

Минобрнауки России
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр
Российской академии наук»
(КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Врио председателя КарНЦ РАН
член-корр. РАН

_____ О.Н. Бахмет

« ____ » _____ 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Экологическая физиология растений»

Основной образовательной программы высшего образования –
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению подготовки
06.06.01 Биологические науки,
профиль: **Физиология и биохимия растений**

Принята Ученым советом КарНЦ РАН от 25 мая 2018 г. протокол № 07 .

Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины «**Экологическая физиология растений**» составлена на основании следующих документов:

– Федеральный закон РФ от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

– Приказ Минобрнауки России от 19.11.2013 г. № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;

– Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 № 871 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)» (в ред. Приказа Минобрнауки России от 30.04.2015 № 464);

– Положение о разработке и утверждении основных образовательных программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (программ аспирантуры) и индивидуальных учебных планов обучающихся (принято Ученым советом КарНЦ РАН 27.06.2018, протокол № 8).

Составители программы:

Титов Александр Фёдорович – член-корр РАН, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений ИБ КарНЦ РАН;

Таланова Вера Викторовна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений ИБ КарНЦ РАН;

Казнина Наталья Мстиславовна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений ИБ КарНЦ РАН;

Шибяева Татьяна Геннадиевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений ИБ КарНЦ РАН;

1. Цели и задачи освоения дисциплины

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

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

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Обязательная для изучения дисциплина (Б1.В.ОД2), направленная на сдачу кандидатского экзамена по научной специальности 03.01.05 Физиология и биохимия растений.

Относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть) ООП

Период освоения – 3 семестр.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

ЗНАТЬ: понятия, определения, термины (понятийный аппарат курса); факты, события, явления (фактологический материал курса), признаки, параметры, характеристики, свойства изучаемых в курсе объектов; принципы, основы, теории, законы, правила, используемые в курсе для изучения объектов курса; методы, средства, приемы, способы решения задач курса; оценки, границы, пределы, ошибки, ограничения изучаемых в курсе методов.

УМЕТЬ: оформлять, представлять, описывать, характеризовать данные, сведения, факты, результаты работы на языке символов, введенных и используемых в курсе; высказывать, формулировать, выдвигать гипотезы о причинах возникновения той или иной ситуации (состояния, события), о путях (тенденциях) ее развития и последствиях; планировать свою деятельность по изучению курса и решению задач курса; рассчитывать, определять, находить, решать, вычислять, оценивать, измерять признаки, параметры, характеристики, величины, состояния, используя известные методы, средства, решения, технологии, приемы, теории, закономерности; выбирать способы, методы, приемы, меры, средства, модели, законы, критерии для решения задач курса; контролировать, проверять, осуществлять самоконтроль до, в ходе и после выполнения работы.

ВЛАДЕТЬ: работать с компьютером как средством управления информацией; ставить цель и организовывать её достижение, уметь пояснить свою цель; использовать знания письменной и разговорной речи, в т.ч. на иностранных языках; организовывать планирование и анализ своей учебно-познавательной деятельности; классифицировать, систематизировать, дифференцировать факты, явления, объекты; описывать результаты, формулировать выводы; обобщать, интерпретировать полученные результаты по заданным или определенным критериям; отыскивать причины явлений, обозначать свое понимание или непонимание по отношению к изучаемой проблеме и др.

4. Перечень компетенций выпускника аспирантуры, на формирование которых направлено освоение дисциплины

ПК-1: Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области физиологии и биохимии растений;

ПК-2: Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области экологической физиологии растений;

ПК-3: Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области изучения фотосинтеза растений;

ПК-4: Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области изучения процесса роста и развития растений;

ПК-5: Готовность применять методы теоретических и экспериментальных исследований, а также сервисы поиска и ресурсы научной информации в области физиологии и биохимии растений в организации научно-исследовательской деятельности;

ПК-6: Способность осуществлять поиск научной информации по теме исследования в области физиологии и биохимии растений, критически анализировать ее и обобщать;

ПК-7: Способность планировать, организовывать и осуществлять экспериментальную работу в области физиологии и биохимии растений;

ПК-8: Готовность обобщать литературные сведения и результаты экспериментальной работы в области физиологии и биохимии растений в виде научных публикаций на государственном и иностранном языках;

