

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру

Область науки – Естественные науки

Группа специальностей – 1.5 Биологические науки

Научная специальность –

1.5.21. ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

Сыктывкар 2026

Введение. Современное понимание физиологии растений как науки об организации и координации функциональных систем зеленого растения. Задача – познание закономерностей жизнедеятельности растений, раскрытие молекулярных основ сложных функций и механизмов их регуляции в системе целого организма. Объект физиологии растений – эукариотный организм, осуществляющий фототрофный образ жизни.

Методологические основы физиологии растений. Сочетание различных уровней исследований (субклеточный, клеточный, организменный, биоценотический). Классические и современные методы физиологии растений как науки.

Место физиологии растений в системе естественных наук. Связь физиологии растений со смежными науками (ботаника, генетика, биохимия, биофизика, молекулярная биология). Физиология и биохимия растений – теоретическая основа растениеводства и новых отраслей биотехнологии. Физиологические основы продуктивности растений. Роль физиологии и биохимии растений в решении задач растениеводства, сельского и лесного хозяйства, биотехнологии, экологии.

Этапы развития фитофизиологии, их связь с общим развитием биологии и практикой. Вклад отечественных ученых в развитие знаний о физиологии растений. Отечественные и зарубежные школы фитофизиологов. Главные проблемы современной фитофизиологии.

1. Физиология растительной клетки.

Клетка – элементарная структурно-функциональная единица жизни. Организация растительной клетки – основа ее функциональной активности. Основные структурные элементы эукариотической растительной клетки. Особенности строения в связи с биологическими функциями. Функциональное взаимодействие клеточных структур.

Современные представления о структуре, свойствах и функциях мембран. Механизмы мембранного транспорта веществ.

Обмен веществ. Первичный метаболизм и первичные метаболиты. Вторичный метаболизм и вторичные метаболиты. Химические классы и функции вторичных метаболитов.

Общие принципы клеточной биоэнергетики. Использование живыми организмами энергии света и химической энергии в процессах фотосинтеза и дыхания.

Генетический аппарат растительной клетки. Ядерный, митохондриальный и хлоропластный геномы, их взаимодействие.

Регуляторные системы клетки. Внутриклеточные факторы регуляции обмена: биохимические, генетические, мембранные. Регуляция с участием вторичных мессенджеров.

Молекулярные основы физиологических процессов. Структура и функции ДНК и РНК. ДНК митохондрий и хлоропластов. Регуляция экспрессии генов

2. Фотосинтез.

Развитие учения о фотосинтезе. Значение работ К.А. Тимирязева. Сущность и значение фотосинтеза. Роль фотосинтеза в пластическом и энергетическом обмене растительного организма. Фотосинтез как процесс трансформации и запасания энергии

света в энергию химических связей. Масштабы фотосинтетической деятельности в биосфере. Эволюция фотосинтеза.

Структурная организация фотосинтетического аппарата. Строение листа как специализированного органа фотосинтеза. Хлоропласты и элементы их структуры (двойная мембрана, тилакоиды, граны, матрикс). Онтогенез хлоропластов.

Пигментная система фотосинтезирующих организмов. Хлорофиллы, структура, спектральные свойства, основные этапы биосинтеза. Хлорофилл-белковые комплексы. Фикобилины, строение, спектральные свойства, распространение, роль в фотосинтезе.

Каротиноиды. Химическое строение, свойства, спектры поглощения. Функции в фотосинтезе (дополнительные светосборщики, защитная). Биосинтез каротиноидов.

Первичные процессы фотосинтеза. Поглощение света пигментами. Электронно-возбужденные состояния пигментов (синглетное, триплетное). Способы дезактивации возбужденных состояний. Механизмы миграции энергии в системе фотосинтетических пигментов.

Представления о фотосинтетической единице. Антенные комплексы, Реакционные центры, их структурная организация. Преобразование энергии в реакционном центре. Окислительно-восстановительные превращения хлорофилла реакционного центра.

