Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Факультет биологический
Кафедра ботаники и физиологии растений

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой	Декан факультета
_____Н.М. Дайнеко	_____В.С. Аверин
_____ _____ 2015 г.	_____ _____ 2015 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

МИКРОБИОЛОГИЯ

для специальности
1-31 01 01 Биология (по направлениям)
1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность)

Рассмотрено и утверждено
на заседании кафедры ботаники и физиологии растений

____ _____ 2015 г., протокол № _____

Составитель:
канд. биол. наук, доцент Концевая И.И.

Рассмотрено и утверждено
на заседании научно-методического совета УО «ГГУ им. Ф. Скорины»

_____ _____ 2015 г., протокол № _____

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

И.В. Вуевская, заместитель декана лечебного факультета УО «Гомельский государственный медицинский университет», кандидат биологических наук, доцент;

Т.А. Толкачева, доцент кафедры химии УО «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова», кандидат биологических наук

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2 Содержание учебно-методического комплекса по дисциплине «МИКРОБИОЛОГИЯ»

для специальности

1-31 01 01-02 – «Биология (научно-педагогическая деятельность)»

03 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА……. 4

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ……... 5

1.1 Перечень теоретического материала……. 5

1.2 Материалы для обеспечения самостоятельной учебной работы студентов…… 5

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ…….. 6

2.1 Перечень лабораторных работ…… 6

2.2 Задания к лабораторным работам…….. 6

3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ…… 7

3.1 Перечень вопросов к зачету…….. 7

3.2 Перечень вопросов к экзамену…….. 7

3.3 Критерии оценок по дисциплине…….. 7

3.4 Образец тестовых заданий по дисциплине…….. 7

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ …….. 7

4.1 Учебная программа дисциплины …….. 7

4.2 Перечень рекомендуемой литературы …… 7

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

03 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебно-методический комплекс (УМК) по учебной дисциплине «Микробиология» создан в соответствии с требованиями Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования и предназначен для студентов специальности 1−31 01 01–02 «Биология (научно–педагогическая деятельность)». Содержание разделов УМК соответствует образовательным стандартам высшего образования данных специальностей. Главная цель УМК – оказание методической помощи студентам в систематизации учебного материала в процессе подготовки к итоговой аттестации по курсу «Микробиология».

Структура УМК включает:

Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

1. Теоретический раздел (учебные издания и лекционные материалы для теоретического изучения дисциплины в объеме, установленном типовым учебным планом по специальности).

2. Практический раздел (материалы для проведения лабораторных занятий по дисциплине в соответствии с учебным планом).

3. Контроль самостоятельной работы студентов (материалы текущей и итоговой аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к экзамену, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, тематика рефератов и др.).

4. Вспомогательный раздел.

4.1. Учебно-программные материалы (типовая учебная программа, учебные программы (рабочий вариант) для студентов дневной и заочной форм получения образования).

4.2. Информационно-аналитические материалы (список рекомендуемой литературы, перечень электронных образовательных ресурсов и их адреса и др.).

Работа с УМК должна включать ознакомление с тематическим планом дисциплины, представленным в типовой учебной программе. С помощью рабочего варианта учебной программы по дисциплине можно получить информацию о тематике лекций и лабораторных занятий, перечнях рассматриваемых вопросов и рекомендуемой для их изучения литературы. Для подготовки к лабораторным занятиям и промежуточным контрольным мероприятиям необходимо использовать материалы, представленные в разделе учебно-методическое обеспечение дисциплины, а также материалы для текущего контроля самостоятельной работы. Для написания рефератов могут быть использованы информационно-аналитические материалы, указанные в соответствующем разделе УМК.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Перечень теоретического материала

1.1.1 Лысак, В. В. Микробиология: уч. пособие / В. В. Лысак. – Минск: БГУ. – 2007. – 426 с.

В пособии последовательно раскрываются основные микробиологические термины и понятия; особенности морфологии, физиологии и воспроизведения бактерий; характеристика основных групп бактерий, их представителей; биохимические характеристики основных субклеточных компонентов прокариот, метаболические пути; особенности генетической организации бактерий, регуляция их метаболизма; взаимоотношения микроорганизмов с микро- и макроорганизмами; роль биологического многообразия как ведущего фактора устойчивости живых систем и биосферы в целом.

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

1.1.2 Чернявский, В. И. Бактериальные биопленки и инфекции / В.И. Чернявский // Annals of Mechnikov Institute, 2013. - N 1.- P. 86-90.

Изложен лекционный материал о бактериальных биопленках – как форме сосуществования микро- и макроорганизмов.

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

1.2. Материалы для обеспечения самостоятельной учебной работы студентов

1.2.1 Краткий курс лекций – Микробиология (составитель Концевая И.И.).

В кратком курсе лекций представлено 30 тем. Темы сгруппированы в 8 разделов: «Введение», «Морфология и структурная организация бактериальной клетки», «Культивирование и рост бактерий», «Действие химических и физических факторов на жизнедеятельность бактерий», «Метаболизм бактерий», «Генетика бактерий», «Взаимоотношения микроорганизмов с микро-и макроорганизмами», «Систематика и основные группы бактерий».

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

1.2.2 Приложение к лекциям по курсу «Микробиология» (составитель Концевая И.И.).

В приложении к лекциям по курсу «Микробиология» представлено 29 тем. Вопросы тем соответствуют лекционному материалу. Представлены определения основных микробиологических терминов и понятий, в качестве наглядного материала приведены: таблицы, рисунки, фотографии, схемы биохимических циклов и генетических процессов; указаны химические реакции отдельных метаболических этапов.

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

1.2.3 Темы рефератов по курсу Микробиология.

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 1. Предмет и задачи микробиологии, ее место и роль в современной биологии

1. Предмет и задачи микробиологии
2 Общие сведения о биогеохимической деятельности микроорганизмов
3 Участие микроорганизмов в биологическом круговороте углерода, азота, серы, фосфора в природе
4 Промышленная микробиология; ее научные основы
5 Вклад микробиологии в развитие генетики, молекулярной биологии и биотехнологии

1 Предмет и задачи микробиологии

Микробиология - наука о микроскопически малых существах, называемых микроорганизмами. **Микробиология изучает** морфологию, физиологию, биохимию, систематику, генетику, экологию микроорганизмов, их роль и значение в круговороте веществ, патологии человека, животных и растений, в экономике.

К микроорганизмам относятся преимущественно одноклеточные организмы – бактерии, микроскопические грибы и водоросли, простейшие, вирусы. Предметом изучения микробиологии традиционно служат в основном бактерии, в общем плане организации рассматриваются вирусы.

Задачи микробиологии:

1. Разработка способов борьбы с инфекционными заболеваниями.

2. Решение проблемы увеличения устойчивости микроорганизмов к антибиотикам. Создание новых способов лечения и профилактики заболеваний.

3. Исследование связи между инфекциями и хроническими болезнями.

4. Исследование новых возможностей использования микроорганизмов в промышленности и для контроля экологической среды.

5. Увеличение разнообразия микроорганизмов.

6. Изучение биопленок.

7. Исследование геномов микроорганизмов с помощью молекулярно-генетических методов.

8. Выяснение симбиотических взаимодействий между микроорганизмами и высшими организмами.

9. Использование микроорганизмов в качестве объектов для изучения различных фундаментальных вопросов биологии.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

10. Использование микроорганизмов в качестве тест-объектов для первичной оценки новых открытий и новых технологий в биологии.

2 Общие сведения о биогеохимической деятельности микроорганизмов

Микроорганизмы, будучи широко распространенными в природе и обладая активным ферментным аппаратом, осуществляют процессы расщепления и синтеза самых сложных органических веществ. Органические вещества остатков растений и животных под действием микроорганизмов разлагаются на простые минеральные элементы, которые растворяются в воде и используются растениями в качестве источника питания, вовлекаясь таким образом в **малый биологический круговорот.**

Также в природе функционирует и **большой геологический круговорот**. Он осуществляется под действием физико-химических факторов и включает процессы выветривания горных пород, растворения минеральных продуктов выветривания и вынос их в моря и океаны. Преобладающая часть вынесенных минеральных элементов используется водными организмами и после их отмирания частично переходит в состав осадочных пород, выключаясь тем самым из биологического круговорота. Другая часть биологически важных элементов непрерывно закрепляются в почве благодаря деятельности зеленых растений и автотрофных микроорганизмов. После отмирания организмы растений и животных минерализуются микроорганизмами, и в зависимости от условий включаются в биологический или геологический круговорот. Таким образом биоэлементы участвуют в циклических процессах.

3. Участие микроорганизмов в биологическом круговороте углерода, азота, серы, фосфора в природе

Углерод (С) – основной биогенный элемент. Углеродные ресурсы на Земле представлены следующими формами: углерод в органических соединениях (ископаемые остатки, почвенный гумус) и неорганических веществах (карбонаты, углекислый газ), которые присутствуют во всех частях (лито-,

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

гидро- и атмосфера) биосферы. Круговорот С начинается с фиксации CO_2 зелеными растениями и автотрофными микроорганизмами. Образовавшиеся в процессе фото- и хемосинтеза углеродсодержащие органические соединения частично используются этими же организмами для получения энергии, при этом CO_2 выделяется в среду. Углерод, образующийся в результате разложения отмерших растений и животных, окисляется до CO_2 и тоже возвращается в атмосферу.

Ведущая роль в возвращении углерода в атмосферу принадлежит микроорганизмам. В процессе дыхания и брожения они разлагают самые разнообразные органические вещества: водорастворимые (углеводы, спирты и др.) и труднорастворимые соединения углерода, (крахмал, пектиновые вещества, целлюлоза, лигнин).

В аэробных условиях очевидна связь между процессами образования органического углерода, выделения O_2 и потребления CO_2, что следует из уравнения:

$$CO_2 + H_2O \underset{\text{Деструкция}}{\overset{\text{Продукция}}{\rightleftharpoons}} [CH_2O] + O_2$$

<u>Азот</u> является вторым наиболее важным биогенным элементом. В результате биохимической деятельности микроорганизмов могут образовываться его соединения с валентностью от –3 до +5. Центральное место в круговороте азота занимает аммоний.

Круговорот азота состоит из четырех этапов:

Первый этап – ***фиксация молекулярного азота***. Он осуществляется аэробными и анаэробными азотфиксирующими микроорганизмами. Конечным продуктом азотфиксации является NH_4^+, который включается в азотсодержащие органические вещества.

Второй этап круговорота азота, получивший название ***аммонификации***, приводит к высвобождению аммиака, но уже в результате процессов минерализации органического вещества. Освобождающийся аммиак расходуется по-разному. Часть - адсорбируется в обменных реакциях почвы,

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

часть - используется гетеротрофными микроорганизмами и превращается в белки их клеток; некоторое количество аммиака окисляется хемолитотрофами до нитритов и нитратов. Он может остаться в свободном состоянии и выделяться в атмосферу.

В аммонификации принимают участие многие микроорганизмы, включая неспорообразующие и спорообразующие бактерии, актиномицеты, микроскопические грибы.

На **третьем этапе** круговорота азота происходит ***нитрификация***: образовавшийся при аммонификации аммиак окисляется до нитритов и нитратов.

Типичные нитрификаторы относятся к хемолитоавтотрофам. Процесс нитрификации является двухфазным, причем каждая фаза осуществляется различными видами бактерий.

Четвертый этап. Если нитраты служат не только источниками азота, но и акцепторами электронов в бескислородных условиях, говорят о ***денитрификации***. В результате ее образуется либо NH_4^+ либо N_2, который выделяется в атмосферу и возвращаются в цикл. Бактерии в качестве окислителя используют NO_3^- вместо O_2.

Денитрификация протекает с высвобождением NO и NO_2 в качестве побочных продуктов, которые также поступают в атмосферу, где действуют как газы, создающие парниковый эффект. Т.о., денитрификация ведет в потере азота почвой.

<u>Сера.</u> Микроорганизмы осуществляют три важнейших этапа в превращении серы: 1) минерализацию органической серы, 2) окисление, 3) восстановление минеральной серы. Эти этапы определяют три основные формы природной серы: органическую серу (белки, аминокислоты); сульфаты и сульфиты; сероводород и сульфиды. Рассмотрим подробнее эти этапы.

(1) Установлено, что в процессе минерализации серосодержащих соединений образуется не только сероводород, но и другие соединения: меркаптаны, минеральная сера и сульфаты.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

(2) Окисление минеральной серы, получившее название ***сульфофиксации***, включает процессы окисления сероводорода, элементарной серы, тио- и тетрасоединений до серной кислоты. Эти процессы вызываются водными и почвенными бактериями: бесцветными серобактериями, зелеными и пурпурными серными бактериями, тионовыми бактериями и некоторыми железобактериями.

(3) Восстановление сульфатов как наиболее распространенной в биосфере формы серы до сероводорода осуществляется облигатными сульфатредуцирующими анаэробами в процессе сульфатного дыхания.

В природе может происходить восстановление и элементарной серы в процессе ***серного дыхания***, которое осуществляют анаэробные бактерии *Desulfuromonas acetoxidans*, использующие ее в качестве конечного акцептора электронов. Сера восстанавливается при этом также до сероводорода.

Фосфор. Микроорганизмы осуществляют следующие преобразования соединений фосфора: 1) перевод в растворимую форму фосфатных минералов; 2) включение неорганического фосфата в органические соединения клеток; 3) минерализацию органических соединений фосфора. Рассмотрим этапы:

(1) ***Растворение минеральных фосфатов*** осуществляется с помощью кислот, которые являются продуктами метаболизма микроорганизмов. Например, продукты метаболизма хемолитотрофных бактерий – азотная и серная кислота приводят к высвобождению ортофосфата из фосфоритов. Кроме того, H_2S, выделяемый в процессе жизнедеятельности многими микроорганизмами, приводит к растворению фосфатов железа.

(2) ***Включение растворимых фосфатов в растущие клетки микроорганизмов*** наблюдаются во всех экосистемах, но количество вовлекаемого фосфора невелико. В водной экосистеме основную массу фосфора накапливает фитопланктон. Известно, что бактериальные клетки содержат в 10-100 и более раз количество фосфора, чем грибы или растения.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

(3) ***Минерализацию фосфорсодержащих органических веществ*** осуществляют почти все гетеротрофные микроорганизмы, синтезирующие различные ферменты, такие как нуклеазы, фосфолипазы, фитазы и др.

Круговорот фосфора в основном является однонаправленным, так как растворимые фосфаты переносятся из почвенной среды в моря и океаны и вследствие выщелачивания осаждаются в них. Единственный источник возвращения фосфатов на сушу – процессы выветривания. Кроме того, отличительной особенностью круговорота фосфора от других биогенных элементов является отсутствие его в виде газообразных соединений.

4. Промышленная микробиология

Промышленная микробиология (микробная биотехнология) - это наука о важнейших микробиологических процессах и их практическом применении для получения индустриальным способом ценных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, их биомассы как важнейшего белкового продукта, о получении отдельных полезных веществ, используемых в различных отраслях народного хозяйства.

В промышленной микробиологии можно выделить направления:

1. Использование живой или инактивированной биомассы микроорганизмов. Живая и инактивированная биомасса микроорганизмов используется в классических пищевых производствах, в качестве средств биологической защиты растений, для приготовления различных биоудобрений, при силосовании кормов, консервантов и т.д.

2. Производства, основанные на получении продуктов брожения, гниения. Таким образом получают глицерин, молочную и лимонную кислоты, ацетон, бутанол, биогаз, биоэтанол и другие важные химические соединения.

3. Продукты метаболизма. В первую очередь — это кормовой белок, различные аминокислоты в качестве кормовой добавки, нуклеотиды, реактивы для биохимических исследований, антибиотики, каротиноиды, стероиды.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

4. Ферменты микробного происхождения. Из культур микроорганизмов получают ферменты, применяемые в медицине и в промышленности - амилазы, протеиназы для обработки кож, пектиназы для осветления соков и др.

5. Рекомбинантные продукты. Первым рекомбинантным белком, полученным в промышленных масштабах, был человеческий гормон роста. Затем - рекомбинантный инсулин, интерферон, эритропоэтин и др.

5. Вклад микробиологии в развитие генетики и др. наук

Рассмотрим, каким образом ***микробиология реализует свой потенциал в биотехнологических исследованиях:***

1. Для производства БАВ применяются штаммы микроорганизмов, модифицированные с помощью молекулярно-генетических методик.

2. Найденные в природе новые микроорганизмы изучаются с использованием методов молекулярно-генетического анализа.

3. При использовании молекулярно-генетических методов можно перенести гены от одного организма в другой организм и сформировать новые продукты.

4. Величайший интерес вызывает природная генетическая инженерия.

5. Микроорганизмы можно культивировать в контролируемых искусственных условиях с целью получения в промышленных масштабах БАВ.

6. Микроорганизмы могут использоваться как биокатализаторы при индуцировании специфических химических реакций.

7. Микроорганизмы, обитающие в почве и воде, активно участвуют в круговороте веществ и в почвообразовательных процессах.

8. Выявлено активное участие микроорганизмов в биодеградации при фитопосредничестве растений.

9. Микроорганизмы можно использовать для получения живых микросред (симбиоз). Бактерии рода *Rhizobium*- основной пример симбиоза.

10. Микроорганизмы можно использовать в качестве биосенсоров.

11. Бактерии, вирусы и грибы могут использоваться как биоинсектициды и биопестициды.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 2. Возникновение и развитие микробиологии

1. Открытие микроорганизмов А.Ван Левенгуком
2. Роль Л. Пастера и Р. Коха в формировании микробиологии как науки
3. Значение работ других родоначальников микробиологии
4. Развитие и основные направления микробиологических исследований в Беларуси

1. Открытие микроорганизмов А.ван Левенгуком

Открытие микроорганизмов связано с именем голландского естествоиспытателя **Антония ван Левенгука** (1632–1723), который, заинтересовавшись строением льняного волокна, отшлифовал несколько грубых линз. Позднее он достиг большого совершенства при изготовлении линз и назвал их «микроскопиями». Микроскопы А. ван Левенгука, несмотря на простоту конструкции, давали хорошее изображение при увеличении примерно от 50 до 300 раз. С помощью этих микроскопов он рассматривал все, что попадалось под руку: воду из пруда, зубной налет, слюну, кровь, настой перца и многое другое. Результаты своих наблюдений Левенгук посылал в Лондонское королевское общество. В своих письмах он сообщал, что окружающий нас мир густо населен микроскопическими обитателями, которые он назвал живыми маленькими животными – «анималькулями». А. ван Левенгук был убежден, что микроорганизмы устроены как и макроорганизмы.

Открытие А. ван Левенгука привлекло всеобщее внимание. Оно явилось основой развития микробиологии, изучения форм микроорганизмов и их распространения во внешней среде. Это был ***морфологический*** или ***описательный*** период развития микробиологии, который продолжался с конца XVII до середины XIX в. Этот период для микробиологии был малоплодотворным, так как оптические приборы того времени не позволяли отличить один вид микроорганизма от другого, не могли дать представление о биологических свойствах и роли микроорганизмов в природе.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2. **Роль Л. Пастера и Р. Коха в формировании микробиологии**

Начало изучению физиологии и биохимии микроорганизмов, выяснению их роли в природе и жизни человека положил французский ученый Луи Пастер (1822–1895). С его работ начался ***физиологический период*** микробиологии.

Л. Пастер впервые показал, что процессы брожения и гниения обусловливаются жизнедеятельностью микроорганизмов. Он открыл ***анаэробиоз.*** Показал, что самозарождение микроорганизмов невозможно.

Смог установить природу «болезней» вина и пива, показав, что скисание и прогоркание являются результатом жизнедеятельности микроорганизмов. Предложил способ сохранения вина и пива: их кратковременный прогрев до температуры 70–80 °С, названный впоследствии ***пастеризацией***.

Неоценимый вклад внес Л. Пастер в медицинскую микробиологию. Он доказал микробную природу таких заболеваний человека и животных, как сибирская язва, куриная холера, бешенство. Ученый разработал способ борьбы с возбудителями этих заболеваний с помощью **вакцин.**

Прогресс микробиологии в конце XIX в. неразрывно связан с работами знаменитого немецкого ученого **Роберта Коха** (1843–1910), занимавшегося изучением возбудителей инфекционных заболеваний. Свои исследования Кох начал с изучения сибирской язвы и показал, что возбудителями этого заболевания являются бактерии вида *Bacillus anthracis*. Позднее он открыл возбудителей туберкулеза (*Mycobacterium tuberculosis*), которые в его честь были названы «палочкой Коха». В 1905 г. Коху за исследования туберкулеза была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине. Он и его ученики открыли возбудителей и других заболеваний – азиатской холеры, дифтерии, брюшного тифа, столбняка, гонореи.

Исследования специфических возбудителей позволили Коху сформулировать ***постулаты Коха***: 1) микроб-возбудитель должен обнаруживаться во всех случаях данной болезни, но не должен встречаться у здоровых людей или при других болезнях; 2) микроб-возбудитель должен быть выделен из организма больного в чистой культуре; 3) введение чистой

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

культуры микроба в чувствительный организм должно вызывать данную болезнь.

Р. Кох и его ученики **разработали новые методы исследований**. Они

• разработали методы окраски бактерий анилиновыми красителями;

• ввели конденсор Аббе и иммерсионные объективы;

• ввели в микробиологическую практику плотные питательные среды;

• разработали методику выделения чистых культур бактерий из изолированных колоний на плотных средах;

• разработали чашки Петри для культивирования микроорганизмов;

• внедрили в микробиологическую практику дезинфекцию.

3. Значение работ других родоначальников микробиологии

Родоначальником русской микробиологии является **Л. С. Ценковский** (1822–1887). Он впервые дал научнообоснованную классификацию микроорганизмов, установил близость бактерий к сине-зеленым водорослям. Создал вакцину против сибирской язвы.

Велика заслуга в развитии микробиологии **И. И. Мечникова** (1845–1916). Он открыл явление фагоцитоза, за что в 1909 г. Мечникову была присуждена Нобелевская премия в области иммунологии. Мечников изучал патогенез холеры, предложил метод лечения сифилиса. И. И. Мечников является основоположником учения о микробном антагонизме. Обосновал теорию долголетия и предложил для продления человеческой жизни использовать простоквашу, которая впоследствии получила название «мечниковской».

Н. Ф. Гамалея (1859–1949) внес большой вклад в изучение туберкулеза, холеры, бешенства, организовал в России первую бактериологическую станцию, ввел в практику вакцинацию людей против бешенства, создал противохолерную и оспенную вакцины, впервые описал явление лизиса бактерий под действием агентов, которые впоследствии были названы бактериофагами.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Д. И. Ивановский (1864–1920) в 1892 г. открыл вирус, вызывающий мозаичную болезнь табака. По праву считается основоположником новой ветви микробиологии – вирусологии.

С. Н. Виноградский (1856–1953) внес вклад в познание физиологического многообразия микроорганизмов, в частности, почвенных микроорганизмов: открыл процесс хемосинтеза; открыл хемолитоавтотрофный тип питания микроорганизмов; впервые выделил из почвы анаэробные бактерии, способные фиксировать молекулярный азот (*Clostridium pasteurianum)***;** разработал метод накопительных культур.

Голландский микробиолог **М. Бейеринк** (1851–1931) впервые выделил из почвы чистые культуры клубеньковых бактерий, аэробных свободноживущих азотфиксирующих бактерий *Azotobacter chroococcum*, сульфатредуцирующих бактерий. Ему принадлежат работы по изучению денитрификации и ферментов разных групп микроорганизмов.

В. Л. Омелянский (1867–1928) многое сделал для изучения нитрифицирующих, азотфиксирующих и пектинолитических бактерий.

Развитие микробиологии в XX в. ознаменовалось крупными открытиями в области биохимии и генетики микроорганизмов. Так, в 1925 г. **Г. А. Надсон** (1867–1940) впервые получил индуцированные мутации дрожжей посредством облучения клеток рентгеновскими лучами. В середине 50-х годов XX в. **А. Клюйвер** и **К. ван Ниль** сформулировали основы теории биохимического единства жизни.

В 1941 г. американские исследователи **Дж. Бидл** и **Э. Татум** сформулировали свой знаменитый постулат «один ген – один фермент». В 1944 г. американские ученые **О. Эвери**, **К. Мак-Леод** и **М. Мак-Карти** доказали роль ДНК в хранении и передаче наследственной информации, осуществив эксперименты по генетической трансформации у бактерий. Исследования **Дж. Ледерберга**, **Э. Татума** и **Н. Циндера** открыли и изучили механизмы трансдукции и конъюгации. В 1953 г. **Дж. Уотсон** и **Фр. Крик** расшифровали

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

строение молекулы ДНК, раскрыли генетический код, механизмы репликации ДНК и регуляции синтеза белка.

Основываясь на перечисленных достижениях и открытиях в области микробиологии, опираясь на разработки новых методов исследования, микробиология получила свое дальнейшее развитие.

4. Основные направления микробиологических исследований в РБ

Одним из ведущих научных учреждений республики является **Институт микробиологии НАН Беларуси.** Научная деятельность Института микробиологии НАН Беларуси ориентирована на решение актуальных социально-экономических проблем страны - охраны окружающей среды и создания конкурентоспособных, экологически чистых и энергосберегающих биотехнологий получения медицинских и ветеринарных препаратов, пищевых и кормовых добавок, средств защиты растений, биоудобрений на основе высокоактивных штаммов.

В настоящее время структура Института представлена 8 лабораториями: 1) лаборатория ***средств биологического контроля***; 2) лаборатория ***ферментов***; 3) лаборатория ***молочнокислых и бифидобактерий***; 4) лаборатория ***биотехнологии соединений нуклеиновой***; 5) лаборатория ***экспериментальной микологии***; 6) лаборатория ***взаимоотношений микроорганизмов почвы и высших растений***; 7) лаборатория ***деградации ксенобиотиков и биоремедиации природных и производственных сред***; 8) ***коллекция микроорганизмов***.

Мировому уровню соответствуют проводимые в институте исследования: по биогенезу ферментов; созданию нового поколения полифункциональных биологических средств защиты растений, биокатализаторов для реализации химико-ферментативного подхода к получению биологически активных компонентов нуклеиновых кислот, композитов повышенной пищевой ценности на основе биологически активных соединений грибов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 3. МИКРООРГАНИЗМЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

1. Положение микроорганизмов в системе живого мира
2. Прокариотные и эукариотные микроорганизмы; сходство и основные различия
3. Вирусы, общая характеристика
4. Бактериофаги

1. Положение микроорганизмов в системе живого мира

В природе имеются три царства: животные, растения и протисты. Царство протистов – обычно одноклеточные. В соответствии с принципами классификации, все протисты в зависимости от строения клетки, делятся на эукариотические (истинноядерные) и прокариотические (доядерные). К эукариотическим микроорганизмам относятся водоросли, грибы и простейшие, к прокариотическим – бактерии. Особое царство – вирусы.

Существенные особенности микроорганизмов:

1. ***Малые размеры их клеток,*** что определяет морфологические, физиологические, биохимические и др. особенности микроорганизмов.

2. ***Высокая метаболическая активность***. У микроорганизмов она намного выше, чем у более крупных клеток растений и животных.

3. ***Высокая пластичность их метаболизма***: 1) данное свойство приводит к ***быстрому приспособлению к меняющимся условиям окружающей среды;*** 2) их «***всюдность»*** (могут жить всюду).

4. ***Способность к быстрому размножению***. В оптимальных условиях, например, бактерии *Escherichia coli* могут делиться каждые 20 мин.

5. ***Морфологически слабо дифференцированы***.

6. ***Контраст между внешним морфологическим единообразием и чрезвычайным многообразием метаболических процессов.***

2. Прокариоты и эукариоты; сходство и основные различия

Прокариотические и эукариотические микроорганизмы различаются:

1. ***по строению клетки*** (таблица 1).

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

2. ***по другим признакам***: прокариотические микроорганизмы морфологически дифференцированы; многие группы прокариот способны существовать только в анаэробных условиях; значительное количество бактерий может получать энергию путем окисления неорганических веществ; большая группа бактерий являются фототрофными; широко распространена способность к фиксации молекулярного азота.

Таблица 1 - Различия в строении клеток прокариот и эукариот

Признак	**Прокариотическая клетка**	**Эукариотическая клетка**
Организация генетического материала	Нуклеоид, состоящий чаще всего из одной замкнутой в кольцо или линейной хромосомы. Имеются гистоподобные белки. Гены не несут интронов (за исключением архебактерий). Гены организованы в опероны. Митоз отсутствует.	Ядро, содержащее обычно более одной хромосомы. Есть белки гистоны. Гены имеют экзонно-интронную организацию. Опероны отсутствуют. Деление ядра путем митоза.
Локализация ДНК	В нуклеоиде и плазмидах	В ядре и некоторых органеллах
Цитоплазматичес-кие органеллы	Отсутствуют (кроме рибосом)	Имеются
Рибосомы в цитоплазме	70S-типа	80S-типа
Движение цитоплазмы	Отсутствует	Имеется
Жгутики	Состоят из одной фибриллы, построенной из субъединиц белка флагеллина	Состоят из микротрубочек, собранных в группы
Компартментали-зация клеток	Слабо выражена	Клетка разделена мембранами на отдельные отсеки
Клеточная стенка (там, где она имеется)	Содержит пептидогликан муреин (за исключением архебактерий)	Пептидогликан муреин отсутствует

3. Вирусы, общая характеристика

Вирусы − особое царство ультрамикроскопических размеров организмов, обладающих только одним типом нуклеиновых кислот, лишенных собственных

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

систем синтеза белка и мобилизации энергии и являющихся поэтому абсолютными внутриклеточными паразитами.

Вирусы – мельчайшие объекты жизни, имеющие неклеточное строение и не способные к проявлению каких-либо признаков живого вне живых клеток.

Каждый вирус в своем онтогенезе проходит две стадии:

• ***Внеклеточную***, когда вирус находится в состоянии покоя (***вирион***); в таком состоянии он находится в условиях окружающей среды.

• ***Внутриклеточную***, в течение которой происходит весь цикл репродукции вируса в клетках хозяина. На начальном этапе может быть представлен лишь одной молекулой нуклеиновой кислоты.

Каждый вирион представлен в основном двумя компонентами – нуклеиновой кислотой (ДНК или РНК) и белком, что позволяет называть вирусы неклеточными формами жизни. Белковая оболочка, которая окружает нуклеиновую кислоту, называется ***капсидом***. Капсид каждого вируса состоит из отдельных субъединиц – ***капсомеров***. Капсиды некоторых вирионов окружены дополнительной мембраной (суперкапсидом). Капсид чаще всего имеет симметричное строение, при котором различают два вида симметрии – спиральную и кубическую. Также вирусы различаются своей морфологией и размерами. Размеры большинства вирусов менее 0,1 мкм. Вирусы можно наблюдать только в электронный микроскоп.

В зависимости от организма хозяина выделяют вирусы, инфицирующие животных и человека, растения и микроорганизмы.

4. Бактериофаги

Вирусы, поражающие бактерии, называются ***бактериофагами***. Высказано предположение, что для каждой бактерии имеется соответствующий фаг. Для некоторых бактерий число бактериофагов велико: у *E. coli* целая серия колифагов Т1, Т2, Т3, Т4, ….Т7, М1…..М13 и т.д.

Рассмотрим строение колифага Т4. Он относится к сложным вирусам, т. е. он состоит из икосаэдрической ***головки, отростка*** (***хвоста)***. В капсиде головки находится плотно упакованная двухцепочечная линейная ДНК и

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

фермент транскриптаза в неактивном состоянии. Отросток фага имеет сложное строение. В нем различают полый ***стержень***, покрытый сократимым чехлом, который заканчивается ***базальной пластинкой*** с шипами и нитями. Все структуры отростка имеют белковую природу. В области базальной пластинки находится фермент лизоцим, способный разрушать муреин клеточной стенки бактерий. Здесь же имеется АТФаза, которая регенерирует энергию для сокращения чехла отростка бактериофага.

В **зависимости от особенностей размножения в чувствительной клетке** бактериофаги подразделяются на: ***вирулентные и умеренные***.

Вирулентные фаги всегда лизируют зараженные ими бактерии и имеют только один путь развития – ***литический цикл***: бактерии погибают.

Умеренные фаги могут вести себя двояко: 1) после проникновения в клетку нуклеиновая кислота фага может вовлекаться в ***литический цикл***; 2) вступает с клеткой-хозяином в своего рода симбиоз, т. е. встраивается в хромосому бактериальной клетки и превращается в профаг, передаваясь всему потомству данной клетки. Это ***лизогенный путь***. Бактерии, которые содержат профаг, называются ***лизогенными***.

Состояние лизогении довольно неустойчиво. Индукторами перехода лизогения ↔ литический цикл являются: состояние бактерии-хозяина, УФ-излучение, митомицин С, алкилирующие агенты, изменение температуры.

Ф***аговая*** или ***лизогенная конверсия*** **-** приобретение новых признаков (например, морфология их колоний, биохимические признаки, способность синтезировать токсины или антибиотики и др.).

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 4 Морфология бактерий, их органеллы движения

1. Морфология и размеры бактерий
2. Схематичное строение бактериальной клетки
3. Строение, расположение и механизм функционирования бактериальных жгутиков
4. Движение спирохет и бактерий со скользящим типом передвижения

1. Морфология и размеры бактерий

Форма и размеры прокариот отличаются небольшим многообразием.

Для бактерий характерны клетки трех основных форм: шаровидная (кокковидная), цилиндрическая (палочковидная) и извитая.

Кокковидные бактерии обычно имеют форму правильного шара диаметром 1,0–2,0 мкм, но могут быть овальными, эллипсоидными, бобовидными. Кокки способны делиться в нескольких плоскостях, после деления клетки могут не расходиться и формировать различные скопления: д***иплококки, стрептококки, тетракокки, сарцины, стафилококки***.

Палочковидные клетки сильно различаются по отношению длины клетки к ее поперечнику. Клетки могут располагаться поодиночке (***монобактерии***), по две (***диплобактерии***), цепочка (***стрептобактерии***).

Извитые клетки могут иметь разное число завитков. В зависимости от формы и количества завитков различают три типа клеток: ***вибрионы***, ***спириллы***, ***спирохеты***.

Известны и ***клетки иных морфологических типов***: с выростами; булавовидной формы; веретенообразные; ветвящиеся; и т. д.

Форма клеток большинства бактерий является устойчивым видовым признаком. Однако существуют бактерии, обладающие ***плеоморфизмом.*** **Плеоморфизм -** это морфологическая изменчивость клеток, в зависимости от условий имеющих вид палочек, кокков или слабое ветвление. У некоторых видов бактерий при прохождении цикла развития также наблюдается изменение формы клеток**.**

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Средние линейные размеры бактерий находятся в пределах 0,5–3,0 мкм, но есть среди бактерий свои «гиганты» и «карлики». Самые мелкие – это микоплазмы, диаметр клеток которых составляет 0,1–0,15 мкм.