ПК-9: Готовность представлять результаты научных исследований в области физиологии и биохимии растений в виде устных и стендовых докладов на конференциях на государственном и иностранном языках;

ПК-10: Способность представлять результаты научно-исследовательской работы в области физиологии и биохимии растений в виде научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук, подготовленной и оформленной по установленным требованиям.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

ЗНАТЬ:

- эколого-физиологические механизмы устойчивости и адаптаций растений различных систематических групп к неблагоприятным факторам внешней среды;
- общие принципы и особенности жизнедеятельности растений разных географических зон и занимающих разные экологические ниши;
- теоретическую и практическую значимость исследований экологической физиологии растений в решении задач практического земледелия, биотехнологии, охраны окружающей среды, технологий фиторемедиации и фитомелиорации.

УМЕТЬ:

- ориентироваться в проблемах, связанных с адаптацией растений к неблагоприятным условиям внешней среды.
- использовать методы теоретического и экспериментального исследования для изучения различных аспектов экологической физиологии растений;
- использовать новейшие достижения в области экологической физиологии растений в реальных экологических ситуациях для формулирования и решения практических задач.

ВЛАДЕТЬ:

- современными методами эколого-физиологических исследований, навыками постановки и решения исследовательских задач.

6. Объем дисциплины и виды учебных занятий (в виде таблицы)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, что составляет 216 часов.

| Вид учебной работы | Объем часов / зачетных единиц |
|---|-------------------------------|
| Объем дисциплины (всего) | 216 / 6 з.е. |
| Аудиторная учебная нагрузка (всего), в том числе: | 108 / 3 з.е. |
| лекции | 36 |
| практические занятия | 54 |
| семинары | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 108 / 3 з.е. |
| Вид итогового контроля по дисциплине | Зачет |

7. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов, видов учебных занятий, форм текущего контроля (приложение)

8. Содержание тем (разделов) дисциплины

Лекционные занятия

| № | Тема занятия | Кол-во час. |
|---|---|-------------|
| 1 | <p>Предмет и задачи экологической физиологии растений. Общие понятия и методы исследований.</p> <p>Цель и задачи экологической физиологии растений. Классификация экологических факторов среды. Абиотические факторы: климатические, эдафические, орографические, химические. Биотические факторы: аллелопатия, зоогенные, патогенные. Антропогенные факторы. Биологический оптимум. Экологическая пластичность организма. Стенобионты и эврибионты. Экотипы. Приспособление и среда. Гомеостаз. Адаптация. Устойчивость растений. Эколого-физиологические и физиолого-биохимические аспекты устойчивости. Общность ответных реакций у животных и растений как комплекс неспецифических изменений, происходящих в клетках. Специфичность защитно-приспособительных реакций клетки на изменения окружающей среды. Приспособление организмов и адаптивные защитно-приспособительные реакции. Исследование процесса адаптации в онтогенезе. Типы адаптации к внешним условиям. Изменения физиологических параметров при воздействии на различные виды растений неблагоприятных условий среды. Клеточная сигнализация.</p> | 2 |

