

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»

Кафедра ботаники и микробиологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
биологии и экологии



О.А. Маракаев

«19» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

«Эколого-физиологические основы стресса у растений»

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по научной специальности 1.5.21 Физиология и биохимия растений

Форма обучения очная

Программа одобрена на заседании кафедры
ботаники и микробиологии
протокол № 9 от «18» апреля 2023 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

- формирование представлений о механизмах функциональной адаптации растений в ходе онтогенеза при изменении экологических факторов;
- знакомство с основными процессами жизнедеятельности растений разных экологических групп, принципами их регуляции и интеграции на уровне клетки, органа и целого организма;
- развитие у аспирантов способностей к самостоятельному анализу, сопоставлению и обобщению материала, касающегося особенностей протекания основных физиологических и биохимических процессов у растений;
- освоение методов функциональной диагностики растений при действии на них экологических и антропогенных факторов.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Эколого-физиологические основы стресса у растений» является дисциплиной по выбору. Она показывает особенности жизнедеятельности растений в различных экологических условиях и возможности практического применения полученных знаний в области эколого-физиологических исследований. Данная дисциплина имеет логические и содержательно-методические взаимосвязи с дисциплинами «Физиология и биохимия растений» и «Взаимоотношения растений с другими организмами».

3. Планируемые результаты освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные закономерности взаимодействия организма растения с окружающей средой;
- особенности координации функциональных систем растения на фоне действия разнообразных экологических факторов.

Уметь:

- оценивать адаптационные возможности растительного организма при изменении экологических условий;
- выявлять чувствительность основных процессов жизнедеятельности растений к определенным видам и концентрациям внешних факторов.

Владеть:

- навыками обработки теоретической информации в области экологической физиологии растений;
- методами изучения функционального состояния растений при действии на них экологических и антропогенных факторов.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий и их трудоемкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости
			лекции	практические	лабораторные	консультации	самостоятельная работа	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
1	Эколого-физиологические особенности стресса растений	2	1				10	реферат
2	Адаптация растений к условиям освещения	2	1				10	контрольная работа
3	Устойчивость к экстремальным температурам	2	0,5				10	реферат
4	Устойчивость к недостатку влаги	2	0,5				10	контрольная работа
5	Устойчивость к недостатку или отсутствию кислорода	2	0,5				10	реферат
6	Устойчивость к окислительному стрессу	2	0,5				10	контрольная работа
7	Устойчивость к засолению и несбалансированному минеральному питанию	2	0,5				10	реферат
8	Устойчивость к газообразным загрязнителям	2	0,5				10	реферат
9	Устойчивость к антропогенным стрессорам	2	1				10	реферат
						2	10	зачет
	Всего		6			2	100	

Содержание разделов дисциплины:

Тема 1. Эколого-физиологические особенности стресса растений

Предмет, задачи и методы современной экологической физиологии растений. Связь с другими науками. Основные проблемы экологической фитофизиологии. Стресс у растений. Стресс на клеточном, организменном и популяционном уровнях.

Классификация стрессоров. Особенности действия стрессоров на растения. Диапазоны толерантности растений. Экологическая валентность. Принцип лимитирующих факторов. Стрессовые и адаптивные реакции растений на действие экстремальных факторов среды – специфические и неспецифические механизмы. Последовательность нарушений у растений. Стратегия адаптации растений к различным стрессорам. Системы регуляции в условиях стресса. Надежность, ее виды. Закаливание растений. Явление сопряженной устойчивости. Устойчивость как приспособление растений к условиям существования. Общие механизмы устойчивости. Обратимые и необратимые повреждения. Ответные реакции растений на действие неблагоприятных факторов. Общие принципы адаптивных реакций растений на экологический стресс – изменение экспрессии генов и включение синтеза стрессовых, мембранных, структурных белков; перестройки мембранных систем и физиологических процессов; синтез протекторных соединений (полиамины, пролин и др.). Молекулярные механизмы устойчивости растений к различным неблагоприятным факторам. Пути повышения устойчивости растений. Перспективы использования генной инженерии для повышения резистентности растений.

