

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»**

ФАКУЛЬТЕТ АГРОХИМИИ И ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
агрохимии и защиты растений
доцент

И.А. Лебедовский

« 24 » мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

Научная специальность

1.5.21 Физиология и биохимия растений

Уровень высшего образования

подготовка научных и научно-педагогических кадров аспирантуре

Форма обучения

очная

**Краснодар
2023**

Рабочая программа дисциплины «Физиология и биохимия растений» составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Автор:

д.б.н, профессор, заведующий
кафедрой физиологии и
биохимии растений



Ю.П. Федулов

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению решением кафедры физиологии и биохимии растений от 24.04.2023 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой
д.б.н, профессор,



Ю.П. Федулов

Рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии факультета агрохимии и защиты растений, протокол от 24.04.2023 г. № 10.

Председатель
методической комиссии
к.б.н., доцент



Н.А. Москалёва

Руководитель
программы аспирантуры
д.б.н, профессор,



Ю.П. Федулов

1. Перечень сокращений, используемых в тексте рабочей программы дисциплины

- ПА – программа аспирантуры
- з.е. – зачетная единица
- ФГТ– Федеральные государственные требования
- ОС –оценочные средства
- Пр – практическое занятие
- Лаб – лабораторное занятие
- Лек – лекции
- СР – самостоятельная работа

2. Цель изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физиология и биохимия растений» является формирование у аспирантов системных представлений о взаимосвязи метаболических процессов в растении, о комплексном влиянии факторов внешней среды на жизнедеятельность растений, умений применять теоретические знания к решению практических задач, связанных с управлением фитоценозами.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины, аспирант должен:

Знать: современные представления о главных физиологических процессах в растениях; принципы и механизмы влияния регулируемых и нерегулируемых факторов внешней среды на основные физиологические процессы в растении; принципы планирования исследований в области физиологии и биохимии растений.

Уметь: осуществлять сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования в физиологии и биохимии растений; самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физиологии и биохимии растений с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий; использовать теоретические знания для оценки физиологического состояния растений и принятия управленческих решений.

Владеть: современными биофизическими и биохимическими методами исследования растений для решения практических задач физиологии растений; навыками подготовки учебно-методических материалов и проведения учебных занятий по физиологии и биохимии растений.

Виды учебной работы	Объем, часов
	Очная
Контактная работа	46
в том числе:	
– аудиторная по видам учебных занятий	46
– лекции	24
– практические (лабораторные)	22
– внеаудиторная	3
– зачет	
– экзамен	
– контроль	36
Самостоятельная работа	62
в том числе:	
– прочие виды самостоятельной работы	62
Итого по дисциплине	144/4

**Объ
ем
дисц
ипли
ны
(144
часа,
4
заче
тных
един
ицы)**

5 Содержание дисциплины

По итогам изучаемого курса обучающиеся сдают кандидатский экзамен,
дисциплина изучается на 2 курсе, в 4 семестре.

Содержание и структура дисциплины по очной форме обучения

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

1	<p>Методологические вопросы физиологии и биохимии растений. Объекты биохимии и физиологии растений - эукариотические фототрофные организмы. Уникальные особенности растительного организма: фото- и автотрофность. Автотрофность в отношении усвоения минеральных элементов. Специфика обмена зеленых растений по сравнению с другими организмами.</p> <p>Космическая роль зеленого растения. Значение фотоавтотрофов в создании и поддержании газового состава атмосферы, водного, почвенного и климатического режима на планете. Организация и координация функциональных систем зеленого растения. Физико-химический, экологический и эволюционный аспекты. Физиология и биохимия растений – теоретическая основа растениеводства и новых отраслей биотехнологии. Методологические основы исследований в биохимии и физиологии растений. Специфические методы биохимии и физиологии растений. Сочетание различных уровней исследования (субклеточный, клеточный, организменный, биоценотический) в биохимии и физиологии растений.</p>	4	2		4
2	<p>Основные компоненты растительного организма и их функции. Углеводы. Особенности состава и метаболизма углеводов растений. Моносахариды, их структура и взаимопревращения, основные представители. Моносахара, как субстраты для синтеза других веществ. Фосфорные эфиры сахарозы инуклеозиддифосфаты - активированные формы углеводов. Взаимопревращения моносахаридов, эпимеризация, альдо-кето-изомеризация, фосфомутазные реакции. Транскетолазные и трансальдолазные реакции. Олигосахариды, их состав, структура, основные представители. Сахароза; локализация ее синтеза и функции. Полисахариды: состав, типы связей, ветвление. Полисахариды запасные и структурные. Структура</p>	4	2	2	5