| | | |
|---|--|---|
| 2 | <p>Действие отрицательных температур и морозоустойчивость.</p> <p>История исследования морозоустойчивости. Работы Н.А. Максимова, И.И. Туманова, Дж. Левитта. Обезвоживание клеток под действием отрицательных температур. Роль белков в устойчивости. Образование внутриклеточного льда при действии низких температур. Роль мембран в устойчивости клетки и организма в целом. Свойства липидного компонента мембран. Биохимические изменения в клетках под действием низких температур. Роль ростовых процессов. Покой в проблеме морозоустойчивости. Обособление цитоплазмы. Процесс закаливания. Оценка устойчивости растений к действию отрицательных температур. Повышение морозоустойчивости.</p> <p>Заморозки. Физиолого-биохимические изменения в растении при действии и последствии заморозков. Изменения, связанные с процессами переохлаждения воды, ее замораживания-оттаивания. Роль света в обратимости повреждений после заморозка.</p> | 4 |
| 3 | <p>Действие низких положительных температур и холодоустойчивость.</p> <p>Сущность чувствительности растений к пониженным температурам. Практическое значение вопроса. Внешние признаки холодового повреждения растений. Действие пониженных температур на физиологические процессы у теплолюбивых растений: водный режим, минеральное питание, фотосинтез, дыхание, рост и развитие, обмен веществ. Экспрессия генов при пониженных температурах. Цитофизиологические изменения при охлаждении теплолюбивых растений. Теории холодового повреждения. Влияние других факторов среды на чувствительность растений к пониженным температурам (свет, влажность, фотопериод, условия предшествующего роста и др.). Диагностика холодового повреждения. Пути повышения холодоустойчивости теплолюбивых растений.</p> | 4 |
| 4 | <p>Действие высоких температур и жароустойчивость.</p> <p>Группы растений по адаптации к высоким температурам. Влияние повышенных температур на физиологические процессы у растений. Основные причины повреждения и гибели растений от действия высокой температуры. Ответные реакции у растений, различающихся по теплоустойчивости. Белки теплового шока. Явления тепловой закалки. Варьирование теплоустойчивости клеток в связи с различными условиями. Физиологические методы определения жароустойчивости растений. Пути повышения теплоустойчивости растений.</p> | 4 |
| 5 | <p>Действие дефицита воды и засухоустойчивость.</p> <p>Значение воды в жизнедеятельности растительного организма. Приспособления растений к поддержанию водного режима. Экологические группы растений по отношению к воде, их физиологические особенности. Засухоустойчивость растений. Определение засухи и ее значение. Действие обезвоживания на физиологические процессы в растении. Ответные реакции организма на действие засухи. Молекулярные основы засухоустойчивости. Методы оценки засухоустойчивости. Повышение засухоустойчивости растений.</p> | 2 |
| 6 | <p>Растения в условиях гипоксии и аноксии.</p> <p>Затопление и связанные с ним физиологические эффекты. Полегание растений. Действие анаэробнозиса на растения. Адаптация к затоплению. Молекулярно-физиологические механизмы устойчивости к затоплению. Аноксия и гипоксия.</p> | 2 |

| | | |
|----|---|-----------|
| 7 | Действие повышенного содержания солей в почвах и солеустойчивость. Засоление почв (солонцы, солончаки). Различные виды засоления. Специфическое влияние на физиологические процессы различных видов засоления (хлоридное, сульфатное засоление). Нарушения обмена веществ, ультраструктуры клеток, накопление токсичных для клетки промежуточных продуктов. Типы солеустойчивости культурных растений. Приспособление галофитных и гликофитных форм растений к засолению. Методы повышения солеустойчивости растений. | 2 |
| 8 | Действие тяжелых металлов. Тяжелые металлов в почвах и воздухе. Поглощение тяжелых металлов растениями, транспорт и накопление. Токсическое действие тяжелых металлов на физиологические процессы. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Клеточные и молекулярные механизмы устойчивости. Гипераккумуляция тяжелых металлов растениями. Фиторемедиация. | 4 |
| 9 | Растения и ультрафиолетовая радиация. Влияние УФ-радиации на физиологические и молекулярные процессы растений. Механизмы устойчивости растений к УФ-радиации. | 2 |
| 10 | Действие вредных веществ атмосферы и газоустойчивость. Газовый состав атмосферы. Химический состав токсикантов. Реакции растений на различные фитотоксиканты. Значение внутренних и внешних факторов для восприимчивости растений к атмосферным загрязнениям. Функции серы, фтора и хлора в метаболизме растения. Газоустойчивость растений. Способы обезвреживания токсических продуктов растением. Способы повышения газоустойчивости растений. | 4 |
| 11 | Устойчивость к фитопатогенам. Типы и виды патогенных организмов. Механизмы повреждающего действия токсинов на клетку растения-хозяина. Генетическая детерминированность взаимоотношений хозяина и паразита. Механизмы защиты от патогенов. «Узнавание» патогена и устойчивость к нему. Иммунитет. Типы и виды иммунитета. Роль анатомо-морфологических особенностей в устойчивости. Системы сигнализации, передачи сигнала о патогене и пути повышения устойчивости. Системная приобретенная устойчивость к патогенам. Реакция "сверхчувствительности". Фитоалексины. | 2 |
| 12 | Окислительный стресс. Активные формы кислорода (АФК). Характеристика АФК. Биологическое значение АФК. Окислительный стресс и запрограммированная смерть клетки. Устойчивость к АФК. Механизмы детоксикации АФК. сновные компоненты антиоксиднтной системы. Ферменты-антиоксиданты. Низкомолекулярные антиоксиданты. | 4 |
| | Итого | 36 |

