



МИНПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный педагогический
университет им. Л.Н. Толстого»

УТВЕРЖДЕНА
на заседании Ученого совета
университета
протокол № 4 от 31.03.2022 г.

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Научная специальность:

1.5.21. Физиология и биохимия растений

Тула – 2026

Содержание программы

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ – ИНТЕГРАЛЬНАЯ НАУКА

Предмет изучения наук о растительных организмах – ботаники, анатомии и морфологии, биохимии, биофизики, генетики, экологии, молекулярной биологии. Физиология растений как интегральное научное направление.

Онтогенетические и филогенетические аспекты. Фенотип, как основной объект классической физиологии растений. Генотип – центральная составляющая биологических исследований двух последних десятилетий. Главная задача любых научных исследований – определение возможностей управления процессами в живых организмах через познание механизмов изменений в свете проблем физиологии растений.

Основные методы физиологии растений и смежных дисциплин: выделение, осаждение реагентами, центрифугирование, спектрофотометрия, меченых атомов, хроматография, электрофорез, микроскопия (в т.ч. электронная) и др.

Практические приложения знаний о физиологии растений: в сельском хозяйстве (в т.ч. частной физиологии растений), экологии, фармакологии, медицине и др.

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Химический состав растений. Макро-, микро- и ультрамикроэлементы. Основные органические вещества: конститутивные и запасные. Вода в растительном организме.

Растительная клетка – сложная физиологическая система. Основные компартменты клетки.

Принципиальные отличия растительных организмов – слабая дифференцировка тела растения, возможность вегетативного размножения (в т.ч. почти в любом возрасте), замкнутый на себя цикл обмена веществ, открытый тип роста. Концепции организменной и надклеточной (эволюционно продвинутой экосистемы) организации тела растения. Экспериментальные доказательства надклеточной концепции: наличие цитоскелета в цитоплазме, невозможность лизиса органелл, независимость размножения, «двойная» мембрана, биохимия мембран.

Клеточная стенка: первичная и вторичная. Состав стенки – основной каркас, вторая и третья сети. Виды моносахаров основного каркаса клеточных стенок. Полисахариды клеточных стенок – целлюлоза и гликаны. Вторая клеточная сеть – пектины и полисахариды, включающие галактуроновую кислоту. Третья сеть – белки (в т.ч. экстенсин) и фенилпропаноиды. Их физиологическая роль. Формирование и рост клеточной стенки.

Вторичная клеточная стенка. Появление кутина, суберина, кутикулярного воска. Появление лигнина, его роль.

Понятие симпласта и апопласта. Плазмодесмы.

Цитоплазма и ее компоненты. Плазматическая мембрана: структурные особенности и основные функции (поглощение и секреция веществ, запасание и использование энергии, регуляция работы ферментов, рецепторные функции, сигнальные функции, связь между клеточными образованиями – плазмодесмы).

Цитоплазма. Гиалоплазма. Цитоскелет, его функциональная роль. Микрофиламенты, микротрубочки, промежуточные филаменты.

Рибосомы цитоплазмы.

Мембранные структуры: эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, вакуоли, лизосомы, микротельца, пластиды (пропластиды, амилопласты, лейкопласты, этиопласты, хлоропласты, хромопласты), ядро. Строение и биологические функции.

Основные органические вещества растений. Функции метаболизма. Ана- и катаболизм. Понятие амфиболизма. Примеры.

Нуклеиновые кислоты. ДНК и РНК. Виды и функции РНК. Особенности ДНК и РНК митохондрий и хлоропластов. Особенности синтеза белка в этих органеллах.

Белки – важные компоненты растительной клетки. Простые и сложные белки. Деление белков на группы (альбумины, глобулины и др.). Запасные белки. Ферменты – ключевая группа веществ белковой природы. Особенности состава, строения и функций. Сезонные и суточные ритмы. Влияние иных условий на их функции.