Электрон-транспортная цепь фотосинтеза, ее основные компоненты. Представления о совместном функционировании двух фотосистем. Основные функциональные комплексы ЭТЦ: ФС1, ФС2, цитохром b_6/f комплекс; их структура и функции. Система окисления воды и выделения кислорода при фотосинтезе. Участие хинонов, цитохромов, Cu и Fe протеидов в реакциях транспорта электронов. Циклические, нециклические и псевдоциклические потоки электронов, системы регуляции.

Фотофосфорилирование. Характеристика основных типов фотофосфорилирования (циклическое, нециклическое, псевдоциклическое). Механизм сопряженного электронного транспорта и образования АТФ.

Метаболизм углерода при фотосинтезе (темновая фаза фотосинтеза). Связь фотосинтетической ассимиляции CO_2 с фотохимическими реакциями. Природа первичного акцептора углекислоты. Химизм реакций Кальвина, ключевые ферменты. Первичные продукты фотосинтеза, их превращения. Регенерация акцепторов CO_2 .

Фотодыхание. Химизм, локализация в клетке, физиологическое значение.

Цикл Хэтча-Слэка-Карпилова. Роль C_4 -фотосинтеза в адаптации растений к недостатку влаги и высокой температуре.

С₃-тип метаболизм. Особенности C_3 , C_4 и С₃/С₄ растений.

Экология фотосинтеза. Зависимость фотосинтеза от внешних условий и состояния организма. Влияние на фотосинтез условий освещения, минерального питания, водоснабжения, содержания в среде углекислоты, температуры. Углекислотный и световой компенсационный пункты. Особенности фотосинтеза у разных экологических групп растений.

Эндогенные механизмы регуляции фотосинтеза. Процессы в хлоропластах при переходе к фотосинтезу. Клеточный, тканевой уровни регуляции фотосинтеза.

Фотосинтез и продуктивность растений. Современные представления о взаимосвязи фотосинтеза и продуктивности, теория фотосинтетической продуктивности. Пути повышения фотосинтетической продуктивности растений и их сообществ.

3. Дыхание.

Общие представления о дыхании, его биологическое значение. Специфика дыхания у растений. Развитие представлений о природе механизмов и о путях окислительно-восстановительных превращений в клетке. Каталитические системы дыхания (дегидрогеназы, оксидазы, карбоксилазы, трансферазы и др.). Механизмы активации водорода субстрата и молекулярного кислорода.

Митохондрии, их структура и функции. Пути окисления органических веществ в клетке. Дыхательные субстраты и дыхательный коэффициент.

Основные пути диссимиляции углеводов. Гликолиз и его этапы. Энергетический выход, функции гликолиза в клетке. Цикл Кребса (цикл ди- и трикарбоновых кислот). Последовательность реакций, энергетический выход, роль в обмене веществ.

Пути распада белков и жиров. Глиоксилатный цикл.

Электрон-транспортная цепь митохондрий и окислительное фосфорилирование. Структурная организация мЭТЦ, основные компоненты, их окислительно-восстановительный потенциал. Комплексы переносчиков электронов. Основной (цитохромный) и альтернативный пути переноса электронов на кислород.

Регуляция электронного транспорта и окислительного фосфорилирования в митохондриях. Фосфорилирование в мЭТЦ. Механизм сопряжения транспорта электронов с образованием АТФ. Энергетическая эффективность процесса.

Дыхание – центральное звено обмена веществ, роль дыхания в биосинтезах. Связь с другими функциями в клетках. Связь дыхания и брожения. Анаэробное дыхание, эволюционные и приспособительные аспекты.

Регуляция дыхания. Зависимость дыхания от внешних и внутренних факторов. Количественные показатели дыхательного газообмена.

4. Физиология водообмена растений

Значение воды в жизнедеятельности растений. Молекулярная структура и физические свойства воды. Состояние воды в клетке и растении. Термодинамические основы водообмена. Концепция водного потенциала и его составляющие (осмотический, матричный и потенциал давления).

Основные закономерности поглощения воды клеткой. Набухание биокolloидов, осмоявления, лежащие в основе поступления воды в растения. Градиент водного потенциала как движущая сила поступления и передвижения воды в системе «почва-растение-атмосфера», в клетках, тканях и целом растении.

