

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИБ КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИБ КарНЦ РАН
член-корр. РАН
 Н.Н. Немова
«18» сентября 2014 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физиология и биохимия растений»

для обучающихся по Основной образовательной программе высшего образования –
программе подготовки кадров высшей квалификации по направлению
06.06.01 Биологические науки, направленность «Физиология и биохимия растений»

Принято Ученым советом ИБ КарНЦ РАН 18.09.2014 г. протокол № 5.

Рабочая программа по дисциплине «Физиология и биохимия растений» разработана в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного Приказом Минобрнауки РФ от 30 июля 2014 г. № 871 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)». Принята на Ученом совете ИБ КарНЦ РАН 18.09.2014 г. протокол № 5.

Разработчики программы:

Заместитель директора по научной работе
ИБ КарНЦ РАН, руководитель Отдела
аспирантуры, к.б.н.



О.В. Мещерякова

Главный научный сотрудник
лаборатории экологической
физиологии растений ИБ КарНЦ РАН
чл.-корр. РАН, профессор, д.б.н.



А.Ф. Титов

Главный научный сотрудник
лаборатории экологической
физиологии растений ИБ КарНЦ РАН
д.б.н., с.н.с.



В.В. Таланова

Старший научный сотрудник
лаборатории экологической
физиологии растений ИБ КарНЦ РАН
к.б.н.



Н.М. Казнина

Пояснительная записка

Физиология и биохимия растений – наука о жизни растительного организма, которая занимается изучением метаболических систем, составляющих основу жизнедеятельности растительного организма и обеспечивающих его существование в разнообразных условиях среды. Такие метаболические системы находятся в сложных взаимоотношениях друг с другом. Изучение координации их функционирования во времени и пространстве составляет важную цель этой науки. Задача физиологии растений – познание закономерностей жизнедеятельности растений, раскрытие биохимических, молекулярных и генетических основ взаимозависимости сложных функций и механизмов их регуляции в системе целого организма.

Освоение физиологии и биохимии растений опирается на знания, умения и навыки, полученные аспирантами при изучении различных дисциплин, таких как ботаника, цитология, геоботаника, биохимия, физико-химическая биология, экология, почвоведение, молекулярная биология, биотехнология. Физиология и биохимия растений создает целостное представление о существовании растений в различных условиях обитания и является основой для решения широкого круга задач в области растениеводства, экологии, охраны природы и рационального природопользования.

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – изучение физиолого-биохимических основ существования растений в изменяющихся условиях внешней среды, стратегий адаптации растений различных систематических групп к абиотическим и биотическим факторам, путей повышения продуктивности сельскохозяйственных растений.

Задачей преподавания данной дисциплины является формирование у студентов представлений о функционировании растительного организма в изменяющихся условиях среды, а также привитие необходимых навыков физиолого-биохимических исследований, постановки и проведения экспериментов.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина относится к вариативным дисциплинам Блока 1, является обязательной и направлена на сдачу кандидатского экзамена (код дисциплины: Б1.В1.ОД1.)

3. Требования к уровню подготовки аспиранта, завершившего изучение данной дисциплины

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

– **знать:**

- сущность процессов, протекающих в растительном организме, их взаимосвязи, изменение под влиянием окружающей среды, механизмов их регуляции;

– общие принципы и особенности жизнедеятельности растений разных экологических групп, возможности управления растительными организмами с целью повышения их продуктивности;

- теоретическую и практическую значимость исследований физиологии и биохимии растений в решении задач практического земледелия, биотехнологии, охраны окружающей среды, технологий фиторемедиации и фитомелиорации.

– **уметь:**

- ориентироваться в проблемах, направленных на физиологические и биохимические изыскания;

- использовать методы теоретического и экспериментального исследования для изучения различных аспектов физиологии и биохимии растений;

- использовать достижения в области физиологии и биохимии растений для обоснования приемов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, для формулирования и решения различных практических экологических задач.

– **владеть:**

- современными методами физиолого-биохимических исследований, навыками постановки и решения исследовательских задач.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов), в т.ч.:

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	90/2,5
в том числе:	
лекции	36/1
практические занятия	36/1
семинары	18/0,5
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	90/2,5
в том числе:	
Подготовка к семинарам	54/1,5
подготовка рефератов и контрольных работ	36/1
Подготовка к кандидатскому экзамену, сдача экзамена	36/1
Всего	216 / 6
Вид контроля по дисциплине	Зачет (допуск к экзамену) Кандидатский экзамен

5. Содержание дисциплины:

5.2 Наименование и содержание тем лекционных занятий:

№ п/п	Наименование тем лекционных занятий и их содержание	Кол-во час.
1.	<p>Общие вопросы.</p> <p>Объекты биохимии и физиологии растений. Уникальные особенности растительного организма: фото- и автотрофность. Космическая роль зеленого растения. Организация и координация функциональных систем зеленого растения. Физико-химический, экологический и эволюционный аспекты. Методологические основы исследований в биохимии и физиологии растений. Специфические методы биохимии и физиологии растений. Различные уровни исследования (субклеточный, клеточный, организменный, биоценотический) в биохимии и физиологии растений. Физиология и биохимия растений - теоретическая основа растениеводства и биотехнологии.</p>	2
2.	<p>Основные компоненты растительного организма и их функции.</p> <p>Углеводы растений: состав и метаболизм. Моносахариды, их структура и взаимопревращения. Олигосахариды, их состав, структура. Сахароза; ее синтез и функции. Полисахариды запасные и структурные. Крахмал и его деградация. Крахмальные зерна в запасующих органах.</p> <p>Липиды: классификация, номенклатура. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты: классификация, синтез, катаболизм и функции. Триглицериды и их функции. Полярные липиды: фосфо- и гликолипиды. Стероиды, фитостерины. Гликозиды, ацилгликозиды, эфиры стеринов. Специфика мембран растительной клетки.</p> <p>Аминокислоты: структура и свойства. Протеиногенные аминокислоты. Синтез аминокислот. Реакции переаминирования. Семейства аминокислот, происходящих из пирувата, оксалоацетата, 2-оксоглутарата, шикимата и продуктов цикла Кальвина. Функции свободных аминокислот и аминокислот белковых молекул. Реакции дезаминирования и декарбоксилирования аминокислот. Аминокислоты как субстраты синтеза других азотсодержащих соединений.</p> <p>Первичная структура молекулы полипептида. Фибриллярные и глобулярные белки. Ионные свойства полипептидов: рКа ионогенных групп, изоэлектрическая точка. Вторичная структура белков. Третичная и четвертичная структура белков. Дисульфидные и водородные связи, ионные и гидрофобные взаимодействия. Роль отдельных аминокислот в образовании и поддержании пространственной структуры белковой молекулы. Белковые комплексы. Понятие субъединицы. Функциональная классификация белков.</p> <p>Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Пуриновые и пиримидиновые основания. Нуклеозиды и нуклеотиды: структура, синтез, функции. Нуклеозидполифосфаты. Циклические нуклеотиды и их роль. Нуклеотидные коферменты и переносчики соединений. Нуклеиновые кислоты: первичная структура, нуклеотидный состав. Вторичная и третичная структура ДНК. Структура РНК. Типы РНК.</p>	6