Углеводы – основной компонент растительных объектов. Моно-, олиго- и полисахара. Глюкоза, фруктоза, пентоды и триозы. Крахмал (амилоза и амилопектин). Строение и свойства. Инулин и другие полифруктозаны. Клетчатка. Особенности строения и функций. Одревеснение и опробковение клетчатки.

Липиды растений. Биологическая роль и функциональное значение. Липиды семян.

Органические кислоты, присутствие и основные свойства. Биологическая роль. Алкалоиды, эфирные масла.

Витамины – важнейшие компоненты биохимической машины. Биологическая роль. Классификация витаминов: жиро- и водорастворимые. Основные свойства и нахождение в растительных объектах.

АССИМИЛЯЦИЯ CO₂ И ПРЕВРАЩЕНИЯ УГЛЕВОДОВ – КЛЮЧЕВОЕ ЗВЕНО МЕТАБОЛИЗМА РАСТЕНИЯ

Авто- и гетеротрофия. Основные уравнения. Хемотрофия: нитрификаторы, серобактерии, окисление металлов и водорода. Общие свойства хемосинтетических реакций. Органика хемотрофов.

Фотосинтез. Отличие бактериального фотосинтеза. Особенности фотосинтеза в сравнении с хемосинтезом.

Лист – специализированный орган ассимиляции CO₂. Понятие мезоструктуры листа. Газообмен мезофилла с окружающей средой.

Хлоропласты. Число в клетке, размеры, строение. Оболочка, строма, внутренние мембранные структуры. Тилакоиды, граны, люмен. Биогенез хлоропластов.

Световые и темновые реакции фотосинтеза.

Световая фаза: независимость выделения кислорода, синтеза НАДФН и АТФ от ассимиляции углерода.

Пигменты фотосинтеза. Хлорофиллы (его разновидности, особенности строения, локализации, функций). Другие пигменты – каротиноиды и фикобилины. Особенности строения и функций.

Способы разделения и выделения пигментов.

Оптические свойства хлорофилла. Организация пигментных систем. Понятие хлорофилл-белкового комплекса, фотосинтетической единицы, реакционного центра. Представления о двух фотосистемах.

Работа пигментных систем: возбуждённые состояния электронов в молекулах хлорофилла и механизмы снятия возбуждений.

Фотолиз воды, как результат действия возбуждённой молекулы хлорофилла хлорофилл-белкового комплекса. Участие ионов марганца в этом процессе. Работа Виноградова и Тэйс. Пероксид водорода, как потенциальный объект для разложения и выделения кислорода (Г.Комиссаров).

Цепь переноса электронов при фотосинтезе. Z-схема. Основные переносчики. Понятие о циклическом и нециклическом переносе электронов. Фотосинтетические продукты таких переносов. Отношение $P / 2 e$, как показатель эффективности процесса.

Механизм синтеза АТФ. Теория Митчела. Электрический и химический градиенты. Ключевая роль мембраны в процессе запасаания энергии света. Строение и роль протонной АТФ-азы в синтезе АТФ.

Темновая фаза фотосинтеза. Использование изотопов в раскрытии механизма ассимиляции CO_2 . Первая (минимальная) схема цикла. Полная схема восстановительного пентозофосфатного цикла (цикла Кальвина). Реакции и ферменты цикла.

Рубиско, его субстраты и реакции, катализируемые ферментом. Особенности структуры, генетики и механизмы активации (в т.ч. – рубиско-активаза). Представления о комплексе ферментов фотосинтеза и «туннелировании» рибозо-5-фосфата. Световая активация ферментов «темновой» фазы фотосинтеза.

Суммарная реакция фотосинтеза с учётом использования продуктов световой фазы. Возможные пути регуляции фотосинтетической ассимиляции CO_2 .

Понятие об индукции фотосинтеза, как методическом приёме при исследовании механизмов регуляции в растениях. Учет индукционных процессов при изучении физиологических и биохимических процессов.

ДРУГИЕ ПУТИ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СВЯЗИ С ФОТОСИНТЕЗОМ

Синтез и разрушение крахмала в хлоропластах. Основной биохимический путь накопления. Выведение крахмала за пределы хлоропласта.

Пластиды и внутриклеточный транспорт. Проникновение CO_2 в клетку и хлоропласт. Роль карбоангидразы. Изозимы карбоангидразы. Субстрат Рубиско.

Проницаемость оболочки хлоропласта для триозофосфатов, пентозофосфатов, неорганического фосфата и дикарбоновых кислот. Перенос восстановительных эквивалентов через мембрану хлоропласта.

Перенос углеводов по растению. Сахароза – важнейший транспортный углевод растений. Синтез сахарозы и ее биологические функции.

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О C_4 -ПУТИ ФОТОСИНТЕЗА

Работы Корчака, Карпилова, Хэтча и Слэка. Особая заслуга Хэтча и Слэка. Особенности структуры листа растений C_4 -типа. «Кранц»-анатомия: мезофилл и обкладка. Общая схема C_4 -пути ассимиляции CO_2 . Биохимия образования C_4 -продукта (растения малатного и аспартатного типов). Биохимия использования C_4 -продукта: растения НАДФ-малатдегидрогеназного, НАД-малатдегидрогеназного и ФЕП-карбоксикиназного типа. Образование CO_2 , его утилизация в цикле Кальвина и восстановление акцептора – ФЕП.

Физиологические особенности растений, обладающих таким типом метаболизма.

Растения, обладающие метаболизмом САМ-типа (МОКТ-растения).

ИНЫЕ ПУТИ ПРЕВРАЩЕНИЯ УГЛЕВОДОВ

ФОТОДЫХАНИЕ. Субстрат фотодыхания. Соотношение O_2/CO_2 – как фактор соотношения скоростей фотодыхания и фотосинтеза. Гликолатный путь (путь Толберта). Участие различных органелл в процессе. Физиологическое значение фотодыхания.

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПЕНТОЗОФОСФАТНЫЙ ПУТЬ. Иные названия этого пути метаболизма. Глюкозо-6-фосфат, как исходный субстрат. Его происхождение в растениях. Начальные реакции и их значение. Остальные реакции и ферменты пути. Баланс цикла. Физиологическое значение цикла в растении.

ГЛИКОЛИЗ. Глюкозо-6-фосфат, как исходный субстрат. Его происхождение в растениях. Реакции и ферменты этого пути метаболизма. Три завершающие реакции и их значение. Баланс пути и физиологическая роль в растении. Гликолиз, как основа молочнокислого, уксуснокислого и спиртового брожений. Баланс брожений.

ДЫХАНИЕ. Энергетическая роль дыхания. Физиологическое значение дыхания у растений. Интенсивность дыхания. Дыхательный коэффициент, как показатель субстрата дыхания. Влияние внешних факторов на процесс дыхания. Снижение дыхания и

нарушения других процессов в растении. Физиолого-биохимические основы хранения урожая.

Химизм дыхания. Органеллы и субстрат дыхания. Проникновение ПВК в митохондрии и его декарбоксилирование там. Дальнейшее превращение двууглеродного остатка в цикле Кребса. Другие названия цикла. Реакции и ферменты цикла. Продукты цикла Кребса.

Окислительное фосфорилирование. Цепь переноса электронов и её участники флавопротеины, цитохромы и железосерные белки. Кофермент-Q (убихинон) – центральное звено цепи. Перенос протонов и электронов с НАД.Н и ФАД.Н₂ на кислород воздуха.

Переносчики, как компоненты мембраны. Электрохимический градиент, возникающий при работе цепи. Ключевая роль протонной АТФ-азы в синтезе АТФ. Строение и свойства АТФ-азы.

Суммарное уравнение образования АТФ из НАДН. Скорость транспорта электронов. Дыхательный контроль. Разобщение процессов переноса и фосфорилирования.

Обмен метаболитами ЦТК между митохондриями и цитозолем. Физиологическое значение дыхания у растений.

ГЛИОКСИЛАТНЫЙ ЦИКЛ. Реакции и ферменты цикла. Физиологическое значение цикла.

ВОДА В ЖИЗНИ РАСТЕНИЯ

Свойства молекул воды. Свободная и связанная формы воды в растении. Функции воды в организме. Степень оводнённости (относительное содержание воды в растении).

Понятие об осмотическом давлении. Тургор. Определение осмотического давления и его величины у растений. Поступление воды в клетку и его механизмы. Роль капиллярных, электроосмотических сил, транспирации, когезии и корневого давления в поступлении воды в растение.

Водный режим. Поглощение воды как результат корневого давления. Гуттация (плач) растений. Транспирация: устьичная и кутикулярная. Возможности их регуляции. Единицы измерения транспирации: интенсивность, транспирационный коэффициент, продуктивность, относительная транспирация.

Передвижение воды в растении. Роль проводящих сосудов в переносе воды. «Верхний концевой двигатель». Теория сцепления. Скорость движения воды в растении. Понятие о ксероморфизме и его значении.

Водообеспеченность растений. Формы воды в почве и ее доступность для растений. Коэффициент завядания. Засухоустойчивость растений. Запал и захват. Физиолого-биохимические нарушения при дефиците воды в растении. Критические периоды водообеспеченности.

Классификация растений в связи с регуляцией водного обмена: пойкилогидрические и гомойогидрические (гигрофиты, мезофиты, ксерофиты).

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

Водные, песчаные, гидропонные, почвенные культуры. Элементы минерального питания. Минимальные питательные смеси, их виды и требования к ним. Сбалансированность питательных сред – уравновешенные растворы. Почвенный раствор и его состав.

Роль корневой системы в поглощении веществ. Связь минерального питания с формообразовательными процессами. Минеральное голодание и фенотипические изменения растений. Роль минеральных удобрений.

Поступление азота в растение. Биохимия превращений форм азота. Энергетические потребности для использования и превращения форм азота.

Иные пути поступления веществ в растение: лист, стебель, корень (микориза).

Механизмы транспорта минеральных веществ. Движущая сила. Пассивный и активный транспорт. Симпорт, антипорт. Ионные каналы.

ФИЗИОЛОГИЯ СЕМЯН

Прорастание семян: энергия прорастания и всхожесть семян. Полевая всхожесть. Скарификация и стратификация семян и их значение для процесса прорастания.

Рост корня, как начальный этап прорастания. Биохимические процессы, обеспечивающие прорастание семян в зависимости от запасных веществ. Значение аэрации корневой системы для роста и развития растения. Влияние фотосинтеза на рост корневой системы.

Рост стебля, его полярность. Рост и развитие листа. Понятие ярусности и стадии развития листа.

РОСТ РАСТЕНИЯ. ФИТОГОРМОНЫ

S-образная кривая роста растения. Эмбриональная и дифференцирующаяся клетки. Тотипотентность клеток растений. Периоды развития растений: эмбриональный, ювенильный, генеративный этапы.

Фитогормоны и общие принципы гормональной регуляции. Действующие концентрации. Ауксины, гиббереллины, цитокинины – активаторы процессов. Особенности строения и функций. Абсцизовая кислота и этилен, как ингибиторы процессов. Особенности структуры, метаболизма и функций. Иные группы гормонов растений: брассиностероиды, жасминовая кислота, салициловая кислота, олигосахариды, пептиды.

Ингибиторы роста и развития растений. Морфактины, гербициды, дефолианты, ретарданты.

Фоторецепция – фитохромная система, криптохром и фототропин.

Аллелопатия и её биологическое значение. Практическое использование аллелопатии.

СТРЕСС И РАСТЕНИЯ

ВОДНЫЙ ДЕФИЦИТ. Снижение водного потенциала. Осмолиты и их физиологическая роль. Внутренние защитные реакции растения на водный дефицит. Засухоустойчивость: физиология и биохимия процессов.