Механизмы передвижения воды по растению. Пути ближнего и дальнего транспорта. Движущие силы восходящего тока в растении. Корневое давление, механизм, значение в жизни растения. Натяжение воды в сосудах, силы молекулярного сцепления.

Транспирация, ее физиологическое значение. Количественные показатели транспирации (интенсивность, продуктивность, транспирационный коэффициент). Устьичная и кутикулярная транспирация. Строение устьиц и механизм регуляции

устычных движений. Влияние внешних факторов (свет, температура, влажность воздуха и почвы и др.) на интенсивность транспирации. Суточный ход транспирации.

Экология водообмена растений. Особенности водообмена у растений разных экологических групп (ксерофитов, мезофитов, гигрофитов, галофитов). Водный дефицит и его влияние на физиологические процессы. Пути адаптации растений к водному дефициту.

5. Физиология минерального питания.

Роль растений в круговороте минеральных элементов в биосфере. Потребность растений в минеральных элементах. Содержание и соотношение минеральных элементов в почве и растениях. Классификация необходимых для растения элементов. Основные функции ионов в метаболизме: структурная и каталитическая.

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

Ближний транспорт ионов в тканях корня. Симпластический и апопластический пути. Дальний транспорт. Восходящее передвижение веществ по растению; пути и механизмы.

Механизм поглощения ионов. Роль процессов диффузии и адсорбции, их характеристика. Свободное пространство. Кинетика процессов поглощения. Участие мембранных структур клетки в компартментации ионов.

Транспорт ионов через плазматическую мембрану: пассивный, активный. Движущие силы транспорта ионов и формы потребляемой энергии. Механизмы транспорта ионов через мембраны: АТФазы, редоксцепи, ионные каналы, портерные системы (симпорт, антипорт, унипорт).

Взаимодействие процессов поглощения веществ корнем с другими функциями растения (дыханием, фотосинтезом, водообменом, биосинтезами, ростом и др.).

Основные элементы минерального питания (азот, фосфор, сера, калий, кальций, магний, железо, микроэлементы). Форма поступления в растение, пути включения в обмен, биохимическая и физиологическая роль в жизнедеятельности растения.

Азот и его значение в жизни растения. Круговорот азота в природе. Источники азота для растений. Симбиотическая фиксация молекулярного азота. Структурная и функциональная характеристика нитрогеназы.

Минеральные формы азота, используемые растением. Ферментные системы, участвующие в усвоении азота, регуляция их активности. Биохимические пути ассимиляции аммиака. Синтез аминокислот, реакции переаминирования, запасные и транспортные формы минерального и органического азота, накопление нитратов в тканях. Круговорот азота по растению.

Азотный обмен и дыхание. Азотный обмен и фотосинтез. Взаимодействие азотного и углеродного потоков.

Сера и ее соединения в растительной клетке, их функции. Источники серы для растения. Восстановление сульфатов. Ассимиляция серы. Биогеохимический цикл серы.

Фосфор. Фосфорсодержащие соединения клетки, их роль. Поступление фосфора в клетку, пути включения в метаболизм. Фитин-запасная форма фосфора в клетке.

Калий. Значение в жизнедеятельности растений. Влияние на свойства протоплазмы, ионный баланс. Калий и регуляция устьичных движений.

Кальций. Структурная роль кальция (клеточная стенка, мембраны и т.д.). Регуляторная роль кальция.

Магний. Формы участия магния в метаболизме. Магний в составе хлорофилла.

Микроэлементы, роль в метаболизме. Металлы как элементы ферментов и компонентов ЭТЦ хлоропластов и митохондрий.

Водная, песчаная и почвенная культуры, их применение в физиологии растений. Питательные смеси. Физиологически кислые и физиологически основные соли. Взаимодействие ионов (антагонизм, синергизм, аддитивность). Физиологические основы применения удобрений. Значение работ Д.Н. Прянишникова и Д.А. Сабина в создании теории минерального питания.

Корневое питание как фактор управления продуктивностью и качеством урожая.

6. Транспорт веществ в растении.

Понятие о восходящем и нисходящем токах веществ в растении. Организация, механизмы и регуляция флоэмного и ксилемного транспорта. Зависимость транспорта от температуры, водного режима, минерального питания. Донорно-акцепторные взаимодействия и роль транспортных систем в интеграции физиологических функций целого растения.

