

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Биологический факультет

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан биологического факультета,  
академик РАН

М.П. Кирпичников/

2022 г.



## **ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**

**(для осуществления приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре)**

### **1.5.21. Физиология и биохимия растений**

кафедра физиологии растений биологического факультета МГУ

Программа рассмотрена и одобрена  
Ученым советом факультета  
(протокол № 6 от 26 мая 2022 г.)

# **I. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ**

Настоящая программа предназначена для организации приема вступительного экзамена в аспирантуру по физиологии и биохимии растений и содержит основные темы и вопросы к экзамену, список основной и дополнительной литературы и критерии оценивания. (все темы и вопросы должны быть не выше ФГОС ВО магистратуры и специалитета)

## **II. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

Физиология растений - наука об организации и координации функциональных систем зеленого растения. Физико-химический, экологический и эволюционный аспекты физиологии растений. Ее задача - познание закономерностей жизнедеятельности растений, раскрытие молекулярных основ сложных функций и механизмов их регуляции в системе целого организма.

Методологические основы фитофизиологии. Редукционизм, органицизм и интегратизм как подходы к изучению живых систем. Сочетание различных уровней исследования (субклеточный, клеточный, организменный, биоценотический) как необходимое условие прогресса физиологии растений. Специфические методы фитофизиологии как науки.

Объект физиологии растений - эукариотный организм, осуществляющий фототрофный образ жизни. Специфика обмена зеленых растений по сравнению с другими объектами, характеризующимися фототрофным образом жизни. Космическая роль зеленого растения.

Этапы развития физиологии растений, их связь с общим развитием биологии и спрактикой. Отечественные школы физиологов растений. Физиология растений - теоретическая основа растениеводства и новых отраслей биотехнологии. Физиологические основы продуктивности растений. Главные проблемы современной фитофизиологии.

### **Структурно-функциональная организация растительной клетки**

Клетка как организм и как элементарная структура многоклеточного организма - сравнение функций. Специфические особенности растительной и животной клеток. Автотрофность и гетеротрофность.

Структурная организация клетки - основа ее биохимической активности и функционирования как целостной живой системы. Эволюция клеточной организации на примере сравнения прокариотной и эукариотной клетки.

Мембранные системы клетки и мембранный принцип ее организации. Структура и свойства биологических мембран, их роль в клетке (проницаемость, системы активного транспорта, биосинтезов и процессинга макромолекул). Модели структурно-функциональной организации мембран. Биохимическая и функциональная разнокачественность мембран.

Основные структурные элементы эукариотной клетки.

Ядро, его организация и функционирование. Генетический аппарат

растительной клетки. Пластиды и митохондрии. Гипотезы происхождения клеточных органелл. Взаимодействие ядерного, митохондриального и хлоропластного геномов. Двойной генетический контроль за синтезом белков в хлоропластах и митохондриях.

Плазмалемма. Эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, микротела (пероксисомы, глиоксисомы, лизосомы и др.), вакуоли, их строение и основные функции.

Цитоскелет, особенности его строения в связи с биологическими функциями. Строение клеточной стенки, ее химический состав и основные функции (защитная, опорная, функции в морфогенезе, транспорте и др.).

Физико-химические свойства протоплазмы и их изменения в жизненном цикле клетки.

Функциональные взаимодействия различных органоидов клетки, их изменения в клеточном цикле и при ее дифференциации. Регуляторные системы клетки. Внутриклеточные факторы регуляции обмена: биохимические, генетические, мембранные. Регуляция с участием вторичных мессенджеров. Компартиментация каталитических систем и метаболических фондов как один из механизмов регуляции клеточного метаболизма.

## **Дыхание**

Физиологическая роль дыхания. Специфика дыхания у растений.

Развитие представлений о природе механизмов и о путях окислительно-восстановительных превращений в клетке. Каталитические системы дыхания (дегидрогеназы, оксидазы, оксигеназы, карбоксилазы, трансферазы и др.). Механизмы активации водорода субстрата и молекулярного кислорода.