Практические занятия

| № | Тема занятия | Кол-во час. |
|---|--|-------------|
| 1 | Ознакомление с методами постановки многофакторного планируемого эксперимента в камерах искусственного климата и полевых опытов. Особенности проведения экспериментов по изучению действия на | 14 |

| | | |
|---|---|-----------|
| | растения различных абиотических (низкие температуры, высокие температуры, засоление, тяжелые металлы) и биотических факторов. | |
| 2 | Ознакомление с методами оценки устойчивости растений к действию различных неблагоприятных факторов среды: а) оценка устойчивости клеток листьев к краткосрочному тестирующему промораживанию или прогреву; б) анализ проницаемости мембран по выходу электролитов кондуктометрическим методом. в) оценка реакции растений на действие неблагоприятных факторов с помощью изменения ростовых показателей. | 12 |
| 3 | Использование современных методов исследования фотосинтеза для изучения реакции растений на действие неблагоприятных факторов а) анализ содержания фотосинтетических пигментов; б) анализ функциональной активности фотосинтетического аппарата по изменению флуоресценции хлорофилла; в) анализ показателей фотосинтеза фотосинтеза по изменению поглощения углекислого газа растениями. | 6 |
| 4 | Исследование показателей водного обмена растений а) оводненность тканей; б) транспирация, устьичная проводимость; в) состояние устьичного аппарата. | 12 |
| 5 | Использование биохимических методов в решении задач экологической физиологии растений а) определение содержания активных форм кислорода; б) анализ активности антиоксидантных ферментов; в) определение содержания низкомолекулярных антиоксидантов. | 10 |
| | Итого | 54 |

Семинары

| № | Тема занятия | Кол-во час. |
|----|--|-------------|
| 1. | Активные формы кислорода, механизмы защиты и их сигнальная роль у растений. | 2 |
| 2. | Белки теплового шока и устойчивость растений к температурному стрессу. | 2 |
| 3. | Сигнальные системы и регуляция экспрессии генов при стрессе. | 2 |
| 4. | Физиологические и молекулярные механизмы адаптации растений к низким температурам. | 2 |
| 5. | Свойства и функции осмолитов. Роль свободного пролина в устойчивости растений к действию неблагоприятных факторов среды. | 2 |
| 6. | Металлотионеины и фитохелатины, их роль в детоксикации тяжелых металлов в растении. | 2 |
| 7. | Использование генной инженерии для повышения устойчивости растений к различным стрессорам. | 2 |
| 8. | Общие механизмы устойчивости растений к действию неблагоприятных факторов среды разной природы | 2 |
| 9. | Проблемы и перспективы использования растений в ремедиационных технологиях. | 2 |
| | Итого | 18 |

9. Методические материалы для текущего контроля

Вопросы контрольной работы по экологической физиологии растений

1. Что такое адаптация?
2. Что такое устойчивость?
3. На какие группы делят растения по требованиям к температурам?
4. Какие организмы называют пойкилотермными?
5. Чем отличаются устойчивые к холоду сорта от неустойчивых?
6. Что является причиной гибели растений при отрицательных температурах?
7. Какова биологическая роль антифризных белков?
8. Может ли температура растения быть выше температуры окружающей среды?
9. Какие механизмы обеспечивают повышенную жароустойчивость растений?
10. Какова роль БТШ в клетке?
11. Чем отличаются устойчивые к засухе растения от неустойчивых?
12. Какие существуют физиологические механизмы устойчивости к засухе?
13. Какие приспособления к гипоксии формировались у мезофитов в ходе онтогенеза?
14. Почему гликофиты не могут жить при высокой засоленности почвы или воды?
15. Как влияют УФ-излучение на макромолекулы ДНК и белков?
16. Чем отличаются аккумуляторы тяжелых металлов от индикаторов?
17. Какое влияние тяжелые металлы оказывают на фотосинтез?
18. Что такое фитохелатины? Какова их роль?
19. Для чего нужны антиоксиданты?
20. Что такое кросс-адаптация?