Тема 2. Адаптация растений к условиям освещения

Приспособления растений для улавливания и поглощения световой энергии. Листовой индекс. Адаптационные свойства фотосинтетического аппарата. Особенности пигментных систем растений разных экологических групп. Химическая природа фотосинтетических пигментов, их спектральные свойства. Образование хлорофилла, развитие хлоропластов и фотосинтез. Специфика распределения хлорофилла в хлоропластах растений разных экологических групп. Свет и фотосинтез. Характеристика световой кривой фотосинтеза. Точка компенсации. Характеристика действия стрессоров на фотосинтетическую активность растений. Методы ее изучения. Влияние интенсивности и спектрального состава света, продолжительности освещения на фотосинтез. Физиологически активная радиация. Фоторегуляция фотосинтеза. Световое довольствие растения, его кардинальные точки. Морфофизиологические адаптации гелиофитов, гелиосциофитов и сциофитов. Примеры. Гелиоморфизм. Суточная динамика фотосинтеза. Интенсивность и продуктивность фотосинтеза у отдельных растений и в фитоценозах. Факторы, определяющие фотосинтетическую продуктивность в растительных сообществах. Адаптивные системы фотосинтеза. Свет и дыхание. Прямое и косвенное влияние света на дыхание. Окислительный метаболизм растений в разных условиях освещенности. Фотодыхание.

Тема 3. Устойчивость к экстремальным температурам

Реакция растений на температуру. Механизмы терморегуляции у растений. Влияние низких положительных температур (холодоустойчивость растений), низких отрицательных температур (морозоустойчивость растений) и почвенно-климатических факторов (зимостойкость растений), высоких положительных температур (жароустойчивость растений). Реакции растений на действие холода. Пути адаптации растений к пониженной температуре. Причины гибели растений при низкой отрицательной температуре. Приспособления растений к низким отрицательным температурам. Устойчивость растений к замораживанию. Роль белков холодового шока в акклимации растений к замораживанию. Криопротекторы. Выпревание, вымокание, зимнее высыхание. Закаливание к низким температурам и происходящие при этом процессы. Методы диагностики. Жаростойкость. Роль белков теплового шока в акклимации растений к высоким температурам. Особенности жаростойких, холодостойких и морозостойких растений. Температура и фотосинтез. Температурный оптимум фотосинтеза C_3 , C_4 и САМ-растений. Термозависимые и термочувствительные реакции фотосинтеза. Температура и дыхание. Температурные оптимумы дыхания растений разных экологических групп. Термозависимые и термочувствительные реакции дыхания. Пути адаптации окислительного метаболизма растений к высоким и низким температурам.

Тема 4. Устойчивость к недостатку влаги

Почвенная и атмосферная засуха. Действие на растения высоких температур и водного дефицита. Засухоустойчивость растений, методы диагностики. Особенности засухоустойчивых растений. Группы растений, способных переносить засуху. Механизмы приспособления растений к засухе. Пути приспособления различных групп ксерофитов к засухе. Повышение устойчивости к засухе. Реакция растений на водный дефицит. Водный стресс. Осмолиты, их свойства и функции. Аквапорины. Защитные и регуляторные функции белков, индуцируемых водным дефицитом. Приспособление различных ксерофитных форм и мезофитных растений к низкому водному потенциалу. Водный баланс и фотосинтез. Водный баланс и дыхание. Окислительный метаболизм растений разных экологических групп в условиях водного дефицита. Дыхание растений в условиях засухи.

Тема 5. Устойчивость к недостатку или отсутствию кислорода

Физиологические изменения при гипоксии и аноксии. Пути адаптации растений к гипоксии и аноксии. Влияние на растения избыточного увлажнения почвы. Морфолого-анатомические приспособления к корневой гипоксии. Факторы устойчивости болотных растений к затоплению. Полегание, его причины, меры предупреждения. Факторы, определяющие интенсивность газообмена. Метаболические приспособления растений к гипо- и аноксии. Акклимация растений к аноксии. Концентрация кислорода и фотосинтез. Экологическое значение и регуляция фотодыхания. Изменения окислительного метаболизма растений в условиях гипоксии и аноксии. Адаптационные свойства ферментативных систем дыхания. Эколого-физиологическая характеристика анаэробного дыхания растений. Взаимосвязь аэробного и анаэробного этапов дыхания. Взаимосвязь различных типов окислительного метаболизма. Особенности окислительного метаболизма растений разных экологических групп. Энергетическая эффективность. Адаптивные системы дыхания. Влияние концентрации кислорода на процесс фотодыхания. Повышение устойчивости растений к недостатку или отсутствию кислорода.

Тема 6. Устойчивость к окислительному стрессу

Активные формы кислорода и устойчивость растений. Биологическое значение активных форм кислорода. Повреждения биомолекул (липидов, нуклеиновых кислот, белков) активными формами кислорода. Способы снижения образования активных форм кислорода. Механизмы антиоксидантной защиты растительной клетки. Детоксикация продуктов окислительной модификации биомолекул. Работа окислительных ферментов. Внемитохондриальные окислительные ферменты (каталаза, пероксидаза, аскорбатоксидаза, полифенолоксидаза). Их характеристика, адаптационные свойства, значение для жизнедеятельности растений.

Тема 7. Устойчивость к засолению и несбалансированному минеральному питанию

Действие на растение избыточного содержания солей в почве. Реакция растений на высокое содержание солей в почве (солеустойчивость растений). Особенности приспособлений растений к условиям засоления. Типы галофитов. Механизмы адаптации галофитных организмов к солям. Солеустойчивость культурных растений и пути ее повышения. Рост и солевой обмен растений в условиях засоления. Изменение метаболизма растений в условиях засоления. Роль основных минеральных элементов в жизни растения. Влияние избытка минеральных элементов на растение. Приспособления к избытку минеральных элементов. Влияние недостатка минеральных элементов на растение. Приспособления растений к недостатку минеральных элементов. Обеспечение минеральными веществами и фотосинтез. Влияние дефицита минеральных веществ на фотосинтетический аппарат, световые и темновые реакции фотосинтеза. Минеральное питание и дыхание. Влияние дефицита минеральных веществ на окислительный метаболизм растений. Интенсивность дыхания в зависимости от уровня и вида азотного питания.

Тема 8. Устойчивость к газообразным загрязнителям

Загрязняющие атмосферу газы. Действие газов на растение. Их фитотоксичность. Газочувствительность. Загрязнение атмосферы сернистым газом, оксидами азота и углерода, соединениями фтора и др. Клеточные и ультраструктурные эффекты. Реакция растений на организменном уровне. Формирование устойчивости к газам. Механизмы газоустойчивости. Приемы повышения газоустойчивости растений.

Тема 9. Устойчивость к антропогенным стрессорам

Влияние антропогенного фактора на жизнедеятельность растений. Радиационный стресс. Радиоустойчивость и ее механизмы. Озоновый стресс. Реакция растений на повышение концентрации углекислого газа в атмосфере. Накопление нитратов. Причины их аккумуляции, распределение по органам растений. Способы снижения содержания нитратов. Особенности загрязнения почв тяжелыми металлами. Тяжелые металлы в растениях. Процессы их поступления, накопления. Фитотоксичность. Действие тяжелых металлов на фотосинтез и окислительные системы растений. Пестицидные стрессы. Действие гербицидов на растения. Устойчивость растений к фунгицидам и инсектицидам.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание аспирантов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала. Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. В лекции сочетаются проблемные и информационные начала. При этом процесс познания аспирантом в сотрудничестве и диалоге с преподавателем приближается к поисковой, исследовательской деятельности.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы аспирантов. На консультациях по просьбе аспирантов рассматриваются наиболее сложные разделы дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы аспирантов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

Самостоятельная работа включает использование библиотечного фонда и электронно-библиотечной системы, подготовку рефератов по темам с использованием журналов «Биотехнология», «Физиология растений» и др. Предусмотрено проведение контрольных работ; обсуждение научных данных по итогам освоения каждой темы; обсуждение рефератов. В период самостоятельной подготовки студенты имеют возможность обсудить заданные вопросы с преподавателем.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Эколого-физиологические основы стресса у растений» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы аспирантов по темам дисциплины;
- представлен список литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в случае их проведения в дистанционном формате в режиме онлайн.

6. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Косулина Л.Г., Луценко Э.К., Аксенова В.А. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2006. 236 с.

б) дополнительная литература

1. Березина Н.А., Афанасьева Н.Б. Экология растений. М.: Академия, 2009. 400 с.
2. Ипатов В.И. Адаптация водных растений к стрессовым абиотическим факторам среды. М.: Графикон-принт, 2005. 224 с.
3. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. СПб.: СПбГУ, 2002. 244 с.

в) ресурсы сети «Интернет»

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

Научная библиотека ЯрГУ предоставляет доступ к лицензионным современным библиографическим, реферативным и полнотекстовым профессиональным базам данных и информационным справочным системам: реферативные базы данных Web of Science, Scopus; научная электронная библиотека eLIBRARY.RU; Национальная электронная библиотека; электронно-библиотечные системы Юрайт, Проспект, Лань, Консультант студента; автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»; ProQuest Dissertations and Theses Global (Международная база данных диссертаций); электронные коллекции Springer Journals, Springer Nature Experiment; издательство Elsevier на платформе ScienceDirect; журналы Nature Journals, онлайн версия Кембриджской базы структурных данных http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net_res.php

7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав следующие помещения:

- учебные аудитории для проведения лекций;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ЯрГУ.