7. Физиология роста и развития растений.

Понятия «рост» и «развитие», «дифференцировка», «тотипотентность». Общие закономерности роста у растений. Организация меристем корня и стебля. Рост и деятельность меристем. Кинетика ростовых процессов, «большая» кривая роста. Ритмика, биологические часы. Корреляции. Полярность. Регенерация.

Клеточные основы роста. Фазы роста клеток и их характеристики. Изменения морфологии и метаболизма при прохождении каждой фазы.

Дифференцировка клеток и тканей: компетенция и детерминация. Дифференциальная экспрессия генома как фактор реализации генетической программы развития. Тотипотентность растительной клетки.

Система регуляции функций целого растения: трофическая, гормональная, электрическая.

Фитогормоны (ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, этилен, брассиностероиды), их строение, биосинтез, транспорт, рецепторы, физиологическое действие. Молекулярные основы действия гормонов и ингибиторов растений. Взаимодействия между различными гормонами. Синтетические регуляторы и ингибиторы роста (гербициды, ретарданты, морфактины), их практическое применение.

Ростовые и тургорные движения растений. Тропизмы (фото-, гео-, электро и термотропизмы) и настиги.

Влияние света на процессы роста и развития растений. Фоторецепторы. Фитохромная и криптохромная системы регуляции.

Жизненный цикл высших растений. Основные этапы онтогенеза (эмбриональный, ювенильный, репродуктивный, зрелости, старения), их морфологические, физиологические и биохимические особенности. Состояние покоя у растений. Типы покоя их значение в жизни растений.

Внутренние и внешние факторы, определяющие переход растений от вегетативного развития к генеративному. Индукция цветения. Яровизация. Фотопериодизм. Роль фитохромной системы в фотопериодических реакциях. Типы фотопериодических реакций. Гипотезы о природе флорального стимула.

Культура изолированных зародышей, органов, тканей, клеток, протопластов как модели для изучения процессов роста и развития. Использование метода культуры клеток для изучения биологии клетки и понимания взаимоотношения части и целого при функционировании клеток в растительном организме. Пути практического использования культуры клеток (освобождение от вирусных инфекций, массовое размножение, сохранение генофонда редких видов растений, получение биомассы клеток-продуцентов биотехнологически важных веществ).

8. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам.

Устойчивость как приспособление растений к условиям существования. Понятия «стресс» и «адаптация». Ответные реакции растений на действие неблагоприятных факторов. Общие принципы адаптивных реакций растений на экологический стресс (изменение экспрессии генов, синтез стрессовых, мембранных, структурных белков; перестройки мембранных систем и физиологических процессов; синтез протекторных соединений и др.). Пути повышения устойчивости растений.

Реакции растений на температуру. Влияние низких положительных температур (холодоустойчивость растений), низких отрицательных температур (морозоустойчивость растений) и почвенно-климатических факторов (зимостойкость, жароустойчивость). Закаливание растений.

Реакции растений на водный дефицит (засухоустойчивость). Защитно-приспособительные и физиолого-биохимические реакции. Приспособление ксерофитов и мезофитов к низкому водному потенциалу почвы, гигрофитов - к гипоксии. Пути адаптации растений к гипо- и аноксии.

Реакция растений на высокое содержание солей в почве (солеустойчивость). Механизмы адаптации галофитов к солям.

Устойчивость растений к загрязнению почвы тяжелыми металлами (ТМ). Токсичность ТМ для высших растений, пути детоксикации.

Радиоустойчивость растений и ее механизмы.

Устойчивость растений к атмосферным загрязнениям (сернистый газ, оксиды азота и углерода, соединения фтора и др.). Токсичность действия и формирование устойчивости к газам.

Физиолого-биохимические основы устойчивости растений к вирусам, патогенным микроорганизмам и другим биотическим факторам. Реакция сверхчувствительности и ее значение.

9. Вторичный метаболизм.