10. Методические материалы для оценивания итоговых результатов обучения по дисциплине

Вопросы к зачету

1. Понятия устойчивости, адаптации, гомеостаза.
2. Общность и специфичность реакций на действие стресс-факторов разной природы.
3. Причины повреждения и гибели растений при отрицательных температурах.
4. Роль сахаров в механизмах адаптации к отрицательным температурам.
5. Роль стрессовых белков в механизмах адаптации к отрицательным температурам.
6. Роль липидов в адаптации к морозу.
7. Действие низких температур на теплолюбивые растения.
8. Холодостойкость растений.
9. Причины повреждения и гибели растений от действия высокой температуры.
10. Механизмы жароустойчивости.
11. Белки теплового шока и их роль в растении.
12. Экологические группы растений по отношению к воде, их физиологические особенности.
13. Механизмы адаптации растений к засухе.
14. Действие анаэробнобиоза на растения.
15. Молекулярно-физиологические механизмы адаптации к затоплению.
16. Виды засоления почв. Действие хлоридного и сульфатного засоления.
17. Приспособление галофитных и гликофитных форм растений к засолению.
18. Поглощение тяжелых металлов растениями, транспорт и накопление.
19. Токсическое действие тяжелых металлов на физиологические процессы.
20. Клеточные и молекулярные механизмы устойчивости к тяжелым металлам.
21. Гипераккумуляция тяжелых металлов растениями.
22. Действие УФ-радиации на физиологические процессы растений.
23. Механизмы устойчивости растений к УФ-радиации.
24. Газоустойчивость растений.

25. Механизмы повреждающего действия патогенов на клетку растения-хозяина.
26. Системная приобретенная устойчивость. Реакция "сверхчувствительности".
27. Активные формы кислорода (АФК): характеристика и биологическое значение.
28. Механизмы детоксикации АФК. Антиоксидантные системы.

11. Учебная литература

1) Перечень основной литературы

1. Войников В.К. Энергетическая и информационная системы растительных клеток при гипотермии. Новосибирск, Наука. 2013. 212 с.
2. Казнина Н.М., Титов А.Ф. Влияние кадмия на физиологические процессы и продуктивность растений семейства Poaceae // Успехи соврем. биологии. 2013. Т. 133. № 6. С. 588–603.
3. Креславский В. Д., Лось Д. А., Аллахвердиев С. И., Кузнецов Вл. В. Сигнальная роль активных форм кислорода при стрессе у растений // Физиология растений. 2012. Т. 59, № 2. С. 163–178.
4. Кудоярова Г.Р., Холодова В.П., Веселов Д.С. Современное состояние проблемы водного баланса растений при дефиците воды // Физиология растений. 2013. Т. 60, № 2. С. 155–165.
5. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. Т. 1. М.: Юрайт. 2016. 437 с.
6. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. Т. 2. М.: Юрайт. 2016. 459 с.
7. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров. Киев: Основа. 2010. 352 с.
8. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных растений: учебник. М.: Дрофа. 2010. 638 с.
9. Малышев И.Ю. Стресс-белки в биологии и медицине. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2012. 176 с.
10. Марковская Е.Ф., Шиббаева Т.Г. Низкотемпературные сенсоры у растений: гипотезы и предположения // Известия РАН. Серия Биологическая. 2017. №2. С. 120–128.
11. Новицкий Ю.И., Новицкая Г.В. Действие постоянного магнитного поля на растения. М.: Наука. 2016. 352 с.
12. Реунов А. В. Пероксисомы растений: роль в метаболизме активных форм кислорода и опосредованных ими процессах // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134, № 1. С. 48–60.
13. Рихванов Е.Г., Федосеева И.В., Пятрикас Д.В., Боровский Г.Б., Войников В.К. Механизм функционирования кальциевой сигнальной системы у растений при действии теплового стресса. Роль митохондрий в этом процессе // Физиология растений. 2014. Т. 61, № 2. С. 155-165.
14. Розенцвет О.А., Нестеров В.Н., Богданова Е.С. Структурные и физиолого-биохимические аспекты солеустойчивости галофитов // Физиология растений. 2017. Т.64. № 4. С. 251–265.
15. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. 194 с.
16. Шарова Е.И. Антиоксиданты растений. Изд-во Санкт-Петербургского университета. 2016. 140 с.
17. Экологическая физиология растений: терминология: учебное пособие для студентов эколого-биологического и агротехнического факультетов [в 2 ч.] / Дроздов С.Н., Марковская Е.Ф., Тимейко Л.В., Холопцева Е.С. Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2015. Ч. 1– 88 с. Ч.2 – 88 с.
18. Baxter A., Mittler R., Suzuki N. ROS as key players in plant stress signalling // J. Exp. Bot. 2014. V. 65. P. 1229–1240.