	<p>Вторичные метаболиты: классы, строение, классификация. Алкалоиды. Изопреноиды. Каротиноиды. Фенольные соединения. Небелковые аминокислоты, гликозиды, амины, необычные липиды (жирные кислоты, цианолипиды), беталины, полиацетиленовые производные, алкамиды, тиофены. Предшественники биосинтеза вторичных метаболитов. Немевалонатный путь синтеза изопреноидов.</p> <p>Ферменты и механизмы их действия. Алифатическая и простетическая части фермента. Кофакторы ферментной реакции. Энергетическая основа катализа: активный центр фермента. Специфичность действия ферментов. Ферментная кинетика. Фермент-субстратный комплекс. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Действие pH и температуры на скорость ферментной реакции. Конкурентное, неконкурентное и необратимое ингибирование. Механизмы регуляции ферментной активности. Регуляция по принципу обратной связи: активация и ингибирование. Аллостерическая регуляция. Индукция и репрессия синтеза. Изозимы и конформеры. Регулирование с участием протеинкиназ.</p>	
3	<p>Растительная клетка</p> <p>Особенности строения, структурная и функциональная организация растительной клетки. Симбиогенная гипотеза возникновения клетки.</p> <p><i>Ядро.</i> Особенности организации ядерного генома растений. Структура генома, полиморфизм растительной ДНК. Копийность разных генов и участков ДНК. Особенности метилирования ДНК и его влияние на экспрессию ядерных генов. Мобильные генетические элементы растений (транспозоны). Ретротранспозоны и ДНК-транспозоны.</p> <p><i>Пластиды</i> Типы пластид, строение, онтогенез. Геном пластид. Прокариотические черты и копияность пластидного генома. Полицистронный тип репликации пластидных генов. Мозаичная структура пластидных генов. Созревание пластидной РНК, сплайсинг и редактирование транскриптов. Стабильность пластидной РНК. Белки, кодируемые пластидным геномом. Синтез белка в пластидах и его регуляция светом. РНК-полимеразы пластид, пластидные рибосомы. Двойное кодирование (ядерное и пластидное) большинства компонентов фотосинтетического аппарата: ФС1, ФСП, b_6f- комплекса, ССК, АТФ-синтазы, пластидной НАД-Н-дегидрогеназы, Rubisco. Транспорт ядерно-кодируемых белков в пластиды. Размножение и наследование пластид.</p> <p><i>Митохондрии растений.</i> Особенности строения митохондрий растений. Особенности структуры митохондриального генома растений. Прокариотические черты и размер митохондриального генома растений. Мозаичная структура митохондриальных генов, сплайсинг и редактирование транскриптов. Белки, кодируемые митохондриальным геномом. Особенности синтеза белка в митохондриях, рибосомы митохондрий, транспорт белков и некоторых т-РНК из ядра в митохондрию. Двойное кодирование (ядерное и пластидное) большинства белков дыхательной ЭТЦ: НАД-Н-дегидрогеназы, сукцинат-дегидрогеназы, b_c-комплекса, цитохром-оксидазы, АТФ-синтазы.</p> <p><i>Мембранные системы растительной клетки.</i> Строение плазмалеммы. Транспортные системы плазмалеммы, протонная энергетика</p>	2

	<p>транспортных систем, H^+-АТФаза Р-типа. Особенности строения тонопласта. Транспортные системы тонопласта. H^+ -АТФаза V-типа, пирофосфатаза. Эндоплазматический ретикулум (ЭР) растительной клетки. Шероховатый и гладкий ЭР. Различные функциональные участки растительного ЭПР. Сигнальные последовательности белков, транспортируемых в ЭПР. KDEL-последовательность. Функции ЭПР. Аппарат Гольджи. Транспортные везикулы, диктиосомы, пузырьки. Два основных направления транспорта - плазмалемма и вакуоль.</p> <p><i>Вакуоль.</i> Литический и запасающий типы вакуолей. Белковые маркеры типов вакуолей. Сигнальные последовательности белков, транспортируемых в вакуоль. Возникновение вакуолей <i>de novo</i>. Транспорт веществ в запасающие и литические вакуоли. Сигнальные последовательности транспорта белков в вакуоль.</p> <p><i>Цитоскелет растительной клетки.</i> Структура цитоскелета. Актин и тубулин, их полимеризация и деполимеризация, G-актин и F-актин. Белки, ассоциированные с цитоскелетом. Участие актиновых филаментов во внутриклеточных движениях. Участие цитоскелета в движении и закреплении органелл. Роль цитоскелета в синтезе целлюлозы. Участие цитоскелета в процессе деления клетки,</p> <p><i>Клеточная стенка (КС).</i> Углеводные компоненты клеточной стенки. Целлюлоза, гемицеллюлозы, пектины. Каллоза. Структурные белки клеточной стенки: белки, обогащенные гидроксипролином (HRGPs), пролином (PRPs), глицином (GRPs), арабиногалактановые белки (AGPs). Функциональные белки КС: экспансины, ферменты. Первичная и вторичная клеточная стенка. Лигнины, воска, кутин, суберин. Плазмодесмы (ПД), их строение. Количество плазмодесм на разных участках клеточной стенки и в разных тканях. Транспорт веществ по плазмодесмам. Два типа строения клеточной стенки у покрытосеменных растений. Образование клеточной стенки. Биосинтез микрофибрилл целлюлозы и их самосборка. Роль аппарата Гольджи в биосинтезе элементов матрикса. Функции КС: каркасная, защитная, транспортная, регуляторная, сигнальная. Олигосахарины.</p> <p><i>Онтогенез клетки растения.</i> Стадии онтогенеза: деление клетки, рост клетки растяжением, дифференцировка, старение и смерть. Клеточный (митотический) цикл. Фазы цикла - G1, S, G2, M. Запуск и регулирование клеточного цикла. Циклины, циклин- зависимые протеинкиназы (CDKs). Апоптоз растительных клеток - программная гибель клетки. Сигналы и механизмы апоптоза.</p> <p><i>Клетки растений in vitro.</i> Дедифференциация растительной клетки <i>in vitro</i> и формирование популяции пролиферирующих клеток. Структурные и функциональные особенности клеток растений <i>in vitro</i>. Гетерогенность и асинхронность популяции клеток растений вне организма. Изолированные протопласты клеток растений. Использование клеток растений <i>in vitro</i> как модельной системы в физиологических исследованиях и в биотехнологии.</p>	
4.	<p>Биоэнергетика растительного организма</p> <p><i>Принципы термодинамики.</i> Законы химической термодинамики. Свободная энергия; изменение стандартной свободной энергии (ΔG°).</p>	6

<p>Эндергонические и экзергонические реакции. Химическое равновесие, химический потенциал. Выражение изменения свободной энергии редокс-реакции в единицах электрохимического стандартного окислительно-восстановительного потенциала.</p> <p><i>Преобразование энергии в клетке.</i> Внешние источники энергии для организмов. Две основные формы запасаения энергии в клетке: электрохимический потенциал протонов на энергизованных мембранах и макроэргические связи, взаимопревращение этих форм энергии. Энергетика процессов синтеза и гидролиза АТФ. Трансформация энергии на сопрягающих мембранах: электрохимический потенциал - движущая сила фосфорилирования. Уникальность энергетических процессов растений: фотосинтез и дыхание.</p> <p>4.1. Фотосинтез.</p> <p>Значение фотосинтеза в трансформации вещества и энергии в природе. Физико-химическая сущность фотосинтеза и его значение в энергетическом и пластическом обмене растения. Лист как орган фотосинтеза. Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата. Показатели мезоструктуры листа.</p> <p>Элементы структуры молекулы хлорофилла, ответственные за функцию поглощения, запасаения и преобразования энергии в процессе фотосинтеза. Механизм поглощения и испускания света молекулой; спектры поглощения. Электронно-возбужденные состояния хлорофиллов, пути их дезактивации. Преобразования электромагнитной энергии в редокс-энергию; обратимые окислительно-восстановительные превращения хлорофиллов.</p> <p>Хлорофилл-белковые комплексы (ХБК); механизмы образования, связь пигментов с белком. Ориентация пигментов в ХБК. Механизмы энергетического взаимодействия пигментов в комплексах (экситонное взаимодействие) и между комплексами (переходные состояния).</p> <p>Роль каротиноидов в фотосинтезе. Антенная функция, возбужденные состояния каротиноидов, механизмы миграции энергии на хлорофилл. Механизм защитного действия каротиноидов. Функции каротиноидов в реакционном центре, специфика цис-конформации. Значение ксантофилловых циклов у высших растений и водорослей; фотопротекторная функция зеаксантина и диазоксантина.</p> <p>Первичные процессы фотосинтеза, их структурно-функциональная организация. Представление о фотосинтетической единице. Антенный комплекс, реакционный центр. Механизмы миграции энергии в хлоропластах. Современные модели структурной организации реакционных центров бактерий и высших растений. Механизм преобразования электромагнитной энергии в энергию разделенных зарядов в фотохимических центрах.</p> <p>Электрон-транспортная цепь фотосинтеза. Представления о совместном функционировании двух фотосистем. Компоненты ЭТЦ и последовательность переноса электрона по цепи (Z-схема). Циклический, нециклический и псевдоциклический электронный транспорт. Пространственная организация ЭТЦ в тилакоидной мембране: основные функциональные комплексы ЭТЦ (ФС-1, ФС-2), их структура и функции. Строение и функции ФС-2. Организация в</p>	
---	--

<p>тилакоидной мембране и функционирование реакционного центра ФС-2. Система фотолиза воды и образования кислорода при фотосинтезе. Строение и функции ФС-1. Образование трансмембранного протонного градиента в процессе электронного транспорта. Структура и функции цитохром b_6/f комплекса, Q - цикл. Регуляция потоков электронов при фотосинтезе. Фотосинтетический контроль. Локализация ЭТЦ комплексов в гранальных и стромальных мембранах тилакоидов. Системы регуляции циклического и нециклического электронного транспорта. Образование при фотосинтезе активных форм кислорода. Процессы фотоингибирования и фотодеструкции.</p> <p>Фотосинтетическое фосфорилирование. Основные типы, их значение, механизмы регуляции. Механизмы энергетического сопряжения транспорта электронов и синтеза АТФ. Сопрягающие факторы фотофосфорилирования, их функции, структура, механизм действия. Механизм работы каталитических центров CF₁.</p> <p>Регуляция потоков электронов при фотосинтезе. Фотосинтетический контроль. Локализация комплексов ЭТЦ в гранальных и стромальных мембранах тилакоидов. Система регуляции циклического и нециклического электронного транспорта. Конечные продукты световой и темновой фазы фотосинтеза.</p> <p>Химизм процессов ассимиляции углерода в фотосинтезе. Использование продуктов световой стадии для ассимиляции углекислоты. Рубиско: содержание фермента, структура, функции, регуляция. Цикл Кальвина, основные ферменты и механизмы регуляции цикла. Фотодыхание. ФЭП- карбоксилаза, ее характеристика и локализация. Цикл Хэтча-Слэка-Карпилова, его функциональное значение. Организация процесса ассимиляции в клетках мезофилла и обкладки: особенности строения хлоропластов и реакций фотосинтеза. Характеристика групп C₄ растений. Фотосинтез у САМ- растений.</p> <p>Транспорт продуктов фотосинтеза из хлоропласта: челночные системы выноса. Механизмы, контролирующие обмен метаболитами между хлоропластами и цитоплазматической фазой клетки. Превращения Сахаров в цитоплазме и цитозоле; запасные и транспортные формы Сахаров. Включение углерода в аминокислоты.</p> <p>Ассимиляция углекислоты в листе. Действие внешних факторов (интенсивность и качество света, фотопериод, концентрация CO₂, O₂, температура и др.) на фотосинтез. Различие в кривых зависимости скорости ассимиляции от концентрации CO₂ и O₂ в газовой среде у С-3 и С-4 растений. Квантовый выход фотосинтеза. Транспорт CO₂ к местам фиксации, роль карбоангидразы. Устьичная и клеточная проводимость для CO₂ в зависимости от внешних факторов.</p> <p>4.2. Дыхание.</p> <p>Ферментные системы дыхания. Характеристика дыхательных ферментов: пиридинзависимые дегидрогеназы, флавинозависимые дегидрогеназы, оксидазы. Переносчики электронов: хиноны, железосерные белки, цитохромы, их химическое строение и свойства.</p> <p>Гликолиз. Основные ферменты синтеза и гидролиза сахарозы и крахмала. Ферментативные реакции и энергетический баланс гликолиза, компартментация процесса в клетках растений. Гликолиз и</p>	
--	--

	<p>глюконеогенез. Особенности гликолиза у растений: АТФ- зависимая фосфофруктокиназа и пирогосфатзависимая фосфофруктокиназа - регуляторные ферменты гликолиза. Фруктозо-2,6 фосфат - регуляторная молекула углеводного обмена в растениях.</p> <p>Окислительный пентозофосфатный цикл. Ферментативные реакции и регуляция цикла. Компарментация цикла в клетке и его роль в метаболизме растений.</p> <p>Пируватдегидрогеназный комплекс: структура и регуляция.</p> <p>Цикл трикарбоновых кислот. Ферментативные реакции и регуляция цикла. Роль маликэнзима в регуляции работы цикла. Энергетическая эффективность процесса. Особенности цикла трикарбоновых кислот.</p> <p>Глиоксилатный цикл. Глиоксисомы и глиоксилатный цикл.</p> <p>Дыхательная электронтранспортная цепь: компоненты, способы регистрации редокс- состояний. Структура и функции комплексов ЭТЦ дыхания: НАДН- дегидрогеназный комплекс. Сукцинатдегидрогеназный комплекс. Цитохром b/c комплекс. Цитохромоксидазный комплекс. Механизм образования трансмембранного протонного градиента в процессе электронного транспорта.</p> <p>Особенности ЭТЦ дыхания растений. Альтернативные НАДН- дегидрогеназы - локализация в мембранах и функции. Альтернативная оксидаза: структура, функции, принципы регуляции. Альтернативный путь переноса электронов в дыхательной цепи растений и его физиологическое значение. Ингибиторы электронного транспорта и ингибиторный анализ при изучении дыхательной активности растительных митохондрий.</p> <p>Окислительное фосфорилирование. Энергизация мембран при функционировании ЭТЦ дыхания. АТФ- синтаза митохондрий. Структура, локализация, пространственная организация. Современные представления о механизме синтеза АТФ.</p> <p>Регуляция электронного транспорта в дыхательной цепи. Дыхательный контроль. Понятие о разобщителях. Энергетическая эффективность дыхания. Челночные системы выноса АТФ и транспорт метаболитов через мембраны митохондрий.</p> <p>Функции дыхания у растений. Интермедиаты окислительных реакций как субстраты для синтеза новых соединений. Превращение органических кислот в митохондриях. Роль дыхания в создании и поддержании электрохимического потенциала на клеточных мембранах (плазмалемма, тонопласт, мембрана ЭР). Электронтранспортные цепи плазмалеммы, эндоплазматического ретикулума, микротелец, их структура и функции.</p> <p>Цитоплазматические оксидазы (аскорбатоксидаза, полифенолоксидазы, ксантинооксидазы, пероксидазы, каталазы). Их локализация, функции, вклад в общее поглощение кислорода. Изменения интенсивности и путей дыхания в онтогенезе и при действии факторов среды</p>	
5.	<p>5. Водообмен.</p> <p>Количество потребляемой растением воды, содержание воды в клетках, тканях и органах. Молекулярная структура и физические свойства</p>	2

	<p>воды. Взаимодействие молекул воды и биополимеров, гидратация. Состояние воды в клетке. Вода, как структурный компонент растительной клетки, ее участие в биохимических реакциях.</p> <p>Термодинамические показатели состояния воды: активность воды, химический и водный потенциал. Составляющие водного потенциала клетки: осмотический, матричный потенциал, потенциал давления. Градиент водного потенциала как движущая сила поступления и передвижения воды. Основные закономерности поглощения воды клеткой: взаимосвязь между изменениями водного потенциала клетки, водного потенциала раствора и водного потенциала давления. Аквапорины, их структура, принцип работы. Аквапорины плазмалеммы и тонопласта, их роль в поддержании водного баланса воды.</p> <p>Транспорт воды по растению. Корень как основной орган поглощения воды. Механизм радиального транспорта воды в корне. Роль ризодермы и эндодермы в этом процессе. Поступление воды в сосуды ксилемы. Ксилема — основная транспортная магистраль движения водного тока в системе «почва – растение – атмосфера». Характеристика «нижнего» и «верхнего» двигателей водного тока. Корневое давление.</p> <p>Выделение воды растением. Гуттация, «плач» растений. Транспирация и ее роль в жизни растений. Показатели транспирации: интенсивность, продуктивность, транспирационный коэффициент. Устьичная и кутикулярная транспирация. Строение устьиц у двудольных и однодольных растений, механизм устьичных движений. Влияние внешних факторов (свет, температура, влажность воздуха, почвы) на интенсивность транспирации. Суточные колебания транспирации. Регуляторная роль устьиц в водо- и газообмене.</p> <p>Особенности водообмена у растений разных экологических групп (ксерофитов, мезофитов, гигрофитов, галофитов).</p>	
6.	<p>Минеральное питание</p> <p>Потребность растений в элементах минерального питания. Содержание и соотношение минеральных элементов в почве и растениях, концентрирование элементов в тканях растения. Функциональная классификация элементов минерального питания.</p> <p>Корень как орган поглощения минеральных элементов, специфических синтезов с их участием и транспорта. Рост корня как основа поступления элементов минерального питания. Значение зон роста корня в этом процессе. Система взаимодействия «корень - почва». Роль микоризы.</p> <p>Поглощение ионов и их передвижение в корне. Клеточная стенка как фаза для движения ионов. Понятие свободного пространства (СП): водное и доннановское СП, оценка их размеров. Механизмы поступления ионов в СП и значение этого этапа поглощения.</p> <p>Транспорт ионов через мембраны; движущие силы переноса ионов. Пассивный и активный транспорт ионов. Уравнение Нернста.</p> <p>Градиент электрохимического потенциала ионов водорода - энергетическая основа активного переноса ионов через плазмалемму. Различия энергетики активного транспорта ионов растительной и животной клеток. Н-АТФаза плазмалеммы, ее структура,</p>	4

<p>функционирование и регулирование. 14-3-3 белки. Другие ионные насосы, действующие на плазмалемме. Вторичный активный транспорт ионов. Белки-переносчики ионов. Кинетический подход и теория переносчиков. Уравнения Михаэлиса-Ментен; использование V_{max} и K_m для характеристики транспортных систем. Ионные каналы растений; общая характеристика их структуры, функционирования и регуляции.</p> <p>Особенности транспортных систем мембран вакуоли и ЭР. Н-АТФаза V-типа, пирофосфатаза.</p> <p>Модели поступления ионов в корень, транспорт минеральных веществ в ксилему. Апопластный и симпластный путь. Роль плазмодесм и ЭР. Взаимодействие и регуляция систем транспорта ионов из среды в корень и загрузки ксилемы. Специфика радиального транспорта минеральных элементов. Синтетическая функция корня. Связь поступления и превращения ионов с процессами дыхания. Регуляция поступления ионов на уровне целого растения.</p> <p>6.1. Роль макроэлементов.</p> <p><i>Азот.</i> Особенности азотного обмена растений. Источники азота для растений. Минеральные формы азота, используемые растениями. Физиологические особенности поступления и включения в обмен аммиачного и нитратного азота. Характеристика систем транспорта нитрата и аммония. Видовая специфика усвоения разных форм азота</p> <p>Симбиотическая фиксация молекулярного азота: механизмы восстановления, источники энергии и восстановители. Характеристика и функционирование нитрогеназы.</p> <p>Восстановление нитратов растениями. Нитрат- и нитритредуктаза: структура ферментов, локализация, регуляция активности и синтеза. Конститутивная и индуцибельная нитрогеназа. Этапы восстановления окисленного азота и их регуляция в клетке <i>in vivo</i>.</p> <p>Альтернативные пути усвоения аммонийного азота; локализация реакций в клетке и характеристика ферментов (глутаматдегидрогеназы, глутаминсинтетазы, глутаматсинтазы). Ассимиляция азота в хлоропласте, связь с фотосинтезом. Пути усвоения восстановленного азота у бобовых. Уреиды.</p> <p>Запасные и транспортные формы минерального и органического азота в зависимости от источника азотного питания. Накопление нитрата в тканях и его пулы. Круговорот азота по растению, реутилизация азота.</p> <p><i>Сера.</i> Поступление серы, реакции восстановления и ассимиляции; аденозинфосфосульфат (АФС) фосфоаденозинфосфосульфат (ФАФС). Основные соединения серы в клетке, участие в окислительно-восстановительных реакциях. Глутатион, тиоферредоксин, фитохелатины, их функции у растений. Органические соединения окисленной серы.</p> <p><i>Фосфор.</i> Формы минерального фосфора в тканях, их содержание и функции. Особенности поступления фосфора и транспорта его соединений в растении. Формы минерального фосфора в тканях, их функции. Основные фосфорсодержащие компоненты клетки, их роль. Запасные формы фосфора. Компартиментация соединений фосфора. Роль фосфора в регулировании активности ферментов.</p>	
--	--

	<p><i>Калий.</i> Содержание и распределение калия в клетке, тканях и органах растения; циркуляция и реутилизация, характеристика систем транспорта K^+. Роль K^+ в поддержании потенциала на мембранах. Калий и гомеостаз внутриклеточной и тканевой среды (ионный баланс, рН, осморегуляция, гидратация и конформация макромолекул). Роль калия в регуляции ферментных систем.</p> <p><i>Кальций.</i> Накопление, формы соединений, особенности поступления и перемещения Ca^{2+} по растению. Концентрация и распределение Ca^{2+} в структурах клетки. Сигнальная роль Ca^{2+}. Характеристика мембранных систем транспорта Ca^{2+}, особенности их регуляции и роль в формировании Ca^{2+}-сигнала. Структурная роль Ca^{2+} в клеточной стенке.</p> <p><i>Магний.</i> Содержание и соединения магния в тканях растений. Запасные формы Mg^{2+}, его реутилизация и перераспределение в растении. Значение связи Mg^{2+} с аденозинфосфатами и фосфорилированными сахарами. Функции магния в фотосинтезе. Магний как активатор ферментных систем; роль в синтезе аминоксил-тРНК и в функционировании рибосом.</p> <p>6.2. Микроэлементы.</p> <p>Свойства тяжелых металлов, определяющие их роль в ЭТЦ фотосинтеза и дыхания и других редокс-реакциях.</p> <p><i>Железо:</i> доступность в почве, валентность поглощаемой формы, роль микоризы. Особенности поступления железа у двудольных и однодольных растений. Соединения железа; распределение по компартментам клетки и в растении. Комплексы железа в белках редокс-цепей и других ферментах.</p> <p><i>Медь:</i> Содержание и распределение в клетке и тканях. Участие в окислительно-восстановительных процессах дыхания и фотосинтеза. Функции цитозольных оксидаз (аскорбат-, фенол- и диаминооксидаз).</p> <p><i>Марганец:</i> Активируемые им ферментные системы, его специфичность, как кофактора. Роль Mn^{2+} в функционировании ФС-2.</p> <p><i>Молибден:</i> Потребность в элементе; его значение для процессов утилизации азота среды. Моптерин и функционирование нитрогеназы и нитратредуктазы.</p> <p><i>Цинк:</i> Структурная роль в поддержании ферментной активности и при синтезе белка. Zn-содержащие ферменты: карбоангидраза, супероксиддисмутаза (СОД).</p> <p><i>Бор:</i> компартментация в клетке; формы соединений. Механизмы участия в регуляции физиологических процессов и метаболизма. Структурная роль в клеточной стенке.</p> <p>Нарушения в метаболизме растений при недостатке микроэлементов.</p> <p>Функции «полезных» элементов: натрий, хлор, кремний, кобальт.</p>	
7.	<p>Дальний транспорт и круговорот веществ в растении</p> <p>Транслокация веществ из листьев в другие органы: флоэмные ситовидные элементы. Состав транслоцируемых веществ (сахара, аминокислоты, гормоны, неорганические ионы и др.). Передвижение фотоассимилятов из мезофилла к сосудам флоэмы по апопласту и</p>	2

	<p>симпласту. Механизмы загрузки флоэмы из апопласта и симпласта. Роль сопровождающих клеток. Тип загрузки флоэмы у растений различных систематических групп и ее зависимость от климатических условий. Механизм передвижения веществ по флоэме. Модель потока воды под давлением. Поры ситовидной пластинки как открытые каналы. Скорость передвижения веществ по флоэме; их выгрузка из ситовидных элементов. Восходящий транспорт веществ по ксилеме. Состав ксилемного эксудата. Взаимосвязь транспорта воды и растворенных веществ по ксилеме. Скорости транспорта воды и отдельных веществ. Взаимодействие флоэмных и ксилемных потоков азотистых веществ и ионов. Круговорот и реутилизация минеральных веществ в растении.</p>	
8.	<p>Рост и развитие растений</p> <p>Определение понятий «рост» и «развитие» растений. Проблема роста и развития на организменном, органном, клеточном и молекулярном уровнях. Существование организма как развертывание во времени генетической программы; воздействие внешних факторов.</p> <p>Общие закономерности роста. Показатели роста, S-образный характер кривой роста, его фазы. Компоненты «классического» анализа роста и математический анализ процесса. Типы роста у растений. Организация меристем корня и стебля. Рост и деятельность меристем. Клеточные основы роста. Влияние температуры, света, воды, газового состава атмосферы, элементов минерального питания на ростовые процессы.</p> <p>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.</p> <p>Механизмы морфогенеза. Полярность. Индукция генетических программ, морфогенетические градиенты и ориентация клеток в пространстве. Целостность и коррелятивное взаимодействие органов. Регенерация.</p> <p>Гормональная регуляция роста и развития растений.</p> <p><i>Ауксины.</i> Биосинтез, образование конъюгатов, деградация ауксинов. Активный транспорт ауксинов в растениях. Физиологические ответы на ауксины: аттрагирующий эффект, растяжение клеток и тропизмы, дифференцировка клеток под действием ауксинов, апикальное доминирование, активизация делений клеток камбия, ризогенез. Ауксин как гормон стеблевого апекса.</p> <p><i>Цитокинины.</i> Биосинтез, образование конъюгатов, деградация цитокининов. Физиологическое действие: аттрагирующий эффект, стимуляция клеточных делений, дифференцировка под действием цитокининов, снятие апикального доминирования с боковых почек. Цитокинин как гормон корневого апекса.</p> <p>Взаимодействие ауксинов и цитокининов. Понятие об антагонизме и синергизме. Гормональный баланс в растении. Культура <i>in vitro</i> как модель для изучения гормонального баланса. Поддержание гормонального баланса за счет регенерации точек синтеза ауксинов и</p>	4