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>крахмала и его деградация. Образование крахмальных зерен в запасающих органах. Липиды. Общие свойства липидов, классификация, номенклатура. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты: классификация, синтез, катаболизм и функции.</p> <p>Особенности строения ненасыщенных жирных кислот растений. Редкие жирные кислоты. Триглицериды и их функции. Полярные липиды: фосфо- и гликолипиды, их роль в обмене. Стероиды. Особенности растительных стероидов, фитостерины. Гликозиды, ацилгликозиды, эфиры стероидов. Биологические мембраны, специфика различных мембран растительной клетки. Аминокислоты и белки. Структура и ионные свойства аминокислот. Протеиногенные аминокислоты. Аминосоединения, синтезируемые первично из минерального азота и синтез аминокислот. Реакции переаминирования. Ключевая роль глутаминовой кислоты в метаболизме аминокислот. Семейства аминокислот, которые происходят из пирувата, оксалоацетата, 2-оксоглутарата, шикимата и продуктов цикла Кальвина. Функции свободных аминокислот и аминокислот в составе белковых молекул. Реакции дезаминирования и декарбоксилирования аминокислот. Аминокислоты как субстраты синтеза других азотсодержащих соединений. Небелковые аминокислоты растений. Первичная структура молекулы полипептида (пептидная связь. С- и N- конец полипептида). Фибриллярные и глобулярные белки. Ионные свойства полипептидов: рКа ионогенных групп, изоэлектрическая точка. Элементы вторичной структуры белков - α-спираль и β-структура. Третичная и четвертичная структура белков. Дисульфидные и водородные связи, ионные и гидрофобные взаимодействия. Роль отдельных аминокислот в образовании и поддержании пространственной структуры белковой молекулы.</p>				
--	---	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>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, их основные типы и биологическое значение. Нуклеиновые кислоты: первичная структура, нуклеотидный состав. Вторичная и третичная структура ДНК. Структура РНК. Типы РНК (информационная, транспортная, рибосомальная). Вещества специализированного обмена растений (вторичные метаболиты). Особенности соединений, которые относят к вторичным метаболитам. Основные классы вторичных метаболитов: строение, классификация и распространение. Алкалоиды: протоалкалоиды, псевдоалкалоиды, истинные алкалоиды. Основные группы истинных алкалоидов. Изопреноиды (терпеноиды). Основные группы изопреноидов (моно-, сескви-, ди- три- и тетратерпеноиды, полимерные изопреноиды). Каротиноиды: химическая природа и строение, физико-химические свойства. Фенольные соединения. Основные группы фенольных соединений (фенолокислоты, фенилпропаноиды, стильбены, флавоноиды и изофлавоноиды, полимерные фенольные соединения). Минорные классы вторичных метаболитов. Небелковые аминокислоты, цианогенные гликозиды, серосодержащие гликозиды (глюкозинолаты), растительные амины, необычные липиды (жирные кислоты, цианолипиды), беталины, полиацетиленовые производные, алкамиды, тиофены. Основные представители вторичных соединений каждого класса и их распространение среди растений разных видов. Пути биосинтеза основных классов вторичных метаболитов. Предшественники биосинтеза вторичных</p>				
--	--	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>метаболитов. Точки «ответвления» вторичного метаболизма от первичного. Модификации вторичных метаболитов (гликозилирование, гидроксилирование, метоксилирование, метилирование). Энзимология синтеза вторичных метаболитов. Основные ферменты биосинтеза алкалоидов, изопреноидов, фенольных соединений, их характеристика. Дублирование путей синтеза вторичных метаболитов. Немевалонатный путь синтеза изопреноидов, его локализация и значение. Ферменты и механизмы их действия. Характеристика ферментов как высокоспециализированных белковых катализаторов. 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. Величины K_m и V_{max}, их биологический смысл. Ингибирование ферментов. 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. Особенности строения, структурная и функциональная организация растительной клетки. Симбиогенная гипотеза возникновения растительной клетки. Ядро. Особенности организации ядерного генома растений. Структура генома, полиморфизм растительной ДНК. Копийность разных генов и участков ДНК. Пластидная система. Типы пластид, особенности строения, онтогенез. Геном пластид. Прокариотические черты и копияность пластидного генома. Белки, кодируемые</p>	4	2	2	5

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>пластидным геномом. Размножение и наследование пластид. Митохондрии растений. Особенности строения митохондрий растений. Особенности структуры митохондриального генома растений. Прокариотические черты и размер митохондриального генома растений. Белки, кодируемые митохондриальным геномом. Особенности синтеза белка в митохондриях. Перенос генетического материала между органеллами. Совместная работа трех геномов. Мембранные системы растительной клетки. Плазмалемма, тонопласт, ЭПР, аппарат Гольджи. Особенности строения плазмалеммы. Транспортные системы плазмалеммы, протонная энергетика транспортных систем, H⁺-АТФаза Р-типа. Особенности строения тонопласта. Транспортные системы тонопласта. H⁺-АТФаза V-типа, пиррофосфатаза. Эндоплазматический ретикулум (ЭР) растительной клетки. Шероховатый и гладкий ЭР. Различные функциональные участки растительного ЭПР. Функции ЭПР.</p> <p>Аппарат Гольджи (АГ). Структура АГ. Транспортные везикулы, диктиосомы, пузырьки. Два основных направления транспорта - плазмалемма и вакуоль. Основные транспортируемые вещества. Вакуоль. Литический и запасающий типы вакуолей. Белковые маркеры типов вакуолей. Возникновение вакуолей de novo. Транспорт веществ в запасающие и литические вакуоли (слияние везикул, автофагия везикул). Функции вакуолярной системы клетки. Цитоскелет растительной клетки. 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</p>				
--	---	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>деления клетки. Клеточная стенка (КС). Углеводные компоненты клеточной стенки. Целлюлоза, гемицеллюлозы, пектины. Каллоза. Структурные белки клеточной стенки. Функциональные белки КС: экспансины, ферменты.</p> <p>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. Онтогенез клетки растения. Стадии онтогенеза: деление клетки, рост клетки растяжением, дифференцировка, старение и смерть. Клеточный (митотический) цикл, ЕГО фазы. Апоптоз растительных клеток – программная гибель клетки. Сигналы и механизмы апоптоза. Клетки растений <i>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 – фотосинтез. Значение фотосинтеза в трансформации вещества и энергии в природе. Физико-химическая сущность процесса фотосинтеза и его значение в энергетическом и пластическом обмене растения. Лист как орган фотосинтеза. Структурно-функциональная</p>	4	2	2	5

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>организация фотосинтетического аппарата. Основные показатели мезоструктуры листа. Элементы структуры молекулы хлорофилла, ответственные за функцию поглощения, запасаения и преобразования энергии в процессе фотосинтеза. Роль каротиноидов в фотосинтезе. Первичные процессы фотосинтеза, их структурно-функциональная организация. Представление о фотосинтетической единице. Современные модели структурной организации реакционных центров бактерий и высших растений. Механизм преобразования электромагнитной энергии в энергию разделенных зарядов в фотохимических центрах. Электрон-транспортная цепь фотосинтеза. Циклический, нециклический и псевдоциклический электронный транспорт. Системы регуляции циклического и нециклического электронного транспорта. Фотосинтетическое фосфорилирование. Основные типы, их физиологическое значение, механизмы регуляции. Механизмы энергетического сопряжения транспорта электронов и синтеза АТФ. Конечные продукты световой и темновой фазы фотосинтеза. 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. Фотосинтез у САМ- растений: особенности организации процесса запасаения энергии и фиксации углекислоты во времени. Транспорт продуктов фотосинтеза из хлоропласта: челночные системы выноса. Механизмы, контролирующие обмен метаболитами между</p>				
--	---	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	хлоропластами и цитоплазматической фазой клетки. Превращения сахаров в цитоплазме и цитозоле; запасные и транспортные формы сахаров. Включение углерода в аминокислоты. Ассимиляция углекислоты в листе. Действие внешних факторов (интенсивность и качество света, фотопериод, концентрация CO ₂ , O ₂ , температура и др.) на фотосинтез. Различие в кривых зависимости скорости ассимиляции от концентрации CO ₂ и O ₂ в газовой среде у С-3 и С-4 растений. Квантовый выход фотосинтеза. Транспорт CO ₂ к местам фиксации, роль карбоангидразы. Устьичная и клеточная проводимость для CO ₂ в зависимости от внешних факторов и возраста листа.				
5	Биоэнергетика растительного организма - дыхание. Ферментные системы дыхания. Гликолиз. Основные ферменты синтеза и гидролиза сахарозы и крахмала. Гликолиз и глюконеогенез. Особенности гликолиза у растений. Окислительный пентозофосфатный цикл, его регуляция. Компартиментация цикла в клетке и его роль в метаболизме растений. Цикл трикарбоновых кислот. Ферментативные реакции и регуляция цикла. Особенности цикла трикарбоновых кислот в растениях. Глиоксилатный цикл. Глиоксисомы и глиоксилатный цикл. Дыхательная электронтранспортная цепь. Механизм образования трансмембранного протонного градиента в процессе электронного транспорта. Особенности ЭТЦ дыхания растений. Окислительное фосфорилирование. Современные представления о механизме синтеза АТФ. Функции дыхания у растений. Электронтранспортные цепи плазмалеммы, эндоплазматического ретикулума, микротелец, их структура и функции. Изменения в интенсивности и путях дыхания в онтогенезе и при действии факторов среды.	4	2	2	5
6	Водообмен. Количество потребляемой растением воды, содержание воды в клетках, тканях	4	2	2	5