Автор:

Приложение № 1
к рабочей программе дисциплины
«Эколого-физиологические основы стресса у растений»

Оценочные материалы
для проведения текущей и/или промежуточной аттестации
аспирантов по дисциплине

1. Контрольные задания и (или) иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости

В качестве средств текущего контроля используются три контрольные работы, а также написание в течение семестра одного реферата на выбранную тему.

Вопросы к контрольной работе № 1

1. Стресс у растений. Классификация стрессоров. Особенности действия стрессоров на растения.
2. Диапазоны толерантности растений. Экологическая валентность. Принцип лимитирующих факторов.
3. Неспецифическая и специфическая реакция растений на стресс. Стратегия адаптации растений к различным стрессорам.
4. Надежность, ее виды. Закаливание растений. Явление сопряженной устойчивости.
5. Стресс на клеточном, организменном и популяционном уровнях. Последовательность нарушений у растений.
6. Системы регуляции в условиях стресса. Рецепция и трансдукция внешних сигналов у растений.
7. Устойчивость как приспособление растений к условиям существования. Общие механизмы устойчивости. Явление сопряженной устойчивости.
8. Обратимые и необратимые повреждения. Ответные реакции растений на действие неблагоприятных факторов.
9. Молекулярные механизмы устойчивости растений к различным неблагоприятным факторам.
10. Пути повышения устойчивости растений. Перспективы использования в этих целях генной инженерии.

Вопросы к контрольной работе № 2

1. Значение света в жизни растений. Фотосинтетические и фотоморфологические реакции. Свет и направление роста.
2. Приспособления растений для улавливания и поглощения световой энергии. Рецепторы света. Листовой индекс. Адаптационные свойства фотосинтетического аппарата.
3. Особенности пигментных систем растений разных экологических групп. Химическая природа фотосинтетических пигментов, их спектральные свойства.
4. Экологическое значение фотосинтеза. Характеристика световой кривой фотосинтеза. Точка компенсации.
5. Характеристика действия стрессоров на фотосинтетическую активность. Влияние на фотосинтез экзогенных и эндогенных факторов.
6. Световое довольствие растения, его кардинальные точки. Экологические группы растений по отношению к световому довольствию. Их морфофизиологические адаптации. Примеры. Гелиоморфизм.
7. Влияние интенсивности света на фотосинтез. Фоторегуляция фотосинтеза.

8. Влияние спектрального состава света на фотосинтез. Физиологически активная радиация.
9. Влияние продолжительности освещения на фотосинтез. Экологические группы растений по отношению к фотопериоду.
10. Свет и дыхание. Прямое и косвенное влияние света на дыхание. Окислительный метаболизм растений в разных условиях освещенности.

Вопросы к контрольной работе № 3

1. Температура и фотосинтез. Температурный оптимум фотосинтеза C₃, C₄ и САМ-растений. Термозависимые и термочувствительные реакции фотосинтеза. Суточная динамика фотосинтеза.
2. Температура и дыхание. Температурные оптимумы дыхания растений разных экологических групп. Термозависимые и термочувствительные реакции дыхания. Пути адаптации окислительного метаболизма растений к высоким и низким температурам.
3. Температура и водный баланс растений. Водный дефицит. Работа нижнего и верхнего концевых двигателей в условиях водного стресса.
4. Температура и минеральное питание растений. Роль температурного фактора в поглощении, транспорте и метаболизации элементов минерального питания.
5. Температура и рост растений. Особенности роста растений разных экологических групп при различной температуре.
6. Температура и развитие растений. Термопериодизм.
7. Физиолого-биохимические основы холодостойкости. Реакции растений на действие холода. Пути адаптации растений к пониженной температуре. Криопротекторы. Способы повышения устойчивости.
8. Физиолого-биохимические основы морозостойкости. Причины гибели растений при низкой отрицательной температуре. Приспособления растений.
9. Зимостойкость растений. Повышение устойчивости к комплексу неблагоприятных факторов перезимовки. Физиология покоя.
10. Физиолого-биохимические основы закаливания растений. Этапы, их функциональное значение. Искусственное закаливание растений. Стратификация. Яровизация.
11. Физиолого-биохимические основы жароустойчивости. Белки теплового шока. Растения в условиях высоких температур. Причины гибели от них.

Темы рефератов

1. Взаимодействие органов растения в условиях стресса
2. Взаимодействие сигнальных систем
3. Виды устойчивости растений и их примеры
4. Молекулярные основы адаптации растений
5. Примеры адаптаций к комплексному действию экологических факторов
6. Примеры сопряженной устойчивости
7. Раздражение и реакция растений
8. Сигнальная функция цитоскелета
9. Стрессовые гормоны растений
10. Трансгенные растения с измененной устойчивостью
11. Физиологические механизмы стресс-толерантности растений
12. Примеры адаптации фотосинтетических механизмов
13. Экологическое значение рассеянного света
14. Влияние низкой температуры на экспрессию генов
15. Влияние температуры на рост растений
16. Механизмы терморегуляции у растений
17. Примеры повреждения растений морозом
18. Примеры устойчивости растений к экстремальным температурам
19. Термопериодизм

20. Орошение сельскохозяйственных культур
21. Суточные колебания осмотического давления у растений
22. Транспирация при затрудненном водоснабжении
23. Влияние атмосферных загрязнителей на сельскохозяйственные культуры
24. Газочувствительность травянистых растений
25. Концентрация углекислого газа и фотосинтез
26. Поглощение сернистого газа деревьями
27. Выращивание растений без почвы
28. Диагностика потребности растений в элементах минерального питания
29. Значение известкования для растений
30. Косвенное влияние кислотности почвы на растения
31. Осмотическое давление галофитов
32. Примеры устойчивости растений к засолению
33. Экологические основы применения удобрений

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачету:

1. Основные проблемы экологической физиологии.
2. Стрессовые и адаптивные реакции растений на действие экстремальных факторов среды – специфические и неспецифические механизмы. Регуляторные системы клетки и стресс.
3. Общие механизмы устойчивости. Обратимые и необратимые повреждения.
4. Молекулярные механизмы устойчивости растений к различным неблагоприятным факторам, стрессовые белки и их возможная физиологическая роль. Стресс-протекторные вещества растений (полиамины, пролин и др.).
5. Влияние интенсивности и спектрального состава света, продолжительности освещения на фотосинтетический аппарат и фотосинтез.
6. Действие на растения низких отрицательных и положительных температур. Холодо- и морозоустойчивость, методы диагностики.
7. Закаливание к низким температурам и происходящие при этом процессы.
8. Зимостойкость растений. Выпревание, вымокание, зимнее высыхание.
9. Засухоустойчивость растений, методы диагностики.
10. Действие на растения высоких температур и водного дефицита. Жароустойчивость.
11. Почвенная и атмосферная засуха. Пути приспособления различных групп ксерофитов к засухе.
12. Белки теплового шока растений и термотолерантность.
13. Влияние на растения избыточного увлажнения почвы. Факторы устойчивости болотных растений к затоплению.
14. Физиологические изменения при гипоксии и аноксии. Полегание, его причины, меры предупреждения.
15. Активные формы кислорода и устойчивость растений. Биологическое значение активных форм кислорода.
16. Действие на растение избыточного содержания солей в почве. Типы галофитов. Солеустойчивость культурных растений и пути ее повышения.
17. Устойчивость растений к газообразным промышленным выбросам, фунгицидам, инсектицидам и гербицидам.
18. Перспективы использования генной инженерии для повышения резистентности растений.

2.1 Описание процедуры выставления оценки

По итогам зачета выставляется одна из оценок: «зачтено», «незачтено».

Правила выставления оценки на зачете:

Устный ответ аспиранта на зачете оценивается по 2-х балльной системе.

Отметка «зачтено» ставится, если:

- знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы к зачету, так и на дополнительные;
- аспирант свободно владеет научной терминологией;
- ответ аспиранта структурирован, содержит анализ существующих теорий, научных школ, направлений и их авторов;
- ответ аспиранта логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную для решения;
- ответ аспиранта характеризуется глубиной, полнотой и не содержит фактических ошибок;
- ответ аспиранта иллюстрируется примерами, в том числе из собственной научно-исследовательской деятельности;
- аспирант демонстрирует умение аргументировано вести диалог и научную дискуссию;
- аспирант демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

Отметка «незачтено» ставится, если:

- ответ аспиранта обнаружил незнание или непонимание сущностной части дисциплины;
- содержание вопросов не раскрыто, допускаются существенные фактические ошибки, которые аспирант не может исправить самостоятельно;
- на большую часть дополнительных вопросов по содержанию зачета аспирант затрудняется дать ответ или не дает верных ответов;
- аспирант не демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.