Понятие «вторичный метаболизм». Классификация вторичных метаболитов. Основные классы вторичных метаболитов. Минорные группы вторичных метаболитов. Особенности синтеза вторичных метаболитов. Функции вторичных метаболитов. Использование продуктов вторичного метаболизма человеком.

Заключение. Изучение механизмов регуляции физиологических процессов, стресс-устойчивости фотосинтеза и дыхания растений важны для понимания адаптации растений к условиям существования, прогнозирования динамики растительности в условиях повышения нестабильности климата и обострения экологических проблем, разработки принципиально новых методов и способов управления ростом и продуктивностью, создания природоподобных технологий. Существенным стимулом в развитии фитофизиологии является запрос на устойчивое развитие и эффективное использование возобновляемых ресурсов.

Основная литература

1. Алехина Н.А., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений. Учебник / Под ред. И.П.Ермакова. М : Академия, 2005. 640 с.
2. Кузнецов Вл. В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. В 2 т. М.: Изд-во Юрайт, 2016.
3. Медведев С.С. Физиология растений: учебник. СПб: Изд-во СПб ун-та, 2004.
4. Якушкина Н.И., Бахтенко Е.Ю. Физиология растений. Учебник. М: ВЛАДОС, 2005.
5. Полевой В.В. Физиология растений. Учебник / Под ред. Н. А Соколова. М. : Высшая школа, 1989 . 464 с.
6. Мокроносов А.Т., Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты / Под ред. Е.П.Ермакова. М: Академия, 2006.
7. Гамалей Ю.В. Транспортная система сосудистых растений. Изд-во С.-Петербургского университета, 2004.
8. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. М: Наука, 1976.
9. Головкин Т.К. Дыхание растений: физиологические аспекты. СПб: Наука, 1999.

Дополнительная литература

10. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. М.: Академия, 2003.
11. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Под ред. Н.Н.Третьякова. М.: Колос, 2005. 525 с.
12. Лутова Л.А., Проворов Н.А., Тиходеев О.Н., Тихонович И.А., Ходжайова Л.Т., Шишкова С.О. Генетика развития растений. СПб: Наука, 2000.
13. Мокроносов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М: Наука, 1981.
14. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. СПб: Изд-во СПбГУ, 2011.
15. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян / Пер с англ. Под ред. М.Г.Николаевой, Н.В.Обручевой. М.: Колос, 1982.
16. Хелдт Г.-В. Биохимия растений / Пер. с англ. Под ред. А.М.Носова, В.В.Чуба. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.
17. Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. Изб. соч. Т. IV. М, 1955.
18. Шевелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М., 1972.
19. Тарчевский И.А. Метаболизм растений при стрессе. Казань, 2001.
20. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. СПб, 2003.
21. Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. М, 2000.
22. Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / Под ред. Вл.В.Кузнецова, В.В.Кузнецова, Г.В. Романова. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 487 с.
23. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М.: Дрофа, 2010. 638 с.
24. Измайлов С.Ф. Азотный обмен в растениях. М.: Наука, 1986.
25. Сабинин Д.А. Избранные труды по минеральному питанию растений. М.: Наука, 1971.
26. Полевой В.В., Саламатова Т.С. Физиология роста и развития растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991.

27. Чайлахян М.Х. Регуляция цветения высших растений. М.: Наука, 1988.
28. Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. Новосибирск: Изд-во Сиб.ун-та, 2003.
29. Жолкевич В.Н. и др. Водный обмен растений. М.: Наука, 1989.
30. Эдвардс Дж., Уокер Д. Фотосинтез С3- и С4- растений: механизмы и регуляция. М.: Мир, 1986.
31. Трунова Т.И. Растения и низкотемпературный стресс. М.: Наука, 2007. 64 с.
32. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. СПб: Изд-во СПбГУ, 2002. 240 с.
33. Баширова Р.М. Вторичные метаболиты растений. Уфа. РИО БашГУ. 2003. 188 с.
34. Веселов С. Ю. Гормоны и адаптация растений к условиям обитания: учеб. пособие / С. Ю. Веселов, Г. Р. Кудояров, И. И. Иванов; М-во образования РФ, Баш. гос. ун-т. Уфа: РИО БашГУ, 2003. 92 с.