

# Структура рабочей программы по дисциплине «Физиология растений»

(доц. Харитонашвили Е.В.)

## I. Физиология растений;

II. Шифр дисциплины (присваивается Управлением академической политики и организации учебного процесса);

## III. Цели и задачи дисциплины:

А. Цели дисциплины Сформировать у студентов фундаментальные знания об основах жизнедеятельности растительного организма на разных уровнях организации: от молекулярного до организменного.

Б. Задачи дисциплины Подробно рассмотреть скоординированную работу различных метаболических систем растительного организма: репродуктивной, гормональной, фотосинтетической, дыхательной, минерального питания, водообеспечения.

## IV. Место дисциплины в структуре ООП;

А. Информация об образовательном стандарте и учебном плане:

- тип образовательного стандарта и вид учебного плана (**учебный план бакалавриата**)
- направление подготовки (**Биология**);
- наименование учебного плана (в соответствии с утвержденным Перечнем ООП);
- профиль подготовки (поток - **Общая биология и экология; кафедры (профили): Антропологии, Биологии эволюции, Ихтиологии, Зоологии позвоночных, Зоологии беспозвоночных, Энтомологии, Высших растений, Геоботаники, Гидробиологии, Микологии и альгологии**);

Б. Информация о месте дисциплины в образовательном стандарте и учебном плане:

- **базовая часть**
- блок дисциплин (**Общепрофессиональные дисциплины**);
- модуль (если предусмотрено учебным планом);
- тип (**обязательный**);
- **3 курс;**
- **5 семестр;**

В. Перечень дисциплин, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины;

Дисциплины: высшие растения, физика, общая и неорганическая химия, аналитическая химия, органическая химия, коллоидная химия, физическая химия, цитология, биофизики, биохимия, молекулярная биология, генетика, экология.

Г. Общая трудоемкость **144 ак. часа (4 зачетные единицы)**;

Д. Форма промежуточной аттестации (**зачёт по лабораторным работам**);

## V. Формы проведения:

А. Для дисциплин:

- форма занятий с указанием суммарной трудоемкости по каждой форме:
  - лекции (**36 ак. ч**);
  - семинары (**18 ак. ч**);
  - лабораторная работа (**36 ак. ч**);
  - самостоятельная работа (**54 ак. ч**);

— формы текущего контроля (**коллоквиумы, контрольные, письменные работы, рефераты**);

VI. Распределение трудоемкости по разделам и темам, а также формам проведения занятий с указанием форм текущего контроля:

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины	Трудоемкость (в ак. часах) по формам занятий				Формы контроля
		<i>аудиторная работа (с разбивкой по формам и видам)</i>				
		Лекции	Семинары	Лабораторная работа	самостоятельная работа	
	<b>Физиология растений</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>экзамен</b>
1	Раздел I Структурно-функциональная организация растительной клетки			4		
2	Тема 1 Клетка как структурно-функциональная единица растительного организма	2	1		4	Коллоквиум, реферат
3	Раздел II Физиология роста и развития растений			8		
4	Тема 1. Клеточные основы роста. Общие закономерности роста и типы роста у растений. Растительные меристемы	2	1		4	Контрольная
5	Тема 2 Гормональная регуляция ростовых процессов. Общая характеристика фитогормонов. Ауксины и цитокинины.	2	1		4	Контрольная
6	Тема 3 Гормональная регуляция ростовых процессов. Гиббереллины, абсцизовая кислота, этилен. Вещества со свойствами фитогормонов.	4	2		4	Контрольная
7	Раздел III Фотосинтез			4		
8	Тема 1 Основы биоэнергетики. Световые реакции фотосинтеза Пигменты.	2	1		4	Коллоквиум, контрольная
9	Тема 2 Световые реакции фотосинтеза. Фотосинтетическая электрон-транспортная цепь.	4	2		4	Коллоквиум, контрольная
10	Тема 3 Темновые реакции фотосинтеза	4	2		6	Контрольная
11	Тема 4 Фотосинтетическая функция – носитель экологических свойств растений	2	1		6	Коллоквиум, реферат
12	Раздел IV Дыхание растений.			8		
13	Тема 1 Особенности биохимических дыхательных циклов у растений. Анаэробные реакции	2	1		4	Коллоквиум, контрольная
14	Тема 2 Уникальные особенности митохондриального дыхания растений	2	1		6	Контрольная
15	Раздел V Физиология водного обмена			4		
16	Тема 1 Водный обмен растений	2	1			Реферат
17	Раздел VI Физиология минерального питания			8		
18	Тема 1 Механизмы транспорта	2	1		2	Коллоквиум, контрольная
19	Тема 2 Усвоение азота, серы и фосфора у растений.	4	2		2	Контрольная
20	Тема 3 Функциональная роль макро и микроэлементов.	2	1		4	Контрольная

VII. Содержание дисциплины по разделам и темам - аудиторная и самостоятельная работа:

### **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-бок 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: brassinosteroids, 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 продуктов 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 CO<sub>2</sub> 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:

кранц-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 киназных 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<sup>+</sup>-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 каналов на примере CLC-белков.