ВОДОУСТОЙЧИВОСТЬ. Вымокание: изменения метаболизма растения. Устойчивость к затоплению и её физиолого-биохимическая основа.

СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ. Виды засоления почвы. Повреждающее действие солей. Адаптивные механизмы устойчивости растений к засолению.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ. Холодоустойчивость и её механизмы. Влияние высоких температур и механизмы терморегуляции.

ВЛИЯНИЕ НЕДОСТАТКИ И ИЗБЫТКА КИСЛОРОДА. Аноксия и способы акклимации растений. Повреждающее действие кислорода и механизмы детоксикации.

ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ. Виды техногенных загрязнений. Тяжёлые металлы. Понятие о ПДК. Физиологические и биохимические механизмы устойчивости к тяжёлым металлам.

ВЕЩЕСТВА ВТОРИЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА

Общая характеристика веществ этой природы. Классификация. Пути образования и накопления. Физиологическая роль и практическое значение.

Критерии оценивания ответа поступающего на экзамене

Общее количество баллов за вступительное испытание складывается из суммы баллов, полученной на экзамене (максимально - 60 баллов), и баллов за индивидуальные достижения (максимально – 40 баллов).

На экзамене по специальной дисциплине поступающий в аспирантуру должен набрать не менее 40 баллов.

Критерии оценки ответа на вступительном экзамене в аспирантуру:

55-60 баллов. Поступающий в аспирантуру полно и правильно отвечает на вопросы экзаменационного билета, демонстрирует прочное владение понятийным аппаратом, осмысленное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, глубокое знание актуальных теоретических проблем и программного материала по дисциплине, связанной с научной специальностью. При ответе на вопрос опирается на знание основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, может проанализировать и оценить различные научные позиции по концептуальным проблемам специальности, логично, аргументированно и осознанно высказывая собственную точку зрения. Умеет вести беседу, выстраивать диалог, полемику при отстаивании своей позиции.

46-54 баллов. Поступающий в аспирантуру демонстрирует понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, системные знания программного материала по дисциплине, соответствующей научной специальности. Теоретический материал излагается грамотно с привлечением опыта практической деятельности. В то же время при ответе на вопрос экзаменационного билета допускаются незначительные ошибки, неточности, погрешности, ответы на дополнительные вопросы отличаются недостаточной развернутостью. Поступающий умеет вести беседу, выстраивать диалог по актуальным проблемам в рамках научной специальности, при этом не всегда полно и аргументированно поясняет собственную позицию.

40 - 45 баллов. Поступающий в аспирантуру показывает общее понимание научных вопросов, демонстрирует поверхностные, неглубокие знания концептуальных проблем в рамках дисциплины, соответствующей научной специальности. Ответ на экзаменационный билет неполный, не содержит грубых ошибок, однако в нем могут встречаться неточности, представляет собой только констатацию теоретических фактов при отсутствии анализа и оценки актуальных проблем науки. Ответы на дополнительные вопросы отличаются фрагментарностью и слабой аргументацией, отсутствием выводов обобщающего характера, в большинстве случаев требуются уточняющие пояснения со стороны преподавателя. Поступающий редко использует терминологию, испытывает затруднения в процессе диалога по актуальным проблемам науки в рамках научной специальности.

0 – 39 баллов. Поступающий в аспирантуру демонстрирует недостаточные знания программного материала, непонимание концептуальных научных вопросов в рамках дисциплины, соответствующей научной специальности. Ответ на экзаменационный билет обнаруживает пробелы в знаниях, содержит грубые ошибки, неточности, отсутствует

терминология, анализ, оценка актуальных проблем науки, рассматриваемых процессов и явлений. При ответе не используются аргументы, подтверждающие собственную точку зрения. Поступающий неправильно отвечает на поставленный вопрос, в том числе дополнительный, или затрудняется с ответом, не опирается на прочитанную литературу, не поддерживает диалог по значимым проблемам науки в рамках научной специальности.