<p>цитокенинов).</p> <p><i>Гиббереллины.</i> Пути биосинтеза и многообразие гиббереллинов. Образование конъюгатов и деградация. Физиологическое действие гиббереллинов: растяжение клеток и активизация интеркалярных меристем, образование цветоносов, прерывание покоя и стимуляция ростовых процессов. Эндогенный уровень гиббереллинов и длина дня. Гиббереллины как гормоны листьев. Карликовость, вызванная нарушениями синтеза гиббереллинов. Взаимодействие с другими гормонами.</p> <p><i>Абсцизовая кислота.</i> Пути биосинтеза АБК в растениях и в грибах, ее метаболизм. Физиологическое действие: остановка роста, подготовка к состоянию покоя. Активизация синтеза запасных веществ. АБК как гормон абиотического стресса. Стратегия ответа на засуху, понижение температуры, засоление. Роль АБК в индукции защитных процессов (синтез осмопротекторов, полиаминов, белков-шапиронинов; закрывание устьиц; листопад, вызванный дефицитом воды; созревание сухих плодов и семян). Взаимодействие АБК и гиббереллинов в процессах регуляции покоя.</p> <p><i>Этилен.</i> Биосинтез этилена. Специфика этилена как газообразного гормона. Физиологическое действие: тройной ответ проростков на этилен. Этилен как гормон механического и биотического стресса. Ситуации биомеханического воздействия: повреждение насекомыми и крупными травоядными, фитопатогенными грибами. Стратегия ответа на биотический стресс. Созревание сочных плодов и листопад в умеренных широтах как подготовка к механическому стрессу. Роль этилена как “гормона тревоги” в биоценозах. Взаимодействие этилена с ауксинами и другими гормонами. Мутации, повреждающие биосинтез этилена или его рецепцию.</p> <p><i>Регуляторы роста растений.</i> Брассиностероиды: биосинтез, многообразие. Физиологические эффекты: растяжение клеток, роль в дифференцировке мезофилла. Жасмоновая кислота. Биосинтез и физиологические эффекты. Место жасмонатов в регуляции ответа. Сходство ответов на жасмонат и на АБК. Салицилат и другие фенольные соединения. Возможная роль в регуляции термогенеза, ответа на вирусную инфекцию, цветении. Взаимодействие с другими гормонами. Олигосахарины.</p> <p><i>Фоторегуляция у растений.</i> Основные принципы фоторецепции. Отличие фоторецепторных комплексов от энергопреобразующих. Физиологически важные области спектра: красная и синяя. Фитохром и криптохром.</p> <p>Фитохромная система. Спектральные свойства молекулы. Этапы превращения Ph_r - Ph_{fr}: изменения в структуре хромофора и апопротеина. Гены, кодирующие биосинтез. Фитохром А и В: сходства и отличия. Физиологические реакции, опосредованные фитохромной системой: светозависимое прорастание, деэтиоляция, синдром избегания тени. К/ДК-обратимость. Фитохром как «входные ворота» для фотопериодического сигнала.</p> <p>Структура криптохромов. Использование мутантов для исследования криптохрома. Ответы на синий свет: разгибание апикальной петельки</p>	
--	--

<p>проростков, фототропизмы, устьичные движения.</p> <p>Системы регуляции физиологических процессов.</p> <p><i>Сеть путей передачи сигнала в клетке.</i> Восприятие воздействий и сигнальных молекул. Рецепторы стимулов и гормонов, их локализация. Роль плазмалеммы. Передача сигнала. Взаимодействие рецепторов с посредниками, передающими сигнал. Вторичные посредники передачи сигнала (фосфолипаза C^{2+}, цАМФ, инозитол-3-фосфат и др.). Участие кальция в передаче сигнала. Роль кальмодулина и Ca^{2+}-САМ комплекса в формировании ответной реакции. Протеинкиназы, значение реакции фосфорилирования/ дефосфорилирования в регуляции активности ферментов. Специфика передачи и формирования ответа на определенный стимул.</p> <p><i>Фотопериодизм.</i> Феноменология фотопериодизма: цветение и группы фотопериодических растений, регуляция листопада, образования почек, перехода к состоянию покоя. Восприятие длины дня: эффект прерывания ночи, фитохром, внутренние часы. Гормональная теория цветения Чайлахяна. Изменения гормонального баланса, приводящие к физиологическому ответу на фотопериод. Регуляция развития климатическими факторами.</p> <p>Внутренние ритмы развития растений. Периодические явления в ритмах органогенеза и роста растений. Циркадные ритмы, механизм их образования. Настройка циркадных ритмов фотопериодом. Пластохрон. Корректировка внутренних ритмов развития внешними климатическими факторами: засухой, понижением температуры. Глубокий (физиологический) покой и вынужденный покой. Температура и развитие растений. Явления стратификации и яровизации как экологическая адаптация. Гормональная теория вернализации растений. Прерывание глубокого покоя пониженными температурами: прорастание семян, выход почек из состояния покоя, цветение.</p> <p>Эмбриональное развитие. Развитие зародыша у двудольных растений в норме. Использование мутантов для изучения механизмов развития зародыша. Мутации нарушающие развитие корневого и стеблевого апекса, суспензора, некоторых слоев тканей в зародышах. Соматический эмбриогенез, факторы, влияющие на индукцию, образование и формирование зародышей <i>in vitro</i>.</p> <p>Прорастание семян. Гормональный баланс при прорастании семян. Отношение АБК/ гиббереллины. Мутации синтеза АБК и ответа. Связь гормонального статуса семени с биосинтезом других веществ.</p> <p>Регуляция вегетативного роста растений. Рост корня. Роль фитогормонов. Дифференцировка корневых волосков. Серия мутантов с нарушениями инициации и элонгации корневых волосков, формы волосков. Мутации, нарушающие гравитропизм.</p> <p>Рост побеговой системы. Установление филлотаксиса при прорастании семени. Роль фитогормонов. Мутации арабидопсиса с измененным развитием вегетативного апекса. Рост листа. Роль фитогормонов в закладке и развитии листа. Связь развития листа и меристемы побега.</p> <p>Регуляция генеративного развития растений. Индукция и эвокация</p>	
--	--

	<p>цветения. Развитие соцветий. Раннее генеративное развитие, позднее генеративное развитие, развитие цветков. Нормальное развитие цветка. Модель «войны позиций» (ABC). Генетические функции А, В и С. Семейства генов, содержащих MADS-домен.</p> <p>Проявления пола у растений. Самонесовместимость. Гетероморфная и гомоморфная самонесовместимость. Спорофитный и гаметофитный контроль самонесовместимости. Регуляция пола. Жизненные циклы растений. Условия минерального питания, возраст, гормональный статус как факторы, влияющие на пол растений. Половые хромосомы. Мужские и женские цветки у однодомных растений.</p>	
9.	<p>Устойчивость растений к неблагоприятным факторам</p> <p>Стресс и адаптация. Неблагоприятные факторы биотической и абиотической природы. Ответные реакции растений на действие стрессоров. Специфические и неспецифические реакции. Природа неспецифических реакций. Стрессовые белки и их функции.</p> <p><i>Водный дефицит.</i> Классификация растений по их устойчивости к засухе. Ксерофиты. Способность растений поддерживать водный ток в системе: почва-растение -атмосфера в условиях засухи. Факторы, обеспечивающие движение воды из почвы в растение и в атмосферу у ксерофитов. Осмотический и гидростатический потенциалы у разных по засухоустойчивости растений. Регуляция осмотического потенциала давления с помощью осмолитов. Химическая природа и биосинтез осмолитов. Протекторная функция осмолитов. Защита белков в условиях дегидратации цитоплазмы. Пролин и полиолы как важнейшие протекторы белков. Полиамины -протекторы нуклеиновых кислот. Бетаины и их защитные функции. Белки, синтезирующиеся в условиях дегидратации. Их защитная роль. С₄ и САМ- типы метаболизма как системы экономии влаги у засухоустойчивых растений.</p> <p><i>Высокие концентрации солей.</i> Типы засоления. Галофиты и гликофиты. Повреждающее действие солей. Адаптация к осмотическому и токсическому действию солей. Осморегуляторная и протекторная функции осмолитов. Протекторные белки (ПБ), синтезирующиеся при солевом стрессе. Системы ионного гомеостатирования клеток. Компартиментация ионов, роль вакуоли. Роль плазмалеммы и тонопласта в поддержании низких концентраций Na⁺ в цитоплазме при засолении. Na⁺-транспортирующие системы. Дальний транспорт Na⁺. Стратегия избежания накопления ионов в активно метаболизирующих тканях и генеративных органах в условиях засоления.</p> <p><i>Экстремальные температуры.</i> Растения как экзотермные организмы. Температурные адаптации, связанные с изменением содержания ферментов в клетках и их изоферментного состава. Адаптации, обеспечивающие постоянство К_м при температурных сдвигах. Структурные перестройки клеточных мембран при температурных адаптациях. Роль изменения химического состава жирных кислот и соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в обеспечении необходимой подвижности липидного бислоя мембраны при температурных адаптациях. Изменение вязкости липидов и регуляция активности локализованных в мембранах ферментов. Роль и функция десатураз в изменении индекса ненасыщенности жирных</p>	6

	<p>кислот при температурных адаптациях.</p> <p>Толерантность растений к замораживанию. Предотвращение образования льда в клетках: 1) путем их обезвоживания в ходе формирования кристаллов льда в межклетниках; 2) путем биосинтеза биологических антифризов. Химическая природа биологических антифризов. Молекулярные механизмы их действия. Низкомолекулярные криопротекторы. Закалка растений. Изменения, происходящие в растительном организме в ходе закалки. Механизмы повышения морозоустойчивости при закалке.</p> <p><i>Активированный кислород.</i> Активные формы кислорода (АФК): супероксидный радикал, гидроксил- радикал, синглетный кислород. Механизмы их образования. Вклад фотосинтетической и дыхательной ЭТЦ в генерацию супероксидного радикала. Роль высокой интенсивности света в перевосстановленности ЭТЦ хлоропластов и образовании супероксидных радикалов. Генерация АФК при стрессах. Токсическое действие АФК; стимуляция перекисного окисления липидов. Механизмы защиты растений от избытка АФК. Пути предотвращения образования АФК в клетках растений. Антиоксидантные системы клетки: аскорбат - глутатионовый цикл, орто коферол. Антиоксидантные ферментативные системы. Семейство супероксиддисмутаза. Аскорбатпероксидаза, ксантофильный цикл и др.</p> <p><i>Аноксия и гипоксия.</i> Растения, устойчивые к недостатку кислорода. Роль гликолиза в адаптации растений к недостатку кислорода. Анатомические особенности растений, устойчивых к аноксии и гипоксии - стратегия избегания анаэробноза. Роль гормонов в адаптации к анаэробнозу. Ответная реакция растений на резкое снижение содержания кислорода в среде. Белки, образующиеся в растениях в ходе адаптации к недостатку кислорода. Их функциональная роль. Попытки получения устойчивых к недостатку кислорода форм растений.</p> <p><i>Токсичность тяжелых металлов</i> для растений их накопление в тканях. Механизмы защиты: компартментация и накопление тяжелых металлов в вакуолях и КС, Роль фитохелатинов. Видоспецифичность в чувствительности и устойчивости растений к избытку и недостатку тяжелых металлов в среде. Фиторемедиация.</p> <p><i>Фитоиммунитет.</i> Фитоиммунология как составная часть общей иммунологии. Функции иммунитета. Иммунитет. Двухфазность ответа растений на внедрение патогена: распознавание патогена и защитная реакция. Элиситоры, Роль пектинов в распознавании. Рецептор - лигандный тип взаимодействия растения-хозяина и патогена. Роль олигосахаридов в ответной реакции растения на внедрение патогена. Некротрофы и биотрофы — низко- и высокоспециализированные патогены. Детерминанты устойчивости растений к патогенам: антибиотические вещества (фитоалексины), механические барьеры, ауксотрофия, реакция сверхчувствительности и др. Детерминанты патогенности микроорганизмов: факторы, способствующие контакту микроорганизма и растения, супрессоры защитной реакции и токсины; факторы, обеспечивающие проникновение патогена и его питание внутри растения; факторы, обеспечивающие преодоление защитной реакции растения. Тип и степень совместимости в системе: большое</p>	
--	---	--

	<p>растение. Генетическая природа устойчивости растений к патогенам Вертикальная и горизонтальная устойчивости. Теория Флора «ген-на-ген». Сопряженная эволюция растения хозяина и патогена. Приобретение видовой и сортовой специализации патогеном (индукторно-супрессорная модель Хесса).</p> <p>Роль вторичных метаболитов в вертикальной и горизонтальной устойчивости. Локализация синтеза и накопления вторичных метаболитов на уровне клетки, ткани, органа, целого растения. Состав и характеристика смол, слизей, камеди, латекса. Внешняя секреция вторичных метаболитов. Специализированные органы секреции. Состав и характеристика эфирных масел. Характеристика локализации синтеза и накопления основных групп вторичных метаболитов. Защитные функции вторичных соединений. Фитоалексины, Доказательства экологических функций вторичных соединений.</p>	
10.	<p>Взаимодействие физиологических процессов, их интеграция и согласованное функционирование органов</p> <p>Донорно-акцепторные взаимодействия как основа эндогенной регуляции фотосинтеза в системе растительного организма. Механизм эндогенной регуляции в системе растения: потоки углерода, используемые на синтез различных соединений и их распределение по тканям и органам. Теория фотосинтетической продуктивности. Пути повышения эффективности использования солнечной энергии при фотосинтезе. Донорно-акцепторные отношения, реутилизация и круговорот минеральных элементов в растении. Распределение веществ по органам и компартментация процессов и соединений в клетке и тканях как система пространственной и временной организации биохимических и физиологических процессов и способ регуляции их согласованного взаимодействия и интеграции.</p> <p>Системы регуляции: трофическая, гормональная и электрофизиологическая. Понятие «запрос» и предполагаемые механизмы передачи сигнала. Донорно-акцепторные отношения.</p> <p>Регуляция процессов на клеточном уровне. Метаболитная регуляция и механизм контроля протекания процесса по принципу отрицательной (положительной) связи конечными продуктами. Аденилатный контроль.</p> <p>Компартментация процессов и веществ как способ организации регуляции процессов в пространстве и времени.</p> <p>Взаимодействие дыхания и фотосинтеза: обмен продуктами и субстратами. Особенности дыхательного процесса в фотосинтезирующей клетке.</p>	2
Итого часов/зачетных единиц		36/1

5.2 Содержание практических занятий:

№ п/п	Наименование тем практических занятий	Кол-во час.
-------	---------------------------------------	-------------