Вторичный активный транспорт. Кинетическая характеристика этого типа транспорта. Двойная кинетика поглощения: 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.Сабина в создании теории минерального питания.

Устьичные движения: транспорт ионов и регуляция.

#### VIII. Перечень компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины -

1. ОНК - общенаучные компетенции; Выпускник должен обладать фундаментальными знаниями по цитологии, анатомии, морфологии, систематике и биоразнообразию, биохимии, молекулярной биологии, классической и молекулярной генетике растительного организма. Выпускник должен знать и понимать физиологию растения. Он должен свободно оперировать знаниями об основных метаболических системах растения: фотосинтетической, дыхательной, гормональной, репродуктивной и др., и механизмах их регуляции и взаимодействия в системе целого растения.

2. ИК - инструментальные компетенции; Выпускник должен владеть современными вегетационными методами и методами растительной биотехнологии; физико-химическими, биохимическими и молекулярно-биологическими методами, техникой световой и электронной микроскопии, иммунохимическими методами исследования растений. Должен уметь разработать методологию для изучения растительного организма *in planta*.

3. СК - системные компетенции; Выпускник должен обладать системными знаниями по вирусологии, микробиологии, микологии, зоологии беспозвоночных как основы для понимания фитопатологии растений. Выпускник должен владеть знаниями по биогеографии, экологии растений; понимать молекулярно-биологические и физиологические механизмы устойчивости растений к неблагоприятным факторам абиотической и биотической природы. Он должен знать эволюционные механизмы приспособления к изменению климатических условий.

4. ПК - профессиональные компетенции; Выпускник должен уметь планировать эксперимент, грамотно выбрать методы и средства решения поставленной задачи. Он обязан владеть математическими методами анализа полученных результатов, уметь доложить данные в научном сообществе и подготовить их для публикации в научных журналах. Специалист должен уметь применить свои знания в смежных с научной деятельностью областях.

5. СПК - специализированные компетенции (указываются компоненты компетенций, в формировании которых участвует данная дисциплина, - в соответствии с образовательным стандартом); Выпускник должен знать принципы геномики, протеомики, метаболомики и иономики растений. Специалист должен уметь исследовать регуляцию функций растения на уровне управления онтогенетическими программами. Выпускник должен хорошо знать уникальные физиолого-биохимические свойства растений, в частности способность синтезировать широкий спектр вторичных метаболитов, которые находят применение в фармакологии на основе биотехнологий.

#### IX. Используемые образовательные, научно-исследовательские и научно-производственные технологии:

А. Образовательные технологии;

Чтение лекций, проведение семинаров, практических занятий, дистанционное образование через систему

Moodle – <http://moodle.bio.msu.ru/> и интернет

Б. Научно-исследовательские технологии;

Проводятся знакомство с промышленными и полупромышленными установками в области биотехнологии и занятия на стационарах Академии сельскохозяйственных наук

В. Научно-производственные технологии;

Проводятся знакомство с промышленными и полупромышленными установками в области биотехнологии и занятия на стационарах Академии сельскохозяйственных наук

#### X. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов, оценочные средства контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

А. Учебно-методические рекомендации для обеспечения самостоятельной работы студентов;

Наличие учебно-методической литературы. Наличие доступа к специализированным Интернет-ресурсам. Эффективное компьютерно-програмное обеспечение.

Б. Примерный список заданий для проведения текущей и промежуточной аттестации (темы для докладов, рефератов, презентаций и др. - по видам заданий);