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>и органах. Молекулярная структура и физические свойства воды. Взаимодействие молекул воды и биополимеров, гидратация. Состояние воды в клетке. Вода, как структурный компонент растительной клетки, ее участие в биохимических реакциях. 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 (белки водных каналов), их структура, принцип работы. Аквапорины плазмалеммы и тонопласта, их роль в поддержании водного баланса воды. Транспорт воды по растению. Корень как основной орган поглощения воды.</p> <p>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. Выделение воды растением. Гуттация, «плач» растений. Транспирация и ее роль в жизни растений. Количественные показатели транспирации: интенсивность, продуктивность, транспирационный коэффициент. Устьичная и кутикулярная транспирация. Строение устьиц у двудольных и однодольных растений, механизм устьичных движений.</p>				
7	<p>Поступление и транспорт минеральных веществ в растении. Содержание и соотношение минеральных элементов в почве и растениях, концентрирование элементов в тканях растения.</p>	4	2	2	5

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>Функциональная классификация элементов минерального питания. Корень как орган поглощения и транспорта минеральных элементов. 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. Транспорт ионов через мембраны; движущие силы переноса ионов. Пассивный и активный транспорт ионов. Градиент электрохимического потенциала ионов водорода – энергетическая основа активного переноса ионов через плазмалемму. Модели поступления ионов в корень, транспорт минеральных веществ в ксилему. Апопластный и симпластный путь. 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. Роль макроэлементов. Азот. 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. Симбиотическая фиксация молекулярного азота: механизмы восстановления, источники энергии и восстановители. Характеристика и функционирование нитрогеназы. 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>. Альтернативные пути усвоения аммонийного азота;</p>				
--	--	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>локализация реакций в клетке и характеристика ферментов (глутаматдегидрогеназы, глутаминсинтетазы, глутаматсинтазы). Ассимиляция азота в хлоропласте, связь с фотосинтезом. Пути усвоения восстановленного азота у бобовых. Уреиды. 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. Сера. Поступление серы в растение, 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>Фосфор. 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. Калий. Содержание и распределение калия в клетке, тканях и органах растения; его циркуляция и реутилизация, характеристика систем транспорта K^+ их функции в растении. 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. Кальций. Накопление, формы соединений, особенности поступления и перемещения Ca^{2+} по растению.</p>				
--	--	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>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 кальция в клеточной стенке. Магний. 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. Микроэлементы. Свойства тяжелых металлов, определяющие их роль в ЭТЦ фотосинтеза и дыхания и других редокс-реакциях.</p> <p>Железо: 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. Медь: Содержание и распределение в клетке и тканях. Участие в окислительно-восстановительных процессах дыхания и фотосинтеза. Функции цитозольных оксидаз (аскорбат-, фенол- и диаминооксидаз). Марганец: Активируемые им ферментные системы, его специфичность, как кофактора. Роль Mn^{2+} в функционировании ФС-2. Молибден: Потребность в элементе; его значение для процессов утилизации азота среды. Моптерин и функционирование нитрогеназы и нитратредуктазы. Цинк: Структурная роль в поддержании ферментной активности и при синтезе белка. Zn-содержащие ферменты: карбоангидраза, супероксиддисмутаза (СОД).</p> <p>Бор: компартментация в клетке; формы соединений. Механизмы участия в регуляции физиологических процессов и метаболизма. Структурная роль в клеточной стенке. Нарушения в</p>				
--	---	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	метаболизме растений при недостатке микроэлементов. Функции «полезных» элементов: натрий, хлор, кремний, кобальт.				
8	Дальний транспорт и круговорот веществ в растении. 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 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. 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. Функциональная роль этих физиологических процессов.	4	2	2	5
9	Рост и развитие растений. 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. Рост растений и среда. Влияние температуры, света, воды, газового состава атмосферы, элементов минерального питания на ростовые процессы. Жизненный цикл высших растений. Основные этапы онтогенеза (эмбриональный, ювенильный, репродуктивный, зрелости, старения),	4	2	2	5

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	их морфологические, физиологические и метаболические особенности. Состояние покоя у растений. Типы покоя и их значение для жизнедеятельности растений. Механизмы морфогенеза растений. Полярность. Индукция генетических программ, морфогенетические градиенты и ориентация клеток в пространстве. Целостность и коррелятивное взаимодействие органов. Регенерация. Гормональная регуляция роста и развития растений. Основные фитогормоны (ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота, этилен), их образование, локализация, физиологическое действие. Взаимодействие ауксинов и цитокининов, взаимодействие АБК и гиббереллинов в процессах регуляции покоя, взаимодействие этилена с ауксинами и другими гормонами. Понятие об антагонизме и синергизме. Гормональный баланс в растении, пути его поддержания. Регуляторы роста растений, brassinosteroids, жасмоновая кислота, салицилат и другие фенольные соединения.				
10	Устойчивость растений к неблагоприятным факторам. Стресс и адаптация - общая характеристика явлений. Неблагоприятные факторы биотической и абиотической природы. Ответные реакции растений на действие стрессоров. Специфические и неспецифические реакции. Природа неспецифических реакций. Стрессовые белки и их функции. Водный дефицит. 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.	4	2	2	6

