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

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана П.В.Красильников /_____ /

«___» _____20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Строение, развитие и систематика актиномицетов

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки (специальность):

06.04.02 Почвоведение

Направленность (профиль) ОПОП:

Биология почв

Форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией факультета почвоведения (протокол №_____, дата _____)

Москва 2021

На обратной стороне титула:

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.04.02 Почвоведение программы бакалавриата

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова
от *28 декабря 2020 года (протокол №7).*

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** *вариативной части ОПОП, по выбору.*

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** Для освоения дисциплины необходимо освоение дисциплин бакалавриата - «Органической химии», «Биологии почв», «Строения, развития и систематики бактерий», «Биохимии микроорганизмов».

3. **Планируемые результаты обучения в результате освоения дисциплины, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников:**

Компетенции выпускников (коды)	**Индикаторы (показатели) достижения компетенций**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями**
1	2	3
М-СПК-1. Способен применять на практике фундаментальные и прикладные аспекты почвенной микробиологии и зоологии, понимает современные насущные задачи и проблемы в данных областях	СПК-1.1 Применяет на практике фундаментальные и прикладные аспекты почвенной микробиологии и зоологии	Знать историю изучения актиномицетов, область их применения в различных сферах деятельности, использовать эти знания при решении насущных практических задач
	СПК-1.2 Глубоко понимает современные насущные проблемы почвенной микробиологии и зоологии и применяет их при решении профессиональных задач	Понимать современные проблемы экологии, почвенной микробиологии и зоологии, использовать имеющиеся знания о биологии актиномицетов при решении различных профессиональных задач
М-СПК-2. Способен применять на практике знания о строении, составе и функционировании живой клетки, метаболизме и механизмах его регуляции; может использовать в профессиональной деятельности знания базовых основ генетики организмов	СПК-2.1. Применяет на практике знания о строении, составе и функционировании живой клетки, метаболизме и механизмах его регуляции	Знать строение, состав и особенности физиологии клеток актиномицетов, их метаболизме и механизмах регуляции
	СПК-2.2. Использует в профессиональной деятельности знания базовых основ генетики организмов	Использовать знания базовых основ генетики при идентификации актиномицетов и решении других профессиональных задач

М-СПК-3. Способен применять на практике знание биологической систематики организмов, особенностей онтогенеза отдельных групп почвенных организмов и условий устойчивого существования и жизнеспособности почвенных микробных популяций	СПК-3.1. Применяет на практике знание биологической систематики организмов, особенностей онтогенеза отдельных групп почвенных организмов и условий устойчивого существования и жизнеспособности почвенных микробных популяций	Знать особенности жизненного цикла различных групп актиномицетов, представлять основные механизмы регуляции, подходы и принципы систематики актиномицетов
М-СПК-4. Способен использовать в профессиональной деятельности знания о роли микроорганизмов в глобальных биогеохимических циклах элементов в биосфере, а также значении почвенных организмов в почвообразовании и формировании плодородия почв	СПК-4.1. Использует в профессиональной деятельности знания о роли микроорганизмов в глобальных биогеохимических циклах элементов в биосфере	Использовать в профессиональной деятельности знания об экологии актиномицетов, понимать их роль межорганизменных взаимодействиях и глобальных биосферных процессах
	СПК-4.2. Имеет четкое представление о значении почвенных организмов в почвообразовании и формировании плодородия почв, использует эти знания при решении практических задач	Иметь четкое представление о значении почвенных организмов в почвообразовании и формировании плодородия, понимать роль актиномицетов в природе, использовать эти знания для решения профессиональных задач
М-СПК-5. Способен проводить самостоятельные экспериментальные исследования в области почвенной микробиологии: анализировать научную литературу, формулировать актуальные цели и задачи; ориентируется в современных методах почвенной микробиологии и биохимии; несет ответственность за качество работ и достоверность полученных результатов	СПК-5.1. Проводит самостоятельные экспериментальные исследования в области почвенной микробиологии: анализирует научную литературу, формулирует актуальные цели и задачи; ориентируется в современных методах почвенной микробиологии и биохимии; несет ответственность за качество работ и	Самостоятельно углублять имеющиеся знания, анализировать научную литературу, формулировать актуальные цели и задачи, ориентироваться в классических и современных методах почвенной микробиологии, проводить самостоятельные экспериментальные исследования и нести ответственность за качество выполненных работ и достоверность полученных

	достоверность полученных результатов	результатов
М-СПК-6. Способен применять на практике современные компьютерные и информационные технологии для решения задач по идентификации микроорганизмов, проведения статистической обработки экспериментальных данных и поиска необходимой информации в мировых базах данных научных публикаций	СПК-6.1. Использует современные компьютерные и информационные технологии для решения задач по идентификации микроорганизмов	Использовать различные информационные технологии и международные базы данных для решения задач, связанных с идентификацией и описанием новых видов актиномицетов
	СПК-6.2. Осуществляет статистическую обработку экспериментальных данных, использует международные базы данных для поиска необходимой научных публикаций	Использовать международные электронные библиотеки и базы данных для поиска необходимой научной литературы

4. **Объем дисциплины** *2* з.е.**,** в том числе *36* академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, *36* академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения** *очный, с использованием дистанционных платформ для самостоятельной работы обучающихся и оценки качества обучения* *(отметить, если дисциплина или часть ее реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий)*

6. **Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам, с указанием отведенного на них количества академических часов, и виды учебных занятий**:

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины / форма текущей аттестации	**Всего (часы)**	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)					**Самостоятельная работа обучающегося** ***Виды самостоятельной работы, часы***		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (семинары)	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	**Всего**	Подготовка доклада	Подготовка к тест-опросу	**Всего**
Тема 1. История становления актиномицетологии	6	2	2			4		2	2
Тема 2. Геномика актиномицетов	6	2				2		4	4
Тема 3. Особенности клеточного строения актиномицетов	4	2				2		2	2
Тема 4. Жизненный цикл основных групп актиномицетов	6	2	2			4		2	2
Тема 5. Первичный метаболизм актиномицетов и механизмы его регуляции	4	2				2		2	2
Тема 6. Основные группы вторичных метаболитов актиномицетов	4	2				2		2	2

Тема 7. Антибиотики: химическая природа и основные механизмы действия	6	2	2			4		2	2
Тема 8. Принципы современной таксономии актиномицетов	4	2				2		2	2
Тема 9. Характеристика представителей основных таксонов актинобактерий	4	2				2		2	2
Тема 10. Отношение к факторам внешней среды.	6	2	2			4		2	4
Тема 11. Биотические взаимосвязи актиномицетов с другими организмами: Актиномицеты и растения.	4	2				2		2	2
Тема 11. Биотические взаимосвязи актиномицетов с другими организмами: Симбиотические актиномицеты и беспозвоночные животные.	4	2				2		2	2
Тема 11. Биотические взаимосвязи актиномицетов с другими организмами: Патогенные актинобактерии.	4	2				2		2	2
Тема 12. Место актиномицетов в микробных сообществах и роль в биосферных процессах	4	2				2		2	2
Тема 13. Использование актиномицетов в биотехнологии	6	2	2			4		2	2
Итоговая аттестация	*Зачет*								
Итого:	72								

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Тема 1. История становления актиномицетологии

Первые упоминания об актиномицетах в работах врачей и ветеринаров: Ф. Кона, К. Гарца, С. Ривольты, Э. Нокарда. Между двух царств: грибы или бактерии? «Лучистые грибки» Н.А.Красильникова. Нобелевский лауреат З. Ваксман открывает «Золотую Эру Антибиотиков». Советская школа по изучению актиномицетов: Н.А. Красильников, Г.Ф. Гаузе, А.А. Прокофьева-Бельговская и другие. Современные направления исследования актиномицетов.

Тема 2. Геномика актиномицетов

Особенности хранения и передачи наследственной информации у прокариот. Молекулярные механизмы репликации, транскрипции и трансляции геномов. Горизонтальный перенос генов (конъюгация, трансдукция, трансформация). Геномные перетасовки.

Основные черты актинобактериальных геномов: высокое содержание ГЦ-пар, большой размер, линейные хромосомы и плазмиды. Геномы мицелиальных актинобактерий (*Streptomyces*, *Frankia*, *Mycobacterium*). Плазмиды актиномицетов. Связь между особенностями геномов и экологией актиномицетов.

Тема 3. Особенности клеточного строения актиномицетов

Разнообразие клеточного строения у актинобактерий: субстратный мицелий, воздушный мицелий, споры. Особенности строения клеточных покровов у актиномицетов (на примере представителей родов *Streptomyces*, *Corynebacterium*, *Mycobacterium*). Состав и свойства цитоплазматической мембраны актиномицетов, наиболее распространенные фосфолипиды. Типы клеточной стенки по Лешевалье. Тейхоевые кислоты. Миколовые кислоты. Цитоплазма: цитоскелет, внутриклеточные включения, микрокомпартменты. Признаки, использующиеся для хемотаксономии актиномицетов.

Тема 4. Жизненный цикл основных групп актиномицетов

Жизненный цикл представителей рода *Streptomyces*. Прорастание спор. Рост вегетативного мицелия. Клеточное деление: формирование Z-кольца. Программируемая гибель клеток (PCD). Алармон гуанозин тетрафосфат. Дифференциация: образование воздушного мицелия. Роль поверхностных белков и пептидов (chaplins, rodlins, SapB и SapT). Регуляция морфологического развития. Спорообразование. Созревание спор.

Клеточное деление у немицелиальных актинобактерий.

Факторы, влияющие на рост и диффенциацию у актиномицетов.

Тема 5. Первичный метаболизм актиномицетов и механизмы его регуляции

Требования актиномицетов к условиям среды. Механизмы ферментативной регуляции (на примере функционирования лактозного и триптофанового оперонов).

Гидролиз природных полимеров (крахмала, целлюлозы, хитина). Транспорт углеводов в клетку. Катаболизм углеводов. Катаболитная репрессия и строгий контроль. Запасные вещества.

Потребление различных источников азота. Протеазы, пептидазы и транспорт аминокислот. Катаболизм аминокислот и нуклеотидов. Биосинтез азотсодержащих метаболитов.

Фосфор: потребление и регуляция.

Тема 6. Основные группы вторичных метаболитов актиномицетов и их функции

Сигнальные метаболиты (γ-бутиролактоны). Летучие органические соединения (геосмин, 2-метил-изоборнеол). Фитогормоны (ауксины). Сидерофоры. Сидеромицины (механизм проникновения в клетку и действие на примере альбомицина δ2).

Тема 7. Антибиотики: химическая природа и основные механизмы действия

Сложность в определении понятия «антибиотики»: природные или синтетические, какие организмы продуцируют, организмы-мишени. Классификация антибиотиков по химической природе: β-лактамы, гликопептиды, липопептиды, поликетиды (макролиды, полиены, тетрациклины), ансамицины, аминогликозиды, линкозамиды и др.

Основные пути биосинтеза антибиотиков. Ферменты, задействованные в реакциях вторичного метаболизма: поликетидсинтазы и нерибосомные пептидсинтазы. Основные мишени действия антибиотиков (нарушение синтеза клеточной стенки, нарушение структуры мембран, ингибирование процессов репликации и транскрипции, ингибирование синтеза белка на рибосомах).

Стрептомицеты главные продуценты антибиотиков.

Тема 8. Принципы современной таксономии актиномицетов

Полифазная таксономия. Культуральные, морфологические, физиологические признаки. Хемотаксономия: анализ биохимических маркеров (сахара и изомеры ДАПк в клеточной стенке, фосфолипиды, жирные кислоты, менахиноны, миколовые кислоты). Функциональные гены в таксономии: 16S рРНК, гены «домашнего хозяйства». Анализ генома: размер, доля ГЦ пар, количество генов, кодирующих белки, РНК. ДНК-ДНК гибридизация в идентификации. Методы определения. Программное обеспечение и он-лайн сервисы.

Тема 9. Характеристика представителей основных таксонов актинобактерий

Порядок *Micrococcales*, порядок *Mycobacteriales*, сем. *Actinomycetaceae*, сем. *Bifidobacteriaceae*, сем. *Frankiaceae* сем. *Micromonosporaceae*, сем. *Pseudonocardiaceae*, сем. *Streptomycetaceae*.

Тема 10. Отношение актиномицетов к факторам внешней среды

Определение понятий – фильность и толерантность. Термо- и психрофильные, алкало- и ацидофильные актиномицеты. Галофильные актиномицеты. Биохимические адаптации актинобактерий-экстремофилов. Влияние концентрации кислорода и влажности на метаболизм актиномицетов.

Тема 11. Биотические взаимосвязи актиномицетов с другими организмами.

Актиномицеты и растения. Растения как среда обитания микроорганизмов. Факторы, влияющие на растительные микробиомы. PGP (Plant Growth Promoting) actinobacteria. Актиномицетные сообщества филлосферы и ризосферы. Актиномицеты-эндофиты. Актиномицеты – фитопатогены. Актиномицеты рода *Frankia* и актиноризные растения.

Симбиотические актиномицеты и беспозвоночные животные. Актиномицеты – симбионты насекомых (роющие осы, жуки-короеды, муравьи-листорезы, муравьи *Allomerus*, муравьи-древоточцы). Новые антибиотики, обнаруженные у актиномицетов, ассоциированных с насекомыми.

Патогенные актинобактерии. Микобактерии туберкулезного комплекса (*Mycobacterium tuberculosis* spp.): особенности морфологии, физиологии, генетики.

Коварный туберкулез: патогенез, методы диагностики и профилактики. След в истории и культуре.

Возбудитель дифтерии *Corynebacterium diphtheriae*. Симптомы заболевания в рассказе М.А.Булгакова «Стальное горло». Дифтерийный токсин и его воздействие на клетки. Трансдукция гена дифтерийного токсина.

Актиномикозы травоядных животных и человека.

Тема 12. Место актинобактерий в микробных сообществах и роль в биосферных процессах

Актиномицеты в наземных экосистемах

Мицелиальная организация как адаптация актинобактерий к существованию на суше. Почвы – природный банк разнообразия актиномицетов. Экологические стратегии популяций актиномицетов в наземных экосистемах. Вертикально-ярусные и зональные закономерности распространения актиномицетов в наземных экосистемах. Природные локусы, характеризующиеся наибольшим разнообразием и численностью актиномицетов.

Актиномицеты водных экосистем

Актиномицеты, связанные с морскими животными. Таксономическое разнообразие актиномицетов в морских экосистемах. Поиск и открытия новых вторичных метаболитов у актиномицетов, выделенных из морских экосистем.

Тема 13. Использование актиномицетов в биотехнологии.

Изыскание новых антибиотиков: современное состояние проблемы, подводные камни и перспективы.

Антибиотикорезистентность и пути ее преодоления.

Актиномицеты – биодеструкторы: разложение полимеров и ксенобиотиков.

7. **Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:**

7.1. **Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля:**

Примеры тестов:

- Объясните, в чем заключается суть подхода «Genome mining»:
  - выделение суммарной ДНК актиномицетов без культивирования из образцов, связанных с угледобычей;
  - метод выделения ДНК из чистых культур актиномицетов;
  - анализ генома *in silico* с целью поиска генов, представляющих биотехнологический интерес.
- У каких насекомых впервые были обнаружены актинобактерии-симбионты (выбрать): огненные муравьи, жуки-короеды, муравьи-листорезы, саранча обыкновенная.
- Стратегия «Троянского коня» реализуется на примере:
  - альбомицина,
  - даптомицина,
  - стрептомицина.

Темы докладов:

- *Актиномицеты-эндофиты сельскохозяйственных растений: друзья или враги?*
- *Редкие роды актиномицетов и их биотехнологический потенциал*

- *Гены антибиотикорезистентности у актиномицетов*
- *Актинобактерии-продуценты гидролитических ферментов*

7.2. **Типовые контрольные вопросы, задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации:**

Примерные вопросы для экзамена

1. *В чем заключается «двойственная природа» актиномицетов?*
2. *Золотой век антибиотиков.*
3. *Современная систематика актинобактерий: значимость фенотипических признаков.*
4. *Принципы, положенные в основу полифазной таксономии актиномицетов.*
5. *Строение внешних покровов у микобактерий и стрептомицетов, с чем связаны различия.*
6. *Отличительные черты геномов стрептомицетов.*
7. *Биосинтетические генные кластеры актиномицетов.*
8. *Морфологическое разнообразия представителей филума Actinomycetota.*
9. *Основные этапы жизненного цикла мицелиальных актинобактерий (на примере Streptomyces* spp.*).*
10. *Экологические адаптация актиномицетов к обитанию в наземных и водных экосистемах.*
11. *Механизм действия сидеромицинов.*
12. *Гамма-бутиролактоны и их роль в микробных взаимодействиях актинобактерий.*
13. *Антибиотики актиномицетного происхождения, нарушающие синтез белка*
14. *Актиномицеты, способствующие росту растений (механизмы, примеры).*
15. *Экологическая характеристика представителей рода Frankia.*
16. *Многосторонний симбиоз у муравьев-листорезов: участники, функции, роль.*

8. **Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине:**

В таблице представлена шкала оценивания результатов обучения по дисциплине. Уровень знаний обучающегося оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Оценка "отлично" выставляется, если обучающийся демонстрирует сформированные систематические знания, умения и навыки их практического использования. Оценка "хорошо" ставится, если при демонстрации знаний, умений и навыков студент допускает отдельные неточности (пробелы, ошибочные действия) непринципиального характера. При несистематических знаниях, демонстрации отдельных (но принципиально значимых навыков) и затруднениях в демонстрации других навыков выставляется оценка «удовлетворительно». Оценка "неудовлетворительно" ставится, если знания и умения фрагментарны, а навыки отсутствуют.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	**2**	**3**	**4**	**5**
	незачет	**зачет**		
Знания *контрольные работы, тесты*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *написание и защита докладов на заданную тему*	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) *ведение научной дискуссии, оппонирование работ других студентов*	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

Итоговая оценка «зачет» выставляется, если результаты обучения соответствуют оценкам «5», «4» и «3», а «незачет» - если результаты обучения ниже этих показателей.

9. **Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. *Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М.* Экология актиномицетов. М.: Геос, 2001.
2. Экология микроорганизмов: Учеб. для студ. вузов / Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия». 2004. 272 с.

Дополнительная

1. *Eugene Rosenberg (Editor-in-Chief), Edward F. DeLong, Stephen Lor, Erko Stackebrandt and Fabiano Thompson (Eds.).* The Prokaryotes. Actinobacteria. Springer, Berlin, London. DOI 10.1007/978-3-642-30138-4

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем https://www.ncbi.nlm.nih.gov/
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

http://distant.msu.ru

- Описание материально-технической базы
  Аудитория, рассчитанная на 10-15 человек, оснащенная мультимедийным проектором, экраном, компьютером с выходом в Интернет, меловой или маркерной доской

10. **Язык преподавания: русский**

11. **Преподаватель:**
Закалюкина Юлия Владимировна
Научный сотрудник
Кандидат биологических наук (2003, МГУ К501.001.05)

12. **Разработчик программы:**
Закалюкина Юлия Владимировна
Научный сотрудник
Кандидат биологических наук (2003, МГУ К501.001.05)

13. **Краткая аннотация дисциплины:**

Курс «Строение, развитие и систематика актиномицетов» формирует у студентов системные представления об особом филуме прокариот *Actinomycetota*, как о неотъемлемой составляющей прокариотных комплексов всех природных экосистем. Актиномицеты – важнейшие участники глобальных биосферных процессов, связанных с рециклизацией сложных природных полимеров.

Отличительной чертой данного курса является равное внимание как к фундаментальным знаниям о генетических особенностях и метаболизме, функционировании сообществ актинобактерий и их взаимодействии с другими организмами, так и к практическим вопросам, касающимся использовании веществ, продуцируемых актиномицетами, в медицине и биотехнологии.