 215 с. Чит. зал.

8. ПРАКТИКУМ по физиологии растений: По агр. спец. / Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин и др. – М.: Колос, 1982. - (Учебники и учеб. пособия для высш.учеб. заведений) УДК 581.1 П 69

9. ПРАКТИКУМ по физиологии растений: учеб. изд. / Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухов и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с. (Учеб. и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) УДК 581.1 П 69

10. РУБИН, Б.А. Биохимия и физиология фотосинтеза: Учеб. пособие для биол.

спец. вузов /Б.А. Рубин, В.Ф. Гавриленко. – М.: Изд-во Моск. ун-та,1977. – 326 с. УДК 581.1 Р 82

11. РУБИН, Б.А. Курс физиологии растений: Учебник для биол. специальностей ун-тов. – М.: Высш. шк., 1976. – 576 с. УДК 581.1 Р 82

12. САЛАМАТОВА, Т.С. Физиология растительной клетки: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – 232 с. УДК 581.1 С 16

13. ФОТОСИНТЕЗ и биопродуктивность: методы определения / Дж. Комбс, Д.О. Холл и др. М.: Агропромиздат, 1989. – 460 с УДК 581.1 Ф 81

14. Физиология и биохимия растений : учебное пособие / сост.: С.А. Гужвин, В.Д. Кумачева, Р.А. Каменев ; Донской ГАУ. - Персиановский :Донской ГАУ, 2019. – 172 с.