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>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. Высокие концентрации солей. Типы почвенного засоления. Галофиты и гликофиты. Повреждающее действие солей. Адаптация растений к осмотическому и токсическому действию солей. Способы поддержание оводнённости. Осморегуляторная и протекторная функции осмолитов. Протекторные белки (ПБ), синтезирующиеся в растениях при солевом стрессе. Индукция биосинтеза ПБ высокими концентрациями солей. Функции протекторных белков. Системы ионного гомеостатирования клеток. Компартиментация ионов, роль вакуоли. Роль плазмалеммы и тонопласта в поддержании низких концентраций Na^+ в цитоплазме при засолении. Na^+-транспортирующие системы и их свойства. Дальний транспорт Na^+ (уровень целого растения). Стратегия избегания накопления ионов в активно метаболизирующих тканях и генеративных органах в условиях засоления. Экстремальные температуры. Растения как экзотермные организмы. Температурные адаптации, связанные с изменением содержания ферментов в клетках и их изоферментного состава. Адаптации, обеспечивающие постоянство K_m 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</p>				
--	--	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>регуляция активности локализованных в мембранах ферментов. Роль и функция десатураз в изменении индекса ненасыщенности жирных кислот при температурных адаптациях. 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. Активированный кислород. 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, токоферол. Антиоксидантные ферментативные системы. Семейство супероксиддисмутаз. Аскорбатпероксидаза, ксантофильный цикл и др. Аноксия и гипоксия. 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</p>				
--	---	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>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. Токсичность тяжелых металлов 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>Фитоиммунитет. 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.</p> <p>Тип и степень совместимости в системе: больное растение. Генетическая природа устойчивости растений к патогенам Вертикальная и горизонтальная устойчивости. Теория Флора «гена-гена». Сопряженная эволюция растения хозяина и патогена. Приобретение видовой и сортовой</p>				
--	---	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>специализации патогеном (индукторно-супрессорная модель Хесса). 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>				
11	<p>Системы регуляции физиологических процессов. Фоторегуляция у растений. Основные принципы фоторецепции. Отличие фоторецепторных комплексов от энергопреобразующих. Физиологически важные области спектра: красная и синяя. Фитохром и криптохром, Фитохромная система. Физиологические реакции, опосредованные фитохромной системой: светозависимое прорастание, деэтиоляция, синдром избегания тени. К/ДК-обратимость. Фитохром как «входные ворота» для фотопериодического сигнала. 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. Сеть путей передачи сигнала в клетке. Восприятие воздействий и сигнальных молекул. Рецепторы стимулов и гормонов, их локализация. Роль плазмалеммы. Передача сигнала. Взаимодействие</p>	4	2	2	6

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	<p>рецепторов с посредниками, передающими сигнал, вторичные посредники передачи сигнала. Участие кальция в передаче сигнала. Роль кальмодулина и Ca²⁺-САР комплекса в формировании ответной реакции. Регуляция роста и развития растений. 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, понижениями 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. Эмбриональное развитие. Развитие зародыша у двудольных растений в норме. Прорастание семян. Гормональный баланс при прорастании семян. Отношение АБК/ гиббереллины. Связь гормонального статуса семени с биосинтезом других веществ. Регуляция вегетативного роста растений. Рост корня. Роль фитогормонов. Дифференцировка корневых волосков. Рост побеговой системы. Установление филлотаксиса при прорастании семени. Рост листа. Роль фитогормонов в закладке и развитии листа. Связь развития листа и меристемы побега. Регуляция генеративного развития растений. Индукция и эвокация цветения. Развитие соцветий. Раннее генеративное развитие, позднее генеративное развитие, развитие цветков. Нормальное развитие цветка. Проявления пола у растений. Самонесовместимость. Гетероморфная и гомоморфная самонесовместимость. Спорофитный и гаметофитный контроль самонесовместимости.</p>				
--	---	--	--	--	--

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
			Лек- ции	Прак- тиче- ские занятия	Само- стоя- тельная работа

	Регуляция пола. Жизненные циклы растений. Условия минерального питания, возраст, гормональный статус как факторы, влияющие на пол растений.				
12	Взаимодействие физиологических процессов, их интеграция и согласованное функционирование органов. Донорно-акцепторные взаимодействия как основа эндогенной регуляции фотосинтеза в системе растительного организма. 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. Системы регуляции и их иерархия в растении: трофическая, гормональная и электрофизиологическая. Регуляция распределения роста и веществ, а также взаимодействия органов в целом растении. Регуляция процессов на клеточном уровне. Метаболитная регуляция и механизм контроля протекания процесса по принципу отрицательной (положительной) связи конечными продуктами. Компартментация процессов и веществ как способ организации регуляции процессов в пространстве и времени.	4	2	2	6
			24	22	62

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная учебная литература

1. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. В 2 т.М.: Юрайт, 2019, - Т.1 – 437 с., Т.2 – 459 с.
2. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера : в 3 т. Пер с англ. – 3-е изд. –М., Лаборатория знаний, 2017-2019. – Т.1 – 694 с. – Т.2 – 636 с. – Т.3 – 448 с.
3. Хелдт Г.-В. Биохимия растений. Изд-во Бином. 2011, 471 с.
4. Альбертс Б., Брей Д., Хопкин К. и др. Основы молекулярной биологии клетки, пер. с англ. – 2-е изд., испр. – М. : Лаборатория знаний, 2018. – 768 с.

...

Дополнительная учебная литература

5. Страсбургер Э. и др. Ботаника. т.2. Физиология растений. М.,Академия, 2008, 496 с.
6. Кассимерис Л. и др. Клетки по Льюину, пер. 2-е англ. изд. – М. : Лаборатория знаний, 2016. – 1056 с.
7. Алёхина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. Носов А.М. и др. Физиология растений. М., Академия, 2005, 635 с.
8. Медведев С.С. Физиология растений. Изд-во С.-Петербургского университета. 2004, 336 с.
9. Третьяков Н.Н., Лосева А.С., Кошкин Е.И. и др. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. М., КолосС, 2005, 639 с.
10. Частная физиология полевых культур. Под. ред. Е.И.Кошкина. М., Колос, 2005, 243 с.
11. Безуглова О.С. Удобрения и стимуляторы роста. Феникс, Ростов-на-Дону, 2000,319 с.
12. [Щербаков В. Г.](#), [Лобанов В. Г.](#), [Прудникова Т. Н.](#), [Минакова А. Д.](#) Биохимия. М.: Академия, 2007, 440 с.
13. Шарова Е.И. Клеточная стенка растений. Изд-во С.-Петербургского университета. 2004, 156 с.
14. Елифанова О.И. Лекции о клеточном цикле. М.,КМК, 2003, 159 с.
15. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М., КДУ, 2007, 139 с.
16. Измайлов С.Ф. Азотный обмен в растениях. М., Наука 1986, 320 с.
17. Шевелуха В.С. Рост растений и его регуляция а онтогенезе. М., Колос, 1992, 599 с.
18. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур. Петр И., Черны В. И др., М., Колос, 1984, 367 с.
19. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу,М., Академия, 2003, 253 с.
20. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М.; Дрофа, 2010. – 638 с.
21. Семихатова О.А., Чиркова Т.В. Физиология дыхания растений. Изд-во С.-Петербургского университета. 2001, 224 с.
22. Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения. Комбс Дж.,

Халл Д.О и др., М., Агропромиздат, 1989, 460 с.

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень ЭБС

№	Наименование	Тематика
1	Znanium.com	Универсальная
2	Издательство «Лань»	Ветеринария, сельское хозяйство, технология хранения и переработки пищевых продуктов
3	IPRbook	Универсальная
4	Образовательный портал КубГАУ	Универсальная

Перечень Интернет сайтов:

Официальный сайт Министерства финансов РФ
<https://www.minfin.ru/ru/>

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Федулов Ю. П. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся по дисциплине «Физиология и биохимия растений» [Электронный ресурс]/ Ю. П. Федулов – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 18 с. Режим доступа:

<https://kubsau.ru/upload/iblock/126/126c924b9b18fd3f859273a921d7a27a.pdf>

2. Организация образовательной деятельности по образовательным программам бакалавриата. Положение университета. Пл КубГАУ 2.5.18 – 2015. Утв. ректором КубГАУ 19.05.2015 г.

<http://kubsau.ru/upload/university/docs/pol/191.pdf>.

3. Положение о самостоятельной работе обучающихся. Утв. ректором КубГАУ 05.05.2014 г. <http://kubsau.ru/upload/university/docs/pol/35.pdf>

4. Электронные варианты методических указаний и учебных и методических пособий для изучения дисциплины «Физиология и биохимия растений», расположенные на странице кафедры физиологии и биохимии растений на сайте университета. Режим доступа:
<https://kubsau.ru/education/chairs/veget-phys/doc/>

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют:

- обеспечить взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети "Интернет";
- фиксировать ход образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации по дисциплине и результатов освоения образовательной программы;
- организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов;
- контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования.

Перечень лицензионного ПО

№	Наименование	Краткое описание
1	Microsoft Windows	Операционная система
2	Система тестирования INDIGO	Тестирование
3	Microsoft Office (включает Word, Excel, PowerPoint)	Пакет офисных приложений
4	ABBYY FineReader 14	Распознавание текста

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование	Тематика	Электронный адрес
1	Научная электронная библиотека eLibrary	Универсальная	https://elibrary.ru/
2	Гарант	Правовая	https://www.garant.ru/
3	КонсультантПлюс	Правовая	https://www.consultant.ru/
4	Elsevier	Универсальная	https://www.elsevier.com/
5	FindPatent.ru	Патенты	https://findpatent.ru/
6	Патентная база КубГАУ	Патенты	

10 Материально-техническое обеспечение для обучения по дисциплине

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3	4
	Физиология и биохимия растений		
1		<p>Помещение №403 ЗР, посадочных мест — 96; площадь — 49,7 кв.м; помещение для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. специализированная мебель (учебная доска, учебная мебель); технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран); программное обеспечение: Windows, Microsoft Office.</p> <p>Помещение №400 ЗР, посадочных мест — 16; площадь — 19,6м²; Лаборатория "Агробиологическая" (кафедры физиологии и биохимии растений) . лабораторное оборудование (шкаф лабораторный — 1 шт.; термостат — 2 шт.); специализированная мебель (учебная доска, учебная мебель).</p> <p>Помещение №402 ЗР, посадочных мест — 12; площадь — 39,3м²; Лаборатория "Агрономическая" (кафедры физиологии и биохимии растений) . холодильник — 1 шт.; лабораторное оборудование (оборудование лабораторное — 10 шт.; микроскоп — 1 шт.; шкаф лабораторный — 1 шт.; весы — 2 шт.; анализатор — 1 шт.; иономер — 2 шт.; дистиллятор — 1 шт.; центрифуга — 2 шт.; бур — 1 шт.; генератор — 1 шт.; осциллограф — 1 шт.; термостат — 3 шт.); технические средства обучения</p>	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина д. 13

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3	4
	Физиология и биохимия растений		
		<p>(ноутбук — 1 шт.; ибп — 1 шт.; компьютер персональный — 1 шт.); специализированная мебель (учебная доска, учебная мебель).</p> <p>Помещение № 226 ГУК, посадочных мест — 16; площадь — 35,9 кв.м; помещение для самостоятельной работы.</p> <p>технические средства обучения (компьютер персональный — 13 шт.); доступ к сети «Интернет»; доступ в электронную информационно-образовательную среду; программное обеспечение: Windows, Office; специализированное лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, предусмотренное в рабочей программе; специализированная мебель (учебная мебель).</p>	

11. Оценочные средства

Оценочные средства для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля знаний по дисциплине «Физиология и биохимия растения» представлены в Приложении к настоящей рабочей программе дисциплины.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО, ПРОМЕЖУТОЧНОГО И ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения программы аспирантуры

1.1. Задания на практических занятиях

Задание 1. Рассчитайте среднесуточный прирост сухой массы в посеве (в кг/га), если чистая продуктивность фотосинтеза растений пшеницы перед колошением составила 6 г/м^2 сутки, а листовой индекс посева равен 5.

Задание 2. Рассчитайте, сколько органического вещества вырабатывает растение за 15 минут, если его интенсивность фотосинтеза, определённая методом листовых половинок, составила $2,5 \text{ г/м}^2$ в час, а поверхность листьев растения – $3,2 \text{ м}^2$.

Задание 3. Рассчитайте интенсивность фотосинтеза и ассимиляционный коэффициент побега, который имеет листовую поверхность $2,4 \text{ дм}^2$, содержание хлорофилла в листе 4 мг/дм^2 , и поглотил за 20 минут 16 мг CO_2 .

Задание 4. При определении дыхательного коэффициента в прорастающих семенах двух культур получены следующие данные: 1) поглощено $2,7$ мл кислорода, выделено $0,9$ мл углекислого газа; 2) поглощено $2,3$ мл кислорода, выделено $1,9$ мл углекислого газа. Укажите, в каком случае были семена пшеницы, а в каком подсолнечника.

Задание 5. При определении чистой продуктивности растений кукурузы получены следующие данные: средняя масса сухого вещества растения в начале опыта составила $47,6 \text{ г}$, а площадь листьев – $0,25 \text{ м}^2$. Через 10 дней масса сухого вещества растения достигла $61,3 \text{ г}$, средняя площадь листьев – $0,348 \text{ м}^2$. Рассчитать чистую продуктивность фотосинтеза растений кукурузы.

Задание 6. В результате минеральной подкормки чистая продуктивность фотосинтеза растений картофеля увеличилась с $4,3 \text{ г/м}^2$ в

сутки до $5,7 \text{ г/м}^2$ в сутки. На 1 га находится 57 тыс. растений, площадь листьев одного растения равна $0,445 \text{ м}^2$. На сколько кг увеличится масса клубней за сутки на площади 1 га, если принять, что в клубнях откладывается 75% накопленных при фотосинтезе веществ?

Задание 7. Рассчитайте, чему равен коэффициент водопотребления посева при урожайности 45 ц с 1 га и расходе за вегетационный период 320 мл воды (3200 т/га)?

Задание 8. Рассчитать относительную транспирацию, если в течение часа с листа растения площадью $45,5 \text{ см}^2$ испарилось 0,32 г воды, а с чашки Петри (диаметр – 10 см) испарилось 1,8 г воды. Объясните, почему эта величина меньше единицы.

Задание 9. Клеточный сок корневых волосков изотоничен раствору глюкозы концентрации 0,24 М. Определить в каких пределах меняется величина осмотического потенциала сока в течение суток при колебании температуры от 14°C до 29°C (в МПа).

Задание 10. Осмотический потенциал клеточного сока лука равен – 1,1 МПа. Срезы лука поместили в раствор хлористого натрия с концентрацией 0,3 М, изотонический коэффициент которого при температуре в лаборатории 25°C равен 1,79. Определите, будет ли наблюдаться плазмолиз в клетках лука?

Задание 11. Клетки листьев кукурузы находятся в состоянии начального плазмолиза. Рассчитайте величину сосущей силы клеток (водного потенциала клеток в МПа), если раствор клеточного сока изотоничен раствору глюкозы концентрации 0,2 М при температуре 25°C .

Задание 12. Клетки листьев пшеницы выдержаны в воде и находятся в состоянии максимального тургора. Рассчитайте величину сосущей силы клеток, осмотического и тургорного давления (в МПа), если раствор клеточного сока изотоничен 0,5 М раствору сахарозы при температуре 27°C .

Задание 13. Осмотический потенциал почвенного раствора - 0,9 МПа. Клеточный сок корневых волосков изотоничен 0,3 М раствору хлористого натрия с изотоническим коэффициентом 1,79 при температуре 25°C ; потенциал давления клеток 0,1 МПа. Определите, будет ли вода поступать в клетки корня.

1.2. Темы рефератов

1. Механизмы восприятия воздействий и сигнальных молекул и передачи сигнала.

2. Современные представления о развитии агроценозов.

3. Физиолого-биохимические подходы к изучению агроценозов.

4. Современные проблемы в изучении роста и развития растений на популяционном, организменном, органном, клеточном и молекулярном

уровнях.

5. Можно ли считать плазмалемму ещё одним органоидом клетки?

6. Потери приходящей энергии ФАР и возможные пути повышения КПД фотосинтеза у агроценозов.

7. Механизмы эндогенной регуляции в системе растения: потоки углерода, используемые на синтез различных соединений и их распределение по тканям и органам.

8. Роль гормонов и условий внешней среды в регуляции вегетативного роста и генеративного развития растений.

9. Развитие представлений о пассивном и активном транспорте ионов через клеточную мембрану.

10. Цикл Кребса как перекрёсток метаболических путей в клетке.

11. Механизмы симбиотической фиксации молекулярного азота.

12. Особенности метаболизма фосфора у различных сельскохозяйственных культур.

13. Современные представления о физико-химических механизмах поступления минеральных веществ в растительную клетку.

14. Современные представления о механизмах и транспортных формах метаболитов при транслокации веществ из листьев в другие органы.

15. История развития представлений о механизмах фотосинтеза

16. Механизмы морфогенеза растений: гипотезы и факты

17. Современные представления о работе фитохромной системы растений.

18. История развития представлений о механизмах дыхания

1.3. Примерные темы докладов

1. Современные методы изучения фотосинтеза.

2. Дистанционные методы оценки физиологического состояния растений.

3. Взаимодействие плазмалеммы с другими структурными элементами клетки.

4. Преимущества, недостатки и перспективы использования гидропоники в решении продовольственной проблемы.

5. Роль физиологии растений в выращивании экологически безопасной продукции растениеводства

6. Использование современных физико-химических и физических подходов для решения задач физиологии растений.

7. Роль кальция в передаче сигнала о внешнем воздействии.

8. Современные представления о загрузке и передвижения веществ по флоэме.

9. Запасные и транспортные формы минерального и органического азота и его круговорот в зависимости от источника азотного питания.

10. Роль марганца в метаболических процессах растительной клетки.

11. Современные представления о роли бора в метаболизме растений.

12. Механизмы синтеза АТФ и его транспорта через мембраны митохондрий.

13. Пути передачи сигналов в клетке: молекулярные механизмы.

14. Механизмы интеграции физиологических процессов и согласованное функционирование органов
15. Механизмы и формы потока энергии через растительный организм.
16. Продукционный процесс в агрофитоценозе и контролирующие его факторы.
17. Развитие представлений о гормональной системе регуляции в растительном организме.
18. Химия фотосинтеза: история и современность.
19. Химия дыхания: история и современные представления

2. Промежуточная аттестация

2.1. Вопросы к кандидатскому экзамену

1. Элементы структуры молекулы хлорофилла, ответственные за функцию поглощения, запасания и преобразования энергии в процессе фотосинтеза. Механизм поглощения и испускания света молекулой; спектры поглощения.
2. Первичные процессы фотосинтеза, их структурно-функциональная организация. Представление о фотосинтетической единице.
3. Электрон-транспортная цепь фотосинтеза, компоненты ЭТЦ и последовательность переноса электрона по цепи. Представления о совместном функционировании двух фотосистем. Циклический и нециклический электронный транспорт
4. Фотосинтетическое фосфорилирование. Основные типы, их физиологическое значение, механизмы регуляции. Механизмы энергетического сопряжения транспорта электронов и синтеза АТФ.
5. Система регуляции циклического и нециклического электронного транспорта. Конечные продукты световой и темновой фазы фотосинтеза.
6. Химизм процессов ассимиляции углерода в фотосинтезе. Использование продуктов световой стадии для ассимиляции углекислоты.
7. Цикл Кальвина, основные ферменты и механизмы регуляции цикла.
8. Фотодыхание. ФЭП- карбоксилаза, ее характеристика и локализация.
9. Цикл Хэтча-Слэка-Карпилова, его функциональное значение.
10. Фотосинтез у САМ- растений: особенности организации процесса запасания энергии и фиксации углекислоты во времени.
11. Транспорт продуктов фотосинтеза из хлоропласта, механизмы, контролирующие обмен метаболитами между хлоропластами и цитоплазматической фазой клетки.
12. Ассимиляция углекислоты в листе. Действие внешних факторов (интенсивность и качество света, фотопериод, концентрация CO_2 , O_2 , температура и др.) на фотосинтез.

13. Гликолиз, его энергетический баланс. Основные ферменты синтеза и гидролиза сахарозы и крахмала. Глюконеогенез.
14. Дыхательная электронтранспортная цепь: основные компоненты, способы регистрации редокс-состояний. Структура и функции комплексов ЭТЦ дыхания.
15. Окислительное фосфорилирование. АТФ-синтаза митохондрий. Структура, локализация, пространственная организация. Современные представления о механизме синтеза АТФ.
16. Регуляция электронного транспорта в дыхательной цепи. Дыхательный контроль. Понятие о разобщителях. Энергетическая эффективность дыхания. Челночные системы выноса АТФ и транспорт метаболитов через мембраны митохондрий.
17. Функции дыхания у растений. Интермедиаты окислительных реакций как субстраты для синтеза новых соединений.
18. Изменения в интенсивности и путях дыхания в онтогенезе и при действии факторов среды.
19. Основные закономерности поглощения воды клеткой. Аквапорины (белки водных каналов), их структура, принцип работы. Аквапорины плазмалеммы и тонопласта, их роль в поддержании водного баланса воды.
20. Транспорт воды по растению. Корень как основной орган поглощения воды. Механизм радиального транспорта воды в корне. Характеристика «нижнего» и «верхнего» двигателей водного тока. Корневое давление.
21. Выделение воды растением. Гуттация, «плач» растений. Транспирация и ее роль в жизни растений. Количественные показатели транспирации: интенсивность, продуктивность, транспирационный коэффициент.
22. Содержание и соотношение минеральных элементов в почве и растениях, концентрирование элементов в тканях растения. Функциональная классификация элементов минерального питания.
23. Корень как орган поглощения минеральных элементов, специфических синтезов с их участием и транспорта.
24. Поглощение ионов и их передвижение в корне. Клеточная стенка как фаза для движения ионов. Понятие свободного пространства (СП).
25. Модели поступления ионов в корень, транспорт минеральных веществ в ксилему. Апопластный и симпластный путь. Роль плазмодесм и ЭР.
26. Взаимодействие и регуляция систем транспорта ионов из среды в корень и загрузки ксилемы. Синтетическая функция корня. Связь поступления и превращения ионов с процессами дыхания. Регуляция поступления ионов на уровне целого растения.

27. Особенности азотного обмена растений. Источники азота для растений. Минеральные формы азота, используемые растениями.
28. Симбиотическая фиксация молекулярного азота: механизмы восстановления, источники энергии и восстановители. Характеристика и функционирование нитрогеназы.
29. Восстановление нитратов растениями. Нитрат- и нитритредуктаза: структура ферментов, локализация, регуляция активности и синтеза.
30. Альтернативные пути усвоения аммонийного азота; локализация реакций в клетке и характеристика ферментов (глутаматдегидрогеназы, глутаминсинтетазы, глутаматсинтазы).
31. Поступление серы в растение, реакции восстановления и ассимиляции. Основные соединения серы в клетке.
32. Формы минерального фосфора в тканях, их содержание и функции. Особенности поступления фосфора и транспорта его соединений в растении. Роль фосфора в регулировании активности ферментов.
33. Содержание и распределение калия в клетке, тканях и органах растения; его циркуляция и реутилизация, характеристика систем транспорта K^+ их функции в растении. Роль K^+ в поддержании потенциала на мембранах. Роль калия в регуляции ферментных систем.
34. Содержание и роль соединений магния в тканях растений.
35. Особенности поступления железа у двудольных и однодольных растений. Функции соединений железа.
36. Содержание и распределение меди в клетке и тканях. Участие соединений меди в окислительно-восстановительных процессах дыхания и фотосинтеза.
37. Транслокация веществ из листьев в другие органы: флоэмные ситовидные элементы. Состав транслоцируемых веществ (сахара, аминокислоты, гормоны, неорганические ионы и др.).
38. Восходящий транспорт веществ по ксилеме. Состав ксилемного эксудата. Взаимосвязь транспорта воды и растворенных веществ по ксилеме. Скорости транспорта воды и отдельных веществ.
39. Общие закономерности роста. Показатели роста, S-образный характер кривой роста, его фазы. Компоненты «классического» анализа роста и математический анализ процесса.
40. Типы роста у растений. Организация меристем корня и стебля. Рост и деятельность меристем. Клеточные основы роста.
41. Жизненный цикл высших растений. Основные этапы онтогенеза, их морфологические, физиологические и метаболические особенности.

Состояние покоя у растений. Типы покоя и их значение для жизнедеятельности растений.

42. Механизмы морфогенеза растений. Полярность. Индукция генетических программ, морфогенетические градиенты и ориентация клеток в пространстве. Целостность и коррелятивное взаимодействие органов. Регенерация.

43. Ауксины. Биосинтез, локализация, деградация ауксинов. Активный транспорт ауксинов в растениях. Физиологические ответы на ауксины.

44. Цитокинины. Биосинтез, локализация, деградация цитокининов. Физиологическое действие цитокининов.

45. Понятие об антагонизме и синергизме гормонов. Гормональный баланс в растении. Культура *in vitro* как модель для изучения гормонального баланса.

46. Пути биосинтеза и многообразие гиббереллинов. Образование конъюгатов и деградация. Физиологическое действие гиббереллинов, взаимодействие с другими гормонами..

47. Абсцизовая кислота. Пути биосинтеза АБК в растениях и в грибах, ее метаболизм. Физиологическое действие. АБК как гормон абиотического стресса. Стратегия ответа на засуху, понижение температуры, засоление. Взаимодействие с другими гормонами.

48. Биосинтез этилена. Физиологическое действие. Роль этилена как "гормона тревоги" в биоценозах. Взаимодействие этилена с ауксинами и другими гормонами.

49. Регуляторы роста растений: брассиностероиды, жасмоновая кислота, салицилат, фенольные соединения. Физиологические эффекты регуляторов роста.