19. Carmody M., Waszczak C., Idanheimo N., Saarinen T., Kangasjarvi J. ROS signaling in a destabilised world: A molecular understanding of climate change // *J. Plant Physiol.* 2016. V. 203. P. 69–83.
20. Chen M.-O., Lung S.-C., Du Z.-Y., Chye M.L. Engineering plants to tolerate abiotic stresses // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.* 2014. V. 3. P. 81–87.
21. Czarnocka W., Karpinski S. Friend or foe? Reactive oxygen species production, scavenging and signaling in plant response to environmental stresses // *Free Radical Biology and Medicine.* 2018. V. 122. P. 4–20.
22. Demidchik V. Mechanisms of oxidative stress in plants: From classical chemistry to cell biology // *Envir. Exp. Bot.* 2015. V. 109. P. 212–228.
23. Huber A.E., Baurle T.L. Long-distance plant signaling pathways in response to multiple stressors: the gap in knowledge // *J. Exp. Botany.* 2016. March 3. 17 p.
24. Michalski E.M.R., Conrath U. Innate immune memory in plants // *Seminars in Immunology.* 2016. V. 28. P. 319–327.
25. Mohanta T.K., Bashir T., Hashem A., Abd_Allah E.F. System biology approach in plant abiotic stresses // *Plant Physiol. Biochem.* 2017. V. 121. P. 58–73.
26. Pal R.S., Agrawal P., Bhatt J. C. Molecular approach towards the understanding of defensive systems against oxidative stress on plant: A critical review // *J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 2013. V. 22. P. 131–138.
27. Scandalios J.G. Genomic responses to environmental stress. Ed. J. G. Scandalios. The United Kindom. Academic Press Inc, 1990. P. 1–297.
28. Sulmon C., Baaren J., Cabello-Hurtado F. et al. Abiotic stressors and stress responses: What commonalities appear between species across biological organization levels? *Environmental Pollution.* 2015. V. 202. P. 66–77.
29. Szymańska R., Ślesak I., Orzechowska A., Kruk J. Physiological and biochemical responses to high light and temperature stress in plants // *Environ. Exp. Bot.* 2017. Vol. 139. P. 165–177.
30. Tran T.A., Popova L.P. Function and toxicity of cadmium in plants: recent advances and future prospects // *Turk. J. Bot.* 2013. V. 37. № 1. P. 1–13.

2) Перечень дополнительной литературы

1. Веселов Д.С., Кудоярова Г.Р., Кудрякова Н.В., Кузнецов В.В. Роль цитокининов в стресс-устойчивости растений // *Физиология растений.* 2017. Т. 64, № 1. С. 19-32.
2. Репкина Н.С., Таланова В.В., Топчиева Л.В. Устойчивость растений к тяжелым металлам и экспрессия генов: Учебно-методическое пособие. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2013. 32 с.
3. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М. Практикум по курсу «Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам». Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2013. 63 с.
4. Bashir H., Qureshi M. I., Ibrahim M. M., Iqbal M. Chloroplast and photosystems: Impact of cadmium and iron deficiency // *Photosynthetica.* 2015. Vol. 53. No 3. P. 321–335.
5. Crosatti C., Rizza F., Badeck F.W., Mazzucotelli E., Cattivelli L. Harden the chloroplast to protect the plant // *Physiol. Plant.* 2013. V. 147. P. 55–63.
6. Gusta L.W., Wisniewski M. Understanding plant cold hardiness: an opinion // *Physiol. Plant.* 2013. V. 147. № 1. P. 4–14.
7. Kazan K. Diverse roles of jasmonates and ethylene in abiotic stress tolerance // *Trends Plant Sci.* 2015. V. 20. P. 219–229
8. Noctor G., Lelarge-Trouverie C., Mhamdi A. The metabolic of oxidative stress // *Phytochem.* 2015. V. 112. P. 33–53.
9. Per T.S., Khan M.I.R., Anjum N.A., Masood A., Hussain S.J., Khan N.A. Jasmonates in plants under abiotic stresses: Crosstalk with other phytohormones matters // *Environ. Exp. Bot.* V. 145. P. 104–120.

