



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ФАКУЛЬТЕТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Утверждаю:
декан факультета почвоведения МГУ

_____ С.А. Шоба
«21» _____ мая _____ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ**

Направление подготовки: 06.03.02 «Почвоведение»

Автор-составитель:

к.б.н. Харитонашвили Е. В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета почвоведения МГУ, протокол № 2 от «17» мая 2018 г.

Председатель УМК _____ Рахлеева А.А.

Москва
2018 г.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: базовая часть

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):

Ботаника, Общая химия, Органическая химия, Физическая химия, Высшая математика

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников:

Компетенции выпускников, формируемые частично при реализации дисциплины (модуля):

Способность в контексте профессиональной деятельности использовать знания об основных понятиях, объектах изучения и методах естествознания (УК-5.Б)

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Студент должен владеть знаниями по биогеографии, экологии растений;
Понимать молекулярно-биологические и физиологические механизмы устойчивости растений к неблагоприятным факторам абиотической и биотической природы;
Знать эволюционные механизмы приспособления к изменению климатических условий;
Уметь планировать эксперимент с участием наземных растений, грамотно выбирать методы и средства решения поставленной задачи;
Уметь применить свои знания в смежных с научной деятельностью областях.

4. Формат обучения: лекции, семинары

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 4 з.е., в том числе 60 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 84 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

№ n/n	Наименование разделов и тем дисциплины	Трудоемкость (в ак. часах) по формам занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
		<i>Аудиторная работа во взаимодействии с преподавателем (с разбивкой по формам и видам)</i>				
		Лекции	Семинары	Лабораторная работа		
	Физиология растений	36	18		36	экзамен
1	Раздел I Структурно-функциональная организация растительной клетки					
2	Тема 1 Клетка как структурно-функциональная единица растительного организма	2	1		2	Контрольная
3	Раздел II Физиология роста и развития растений					
4	Тема 1. Клеточные основы роста. Общие закономерности роста и типы роста у растений. Растительные меристемы	2	1		2	
5	Тема 2 Гормональная регуляция ростовых процессов. Общая характеристика фитогормонов. Ауксины и цитокинины.	2	1		2	Контрольная
6	Тема 3 Гормональная регуляция ростовых процессов. Гиббереллины, абсцизовая кислота, этилен. Вещества со свойствами фитогормонов.	4	2		4	Контрольная
7	Раздел III Фотосинтез					
8	Тема 1 Основы биоэнергетики. Световые реакции фотосинтеза Пигменты.	2	1		2	
9	Тема 2 Световые реакции фотосинтеза. Фотосинтетическая электрон-транспортная цепь.	4	2		4	Контрольная
10	Тема 3 Темновые реакции фотосинтеза	4	2		4	Контрольная

11	Тема 4 Фотосинтетическая функция – носитель экологических свойств растений	2	1		2	
12	Раздел IV Дыхание растений.					
13	Тема 1 Особенности биохимических дыхательных циклов у растений. Анаплеротические реакции	2	1		2	
14	Тема 2 Уникальные особенности митохондриального дыхания растений	2	1		2	Контрольная
15	Раздел V Физиология водного обмена					
16	Тема 1 Водный обмен растений	2	1		2	
17	Раздел VI Физиология минерального питания					
18	Тема 1 Механизмы транспорта	2	1		2	Контрольная
19	Тема 2 Усвоение азота, серы и фосфора у растений.	4	2		4	Контрольная
20	Тема 3 Функциональная роль макро и микроэлементов.	2	1		2	Контрольная

Содержание дисциплины по разделам и темам:

Раздел 1. Структурно-функциональная организация растительной клетки

Тема 1. Клетка как структурно-функциональная единица растительного организма

Содержание темы Уникальные особенности растительной клетки. Пластиды и митохондрии. Гипотезы происхождения клеточных органелл. Клеточная стенка растительной клетки: химический состав и «архитектура». Основные свойства и функции: защитная, опорная, значение в морфогенезе, транспорте, рецепторно-регуляторная, функция химической защиты и др. Плазмодесмы, их роль в межклеточных взаимодействиях. Современная модель строения плазмодесм. Транспорт крупных белковых молекул и вирусов по плазмодесмам. Некоторые особые функции цитоскелета в растительной клетке. Общие и частные принципы регуляции на уровне клетки: биохимические, генетические, мембранные. Компартиментация биохимических путей и метаболических фондов как один из механизмов регуляции в растительной клетке.

Задания для самостоятельной работы

Триединый геном растительной клетки.

Взаимодействие ядерного, митохондриального и хлоропластного геномов.

Двойной генетический контроль за синтезом белков в хлоропластах и митохондриях.
Принцип целевой доставки белков к различным клеточным органеллам.
Везикулярный транспорт в растительной клетке.

Раздел II. Физиология роста и развития растений

Тема 1. Клеточные основы роста. Общие закономерности роста и типы роста у растений.

Растительные меристемы

Содержание темы .Определение понятий рост, развитие, онтогенез, морфогенез растений. Существование организма как развертывание во времени генетической программы. Культура растительных клеток как модель изучения роста растительного организма. Фазы роста клеток в культуре и их характеристики. Изменения морфологии и метаболизма при прохождении каждой фазы. Понятие о клеточном цикле, влияние различных факторов на деление клеток. Общие закономерности роста и типы роста у растений.

Растительные меристемы. Организация апикальной меристемы побега (АМП) на примере арабидопсис. Методы обратной генетики в изучении функциональной деятельности меристем. Модель регуляции меристематической активности побега (размера меристемы): взаимодействие WUSHEL, CLAVATA1, CLAVATA2 и CLAVATA3. Формирование листового примордия и развитие листа. Пластохрон и фоллотаксис. Роль эндогенных факторов в заложении листового примордия: ауксина, экспансинов и генного контроля (KNOX транскрипционный фактор и MADS-box гены). Внутренние и внешние факторы, определяющие переход растений от вегетативного развития к генеративному. Организация флоральной меристемы на примере арабидопсис. Группы генов, контролирующие развитие цветка: гены идентичности меристемы, гены идентичности органов цветка. ABC-модель развития цветка.

Задания для самостоятельной работы

Основные различия в стратегии развития растений и животных.

Определение понятий рост, развитие, онтогенез, морфогенез растений.

Клеточные основы роста.

Особенности митотического деления растительной клетки. Препрофазное кольцо.

Характеристика роста клетки в фазе растяжения.

Апикальный тип роста растительной клетки.

Апикальная меристема корня (АМК): покоящийся центр, клетки инициали.

Значение положения плоскости деления клетки АМК в ее дальнейшей дифференциации.

Тема 2. Гормональная регуляция ростовых процессов. Общая характеристика фитогормонов. Ауксины и цитокинины.

Содержание темы . Общая характеристика фитогормонов. Гормональная регуляция ростовых процессов. Ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, этилен: их строение, биосинтез, транспорт, физиологическое действие. Ауксины: апикальное доминирование; рост клеток растяжением, ростовые движения, фототропизм, геотропизм; ризогенез придаточных и боковых корней; механизм полярного транспорта ауксина; аттрагирующий эффект, дифференцировка проводящих пучков ксилемы.

Цитокинины: синтез новой ДНК (эффект омоложения), индукция превращения пластид в хлоропласты, роль в формировании ксилемы, участие в открывании устьиц, рост бессемянных плодов. Взаимодействие цитокининов и ауксинов в культуре *in vitro*.

Задания для самостоятельной работы

Механизм транспорта ауксинов по растению.

Ауксины как гербициды.

Роль ауксина в развитии гравитропической реакции.

История открытия цитокининов.

Цитокинины и паразиты растений.

Феномен генетической колонизации: *Agrobacterium tumefaciens* и *Agrobacterium rhizogenes*.

Механизм образования корончатых галлов и бородачатых корней.

Тема 3. Гормональная регуляция ростовых процессов. Гиббереллины, абсцизовая кислота, этилен. Вещества со свойствами фитогормонов.

Содержание темы Гиббереллины: действие на интеркалярные меристемы; роль в мобилизации запасных питательных веществ при прорастании семян; влияние на проявление пола у растений; стимуляция цветения у ряда растений.

Абсцизовая кислота: сигнал водного стресса (индуктор синтеза осмолитов при обезвоживании); антагонист ауксина, цитокинина, гиббереллинов в реализации генетических программ; индукция синтеза запасных белков семян, покой семян; вивипарии на початках кукурузы; закрытие устьиц; индукция зимующих почек ряски.

Этилен: тройной эффект при прорастании семян (замедление роста и утолщение стебля, загиб почечки, изменение ориентации проростка в пространстве); индукция программ созревания плодов; старение и опадание листьев, стимуляция цветения ананасов и т.д.

Молекулярные основы действия гормонов: гормон – рецептор, система передачи сигнала, ответ на уровне генома.

Регуляция генетических программ: роль фитогормонов.

Задания для самостоятельной работы

Вещества со свойствами ФГ: брассиностероиды, жасминовая кислота, салициловая кислота, некоторые фенольные соединения.

Сигнальные молекулы: олигосахарины, лектины, короткие пептиды. .

Синтетические регуляторы и ингибиторы роста, их практическое применение.

Взаимодействие между различными гормонами: понятие сетевого синалинга.

Раздел III. Фотосинтез

Тема 1. Основы биоэнергетики .Световые реакции фотосинтеза

Содержание темы Упорядоченность биологических систем и обмен энергии с окружающей средой. Преобразование энергии на сопрягающих мембранах. Использование световой энергии растениями. Поглощение света: пигментные системы растений. Хлорофиллы, каротиноиды, фикобилины. Спектральная и физико-химическая характеристика пигментов. Распространение хлорофиллов среди различных групп организмов..

Задания для самостоятельной работы

Упорядоченность биологических систем и обмен энергии с окружающей средой. Преобразование энергии на сопрягающих мембранах.

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

Спектр действия фотосинтеза

Тема 2. Световые реакции фотосинтеза. Фотосинтетическая электрон-транспортная цепь.

Содержание темы Электрон-транспортная цепь фотосинтеза, природа ее основных компонентов. Представление о совместном функционировании двух фотосистем. Основные функциональные комплексы электронтранспортной цепи - ФС1, ФС2, цитохром b6/f комплекс; их структура и функции. Циклические и нециклические потоки электронов, принципы регуляции. Характеристика основных типов фотофосфорилирования - циклического, нециклического, псевдоциклического. Представление о фотосинтетической единице. Антенные комплексы и реакционные центры. Преобразование энергии в реакционном центре.

Задания для самостоятельной работы

Схема Яблонского, описывающая физические состояния молекулы хлорофилла.

Окислительно-восстановительные превращения хлорофилла реакционного центра (реакция Красновского).

Эволюция первичных реакций фотосинтеза. Бактериальный фотосинтез.

Тема 3. Темновые реакции фотосинтеза

Содержание темы С3-путь фотосинтеза, цикл Кальвина. Характеристика основных стадий цикла: карбоксилирования, восстановления и регенерации субстрата. Синтез углеводов фотосинтеза: крахмала и сахарозы. Принцип кодирования, структура и регуляция активности РБФК (рибулезобисфосфаткарбоксилазы-оксигеназы). Роль РБФК-активазы в регуляции активности Рубиско. Светозависимая регуляция ферментов цикла Кальвина на стадии регенерации субстрата. Связь фотосинтетической ассимиляции CO₂ с фотохимическими реакциями. Фотодыхание, его распределение между тремя клеточными органеллами. Физиологическая роль фотодыхания для растений.

Задания для самостоятельной работы

Фоторегуляция. Принципы фоторецепции.

Фитохромная система. Этиоляция и деэтиоляция. Регуляция прорастания семян.

Криптохром и фототропин.

Тема 4. Фотосинтетическая функция – носитель экологических свойств растений.

Содержание темы. Кооперативный тип фотосинтеза. С4-путь фиксации углекислоты в цикле Хэтча-Слэка-Карпилова. Взаимосвязь цикла Хэтча-Слэка-Карпилова с циклом Кальвина. Характеристика С4- растений: Kranz-анатомия листа, особенности роста и экологические свойства видов. Фотосинтетическая функция как носитель экологических свойств видов. Три биохимических типа С4- растений, компартментация декарбоксилирования в клетках обкладки. Соотношение карбоксилазной и оксигеназной активности Рубиско у С3- и С4- видов. Сравнительная характеристика С3- и С4- растений и САМ-типа метаболизма.

Задания для самостоятельной работы

Экология фотосинтеза. Зависимость фотосинтеза от внешних условий и состояния организма. Влияние на фотосинтез температуры, условий освещения, содержания углекислоты, условий минерального питания, водоснабжения. Световой компенсационный пункт и углекислотный компенсационный пункт. Квантовый выход фотосинтеза.

Раздел IV. Дыхание растений.

Тема 1. Особенности биохимических дыхательных циклов у растений. Анаэробные реакции

Содержание темы. Биохимические особенности каталитических реакций гликолиза у растений: сравнительная характеристика АТФ-зависимой и ФФн-зависимой фосфофруктокиназ, обращение пируваткиназной реакции. Анаэробные реакции: ФЕП-карбоксилаза, пируваткарбоксидаза, малик-энзим. Пентозомонофосфатный путь окисления глюкозы и его роль для растительной клетки. Обмен метаболитами цикла Кребса между митохондриями и цитозолем. Конверсия жиров в углеводы при прорастании семян: глиоксилатный цикл. Глюконеогенез. Механизмы регуляции циклов.

Задания для самостоятельной работы

Сравнение путей диссимиляции углеводов в растительной и животной клетке: гликолиз, цикл Кребса, окислительный пентозофосфатный шунт.

Дыхание в фотосинтезирующей клетке.

Дыхание как центральное звено обмена веществ.