50. Фитохромная система. Спектральные свойства молекулы. Этапы превращения Ph_r - Ph_{fr} : изменения в структуре хромофора и апопротеина. Физиологические реакции, опосредованные фитохромной системой.

51. Фотопериодизм. Феноменология фотопериодизма: цветение и группы фотопериодических растений, регуляция листопада, образования почек, перехода к состоянию покоя.

52. Внутренние ритмы развития растений. Периодические явления в ритмах органогенеза и роста растений. Циркадные ритмы, механизм их образования. Настройка циркадных ритмов фотопериодом. Пластохрон.

53. Эмбриональное развитие. Развитие зародыша у двудольных растений в норме. Проращивание семян. Гормональный баланс при проращивании семян.

54. Рост побеговой системы. Рост листа. Роль фитогормонов в закладке и развитии листа. Связь развития листа и меристемы побега.

55. Индукция и эвокация цветения. Развитие соцветий. Раннее генеративное развитие, позднее генеративное развитие, развитие цветков. Нормальное развитие цветка.
55. Жизненные циклы растений. Условия минерального питания, возраст, гормональный статус как факторы, влияющие на пол растений. Половые хромосомы. Мужские и женские цветки у однодомных растений.
56. Физиология и биохимия растений - теоретическая основа растениеводства и новых отраслей биотехнологии.
57. Особенности состава и метаболизма углеводов растений.
58. Олигосахариды, их состав, структура, основные представители. Сахароза; локализация ее синтеза и функции.
59. Полисахариды: состав, типы связей, ветвление. Полисахариды запасные и структурные.
60. Общие свойства липидов, классификация, номенклатура.
61. Биологические мембраны, специфика различных мембран растительной клетки.
62. Структура и ионные свойства аминокислот. Протеиногенные аминокислоты. Амино- соединения, синтезируемые первично из минерального азота и синтез аминокислот.
63. Реакции переаминирования. Ключевая роль глутаминовой кислоты в метаболизме аминокислот.
64. Структура молекул полипептидов. Белковые комплексы. Понятие субъединицы. Функциональная классификация белков.
65. Нуклеиновые кислоты: первичная структура, нуклеотидный состав. Вторичная и третичная структура ДНК. Структура РНК. Типы РНК (информационная, транспортная, рибосомальная).
66. Основные классы вторичных метаболитов: строение, классификация и распространение.
67. Строение ферментов и их характеристика как высокоспециализированных белковых катализаторов. Механизмы регуляции активности ферментов.
68. Особенности строения, структурная и функциональная организация растительной клетки. Симбиогенная гипотеза возникновения растительной клетки.
69. Особенности организации ядерного генома растений. Структура генома, полиморфизм растительной ДНК.

70. Пластидная система, типы пластид, особенности строения, онтогенез. Геном пластид. Прокариотические черты и копияность пластидного генома. Размножение и наследование пластид.
71. Особенности строения митохондрий растений. Особенности структуры митохондриального генома растений. Прокариотические черты и размер митохондриального генома растений.
72. Мембранные системы растительной клетки. Особенности строения плазмалеммы, тонопласта, ЭПР, аппарата Гольджи. Их транспортные системы, протонная энергетика транспортных систем.
73. Вакуоль. Литический и запасающий типы вакуолей. Возникновение вакуолей *de novo*. Транспорт веществ в запасающие и литические вакуоли (слияние везикул, автофагия везикул). Функции вакуолярной системы клетки.
74. Структура цитоскелета растительной клетки, его роль в обеспечении жизнедеятельности растительной клетки.
75. Онтогенез клетки растения и его стадии, апоптоз.
76. Структурные и функциональные особенности клеток растений *in vitro*. Использование клеток растений *in vitro* как модельной системы в физиологических исследованиях и в биотехнологии.
77. Внешние источники энергии для организмов. Две основные формы запасания энергии в клетке. Трансформация энергии на сопрягающих мембранах.
78. Физико-химическая сущность процесса фотосинтеза и его значение в энергетическом и пластическом обмене растения.
79. Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата. Основные показатели мезоструктуры листа.
80. Общая характеристика процесса дыхания, его основные этапы.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения образовательной программы

Контроль освоения дисциплины «Физиология и биохимия растений» на этапах текущей промежуточной аттестации проводится в соответствии с действующим Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Критерии оценки доклада:

- **Оценка «отлично»** ставится, если выполнены все требования к написанию и защите доклада: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

- **Оценка «хорошо»** ставится, если основные требования к докладу и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

- **Оценка «удовлетворительно»** ставится, если имеются существенные отступления от требований к докладу. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании доклада или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

- **Оценка «неудовлетворительно»** ставится, если тема доклада не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

Реферат — это краткое изложение в письменном виде содержания и результатов индивидуальной учебно-исследовательской деятельности, имеет регламентированную структуру, содержание и оформление. Его задачами являются:

1. Формирование умений самостоятельной работы аспирантов с источниками литературы, их систематизация;
2. Развитие навыков логического мышления;
3. Углубление теоретических знаний по проблеме исследования.

Текст реферата должен содержать аргументированное изложение определенной темы. Реферат должен быть структурирован (по главам,

разделам, параграфам) и включать разделы: введение, основная часть, заключение, список используемых источников. В зависимости от тематики реферата к нему могут быть оформлены приложения, содержащие документы, иллюстрации, таблицы, схемы и т. д.

Критериями оценки реферата являются: новизна текста, обоснованность выбора источников литературы, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдения требований к оформлению.

Оценка **«отлично»** — выполнены все требования к написанию реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность; сделан анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция; сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём; соблюдены требования к внешнему оформлению.

Оценка **«хорошо»** — основные требования к реферату выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении.

Оценка **«удовлетворительно»** — имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата; отсутствуют выводы.

Оценка **«неудовлетворительно»** — тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы или реферат не представлен вовсе.

Критерии оценки при проведении кандидатского экзамена:

– **Оценка «отлично»** выставляется аспиранту, при наличии всестороннего, систематического и глубокого знания учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется аспирантам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала;

– **Оценка «хорошо»** выставляется аспиранту, если он показывает полное знание учебно-программного материала, успешно выполняет задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется аспирантам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебы и профессиональной деятельности;

– **Оценка «удовлетворительно»** выставляется аспиранту, в случае знания основного материала учебной программы в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется аспирантам, допустившим погрешности в ответе на экзамене/зачете и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

– **Оценка «неудовлетворительно»** выставляется аспиранту, при наличии пробелов в знаниях основного материала учебной программы, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей специальности.