10. Rejeb K.B., Abdelly C., Savoure A. How reactive oxygen species and proline face stress together // Plant Physiol. Biochem. 2014. V. 80. P. 278–284.
11. Szöllösi R. Superoxide Dismutase (SOD) and abiotic stress tolerance in plants: an overview. Ed. P. Ahmad., The Netherlands. Springer, 2014. P. 89–129.
12. Zhu J.K. Abiotic stress signaling and responses in plants // Cell. 2016. V. 167. P. 313–324.
13. Voss I., Sunil B., Scheibe R., Raghavendra A.S. Emerging concept for the role of photorespiration as an important part of abiotic stress response // Plant Biol. 2013. Vol. 15. P. 713–722.

12. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронный ресурсы научной библиотеки КарНЦ РАН

[режим доступа: <http://library.krc.karelia.ru/>]

Электронная научная библиотека eLIBRARY.RU

[режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>]

Электронная юбиблиотека ОБН РАН

[режим доступа: <http://www.sevin.ru/library/>]

Библиотека по естественным наукам РАН

[режим доступа: <http://www.benran.ru/>]

Электронная научная библиотека Wiley Online Library

[режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/>]

Электронная научная библиотека издательства Springer

[режим доступа: <http://www.springer.com/gp/>]

Электронная научная библиотека издательства Elsevier

[режим доступа: <http://www.elsevier.com/>]

Библиографическая и реферативная база данных Scopus

[режим доступа: <http://www.scopus.com/>]

Национальная библиотека Республики Карелия

[режим доступа: <http://library.karelia.ru/>]

Медико-биологический информационный портал и поисковая система Medline

[режим доступа: <http://www.medline.ru/medsearch/>]

14. Материально-техническое обеспечение

Оборудование лабораторий:

Камера ростовая для биологических испытаний Votsch 1014 с программным управлением (Votsch, Германия);

камеры искусственного климата Polaris;

анализатор выхода фотосинтеза Photosynthesis yield analyzer MINI-PAM (Walz, Германия);

портативная система для измерения фотосинтеза Portable photosynthesis system HCM-1000;

экспресс-анализатор хлорофилла SPAD 502 PLUS (Konica Minolta, Japan);

система «Oxytherm» (Hansatech Instruments, Norfolk, Великобритания);

световые микроскопы ЛОМО МИКМЕД 2-2 (Россия);

бинокулярная лупа МБС-9 (Россия);

спектрофотометр СФ-2000 с программным управлением (ЗАО «ОКБ Спектр»);

аналитические весы GR-200 (A&D, Япония).

Оборудование ЦКП для молекулярно-генетических исследований:

Центрифуга с охлаждением на 24 места Eppendorf Centrifuge 5415R (Eppendorf)

Система ПЦР в режиме реального времени, система анализа РНК IQ iCycler (Bio-Rad)

Амплификатор (термоциклер) МахуGene II Therm-1000 (Ахугене)

Система высокой очистки воды Simplicity с УФ лампой;

Микроцентрифуга-вортекс "Микроспин" FV-2400, 2800 об/мин, роторы R-1,5, R-0.5/0.2

Бокс абактериальной воздушной среды для работы с ДНК-пробами при проведении ПЦР-диагностики БАВ-ПЦР-"Ламинар-С."

15. Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Access 2010 Russian Open License Pack NoLevel Academic Edition – программа для работы с базами данных;
2. Power Point 2007 – программа для создания презентаций.
3. Программное обеспечение в комплекте с научным оборудованием.
4. Пакет программного обеспечения для создания и поддержки генетических баз данных Fingerprinting II Informatix (Bio-Rad, США).

16. Критерии оценивания для итогового контроля

Результаты зачета оцениваются на «зачтено», «незачтено» по следующим основаниям:

«Зачтено» ставится, если ответ построен логично, в соответствии с планом, показано знание универсальных, общепрофессиональных и профессиональных вопросов, терминов и понятий, установлены содержательные межпредметные связи, выдвигаемые положения обоснованы, приведены примеры, показан аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделаны содержательные выводы, продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы.

«Незачтено» ставится, если ответ построен не логично, план ответа соблюдается непоследовательно, отвечающий не раскрыты профессиональные знания и умения. Научное обоснование вопросов подменено рассуждениями дилетантского характера. Ответ содержит ряд серьезных неточностей и грубых ошибок. Не обнаружен аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделанные выводы поверхностны или неверны, не продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы.