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

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. декана факультета почвоведения,

чл.-корр. РАН (СОБРАЗОВАДЕ) П.В.Красильников (СОБРАЗОВАДЕ) (СОБРАЗОВАДЕ) (СОБРАЗОВАДЕ) (СОБРАЗОВАДЕ) (СОБРАЗОВАДЕ) (СОБРАЗОВАДЕНИЯ МГУ) (СОБРАЗОВАДЕНИЯ МГУ

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

1.5.11 «Микробиология»

Программа утверждена Приказом по факультету № 16/A Сот ______ 2023г.

Ученым советом факультета (протокол № <u>8</u> от <u>Ог. Об</u> 2023г.)

І. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Настоящая программа предназначена для осуществления приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных И научно-педагогических кадров аспирантуре вступительного экзамена В аспирантуру ПО специальности 1.5.11 «Микробиология» 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)

ІІ. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

Введение

Предмет и задачи микробиологии. Общая и медицинская микробиология. Место и роль общей микробиологии в современной биологии. Характеристика основных разделов современной микробиологии, общая микробиология, техническая (промышленная), сельскохозяйственная, водная, геологическая. Основные направления и перспективы почвенной микробиологииЗначение микробиологии в народном хозяйстве.

1. История микробиологии

Открытие микроорганизмов А. Левенгуком. Основополагающая роль Л. Пастера в развитии микробиологии (исследования в области брожений, "самопроизвольного зарождения", инфекционных заболеваний). Значение работ Р. Коха, «триада Коха», чистые культуры. Становление почвенной микробиологии. Работы С.Н. Виноградского, М.В. Бейеринка, В.П. Омелянского, А. Клюйвера, С.П. Костычева, З. Ваксмана, Н.Н. Худякова, Е.Н. Мишустина, Д.М. Новогрудского, Н.А. Красильникова, Т.В. Аристовской, Г.А. Заварзина.

2. Основные методы микробиологических исследований.

Классические и современные методы. Микроскопические методы. Эпифлуоресцентная, лазерная интерференционная и конфокальная микроскопия. Электронная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Молекулярно-генетические методы. Олигонуклеотидные флуоресцентные зонды (FISH). Полимеразная цепная реакция (ПЦР real-time). Метабаркодинг. Физико-химические методы: инфракрасная микроскопия, масс-спектрометрический анализ — метод матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации (MALDI). Спектрофотометрические методы. Красители и индикаторы.

3. Микробное разнообразие. Систематика.

Мир микроорганизмов, общие признаки и разнообразие. Положение микроорганизмов среди других царств организмов. Прокариотные и эукариотные микроорганизмы, основные различия. Принципы систематики и правила номенклатуры. Значение фенотипических и генотипических признаков для систематики и идентификации микроорганизмов. Таксономическое значение состава и структуры ДНК и РНК. Нумерическая таксономия. Филогенетическая систематика. Основные филумы бактерий и архей. Суперфилумы бактерий. Филумы-кандидаты. Филумы бактерий и архей, наиболее широко распространенные в почвах.

Эукариоты. Краткая характеристика отдельных групп эукариотных микроорганизмов: грибов, водорослей, простейших. Вопросы таксономии.

Вирусы. Современная классификация вирусов. Фаги (бактериофаги, актинофаги и др.). Основные

свойства вирусов (состав, строение, взаимодействие с клеткой хозяина).

3. Морфология, строение и размножение микроорганизмов

Размеры микроорганизмов. Одноклеточные и многоклеточные формы. Основные формы одноклеточных бактерий. Строение клеток. Особенности строения клеток прокариот и эукариот. Ядерный аппарат, особенности организации. Состав и строение клеточных стенок. Клеточные стенки у грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов, их функции. Протопласты и сферопласты. L-формы и микоплазмы; возможные причины их возникновения. Капсулы и S-слои: разновидности, состав и значение. Фимбрии и выросты. Цитоплазматическая мембрана, ее состав, организация и функция. Цитоскелет. Митохондрии. Хлоропласты. Цитоплазма и органоиды прокариот: рибосомы, мезосомы, тилакоиды (хроматофоры), аэросомы (газовые вакуоли). Включения, их состав и значение. Движение микроорганизмов. Жгутики и пили, состав и строение. Фимбрии. Аксиальные фибриллы спирохет. Движение скользящих бактерий. Аэротаксис, хемотаксис, фототаксис. Циклы развития и способы размножения прокариотных и эукариотных микроорганизмов. Движение после деления у бактерий. Покоящиеся формы микроорганизмов. Эндоспоры и экзоспоры бактерий, рефрактерные клетки, свойства и биологическое значение. Цисты. Некультивируемое жизнеспособное состояние, фильтрующиеся формы, наноформы прокариот.

4. Культивирование и рост микроорганизмов

Накопительные культуры и принципы элективности сред. Чистые культуры микроорганизмов.

Методы получения и значение. Основные типы сред по составу и физическому состоянию. Культивирование аэробных, анаэробных и фотосинтезирующих микроорганизмов. Поверхностное и глубинное выращивание. Рост популяций микроорганизмов в периодических культурах. Построение кривых роста. Фазы роста, их особенности. Определение удельной скорости роста, времени генерации, экономического коэффициента, субстратной константы. Двухфазность развития культур (трофофаза, идиофаза), синтез вторичных метаболитов. Диауксия. Причины лимитации роста и отмирания. Периодические и непрерывные культуры. Гомогенно-непрерывное культивирование. Хемостат, турбидостат. Значение метода непрерывного культивирования для изучения физиологии микроорганизмов и в промышленности. Синхронные культуры, способы их получения.

5. Физиология микроорганизмов Действие факторов внешней среды

Рост микроорганизмов в зависимости от температуры. Кардинальные точки роста. Особенности психрофилов, мезофилов и термофилов. Термоустойчивость вегетативных клеток различных микроорганизмов, эндоспор бактерий и других покоящихся форм. Использование высоких температур для стерилизации. Действие низких температур. Хранение замороженных культур. Гидростатическое давление; барофильные и баротолерантные формы. Осмотическое давление. Особенности осмофилов и галофилов, матричный и осмотический стресс. Радиация. Физиологическое, мутагенное и стерилизующее действие. Устойчивость микроорганизмов к ультрафиолетовым лучам и ионизирующим излучениям. Фотореактивация. Рост микроорганизмов в зависимости от влажности. Устойчивость к высушиванию. Лиофилизация. Отношение микроорганизмов к кислороду; аэробы и анаэробы (облигатные и факультативные). Возможные причины ингибирующего действия кислорода на строгих анаэробов. Рост аэробов в зависимости от содержания кислорода (рО2). Окислительновосстановительный потенциал среды, факторы, его определяющие. Значение рН

Щелочеустойчивые, кислотоустойчивые и ацидофильные микроорганизмы. Значение избытка и недостатка элементов питания. Антимикробные вещества. Природа и происхождение (абиотическое, биотическое) антимикробных веществ. Специфичность и механизм действия. Микробиологический и микробоцидный эффект. Области применения различных антимикробных соединений. Важнейшие химиотерапевтические препараты, консервирующие, дезинфицирующие и стерилизующие средства.

6. Питание микроорганизмов

Разнообразие потребностей в питании в мире микроорганизмов. Автотрофия и гетеротрофия. Понятия фотоавтотрофия, фотогетеротрофия, хемолитоавтотрофия, хемолитоарганотрофия, хемолитоорганотрофия, хемоорганогетеротрофия. Сапротрофы, паразиты, хищники. Прототрофы, ауксотрофы, паратрофы (внутриклеточные паразиты). Источники углерода и энергии, используемые микроорганизмами. Разнообразие. Источники азота. Органические и минеральные соединения азота, роль в метаболизме клеток. Потребность микроорганизмов в готовых аминокислотах, витаминах и других факторах роста Практическое применение ауксотрофных микроорганизмов. Потребность микроорганизмов в соединениях серы, фосфора, в микроэлементах. Транспорт веществ в клетку. Диффузия и активный транспорт

7. Обмен веществ (метаболизм)

Анаболические и катаболические процессы. Амфиболиты и центраболиты. Основные и дополнительные (анаплеротические) пути метаболизма.

Анаболизм (конструктивный метаболизм).

Основные мономеры конструктивного метаболизма (органические кислоты, аминокислоты, сахара, азотистые основания и другие). Ассимиляция углерода углекислоты гетеротрофами и автотрофами. Пентозофосфатный восстановительный цикл углерода и восстановительный цикл карбоновых кислот. Пути ассимиляции микроорганизмами других одноуглеродних соединений (метан, метанол, формиат), ассимиляция при участии тетрагидрофолата (сериновый цикл). Использование ацетата и других двууглеродных соединений. Значение цикла трикарбоновых кислот и глиоксилатного шунта в конструктивном метаболизме.

Усвоение минеральных соединений азота. Ассимиляционная нитратредукция. Пути образования аминокислот (прямое аминирование, переаминирование, взаимопревращение). Фиксация молекулярного азота. Свободноживущие и симбиотические азотфиксаторы. Механизм азотфиксации. Практическое значение процесса. Усвоение соединений серы. Синтез нуклеиновых кислот, полифосфатов, белков, липидов, полисахаридов, и других компонентов клеток. Практическое значение микробного биосинтеза. Микроорганизмы как источники дешевого белка и аминокислот. Образование и выделение гидролитических ферментов (протеаз, нуклеаз, амилаз, пектиназ, целлюлаз, липаз), витаминов и других ростовых факторов, полисахаридов (декстранов), токсинов, алколоидов. Биосинтез антибиотиков. Важнейшие антибиотики и их продуценты; практическое применение антибиотиков.

Катаболизм (энергетические процессы).

Способы получения микроорганизмами энергия и пути ее трансформации. Биологическое окисление. Эндогенные и экзогенные, органические и неорганические окисляемые субстраты. Их разнообразие и общность путей окислительных процессов. Кислород и другие акцепторы водорода. Центральная роль АТФ и способы ее образования: окислительное фосфорилирование в цепи переноса

электронов, субстратное фосфорилирование, фотофосфорилирование. Эволюция энергетических процессов. Брожения. Классификация сбраживания углеводов по Шапошникову. Субстратное фосфорилирование. Спиртовое. Молочнокислое гомо- и гетероферментативное брожение, пропионовокислое, маслянокислое, ацетонобутиловое, смешанные брожения. Основные продукты брожений. Изменения брожений в зависимости от условий культивирования различных микроорганизмов. Двухфазность брожений, ее причины. Характеристика микроорганизмов, вызывающих различные брожения. Практическое значение этих процессов. Анаэробное разложение микроорганизмами полимерных соединений. Целлюлозоразрушающие, пектинразрушающие, аммонифицирующие (гнилостные) сбраживающие аминокислоты, бактерии и другие микроорганизмы. Их практическое значение. Анаэробное окисление органических субстратов с использованием неорганического акцептора водорода. Метанообразующие бактерии. Путь образования метана при использовании различных соединений. Сульфатредукция. Микроорганизмы, вызывающие этот процесс. Путь диссимиляционной сульфатредукции. Окисляемые субстраты. Денитрификация. Микроорганизмы, вызывающие этот процесс. Путь диссимиляционной нитратредукции. Окисляемые субстраты. Значение денитрификации, сульфатредукции и процесса образования метана в природных условиях. Аэробное окисление органических веществ Разнообразие субстратов, окисляемых микроорганизмами: углеводы, белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводороды, полимерные и мелкие молекулы. Универсальные механизмы получения АТФ при биологическом окислении: цикл трикарбоновых кислот и пентозофосфатный окислительный цикл. Конечные пути переноса водорода и электронов от субстрата на кислород. Главнейшие переносчики и ферменты, участвующие в этих процессах. Полное окисление до СО2 и Н2О (дыхание). Неполное окисление органических субстратов, продукты и причины этого явления. Свечение бактерий и связь этого процесса с окислительными процессами. Характеристика и практическое значение важнейших групп микроорганизмов, способных окислять различные природные вещества с образованием практически ценных продуктов. Уксуснокислые бактерии, образуемые ими продукты. Синтез органических кислот другими бактериями и грибами. Трансформация микроорганизмами стероидных, индольных и других соединений. Практическое использование. Окисление неорганических соединений (аноргоксидация) и хемосинтез. Группа хемолитоавтотрофных микроорганизмов, основные свойства Нитрификация, фазы процесса, промежуточные и конечные продукты. Соединения серы, окисляемые микроорганизмами. Пути окисления, конечные продукты. Окисление водорода. Окисление железа и марганца, энергетическое значение. Электроннотранспортные системы различных хемоавтотрофов. Конечные акцепторы электрона. Эффективность использования свободной энергии. Практическое значение хемолитоавтотрофов.

Фотосинтезирующие микроорганизмы. Характеристика фотосинтезирующих бактерий и микроводорослей. Особенности бактериального и растительного фотосинтеза. Пигменты, устройство фотосинтезирующего аппарата, механизм и продукты фотосинтеза.

8. Наследственность и изменчивость

Организация генетического аппарата у эукариот и прокариот. Механизм репликации ДНК. Генетический код и синтез белка. Генетическая и фенотипическая (физиологическая) изменчивость. Мутация и рекомбинации. Природа и типы мутаций. Частота мутаций. Мутагенные факторы.

Популяционная изменчивость. Селекция мутантов. Области практического использования мутантов микроорганизмов. Рекомбинация у эукариотных микроорганизмов. Половой и парасексуальный процессы. Рекомбинация у прокариот: трансформация, трансдукция, конъюгация. Плазмиды бактерий. Регуляция обмена веществ. Конститутивные и индуцибельные ферменты. Механизмы регуляции синтеза ферментов (индукция, репрессия). Регуляция активности ферментов; свойства аллостерических ферментов. Микроорганизмы и эволюционный процесс. Возможные филогенетические связи микроорганизмов (прокариот и эукариот). Их отражение в систематике. Возможное происхождение вирусов.

9. Экология микроорганизмов

Биосфера и распространение микроорганизмов. Содержание и важнейшие группы микроорганизмов в почве, водоёмах и атмосфере. Правило М. Бейеринка. Круговороты углерода, азота, фосфора и других элементов. Основополагающие работы В.П. Омелянского и С.Н. Виноградского. Триада Виноградского. Биохимическая деятельность микроорганизмов. Особенности почвы как среды обитания: гетерофазность, гетерогенность, гетерохронность. Принципы функционирования пула почвенных организмов. Роль микроорганизмов в почвообразовательных процессах и в плодородии почв. Значение микроорганизмов в первичной продукции водоемов и минерализации органических. веществ. Использование микроорганизмов для очистки сточных вод, нефтяных загрязнений. Санитарный контроль почвы.

Взаимодействия микроорганизмов между собой и с высшими организмами (метабиоз, симбиоз, антагонизм). Значение метабиотических и симбиотических взаимоотношений между микроорганизмами. Различные формы антагонизма ("активный" и "пассивный" антагонизм, паразитизм, хищничество). Практическое использование антагонизма микроорганизмов в медицине и сельском хозяйстве.

Микроорганизмы и растения. Микроорганизмы ризосферы и ризопланы. Эпифитные микроорганизмы. Симбиотические взаимоотношения между микроорганизмами и растениями (клубеньковые и бобовые растения, разные типы микоризы). Фитопатогенные микроорганизмы. Взаимодействия микроорганизмов и почвенных животных (пристеночное и транзитное сообщество).

Потенциальная и реальная биологическая активность. Принципы строения и функционирования комплекса почвенных микроорганизмов.

10. Микроорганизмы в хозяйственной деятельности и медицине

Использование микроорганизмов для получения пищевых и кормовых продуктов, химических реактивов и лекарственных препаратов. Применение в сельском хозяйстве, при выщелачивании металлов из руд, очистке стоков и получении топлив.

Примеры вопросы для вступительных экзаменов в аспирантуру

- 1. Грибы: строение, способы размножения, особенности жизненных циклов.
- 2. Актиномицеты. Строение, развитие, систематика.
- 3. Дрожжи. Строение, способы размножения, разнообразие.
- 4. Разнообразие строения бактерий.
- 5. Особенности строения прокариотной клетки.
- 6. Принципы классификации прокариот.
- 7. Микориза

- 8. Трансформация соединений железа микроорганизмами.
- 9. Денитрификация в почве (микроорганизмы, влияние экологических факторов).
- 10. Регуляция метаболизма у микроорганизмов
- 11. Периодические и проточные культуры бактерий
- 12. Бактерии серного цикла
- 13. Строение клеточной стенки эубактерий и архей. Значение для систематики бактерий.
- 14. Азотфиксация в почве (микроорганизмы, влияние экологических факторов).
- 15. Анаболизм у микроорганизмов.
- 16. Особенности бактериального фотосинтеза.
- 17. Катаболизм у микроорганизмов
- 18. Структура ДНК и РНК. Значение этих соединений для систематики микроорганизмов
- 19. Роль микроорганизмов в образовании и потреблении "парниковых газов".
- 20. Типы взаимодействия между микробными популяциями.
- 21. Потенциальная и реальная биологическая активность почв.
- 22. Разделение микроорганизмов на группы по отношению к температуре.
- 23. Микробные сукцессии. Сукцессии в почве.
- 24. Влияние адгезии клеток на их активность.
- 25. Специфика почвы как среды обитания микроорганизмов.
- 26. Принципы строения и функционирования комплекса, почвенных микроорганизмов.
- 27. Микроорганизмы кишечного тракта и экскрементов беспозвоночных животных.
- 28. Микробные популяции и их использование в сельском хозяйстве.
- 29. Микроорганизмы ризосферы и ризопланы.
- 30. Рост и развитие микроорганизмов при различной степени увлажнения почв.

III. РЕФЕРАТ ПО ИЗБРАННОМУ НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ

Реферат по избранному направлению 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. ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

- **Вопрос 1.** Грибы: строение, способы размножения, особенности жизненных циклов
- Вопрос 2. Микробные популяции и их использование в сельском хозяйстве
- **Вопрос 3.** Содержание реферата по теме диссертационного исследования (с приложением реферата и отзыва на реферат с отметкой предполагаемого научного руководителя).

V. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Обязательная литература

- 1. Нетрусов А. И., Котова И. Б.. Микробиология: теория и практика. В 2 ч. М: Издательство Юрайт, 2018.
- 2.Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry, Fourth Edition Ed. A. Paul 603 pages year: 2015. https://www.sciencedirect.com/book/9780124159556/soil-microbiology-ecology-and-biochemistry
- 3. Брюханов А.Л., Рыбак К.В., Нетрусов А.И. Молекулярная микробиология. М.: Изд-во МГУ, 2011. 480 с.
- 4.3вягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, $2005.445~\mathrm{c}.$
- 5. Современная микробиология. Прокариоты. (Том 1 и 2). Ленгеллер Й., Древс Г. и Шлегель Г. М. М.: Мир, 2005.
- 6. Пиневич А.В. Микробиология. Биология прокариотов. Т. І. СПб: Изд-во СПбГУ, 2007. Т. ІІ. СПб: Изд-во СПбГУ, 2008. Т. ІІІ. СПб: Изд-во СПбГУ, 2009.

2.Дополнительная литература

- 1.Заварзин Г.А. Эволюция прокариотной биосферы. «Микробы в круговороте жизни». 120 лет спустя. Чтение им. С.Н. Виноградского. М.: МАКС Пресс. 2011. 144 с.
- 2. Ботаника. Курс альгологии и микологии / Под ред. Ю.Т. Дьякова. М.: Изд-во МГУ, 2007.-559 с.
- 3. Нетрусов А.И., Бонч-Осмоловская Е.А., Горленко В.М. Экология микроорганизмов. М.: «Академия», 2004. 272 с.
- 4. Чернов И.Ю. Дрожжи в природе. М.: ТНИ КМК. 2013. 336 с.
- 5. Бызов Б.А. Зоомикробные взаимодействия в почве. М.; Геос. 2005.
- 6. Степанов А.Л. Микробная трансформация парниковых газов в почвах. М.:Геос, 2011.- 287 с.
- 7. Почвы в биосфере и жизни человека: монография. Москва: ФГБОУ ВПОМГУЛ. $2012.-584~\mathrm{c}$.

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. Степанов А.Л.
- 2.Лысак Л.В.