Митохондрии. Их структура и функции. Изменение ультраструктуры митохондрии в зависимости от функционального состояния организма.

Пути окисления органических веществ в клетке. Унификация субстратов дыхания. Механизм активации дыхательных субстратов, пути их включения в процессы биологического окисления.

Основные пути диссимиляции углеводов. Пентозомонофосфатный путь окисления глюкозы и его роль в конструктивном обмене клетки. Гликолитический путь окисления; основные стадии.

Гликолиз. Цикл Кребса. Глиоксалатный цикл. Механизмы регуляции циклов.

Электрон-транспортная цепь митохондрий: структурная организация, основные компоненты, их окислительно-восстановительные потенциалы. Комплексы переносчиков электронов. Альтернативность каталитических механизмов биологического окисления.

Окислительное фосфорилирование. Единство элементарных энергетических процессов в живой природе. Фосфорилирование на уровне субстрата и фосфорилирование в дыхательной цепи. Основные положения

хемиосматической теории сопряжения Митчела. Мембраны как структурная основа биоэнергетических процессов. Трансформация энергии на сопрягающих мембранах. Электрохимический потенциал - движущая сила фосфорилирования. Регуляция электронного транспорта и фосфорилирования.

Дыхание как центральное звено обмена веществ. Значение дыхания в конструктивном метаболизме. Связь с другими функциями клетки. Дыхание роста и дыхание поддержания.

Количественные показатели газообмена (поглощение кислорода, выделение углекислоты, дыхательный коэффициент и др.).

Регуляция дыхания. Зависимость дыхания от внешних и внутренних факторов.

### **Фотосинтез**

Развитие учения о фотосинтезе. Историческое значение работ К.А. Тимирязева. Сущность и значение фотосинтеза. Общее уравнение фотосинтеза, его компоненты.

Роль фотосинтеза в процессах энергетического и пластического обмена растительного организма. Фотосинтез как процесс трансформации энергии света в энергию химических связей. Масштабы фотосинтетической деятельности в биосфере.

Эволюция биосферы и фотосинтез.

Структурная организация фотосинтетического аппарата. Строение листа как органа фотосинтеза, изменения в онтогенезе. Хлоропласты. Основные элементы структуры хлоропластов (двойная мембрана, матрикс, тилакоиды, грани). Онтогенез хлоропластов.

Эволюция структуры фотосинтетического аппарата.

Пигментные системы фотосинтезирующих организмов. Хлорофиллы. Химическая структура, спектральные свойства. Отдельные представители группы хлорофиллов. Распространение хлорофиллов среди различных групп организмов. Функции хлорофиллов. Основные этапы биосинтеза молекулы хлорофилла. Хлорофилл-белковые комплексы.

Фикобилины. Распространение, химическое строение, спектральные свойства. Роль в фотосинтезе.

Каротиноиды. Химическое строение, свойства. Спектры поглощения. Функции в фотосинтезе.

Регуляция биосинтеза пигментов. Зависимость биосинтеза пигментов от интенсивности и качества света, снабжения  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и минеральными элементами. Явление хроматической адаптации.

Функциональное и экологическое значение спектрально-различных форм пигментов фотосинтезирующих организмов.

Первичные процессы фотосинтеза. Электронно-возбужденные состояния пигментов (синглетное, триплетное). Типы дезактивации

возбужденных состояний. Флуоресценция. Механизмы миграции энергии в системе фотосинтетических пигментов.

Представление о фотосинтетической единице. Антенные комплексы. Реакционные центры, модели их структурной организации. Преобразование энергии в реакционном центре. Окислительно-восстановительные превращения хлорофилла реакционного центра.

Электрон-транспортная цепь фотосинтеза, природа ее основных компонентов. Представление о совместном функционировании двух фотосистем. Эффекты Эмерсона. Основные функциональные комплексы электрон-транспортной цепи - ФСІ, ФСІІ, цитохром- $b_6f$  комплекс; их структура и функции. Образование соединений с высоким восстановительным потенциалом. Системы фотоокисления воды и выделения кислорода при фотосинтезе. Участие хинонов, цитохромов, Cu- и Fe-протеидов в реакциях транспорта электронов. Циклические и нециклические потоки электронов, системы регуляции.

Фотофосфорилирование. Характеристика основных типов фотофосфорилирования - циклического, нециклического, псевдоциклического. Механизм сопряжения электронного транспорта и образования АТФ.

Темновая стадия фотосинтеза. Связь фотосинтетической ассимиляции  $CO_2$  с фотохимическими реакциями. Природа первичного акцептора углекислоты. Химизм реакций цикла Кальвина, его ключевые ферменты. Первичные продукты фотосинтеза, их превращения. Регенерация акцепторов  $CO_2$ . Первичный синтез углеводов. Фотодыхание. Цикл Хэтча-Слэка-Карпилова. Особенности  $C_3$ - и  $C_4$ - растений и САМ-тип метаболизма.

Взаимосвязь фотосинтеза и процессов усвоения азота. Функциональная роль хлоропласта. Потоки метаболитов в хлоропласт и из него.

Экология фотосинтеза. Зависимость фотосинтеза от внешних условий и состояния организма. Влияние на фотосинтез температуры, условий освещения, содержания углекислоты, условий минерального питания, водоснабжения. Компенсационная точка при фотосинтезе и ее зависимость от особенностей организма. Ассимиляционное число.

Фотосинтез и общая продуктивность растительных организмов и их сообществ.

Фотосинтез в онтогенезе растения. Теория фотосинтетической продуктивности.

Культура растений в условиях искусственного освещения и при повышении концентрации  $CO_2$  и  $O_2$ . Фотосинтез в условиях промышленной фитотроники и в замкнутых системах жизнеобеспечения.

Эволюция фотосинтеза. Хемосинтез. Бактериальный фотосинтез.

## **Физиология водообмена растений**

Значение воды в жизнедеятельности растений. Растения и круговорот воды на Земле.

Молекулярная структура и физические свойства воды. Взаимодействие молекул воды и биополимеров, гидратация. Свободная и связанная вода. Физиологическое значение различных фракций воды в растении.

Основные закономерности поглощения воды клеткой. Набухание биокolloидов, осмос - явления, лежащие в основе поступления воды в растение. Термодинамические показатели, определяющие поведение воды: активность воды, химический потенциал, водный потенциал. Составляющие водного потенциала: осмотический потенциал, матричный потенциал, потенциал давления. Градиент водного потенциала как движущая сила поступления и передвижения воды в системе "почва-растение-атмосфера", в клетках, тканях и целом растении.

Механизм передвижения воды по растению. Пути ближнего и дальнего транспорта. Движущие силы восходящего тока воды в растении. Верхний и нижний концевые двигатели. Корневое давление, механизм его развития и значение в жизни растений. Натяжение воды в сосудах; значение сил молекулярного сцепления.

Выделение воды растением. Гуттация, транспирация. Физиологическое значение этих процессов. Количественные показатели транспирации: интенсивность, продуктивность, транспирационный коэффициент. Устьичная и кутикулярная транспирация. Строение устьиц и механизмы их движений, влияние света. Устьичное и внеустьичное регулирование транспирации. Влияние внешних факторов (света, температуры, влажности 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) и пути адаптации растений к водному дефициту.

## **Физиология минерального питания**

Роль растений в круговороте минеральных элементов в биосфере. Потребность растений в элементах минерального питания. Содержание и соотношение минеральных элементов в почве и в растениях и факторы, их определяющие. Классификации элементов, необходимых для растений. Основная функция ионов в метаболизме: структурная и каталитическая.

Почва как источник минеральных элементов. Твердая фаза почвы, почвенный раствор, состав и структура почвенного поглощающего комплекса.

Корень как орган поглощения минеральных элементов и воды, а также 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. Перераспределение и реутилизация ионов в растении. Поступление и превращения ионов и дыхание. Взаимосвязь минерального питания с процессами роста и развития растений.

Механизм поглощения ионов. Роль процессов диффузии и адсорбции, их характеристика. Понятия водного свободного пространства и Доннановского свободного пространства. Транспорт ионов через плазматическую мембрану. Пассивный перенос. Активный транспорт ионов (первичный и вторичный активный транспорт). Уравнение Нернста. Движущие силы транспорта ионов и формы потребляемой энергии. Механизмы транспорта ионов через мембраны:

АТФазы, редокс-цепи, ионные каналы, портерные системы (симпорт, антипорт, унипорт).

Кинетика процессов поглощения. Участие мембранных структур клетки в поглощении и компартментации ионов. Роль вакуоли. Пиноцитоз. Взаимосвязь процессов поглощения веществ корнем с другими функциями растения (дыханием, фотосинтезом, водообменом, биосинтезами, ростом и др.).

Физиологическая и биохимическая роль основных элементов питания.

Азот и его значение в жизни растений. 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 нитратов, регуляция их синтеза и активности. Биохимические пути ассимиляции аммиака в растении. Синтез аминокислот, амидов, 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; роль первичных реакций фотосинтеза в усвоении окисленного азота.

Сера. Основные соединения серы в растении, их роль в структурной организации клетки, участие в окислительно-восстановительных реакциях. Источники серы для растения. Механизм восстановления сульфатов, отдельные этапы процесса, ферментные системы.

Фосфор. Значение разных типов фосфорсодержащих соединений в клетке. Поступление фосфора в клетку, пути его включения в обмен. Участие соединений, содержащих фосфор, в образовании клеточных структур, ферментных систем. Макроэргические соединения фосфора, их роль в энергетическом обмене.

Калий, его значение в обмене растительного организма. Влияние калия на физические свойства протоплазмы, на ферменты углеводного обмена, синтез белков и др. Роль калия в поддержании ионного баланса в

тканях, в процессах осморегуляции.

**Кальций.** Структурообразовательная роль кальция. Участие в образовании клеточной стенки, поддержании структурной целостности мембран и регуляции их проницаемости. Регуляторная роль кальция.

**Магний.** Формы участия магния в метаболизме. Магний в составе хлорофилла. Участие в реакциях переноса фосфатных групп, в формировании функционально- активных клеточных структур.

**Микроэлементы.** Представления о роли микроэлементов в метаболизме растений. Металлы как компоненты простетических групп и как активаторы ферментных систем. Особенности поступления микроэлементов в растения. Физиологическая роль железа, меди, марганца, молибдена, цинка, бора и других микроэлементов. Участие микроэлементов в формировании и функционировании электронтранспортных цепей фотосинтеза и дыхания, в азотном и углеводном обмене, в ростовых процессах и других реакциях метаболизма.

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. Гидропоника.

Значение работ Д.Н.Прянишникова и Д.А.Сабинина в создании теории минерального питания.

Корневое питание как важнейший фактор управления продуктивностью и качеством урожая. Генотипические различия в минеральном питании разных видов и сортов.

### **Транспорт веществ в растении**

Понятие о восходящем и нисходящем токах веществ в растении. Передвижение органических веществ. Ближний и дальний (флоэмный) транспорт ассимилятов.

Транспортные формы веществ. Возможный механизм и регуляция флоэмного транспорта. Зависимость транспорта веществ от температуры, водного режима, минерального питания.

Донорно-акцепторные взаимодействия и роль транспортных систем в интеграции физиологических функций целого растения.

### **Физиология роста и развития растений**

Определение понятий "рост" и "развитие" растений. Проблема роста и развития на клеточном и молекулярном уровнях. Существование организма как развертывание во времени генетической программы. Воздействие на этот процесс внутренних и внешних факторов.

Общие закономерности роста, типы роста у растений. Организация меристем корня и стебля. Рост и деятельность меристем. Кинетика ростовых процессов и их свойства. Ритмика, биологические часы. Корреляции. Полярность. Регенерация.

Рост растений и среда. Влияние температуры, света, воды, газового состава атмосферы, элементов минерального питания на ростовые процессы.

Клеточные основы роста. Фазы роста клеток и их характеристики. Изменения морфологии и метаболизма при прохождении каждой фазы. Понятие о клеточном цикле, влияние различных факторов на деление клеток. Рост клетки в фазе растяжения, механизм действия ауксина на этот процесс.

Дифференцировка клеток и тканей; компетенция и детерминация. Дифференциальная экспрессия генома как фактор реализации генетических программ развития. Тотипотентность растительной клетки.

Системы регуляции функций целого растения: трофическая, гормональная, электрическая. Доминирующие центры и физиологические градиенты. Системы восприятия и передачи сигналов. Системы связей и регуляторных контуров. Элементы теории сложных систем и их приложение к анализу систем регуляции в растении.

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

Ростовые и тургорные движения растений. Тропизмы (фото-, гео-, электро-, термотропизмы). Гормональная природа тропизмов. Нastiи. Сейсмонастические движения. Раздражимость. Фитохромная и криптохромная системы; электрофизиологические процессы.

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

Механизмы морфогенеза растений. Индукция генетических программ, морфогенетические градиенты и ориентация клеток в пространстве. Целостность и коррелятивное взаимодействие органов. Физиологические и молекулярные основы эмбриогенеза растений. Созревание и прорастание семян как фазы морфогенеза.

Внутренние и внешние факторы, определяющие переход растений от вегетативного развития к генеративному. Индукция цветения. Яровизация. Фотопериодизм. Роль фитохромной системы в фотопериодических реакциях. Типы фотопериодической реакции. Природа флорального стимула. Гипотезы о бикомпонентной природе флоригена, о многокомпонентном контроле цветения. Цветение как многоступенчатый процесс. Эвокация цветения и ее регуляция. Модель переключения генной активности. Закладка и рост соцветий и цветка. Оплодотворение.

Детерминация пола. Генетические, фенотипические и гормональные факторы, определяющие пол у растений.

Физиология вегетативного размножения. Размножение клубнями, луковицами, корневищами, усами, отводками и черенками.

Культура изолированных зародышей, органов, тканей, клеток, протопластов как модель для изучения процессов роста и развития. Биология изолированных клеток и тканей, клеточная биотехнология. Использование метода культуры клеток для изучения биологии клетки и понимания взаимоотношений части и целого при функционировании клеток в растительном организме.

Пути практического использования культуры растительных клеток (освобождение от вирусных инфекций, массовое размножение, сохранение генофонда редких видов, получение биомассы клеток-продуцентов практически важных веществ).

### **Устойчивость растений к неблагоприятным факторам**

Устойчивость как приспособление растений к условиям существования. 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 и др.). Биохимическая адаптация. Пути повышения устойчивости растений.

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

Реакция растений на водный дефицит (засухоустойчивость растений). Атмосферная и почвенная засуха. Приспособление различных ксерофитных форм и мезофитных растений к низкому водному потенциалу и гигрофитов - к гипоксии. Пути адаптации растений к гипоксии и аноксии.

Реакция растений на высокое содержание солей в почве (солеустойчивость растений). Типы засоления почв. Классификация растений по отношению к засолению почв. Механизмы адаптации галофитных организмов к солям. Особенности загрязнения почв тяжелыми металлами. Токсичность их для высших растений.

Радиоустойчивость растений и ее механизмы.

Загрязнение атмосферы сернистым газом, оксидами азота и углерода, соединениями фтора и др. Токсичность их действия на растения. Формирование устойчивости к газам (регулирование их поступления, поддержание внутриклеточного гомеостаза, детоксикация образующихся ядов).

Физиологические и биохимические основы устойчивости высших растений к патогенным микроорганизмам и другим биотическим факторам. Конституционные и индуцированные защитные свойства. Приобретенный (индуцированный) иммунитет.

### **III. РЕФЕРАТ ПО ИЗБРАННОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ ПОДГОТОВКИ**

Реферат по избранной специальности подготовки представляет собой обзор литературы по теме будущего научного исследования и позволяет понять основные задачи и перспективы развития темы будущей диссертационной работы. Реферат включает титульный лист, содержательную часть, выводы и список литературных источников. Объем реферата 10-15 страниц машинописного текста. В отзыве к реферату предполагаемый научный руководитель дает характеристику работы и рекомендуемую оценку, входящую в общий экзаменационный балл.

### **IV. ПРИМЕРЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ**

#### **Билет №1**

**Вопрос 1.** Электрон-транспортная цепь митохондрий: структурная организация, основные компоненты, их окислительно-восстановительные потенциалы. Комплексы переносчиков электронов. Альтернативность каталитических механизмов биологического окисления.

**Вопрос 2.** Транспорт ионов через плазматическую мембрану. Пассивный перенос. Активный транспорт ионов (первичный и вторичный активный транспорт). Уравнение Нернста. Движущие силы транспорта ионов и формы потребляемой энергии.

**Вопрос 3.** Содержание реферата по теме диссертационного исследования (с приложением реферата и отзыва на реферат с отметкой предполагаемого научного руководителя).

#### **Билет №2**

**Вопрос 1.** Пигментные системы фотосинтезирующих организмов. Хлорофиллы. Химическая структура, спектральные свойства. Отдельные представители группы хлорофиллов. Распространение хлорофиллов среди различных групп организмов. Функции хлорофиллов. Основные этапы биосинтеза молекулы хлорофилла.

**Вопрос 2.** Сера. Основные соединения серы в растении, их роль в структурной организации клетки, участие в окислительно-восстановительных реакциях. Источники серы для растения. Механизм восстановления сульфатов, отдельные этапы процесса, ферментные системы.

**Вопрос 3.** Содержание реферата по теме диссертационного исследования (с приложением реферата и отзыва на реферат с отметкой предполагаемого научного руководителя).

## **V. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Зитте П. и др. Ботаника. Т.1. Клеточная биология. Анатомия. Морфология. М.: Академия, 2007. 368с.
2. Зитте П. и др. Ботаника. Т.2. Физиология растений. М.: Академия, 2008. 496с.
3. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. М.: Абрис, 2011. 784 с.
4. Медведев С.С. Физиология растений. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета. 2004. 336с.
5. Мокронос А.Т., Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Фотосинтез: Физиолого-экологические и биохимические аспекты. М.: Академия, 2006. 448 с.б.
6. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М.: «Университет», 2007. 140 с.
7. Скулачев В.П., Богачев А.В., Каспаринский Ф.О. Мембранная биоэнергетика. М.: Изд-во Московского университета, 2010. 367 с.
8. Тарчевский И.А. Метаболизм растений при стрессе. Казань: "Фэн", 2001. 448с.
9. Тарчевский И.А. Сигнальные системы растений. М., Наука, 2002. 294с.
10. Физиология растений /Н.Д. Алехина, Ю.М. Балнокин, В.Ф. Гавриленко и др.; Под ред. И.П. Ермакова. М.: «Академия», 2007. Издание 2-е. 640с.
11. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. СПб: Изд-во СПб ун-та, 2002. 244 с.

## **V. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

Уровень знаний поступающих в аспирантуру МГУ оценивается по десятибалльной шкале. При отсутствии поступающего на вступительном экзамене в качестве оценки проставляется неявка. Результаты сдачи вступительных экзаменов сообщаются поступающим в течение трех дней со дня экзамена путем их размещения на сайте и информационном стенде структурного подразделения. Вступительное испытание считается пройденным, если абитуриент получил семь баллов и выше.

## **VI. АВТОРЫ**

1. Носов Александр Михайлович, д.б.н., профессор
2. Мейчик Наталья Робертовна, д.б.н., профессор
3. Николаева Юлия Игоревна, к.б.н., старший научный сотрудник