Тема 2. Основные принципы биоэнергетики. Уникальные особенности митохондриального дыхания растений

Содержание темы. Единство элементарных энергетических процессов в живой природе: энергозависимые реакции. Энергопреобразующие мембраны: трансмембранный электрохимический протонный градиент и его составляющие. Фосфорилирование на уровне субстрата и фосфорилирование на энергопреобразующих мембранах. Общие представления о трех H^+ -АТФазах в растительной клетке: P-, V- и F-типов.

Принципиальные отличия электронтранспортной цепи (ЭТЦ) растительных митохондрий: 4 дополнительные НАД(Ф)Н дегидрогеназы, альтернативная оксидаза (АО). Характеристика основных и дополнительных белковых комплексов электронтранспортной цепи. Регуляция активности АО на транскрипционном и на пост-трансляционном уровне. Особенности регуляции работы митохондриальной ЭТЦ в растительной клетке: распределение потоков электронов между терминальными оксидазами.

Задания для самостоятельной работы

Ротационный механизм работы АТФ синтазного комплекса.

Цианидрезистентное дыхание: происхождение, физиологическое значение.

Термогенез у растений: цветение ароидных, прорастание семян, созревание плодов.

Адаптация растений к низким температурам: роль альтернативной оксидазы и UCP-белков.

Растительная клетка и активные формы кислорода: образование активных форм кислорода, антиоксидантные системы, супероксидрадикал и перекись водорода – сигнальные молекулы.

Дыхание и стресс-устойчивость: активация пластического обмена, защита от активных форм кислорода.

Раздел V. Физиология водного обмена

Тема 1. Водный обмен растений

Содержание темы.

Механизм передвижения воды по растению. Пути дальнего транспорта. Движущие силы восходящего тока воды в растении. Нижний концевой двигатель или корневое давление, механизм его развития и значение в жизни растений. Гуттация. Верхний концевой двигатель или транспирация. Устьичная и кутикулярная транспирация. Строение устьиц и механизмы их движений. Суточный ход транспирации. «Биохимия» создания осмотического потенциала в замыкающих клетках днем и ночью. Регуляция устьичных движений. Механизм действия АБК на состояние устьиц. Влияние внешних факторов (света, температуры, влажности воздуха и почвы и др.) на интенсивность транспирации.

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

Задания для самостоятельной работы

Основные закономерности поглощения воды клеткой.

Термодинамические показатели, определяющие поведение воды: активность воды, химический потенциал, водный потенциал.

Составляющие водного потенциала: осмотический потенциал, потенциал давления, матричный потенциал, гравитационный потенциал.

Градиент водного потенциала как движущая сила поступления и передвижения воды в клетке.

Раздел VI. Физиология минерального питания

Тема 1. Классификации минеральных элементов, необходимых для растений. Механизмы поглощения элементов минерального питания.

Содержание темы.

Механизмы транспорта ионов через мембраны: ионные каналы, АТФазы, портерные системы (симпорт, антипорт, унипорт).

Пассивный транспорт по каналам. Катионные и анионные каналы. Семейство калиевых каналов Шейкерного типа у растений. Локализация белков 5-ти филогенетических групп этого семейства в разных органах растений – физиологический смысл. Строение и принцип работы калиевого канала Шейкерного типа. Другие однопоровые и двупоровые калиевые каналы у растений. Характеристика анионных канлов на примере CLC-белков.

Вторичный активный транспорт. Кинетическая характеристика этого типа транспорта. Двойная кинетика поглощение: переносчики высокого и низкого сродства. Главное суперсемейство транспортных белков MFS (Major Facilitating Superfamily): фосфатный, нитратный, сульфатный транспортеры. Форма потребляемой энергии при вторичном активном транспорте. Транспортные механизмы: симпорт и унипорт, стехиометрия транспорта.

Задания для самостоятельной работы

Содержание и соотношение минеральных элементов в почве и в растениях и факторы, их определяющие.

Понятие макро- и микроэлементов.

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

Роль клеточной стенки: понятия водного свободного пространства и Доннановского свободного пространства. Транспорт ионов через плазматическую мембрану: пассивный и активный (первичный и вторичный) транспорт. Уравнение Нернста. Движущие силы транспорта ионов и формы потребляемой энергии.

Тема 2. Физиологическая и биохимическая роль основных элементов питания. Азот, сера, фосфор..

Содержание темы.

Азот. Минеральные формы азота, используемые растением. Ферментные системы, участвующие в усвоении нитратов, регуляция их синтеза и активности. Накопление нитрата в растительных тканях – запас минерального азота для растений и потенциальная угроза для здоровья человека и животных. Биохимические пути ассимиляции аммиака в растении. Синтез аминокислот, амидов, реакции переаминирования. Запасные и транспортные формы минерального и органического азота. Круговорот азота по растению.

Сера. Основные соединения серы в растении, их роль в структурной организации клетки, участие в окислительно-восстановительных реакциях. Механизм восстановления сульфатов, отдельные этапы процесса, ферментные системы. Растительные глутатионы и их функции. Фитохелатины и их функции.

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.

Задания для самостоятельной работы.

Круговорот азота в природе. Источники азота для растений. Симбиотическая фиксация молекулярного азота. Структурная и функциональная характеристика нитрогеназы.

Азотный обмен и дыхание.

Азотный обмен и фотосинтез: взаимодействие азотного и углеродного потоков; роль первичных реакций фотосинтеза в усвоении окисленного азота.

Тема 3. Физиологическая и биохимическая роль основных элементов питания. Калий, кальций, магний и микроэлементы

Содержание темы.

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. Роль в стабилизации клеточной стенки, поддержании структурной целостности мембран и регуляции их проницаемости. Регуляторная роль кальция как вторичного мессенджера. Са-кальмодулины у растений. «Кальциевая подпись» при развитии различных клеточных ответов у растений. Са-зависимые протеинкиназы – характерная особенность растительной клетки.

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

Задания для самостоятельной работы

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 электрон транспортных цепей фотосинтеза и дыхания, в азотном и углеводном обмене, в ростовых процессах и других реакциях метаболизма.

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

Устьичные движения: транспорт ионов и регуляция.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля.

Функциональное взаимодействие органоидов в растительной клетке.

Мембраны растительной клетки и их роль в компартментации и регуляции метаболизма клетки

Особенности гликолиза у растений

Пентозофосфатный цикл. Значение и локализация в растительной клетке

Конверсия жиров в углеводы при прорастании семян масличных растений

Альтернативная оксидаза митохондрий. Экологическая роль для привлечения опылителей у ароидных

Виолаксантиновый цикл и его роль в регуляции распределения энергии. Защитная функция каротиноидов

Интеграция метаболизма хлоропластов, митохондрий и пероксисом

Анатомо-физиологические особенности С-4 растений. Адаптационное значение цикла Хэтча-Слэка.

Экологическое значение САМ-метаболизма

Поступление ионов в апопласт; значение этого этапа поглощения минеральных элементов

Трехкомпарментная клеточная модель корня.

Глутатион и его производные. Защита от ионов тяжелых металлов

Уникальность систем транспорта Ca^{2+} в растительных клетках

Характеристика растительных калиевых каналов, в частности, каналов шейкерного типа.

Особенности ростовых процессов: наличие специфических меристем
Участие цитокининов в синтезе нуклеиновых кислот и белков
Этилен и стресс
Значение АБК в механизмах стресса

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации:

1. Структурная организация растительной клетки. Специфические особенности структуры и функций клетки растений, ее отличие от животных. Функциональное взаимодействие органоидов в растительной клетке.
2. Основные структурные полимеры клеточной стенки. Ковалентные, водородные и ионные связи между полимерными сетями. Биосинтез целлюлозы, сшивочных гликанов, пектиновых веществ. Структурные белки и ферменты, входящие в состав клеточной стенки. Изменение состава клеточной стенки по мере роста и дифференцировки.
3. Вакуоль растительной клетки. Функции, формирование в процессе роста и развития растительной клетки.
4. Мембраны растительной клетки и их роль в компартментации и регуляции метаболизма клетки.
5. Деление растительных клеток. Регуляция клеточного цикла. Тотипотентность растительных клеток. Дифференцировка и дедифференцировка.
6. Рецепция, трансдукция и реализация морфогенетических сигналов. Рецепторы. Вторичные мессенджеры. Транскрипционные факторы.
7. Геном пластид и геном митохондрий. Общие черты и особенности каждого из геномов. Генетическая ёмкость: гены домашнего хозяйства и гены, отвечающие за специфические функции хлоропластов и митохондрий. Взаимодействие хлоропластного и ядерного геномов, примеры двойного кодирования.
8. Гликолиз. Общий химизм реакций. Особенности гликолиза у растений. Регуляция. Роль фруктозо-2,6-бисфосфата как сигнальной молекулы, регулирующей отношение между гексозами и триозами. Молочнокислое и спиртовое брожение. Связь гликолиза с другими процессами: С-4, САМ, окислительным пентозофосфатным циклом, циклом Кребса, циклом Кальвина.
9. Обращение реакций гликолиза - глюконеогенез.
10. Цикл Кребса. Последовательность реакций. Пируватдегидрогеназный комплекс. Связь цикла Кребса с САМ, метаболизмом азота, гликолизом. Взаимодействие цикла Кребса и ЭТЦ митохондрий.
11. Пируватдегидрогеназный комплекс и цикл Кребса.
12. Пентозофосфатный цикл. Значение и локализация в растительной клетке.
13. Конверсия жиров в углеводы при прорастании семян масличных растений. Глиоксилатный цикл.
14. Электрон-транспортная цепь митохондрий. Особенности растительных митохондрий: альтернативные дегидрогеназы, альтернативная оксидаза. Комплексы I, II, III и IV. Синтез АТФ на мембране митохондрий. Ротационный механизм действия фермента.
15. Эффективность переноса протонов через мембрану в зависимости от альтернативных путей передачи электрона.
16. НАДН-дегидрогеназный комплекс (комплекс I). Строение и электронный транспорт в комплексе.
17. Сукцинатдегидрогеназный комплекс (комплекс II). Строение и электронный транспорт в комплексе.
18. Цитохром b/c1 -комплекс (комплекс III). Строение и электронный транспорт в комплексе. Q- цикл.

19. Цитохромоксидаза (комплекс IV). Структура и электронный транспорт в комплексе.
20. Образование электрохимического протонного градиента в процессе электронного транспорта в дыхательной цепи: D^+mH^+ и его составляющие.
21. Синтез АТФ на АТФ-синтазных комплексах. (H^+ -АТФ-азах F-типа).
22. Сопряженный и разобщенный электронный транспорт. Дыхательный контроль. Понятие о разобщителях. Механизм разобщения с помощью жирных кислот.
23. Особенности электрон-транспортной цепи дыхания у растений. Альтернативные НАД(Ф)Н-дегидрогеназы.
24. Альтернативная оксидаза митохондрий. Экологическая роль для привлечения опылителей у ароидных. Механизмы регуляции активности, защитная функция альтернативной оксидазы.
25. Особенности наружной и внутренней мембраны митохондрий. Транспортные системы митохондрий.
26. Сравнительная характеристика цитохромного и альтернативного путей дыхания.
27. Фотосинтез как сочетание световых и темновых химических реакций.
28. Световые реакции фотосинтеза, их регуляция в растении.
29. Пигменты фотосинтетического аппарата растений. Структура, спектральные характеристики и функции.
30. Каротиноиды. Общее представление о биосинтезе. Протекторная роль каротиноидов в фотосистемах. Виолаксантиновый цикл и его роль в регуляции распределения энергии. Защитная функция каротиноидов.
31. Хлорофиллы. Структура, спектральные свойства. Участие хлорофиллов в поглощении и преобразовании энергии света при фотосинтезе.
32. Первичные реакции фотосинтеза: электронное возбуждение хлорофилла, миграция энергии. Понятие о фотосинтетической единице.
33. Окислительно-восстановительные реакции, протекающие с участием возбужденного хлорофилла. Организация и работа реакционных центров двух фотосистем хлоропластов.
34. Организация фотосинтетических мембран. Взаимосвязь структуры и функции мембран хлоропластов. Биогенез фотосинтетических мембран и его регуляция.
35. Организация ЭТЦ фотосинтеза и ее локализация в мембранах хлоропластов. Регуляция работы ЭТЦ.
36. Структура и функционирование ФС I. Ассоциация и диссоциация с подвижным светособирающим комплексом. Кооперация работы ФС I и ФС II. Локализация ФС I в мембране тилакоидов.
37. Структура и функционирование фотосистемы II. Водоокисляющий комплекс и реакции образования кислорода. Работа реакционного центра. Участие ФС II в нециклическом потоке e^- . Работа ФС II в циклическом режиме. Локализация ФС II и взаимодействие со светособирающим комплексом.
38. Нециклический, циклический и псевдоциклический транспорт электрона. Последовательность переносчиков. Цикл вокруг ФС II.
39. Реакция хлородыхания как регуляция редокс-статуса пула пластохинонов. Подвижные переносчики в составе комплексов. Одно- и двухэлектронные переносчики.
40. Циклическое и нециклическое фотофосфорилирование. Механизм синтеза АТФ при фотосинтезе.
41. Цикл Кальвина. Основные этапы и биохимические реакции цикла. Характеристика RubisCO как ключевого фермента. Регуляция активности ферментов. Связь цикла со световыми реакциями фотосинтеза. Экспорт метаболитов цикла Кальвина из хлоропласта в цитозоль. Челночные механизмы.
42. Фотодыхание. Ключевая реакция, запускающая процесс фотодыхания. Экологические условия, повышающие интенсивность фотодыхания. Биохимия превращений веществ при фотодыхании. Интеграция метаболизма хлоропластов,

- митохондрий и пероксисом. Связь фотодыхания с другими процессами: метаболизмом серы и азота.
43. Фиксация CO₂ в растительной клетке. Сравнительная характеристика основных карбоксилаз клетке: RubisCO и ФЕП-карбоксилазы. Роль карбоангидразы в фиксации CO₂. Механизм концентрирования CO₂ у C-4 – растений. Регуляторные функции углекислоты в реакции открывания/закрывания устьиц, активация темновых и световых реакций фотосинтеза.
 44. C-4 путь фотосинтеза. Анатомо-физиологические особенности C-4 растений. Адаптационное значение цикла Хэтча-Слэка.
 45. САМ-метаболизм. Основные особенности САМ-растений. Суточная динамика процессов фиксации и восстановления CO₂. Экологическое значение САМ-метаболизма.
 46. Влияние факторов внешней среды (интенсивность и качество света, концентрация CO₂ и O₂, температуры и др.) на интенсивность фотосинтеза растений.
 47. Пути генерации АТФ при фотосинтезе и дыхании.
 48. Загрузка терминальной флоэмы листа фотоассимилятами. Симпластический и апопластический путь. Значение клеток-спутниц в загрузке ситовидных элементов. Состав флоэмного сока в зависимости от типа загрузки. Информационные макромолекулы, перемещающиеся по флоэме, на примере флоригена (FT-фактора).
 49. Место фотосинтеза и дыхания в метаболизме и в продукционном процессе растений.
 50. Сравнительная характеристика строения и функций гранальных и агранальных хлоропластов.
 51. Разнообразие типов декорбоксилирования при C-4 фотосинтезе: НАДФ-зависимый и НАДФ-зависимый МДГ и ФЕП-карбоксикиназные варианты C-4. Связь типа декорбоксилирования с ультраструктурой хлоропластов, анатомическими и цитологическими особенностями листьев.
 52. Рост и особенности строения корней как основа для поступления ионов; изменения морфологии, индуцируемые дефицитом элементов минерального питания.
 53. Поступление ионов в апопласт; значение этого этапа поглощения минеральных элементов.
 54. Основные принципы генерации, потенциала на плазмалемме и тонопласте. Н⁺АТФазы р- и V-типа, Н⁺-пирофосфатаза. Са²⁺-АТФаза. Понятие о первично- и вторично-активном переносе ионов. Примеры помп, антипортеров, симпортеров. Пассивный транспорт через каналы и переносчики. Регуляция мембранного потенциала.
 55. Движущие силы транспорта ионов. Природа трансмембранной разности потенциалов (диффузионного и электрогенного).
 56. Радиальный транспорт ионов в корне: апопластный и симпластный пути.
 57. Дальний транспорт ионов: «загрузка» ксилемы, состав ксилемного сока, взаимосвязь с перемещением воды.
 58. Кинетика поглощения ионов интактным растением. Использование изменения кинетических параметров (K_{тж} и V_{max}) в связи с приспособлением к условиям среды (концентрации ионов, водоснабжение, температура и т.д.).
 59. Регуляция процесса поглощения минеральных элементов у растений. Трехкомпарментная клеточная модель корня.
 60. Особенности минерального питания растений. Необходимые и полезные элементы, их функциональная классификация.
 61. Особенности фосфорного обмена растений. Основные фосфорсодержащие соединения в клетке.
 62. Значение соединений серы для растений. Коферменты, содержащие серу. Регуляторная роль соединений серы. Тиоредоксиновая система. Глутатион и его производные. Защита от ионов тяжелых металлов.

63. Источники азота для растений, транспортеры разных форм азота, роль корней и листьев в усвоении разных форм азота.
64. Восстановление NO₃⁻: характеристика ферментов нитрат- и нитритредуктазы. Регуляция процесса редукции. Особенности восстановления нитрата у разных растений.
65. Компартиментация нитрата в клетках корня. Понятие пула NO₃⁻ в растительной клетке: метаболический, запасной и подвижный пулы.
66. Нитрат как регуляторная молекула.
67. Связь процесса ассимиляции нитрата со световой фазой фотосинтеза, циклом трикарбоновых кислот (цикл Кребса), C-4 метаболизмом.
68. Пути усвоения аммония: реакции и характеристика ферментов (ГДГ, ГС, ГОГАТ).
69. Уникальность систем транспорта Ca²⁺ в растительных клетках. Системы пассивного, первично- и вторично-активного транспорта Ca²⁺. Динамика изменения концентрации Ca²⁺ в цитозоле: всплески (spikes), осцилляции и волны. Примеры процессов, сопровождающихся изменением концентрации кальция.
70. Механизм устьичных движений и его регуляция (роль систем транспорта Ca²⁺, K⁺ и Cl⁻). Механизм действия АБК при закрывании устьиц.
71. Поглощение калия корнями растений. Характеристика растительных калиевых каналов, в частности, каналов шейкерного типа.
72. Поступление K⁺ в растительную клетку. Физико-химические закономерности поступления иона. Понятие о кажущемся свободном пространстве апопласта. Многообразие каналов и переносчиков, переносящих калий.
73. Mg²⁺ и его функции у растений.
74. Особенности поглощения железа из почвы: две стратегии поглощения. Роль соединений железа как редокс-кофакторов электрон-транспортных цепей. Ферменты, содержащие железо. Участие железа в восстановлении соединений азота и серы.
75. Микроэлементы - участники окислительно-восстановительных реакций фотосинтеза, дыхания и азотного обмена.
76. Рост растений. Общее понятие. Критерии роста и большая кривая роста. Основные этапы кривой роста и их характеристика. Покой семян и выход их из состояния покоя. Процессы стратификации и скарификации.
77. Особенности ростовых процессов: наличие специфических меристем; рост клеток растяжением; тотипотентность клеток и относительная обратимость их роста.
78. Значение внешних факторов (света, O₂, CO₂, температуры) для ростовых процессов.
79. Физиология роста и развития вегетативных органов растений (корня, стебля, листа).
80. Основные свойства ростовых процессов: суточные и сезонные ритмы; корреляции и апикальное доминирование; полярность и факторы, определяющие поляризацию клеток, тканей и органов; физиологическая и травматологическая регенерация.
81. Размножение семенных растений: вегетативное и половое. Внешние и внутренние факторы, создающие условия для закладки цветочных почек.
82. Фотопериодизм. Фотопериодические группы растений. Роль фитохрома в фотопериодической реакции. Гипотеза бикомпонентной природы флоригена (гипотеза М.Х. Чайлахяна). Многофакторный контроль перехода растений к цветению у различных фотопериодических групп. Эвокация цветения.
83. Детерминация пола. Генетическое и фенотипическое определение пола.
84. Гормональная система растений. Определение фитогормонов. Основные критерии гормонов. Общие черты действия фитогормонов.
85. Ауксины. Природные и синтетические формы. Пути биосинтеза, транспорта и инактивации. Спектр биологического действия ауксина и молекулярный механизм действия.

86. Цитокинины. Природные и синтетические формы. Пути биосинтеза, транспорта, инактивации. Спектр биологического действия. Участие цитокининов в синтезе нуклеиновых кислот и белков.

87. Цитокинины. Пути биосинтеза. Активные и неактивные формы. Основные физиологические эффекты. Взаимодействие с ауксинами в различных физиологических реакциях.

88. Гиббереллины. Биосинтез, транспорт, физиологическая активность. Роль в системе целого растения и молекулярный механизм действия.

89. Абсцизовая кислота (АБК). Биосинтез, транспорт, инактивация. Спектр биологического действия. Значение АБК в механизмах стресса. Абсцизины как аптитранспиранты.

90. Этилен. Биосинтез, транспорт, инактивация. Спектр биологического действия. Этилен и стресс.

91. Брассиностероиды и их физиологическое действие.

92. Взаимодействие фитогормонов на уровне синтеза и участия их в процессах побего- и корнеобразования, репродуктивного развития растений и регуляции фотосинтеза.

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной литературы:

№ п/п	Автор	Название книги/статьи	Отв. редактор	Место издания	Издательство	Год издания	Название журнала	Том (выпуск) журнала	Номер журнала
1		Физиология растений	проф. П. Ермакова	Москва	Издательский центр "Академия"	2007			
2	Медведев С.С., Шарова В.И.	Физиология растений		-Петерб.	Изд-во Петерб. Ун-та	2011			
3	Зитте П., Вайлер Э.В., Кадерайт Й.В. и др.	Strasburger. Ботаника. Т. 2. Физиология растений.	Под ред. В.В. Чуба	Москва	Издательский центр "Академия"	2008			
4	Фроносов А.Т., Гавриленко В.Ф., Жигалов А.Т.В.	Фотосинтез: Физиолого-экологические и биохимические аспекты		Москва	Издательский центр "Академия"	2006			
5	Селдт Г.-В.	Биохимия	Под ред	Москва	БИНОМ.	2011			

		растений	А.М. Носова, В.В. Чуба		Лаборатория знаний				
6	лектор	http://moodle. bio.msu.ru/	каф. Физиологи и растений	Москва		екущий			

- Перечень лицензионного программного обеспечения (при необходимости)
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технического обеспечения:
 - А. Помещения:
 - Б. Оборудование:
 - В. Иные материалы:

9. Язык преподавания: русский

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности «Почвоведение» программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.