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

В. Примерный список вопросов для проведения текущей и 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  $b/c_1$  -комплекс (комплекс III). Строение и электронный транспорт в комплексе. Q- цикл.
19. Цитохромоксидаза (комплекс IV). Строение и электронный транспорт в комплексе.
20. Образование электрохимического протонного градиента в процессе электронного транспорта в дыхательной цепи:  $\Delta \mu H^+$  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. Строение, 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. Строение, 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. Строение 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. Строение и функционирование фотосистемы II. Водоокисляющий комплекс и реакции образования кислорода. Работа реакционного центра. Участие ФС II в нециклическом потоке  $\bar{e}$ . 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 хлордыхания 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  $\text{CO}_2$  в растительной клетке. Сравнительная характеристика основных карбоксилаз клетке: RubisCO и ФЕП-карбоксилазы. Роль карбоангидразы в фиксации  $\text{CO}_2$ . Механизм концентрирования  $\text{CO}_2$  у С-4 – растений. Регуляторные функции углекислоты в реакции открывания/закрывания устьиц, активация темновых и световых реакций фотосинтеза.
44. С-4 путь фотосинтеза. Анатомо-физиологические особенности С-4 растений. Адаптационное значение цикла Хэтча-Слэка.
45. САМ-метаболизм. Основные особенности САМ-растений. Суточная динамика процессов фиксации и восстановления  $\text{CO}_2$ . Экологическое значение САМ-метаболизма.
46. Влияние факторов внешней среды (интенсивность и качество света, концентрация  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ , 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 декарбоксилирования при С-4 фотосинтезе: НАДФ-зависимый и НАДФ-зависимый МДГ и ФЕП-карбоксикиназные варианты С-4. Связь типа декарбоксилирования 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.  $\text{H}^+$ АТФазы р- и V-типа,  $\text{H}^+$ -пирофосфатаза.  $\text{Ca}^{2+}$ -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 ( $K_{\text{мкж}}$  и  $V_{\text{max}}$ ) в связи с приспособлением к условиям среды (концентрации ионов, водоснабжение, температура и т.д.).
59. Регуляция процесса поглощения минеральных элементов у растений. Трехкомпартментная 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  $\text{NO}_3^-$ : характеристика ферментов нитрат- и нитритредуктазы. Регуляция процесса редукции. Особенности восстановления нитрата у разных растений.
65. Компартиментация нитрата в клетках корня. Понятие пула  $\text{NO}_3^-$  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), С-4 метаболизмом.
68. Пути усвоения аммония: реакции и характеристика ферментов (ГДГ, ГС, ГОГАТ).
69. Уникальность систем транспорта  $\text{Ca}^{2+}$  в растительных клетках. Системы пассивного, первично- и вторично-активного транспорта  $\text{Ca}^{2+}$ . Динамика изменения концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  в цитозоле: всплески (spikes), осцилляции и волны. Примеры процессов, сопровождающихся изменением концентрации кальция.
70. Механизм устьичных движений и его регуляция (роль систем транспорта  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Cl}^-$ ). Механизм действия АБК при закрывании устьиц.
71. Поглощение калия корнями растений. Характеристика растительных калиевых каналов, в частности, каналов шейкерного типа.
72. Поступление  $\text{K}^+$  в растительную клетку. Физико-химические закономерности поступления иона. Понятие о кажущемся свободном пространстве апопласта. Многообразие каналов и переносчиков, переносящих калий.

73. Mg<sup>2+</sup> 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, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, 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.

XI. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

- А, Основная литература - с выделением подразделов (по прилагаемой форме);
- Б. Дополнительная литература - с выделением подразделов (по прилагаемой форме);
- В, Программное обеспечение и Интернет-ресурсы - с выделением подразделов;

**форма для предоставления списка литературы**

№ n/n	Автор	Название книги / статьи	Отв. редактор (для коллективных работ)	Место издания	Издательство	Год издания	Название журнала (сборника)	Том (выпуск) журнала/ сборника	Номер журнала
1		Физиология растений	проф. И.П. Ермакова	Москва	Издательский центр "Академия"	2007			
2	Медведев С.С., Шарова В.И.	Физиология растений		С.-Петербург.	Изд-во Петерб. Ун-та	2011			
3	Гете П., Вайлер Э.В., Кадерайт Й.В. и др.	Strasburger. Флористика. Т. 2. Физиология растений.	Под ред. В.В. Чуба	Москва	Издательский центр "Академия"	2008			
4	Мокронос А.Т., Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В.	Фотосинтез: Физиолого-экологические и биохимические аспекты		Москва	Издательский центр "Академия"	2006			
5	Хелдт Г.-В.	Биохимия растений	Под ред А.М. Носова, В.В. Чуба	Москва	БИНОМ. Лаборатория знаний	2011			
6	лектор	<a href="http://moodle.bio.msu.ru/">http://moodle.bio.msu.ru/</a>	Физиологии растений	Москва		текущий			

ХII. Материально-техническое обеспечение дисциплины / практики:

А. Помещения (две практические комнаты по 40 м<sup>2</sup>, центрифужная комната – 20 м<sup>2</sup>, растительная комната – 20 м<sup>2</sup>, лекционная аудитория – 20 м<sup>2</sup>);

Б. Оборудование

(1. Спектрофотометры: Spesord 200 с компьютерным обеспечением, LEKI SS1207 UV, СФ 46 ЛОМО,

2. фотоколориметры КФК-2МП – 4 шт.,

3. центрифуги РС-6 -2 шт.,

4. ламинары: КПП-М -2 шт., fotron L-f 2 шт.,

5. весы аналитические: Explorer – 5 шт., Adventurer (AL-64) – 4 шт.,

6. весы технические Acculab (UI-600) - 3 шт.,

7. микроскопы (ЛОМО) – 10 шт.,

8. бинокляры (ЛОМО) - 10 шт.,

9. термостат (ТС-1/80 СПУ)

10. рН метры (Hanna рН 211 с микропроцессором) - 2 шт.,

11. вакуумный насос-компрессор «Millipore»,

12. магнитные мешалки (MSH-300) – 5 шт.

В. Иные материалы (стеклянная и разовая посуда, семена (горох, пшеница, кукуруза), реактивы

(неорганические, органические), фильтровальная бумага, пергамент, штативы, кюветы, шпатели, ножницы,

пинцеты, лампы настольные, компьютеры LG – 2 шт., холодильники Stinol – 2 шт., лабораторный моечный

автомат G 7883, автоклав ГК-100-3, аквадистилляторы Д-10 - 2 шт., дозаторы (Biohit, Ленпипет) 20μl – 1000 ml

-15 шт., шкаф суховоздушный ШС-80).