1.	Ознакомление с методами постановки многофакторного планируемого эксперимента в камерах искусственного климата.	8
2.	Использование современных методов для исследования процессов фотосинтеза а) анализ содержания фотосинтетических пигментов; б) анализ функциональной активности фотосинтетического аппарата по флуоресценции хлорофилла; в) анализ интенсивности фотосинтеза.	4
3.	Исследование показателей водного обмена растений а) оводненность тканей; б) транспирация, устьичная проводимость; в) состояние устьичного аппарата.	6
4.	Использование биохимических методов в решении задач физиологии и биохимии растений а) определение содержания фитохелатинов и глутатиона с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии; б) определения содержание свободного пролина; в) анализ активности антиоксидантных ферментов.	8
5	Ознакомление с методами оценки устойчивости растений к действию различных неблагоприятных факторов среды: а) использование цитологических методов для оценки устойчивости растений к действию низких и высоких температур; б) анализ проницаемости мембран по выходу электролитов кондуктометрическим методом. в) оценка реакции растений на действие неблагоприятных факторов с помощью изменения ростовых показателей.	6
6.	Использование методов молекулярной биологии в решении задач физиологии растений: Изучение экспрессии генов, кодирующих регуляторные и стрессовые белки, методом ПЦР в режиме реального времени.	4
Итого часов/зачетных единиц		36/1

5.3 Содержание семинарских занятий:

№ п/п	Наименование тем семинарских занятий	Кол-во час.
1.	Особенности строения, структурная и функциональная организация растительной клетки.	2
2.	Значение фотосинтеза в жизни растений. Световая фаза фотосинтеза. Темновая фаза фотосинтеза.	2
3.	Митохондрия как органелла дыхания. Структурная организация, локализация отдельных этапов в клетке.	2
4.	Физиологическая роль макроэлементов и микроэлементов.	2
5.	Фитохром, его природа, спектральные свойства, механизм действия.	2
6.	Современные представления о транспорте веществ через мембраны.	2

7.	Регуляторы роста растений.	2
8.	Сигнальные системы растений.	2
9.	Физиолого-биохимические и молекулярные механизмы адаптации растений к неблагоприятным факторам среды	2
Итого часов/зачетных единиц		18/0,5

6. Самостоятельная работа аспиранта

№ п/п	Вид и наименование тем самостоятельной работы	Кол-во час.
1.	Подготовка к контрольной работе на тему: «Рецепция и трансдукция сигналов у растений»	6
2.	Подготовка к семинару-дискуссии на тему: «Особенности строения, структурная и функциональная организация растительной клетки»	6
3.	Подготовка к семинару-дискуссии на тему: «Значение фотосинтеза в жизни растений. Световая фаза фотосинтеза. Темновая фаза фотосинтеза»	6
4.	Подготовка к семинару-конференции на тему: «Митохондрия как органелла дыхания. Структурная организация, локализация отдельных этапов в клетке»	6
5.	Подготовка к семинару-дискуссии на тему: «Регуляторы роста растений»	6
6.	Подготовка к контрольной работе на тему: «Фитохром, его природа, спектральные свойства, механизм действия»	8
7.	Подготовка к контрольной работе на тему: «Специфическая и неспецифическая устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды»	6
8.	Подготовка к семинару-конференции на тему: «Современные представления о транспорте веществ через мембраны»	6
9.	Подготовка к контрольной работе на тему: «Влияние абиотических факторов на рост и развитие растений»	6
10.	Подготовка к семинару-конференции на тему: «Фитохром, его природа, спектральные свойства, механизм действия»	6
11.	Подготовка реферата на выбранную тему	10
12.	Подготовка к семинару-дискуссии на тему: «Физиолого-биохимические и молекулярные механизмы адаптации растений к неблагоприятным факторам среды»	6
13.	Подготовка к семинару-дискуссии на тему: «Механизмы регуляции цветения у растений»	6
14.	Подготовка к семинару-конференции на тему: «Основные закономерности онтогенеза растений»	6
Итого часов/зачетных единиц		90/2,5

Примечание. Аспиранты могут сами предлагать темы рефератов касающихся эколого темы их исследовательской работы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Александров В.Я. Клетки, макромолекулы и температура. Л.: Наука, 1975. 330 с.
2. Александров В.Я. Реактивность клеток и белки. Л.: Наука, 1985. 317 с.
3. Альтерготт В.Ф. Действие повышенной температуры на растение в эксперименте и природе // 40-е Тимирязевское чтение. М.: Наука, 1981. 57 с.
4. Батыгина Т.Б., Васильева В.Е. Размножение растений: Учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002. – 232 с.
5. Березина Н.А., Афанасьева Н.Б. Экология растений: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 400 с.
6. Войников В.К., Боровский Г.Б., Колесниченко А.В., Рихванов Е.Г. Стрессовые белки растений. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2004. 129 с.
7. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1982. 279 с.
8. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений. Т. 1. М.: Мир. 1986. 392 с.
9. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений. Т. 2. М.: Мир. 1986. 312 с. –
10. Дмитриева А.Г., Кожанова О.Н., Дронина Н.Л. Физиология растительных организмов и роль металлов. М.: МГУ. 2002. 159 с.
11. Дроздов С.Н., Курец В.К., Титов А.Ф. Терморезистентность активно вегетирующих растений. Л.: Наука, 1984. 168 с.
12. Ершова А.Н. Метаболическая адаптация растений к гипоксии и повышенному содержанию диоксида углерода. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та. 2007. 264 с.
13. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). - Кишинев: Штиинца, 1988. - 767 с.
14. Зитте П., Вайлер Э.В., Кадерайт Й.В., Брезински А., Кернер К. Ботаника. Учебник для вузов: в 4 т. Т. 2. Физиология растений. М.: Издательский центр «Академия», 2008.
15. Клеточная сигнализация. Казань: ФЭН, 2010. 240 с.
16. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров. Киев: Основа. 2010. 352 с.
17. Коровин А.И. Растения и экстремальные температуры. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 271 с.
18. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных растений: учебник. М.: Дрофа. 2010. 638 с.
19. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. Издание второе. Учебник для вузов. - М.: «Высшая школа», 2006. - 742 с.
20. Курец В.К., Попов Э.Г. Статистическое моделирование системы связей растение-среда. Л.: Наука, 1991. 152 с.
21. Лархер В. Экология растений. М.: Мир, 1978. 384 с.
22. Либберт, Э. Физиология растений. М.: Мир, 2006. 580 с.
23. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2002. 208 с.
24. Марковская Е.Ф., Сысоева М.И. Роль суточного температурного градиента в онтогенезе растений. - М.: Наука, 2004. - 119 с.
25. Медведев, С.С. Физиология растений: Учебник. / С.С. Медведев. - СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 2004. - 336 с.
26. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л.: Колос, 1976. 318 с.
27. Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биоремедиация / Под ред. М.Н.В. Прасада, К.С. Саджвана, Р. Найду. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 816 с.

28. Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / под ред. Вл.В. Кузнецова, В.В. Кузнецова, Г.А. Романова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 487 с.
29. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 742 с.
30. Полевой В. В., Саламатова Т. С. Физиология роста и развития растений. - Л.: ЛГУ, 1991. - 240 с.
31. Полевой В.В. Физиология растений. М.: Высшая школа, 2006. 464 с.
32. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода: учебное пособие. – Москва: КДУ, 2007. 140 с.
33. Пронина Н.Б. Экологические стрессы. М.: МСХА. 2001. 312 с.
34. *Разин С.В., Быстрицкий А.А. Хроматин: упакованный геном. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 176 с.*
35. Резяпкин В.И. Прикладная молекулярная биология: учебное пособие. Гродно: ГрГУ, 2011. 167 с.
36. Табаленков Г.Н., Головкин Т.К. Продукционный процесс культурных растений в условиях холодного климата. СПб.: Наука, 2010. 231 с.
37. Тарчевский И.А. Метаболизм растений при стрессе. Казань: Фэн, 2001. 448 с.
38. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука, 2002. 294 с.
39. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений тяжелым металлам. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН. 2007. 172 с.
40. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: карельский научный центр РАН, 2014. 194 с.
41. Трунова Т.И. Растение и низкотемпературный стресс. М.: Наука, 2007. 54 с.
42. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. М.: Наука, 1979. 350 с.
43. Удовенко Г.В. Солеустойчивость культурных растений. Л.: Колос. 1977. 215 с.
44. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. М.: Логос. 2001. 224 с.
45. Харборн Д.П. Введение в экологическую биохимию. М.: Мир, 1985. 312 с.
46. Хелдт Г.-В. Биохимия растений / Г.-В. Хелдт, Ф. Хелдт ; 2010. 656 с.
47. Хочачка П., Сомеро Дж. Биохимическая адаптация. М.: Мир, 1988. 568 с.
48. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. СПб. Изд-во С.-Пб. ун-та. 2002. 244 с.
49. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 159 с.
50. Шевелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М.: Колос, 1992. 594 с.
51. Шишова М.Ф., Танкелюн О.В., Емельянов В.В., Полевой В.В. Рецепция и трансдукция сигналов у растений. СПб.: СПбГУ, 2008. 263 с.
52. Якушкина Н.И., Бахтенко Е.Ю. Физиология растений: учеб. М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2006. 463 с.
53. Levitt J. Responses of plants to environmental stresses. V. 1. Chilling, freezing and high temperatures stresses. New York etc.: Acad. Press, 1980. 497 p.

Дополнительная литература:

1. Башмаков Д.И., Лукаткин А.С. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений. Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2009. 236 с.
2. Браун А.Д., Моженок Т.П. Неспецифический адаптационный синдром клеточной системы. Л.: Наука. 1987. 230 с.
3. Вересов В.Г. Структурная биология апоптоза. Минск: Белорус. наука, 2008. 398 с.

4. Войников В.К. Митохондрии растений при температурном стрессе. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2011. 163 с.
5. Войников В.К. Энергетическая и информационная системы растительных клеток при гипотермии. Новосибирск: Наука, 2013
6. Дроздов С.Н., Курец В.К. Некоторые аспекты экологической физиологии растений. Петрозаводск, изд-во ПетрГУ, 2003. 172 с.
7. Дроздов С.Н., Сычева З.Ф., Будыкина Н.П., Курец В.К. 1977. Эколого-физиологические аспекты устойчивости растений к заморозкам. Л.: Наука, 1977. 228 с.
8. Колесниченко А.В., Войников В.К. Белки низкотемпературного стресса растений. Иркутск: Арт-Пресс, 2003. 196 с.
9. Марковская Е.Ф., Сысоева М.И., Шерудило Е.Г. Кратковременная гипотермия и растение. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 194 с
10. Материалы международной научной конференции и школы для молодых ученых «Физиология растений – теоретическая основа инновационных агро- и фитобиотехнологий». В 2-х томах Калининград: Аксиос, 2014.
11. Материалы докладов (в двух частях) VII Съезд Общества физиологов растений России «Физиология растений – фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий». Нижний Новгород, 2011.
12. Озернюк Н.Д. Феноменология и механизмы адаптационных процессов. М. Изд-во МГУ. 2003. 215 с.
13. Силаева А.М. Структура хлоропластов и факторы среды. Киев: Наукова думка, 1978. 204 с.
14. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука. 2002. 294 с.
15. Титов А.Ф., Акимова Т.В., Таланова В.В., Топчиева Л.В. Устойчивость растений в начальный период действия неблагоприятных температур. М.: Наука. 2006. 143 с.
16. Титов А.Ф., Таланова В.В. Устойчивость растений и фитогормоны. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2009. 206 с.
17. Титов А.Ф., Таланова В.В. Локальное действие высоких и низких температур на растения. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2011. 166 с.
18. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам: учебное пособие. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2011. 77 с.
19. Титов А.Ф., Шibaева Т.Г. Брассиностероиды: учебное пособие. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. 58 с.
20. Удовенко Г.В., Гончарова Э.А. Влияние экстремальных условий на структуру урожая сельскохозяйственных растений. Л.: Гидроиздат. 1982. 144 с.
21. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию. М.: Академкнига, 2005. 495 с. –
22. Photosynthetic pigments: chemical structure, biological function and ecology. Syktyvkar. 2014. 448 p.

8. Вопросы к экзамену по дисциплине “Физиология и биохимия растений”

Тема 1. Общие вопросы.

1. Объекты биохимии и физиологии растений – эукариотические фототрофные организмы.
2. Уникальные особенности растительного организма: фото- и автотрофность.
3. Физиология и биохимия растений – теоретическая основа растениеводства и новых отраслей биотехнологии.

Тема 2. Основные компоненты растительного организма и их функции.

1. Углеводы. Особенности состава и метаболизма углеводов растений.

2. Липиды: общие свойства липидов, классификация, номенклатура.
3. Аминокислоты и белки.
4. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты.
5. Ферменты и механизмы их действия.
6. Вещества специализированного обмена растений (вторичные метаболиты).

Тема 3. Растительная клетка

1. Особенности строения, структурная и функциональная организация растительной клетки.
2. Особенности организации ядерного генома растений.
3. Типы пластид, особенности строения, онтогенез.
4. Особенности строения митохондрий растений.
5. Особенности строения плазмалеммы. Транспортные системы плазмалеммы,
6. Вакуоль, функции вакуолярной системы клетки.
7. Цитоскелет растительной клетки.
8. Клеточная стенка, строение и функции.

Тема 4. Биоэнергетика растительного организма

1. Преобразование энергии в клетке, источники энергии для организмов, основные формы запасания энергии в клетке.
2. Значение фотосинтеза в трансформации вещества и энергии в природе. Лист как орган фотосинтеза.
3. Элементы структуры молекулы хлорофилла, ответственные поглощение, запасание и преобразования энергии в процессе фотосинтеза.
4. Хлорофилл-белковые комплексы; механизмы образования, значение.
5. Роль каротиноидов в фотосинтезе.
6. Первичные процессы фотосинтеза, их структурно-функциональная организация.
7. Электрон-транспортная цепь фотосинтеза. Две фотосистемы.
8. Фотосинтетическое фосфорилирование.
9. Химизм процессов ассимиляции углерода в фотосинтезе.
10. Транспорт продуктов фотосинтеза из хлоропласта.
11. Действие внешних факторов на фотосинтез.
12. Ферментные системы дыхания.
13. Гликолиз.
14. Окислительный пентозофосфатный цикл.
15. Цикл трикарбоновых кислот.
16. Функции дыхания у растений.

Тема 5. Водообмен

1. Вода, как структурный компонент растительной клетки, ее участие в биохимических реакциях.
2. Составляющие водного потенциала клетки: осмотический, матричный потенциал, потенциал давления.
3. Транспорт воды по растению.
4. Выделение воды растением. Гуттация, «плач» растений. Транспирация.
5. Особенности водообмена у растений разных экологических групп (ксерофитов, мезофитов, гигрофитов, галофитов).

Тема 6. Минеральное питание

1. Корень как орган поглощения минеральных элементов.
2. Поглощение ионов и их передвижение в корне.
3. Транспорт ионов через мембраны; движущие силы переноса ионов.
4. Роль макроэлементов в растении.
5. Роль микроэлементов в растении.

Тема 7. Дальний транспорт и круговорот веществ в растении.

1. Транслокация веществ из листьев в другие органы: флоэмные ситовидные элементы.
2. Передвижение фотоассимилятов из мезофилла к сосудам флоэмы по апопласту и симпласту. Механизмы загрузки флоэмы из апопласта и симпласта.
3. Круговорот и реутилизация минеральных веществ в растении.

Тема 8. Рост и развитие растений.

1. Общие закономерности роста.
2. Основные этапы онтогенеза.
3. Механизмы морфогенеза растений.
4. Гормональная регуляция роста и развития растений. Ауксины. Цитокинины. Гиббереллины. Абсцизовая кислота. Этилен.
5. Регуляторы роста растений. Брассиностероиды. Жасмоновая кислота. Салицилат и другие фенольные соединения. Олигосахарины.
6. Фоторегуляция у растений Фитохром. Криптохром.
7. Сеть путей передачи сигнала в клетке.
8. Фотопериодизм.
9. Явления стратификации и яровизации. Гормональная теория вернализации растений.
10. Проявления пола у растений.

Тема 9. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам.

1. Стресс и адаптация, общая характеристика явлений. Неблагоприятные факторы биотической и абиотической природы. Специфические и неспецифические реакции.
2. Водный дефицит.
3. Высокие концентрации солей.
4. Низкие температуры.
5. Высокие температуры
6. Аноксия и гипоксия.
7. Токсичность тяжелых металлов.
8. Фитоиммунитет.

Тема 10. Взаимодействие физиологических процессов, их интеграция и согласованное функционирование органов

1. Донорно-акцепторные взаимодействия.
2. Теория фотосинтетической продуктивности..
3. Системы регуляции и их иерархия в растении.
4. Взаимодействие дыхания и фотосинтеза: обмен продуктами и субстратами.