2. Схематичное строение бактериальной клетки

Клетка прокариот, несмотря на относительно малые размеры, имеет все основные структурные компоненты, необходимые для осуществления обмена веществ (рис. 1).

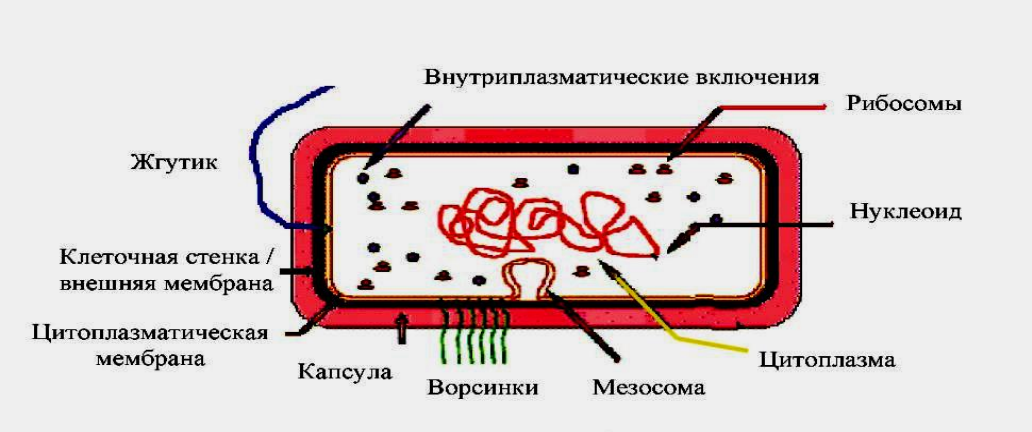


Рис. 1- Схематичное строение бактериальной клетки

Прокариотическая клетка имеет цитоплазму, которая окружена цитоплазматической мембраной. В цитоплазме расположены: нуклеоид, рибосомы, внутриплазматические включения. При впячивании цитоплазматической мембраны внутрь клетки образуются мезосомы. Цитоплазма и цитоплазматическая мембрана составляют ***протопласт,*** снаружи от него расположены поверхностные структуры (это клеточная стенка, капсулы, чехлы, жгутики, ворсинки и т. д.). По морфологии клеточной стенки определяют грамположительные и грамотрицательные бактерии. Ворсинки и жгутики связаны с цитоплазматической мембраной.

В состав бактерий входят такие аминокислоты, углеводы, липиды и др. вещества, которые обычно не встречаются в клетках растений и животных (например, тейхоевые кислоты, пептидогликан муреин). Причем, содержание отдельных соединений существенно варьирует в зависимости от возраста бактерий, состава среды и условий культивирования.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ

3. Строение, расположение, функции бактериальных жгутиков

Большинство бактерий передвигаются при помощи ***жгутиков***.

По **расположению и числу жгутиков на поверхности клетки** бактерии подразделяются на: ***монотрихи*** – имеют один жгутик; ***лофотрихи*** – имеют на одном или на обоих полюсах клетки пучок жгутиков; ***амфитрихи*** – имеют по жгутику на обоих полюсах клетки; ***перитрихи*** – имеют большое количество жгутиков, которые расположены по всей поверхности клетки.

Жгутики представляют собой спирально закрученные нити, состоящие из белка ***флагеллина.*** Аминокислотный состав флагеллина у разных видов бактерий может варьировать.

Жгутик состоит из трех частей: нити, крюка и базального тельца. С помощью базального тельца, в которое входит центральный стержень и кольца, жгутик закреплен в цитоплазматической мембране и клеточной стенке. Количество колец у грамотрицательных и грамположительных бактерий различно. У грамотрицательных бактерий имеются четыре кольца, у грамположительных бактерий базальное тельце состоит из двух колец.

Жгутики бактерий по характеру работы подобны корабельному винту. В качестве источника энергии для вращения жгутиков используется протондвижущая сила, которая возникает в цитоплазматической мембране.

4. Движение спирохет и бактерий со скользящим типом передвижения

Своеобразный тип движения характерен для спирохет. Клетка спирохет состоит из протоплазматического цилиндра, стенки которого сформированы цитоплазматической мембраной и муреином. Цилиндр окружен внешним чехлом. Вокруг цилиндра в периплазматическом пространстве находятся пучки нитей – ***аксиальные фибриллы,*** число которых колеблется от 2 до 100, т.е. клетка содержит по два набора фибрилл. Каждая фибрилла тянется практически вдоль всей длины клетки, в центральной части клетки фибриллы перекрываются. Фибриллы, вращаясь или сокращаясь, обусловливают движение спирохет: путем изгибания, волнообразно, винтообразно.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

У некоторых прокариот установлен ***скользящий тип передвижения.*** Способность к скольжению выявлена у некоторых микоплазм, миксобактерий, цианобактерий, и др. Скорость при таком типе передвижения небольшая: 0,1–11 мкм/с. Общим для всех микроорганизмов, способных к скольжению, является выделение слизи. Кроме того, у ряда таких прокариот в составе клеточной стенки между муреином и наружной мембраной выявлен тонкий слой белковых молекул, аналогичных нитям жгутиков.

Механизмы скользящего движения не ясны. Полагают, что у разных групп бактерий они различны. В соответствии с более поздней гипотезой, скользящий тип движения связан с присутствием белковых фибрилл. Выделение слизи не является абсолютно необходимым для скольжения, но в определенных условиях улучшает отталкивание клетки от субстрата.

Для подвижных бактерий характерны ***таксисы***, т. е. направленная двигательная реакция в ответ на определенный фактор. В зависимости от природы различают следующие таксисы:

Хемотаксис – движение бактерий относительно источника химического вещества. Для каждого микроорганизма все химические вещества могут быть разделены на две группы: 1) инертные и 2) эффекторы. Среди эффекторов выделяют: аттрактанты – вещества, которые притягивают бактерии; репелленты – вещества, которые отпугивают бактерии.

Фототаксис – движение к источнику света или от него, оно свойственно фототрофным бактериям.

Магнитотаксис – способность бактерий передвигаться по силовым линиям магнитного поля Земли или магнита. Выявлен в клетках бактерий, содержащих магнитосомы и обитающих в водных экосистемах разного типа.

У ряда бактерий выявлен ***вискозитаксис*** – способность реагировать на изменение вязкости раствора.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 5. Поверхностные структуры бактериальной клетки

1. Химический состав, организация и функции поверхностных структур бактериальной клетки: капсул, слизистых слоев, чехлов, фимбрий, пилей

2. Химический состав, строение и функции клеточной стенки бактерий

3. Бактериальные сферопласты и протопласты; L-формы бактерий

1 Химический состав, организация и функции поверхностных структур бактериальной клетки: капсулы, чехлы, фимбрии, пили

Поверхностные структуры – структуры, расположенные снаружи цитоплазматической мембраны. К ним относятся: клеточная стенка, жгутики, капсулы, слизистые слои, чехлы, различные ворсинки.

Многие микроорганизмы продуцируют на поверхности клетки слизистое вещество. В зависимости от толщины слизистого слоя принято различать ***микрокапсулу, макрокапсулу, слизь.***

Микрокапсула - толщиной до 0,2 мкм, прочно связана с клеточной стенкой. ***Макрокапсула*** представлена слоем слизи толщиной более 0,2 мкм. ***Слизь*** - вещество, которое окружает клетку, имеет аморфный вид, легко отделяется от поверхности клетки, по толщине превосходит диаметр клетки. Все они не являются обязательными структурами бактериальной клетки.

Химическая природа капсул и слизи: полисахариды, полипептиды, реже – целлюлоза.

Капсулы и слизи выполняют следующие функции: защитную – предохраняют клетку от действия неблагоприятных факторов внешней среды; создают дополнительный осмотический барьер; способны выступать в качестве фактора вирулентности; служат барьером для бактериофагов; являются источником запасных питательных веществ; объединяют клетки в цепочки, колонии; обеспечивают прикрепление клеток к субстрату.

Чехлы имеют сложную тонкую структуру; в их составе выявляют несколько слоев разного строения, имеют сложный химический состав.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Между капсулами, чехлами и слизистыми слоями обнаружено много переходных форм, что не позволяет точно отличить их друг от друга.

Ворсинки, или фимбрии, – поверхностные структуры, которые состоят из белка пилина и не выполняют функцию движения. По размерам они короче и тоньше жгутиков. Число фимбрий на поверхности клетки колеблется от 1–2 до нескольких тысяч. Различают **два типа фимбрий: общие и специфические**.

Фимбрии общего типа выполняют функцию прикрепления клетки к поверхности субстрата. ***Специфические ворсинки*** – половые пили, обнаруженные у клеток так называемых доноров. Они имеют вид полых белковых трубочек длиной от 0,5 до 10 мкм.

2. Химический состав, строение и функции клеточных стенок

По строению и химическому составу клеточная стенка прокариот отличается от таковой у эукариот. Основным компонентом клеточной стенки большинства бактерий является муреин, который относится к классу пептидогликанов.

Особенностью клеточных стенок бактерий по сравнению с клетками эукариот является наличие в них особых структурных элементов, а именно: чередующихся последовательностей N-ацетилглюказамина и N-ацетилмурамовой кислоты; наличие *мезо*-диаминопимелиновой кислоты, D-аланина и D-глутаминовой кислоты. Перечисленные элементы составляют ахиллесову пяту бактерий, что используется в борьбе с инфекцией.

Химический состав и строение клеточной стенки постоянны для **определенного вида бактерий** и являются важным диагностическим признаком, который используется для идентификации бактерий.

В зависимости от строения клеточной стенки, бактерии делятся на две большие группы: ***грамположительные и грамотрицательные***.

Клеточная стенка грамположительных бактерий под электронным микроскопом выглядит как гомогенный плотный слой, толщина которого колеблется для разных видов от 20 до 80 нм. Муреин в клеточной стенке

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

грамположительных бактерий составляет 50–90 % ее сухой массы. С муреином связаны ***тейхоевые кислоты.*** Также в составе клеточной стенки в небольшом количестве обнаружены полисахариды, белки и липиды (табл. 1).

Таблица 1 - **Химический состав клеточных стенок грамположительных и грамотрицательных прокариот**

Компоненты клеточной стенки	Грамположительные бактерии	Грамотрицательные бактерии	
		внутренний слой (пептидогликановый)	внешний слой (наружная мембрана)
Пептидогликан	+	+	-
Тейхоевые кислоты	+	-	-
Полисахариды	+	-	+
Белки	∓	-	+
Липиды	∓	-	+
Липополисахариды	-	-	+
Липопротеины	-	∓	+

Клеточная стенка грамотрицательных бактерий многослойна, толщина ее составляет 14–17 нм. Внутренний слой клеточной стенки представлен муреином, на долю которого приходится 1–10 % ее сухой массы. Структурные микрофибриллы муреина грамотрицательных бактерий сшиты менее компактно, поэтому поры в их муреиновом слое значительно шире, чем в молекулярном каркасе грамположительных бактерий.

Внешний слой клеточной стенки образован фосфолипидами, липопротеинами и белками. По строению наружная мембрана имеет типичную организацию, характерную для элементарных мембран. Наружная мембрана выполняет не только механические, но и физиологические функции. В ней находятся трансмембранные белки, которые насквозь пронизывают мембрану. Они представляют собой заполненные водой каналы или гидрофильные поры в липофильной мембране, их называют ***поринами.*** Существует несколько различных типов поринов, которые выполняют транспорт через мембрану гидрофильных низкомолекулярных веществ.

Пространство между цитоплазматической и наружной мембраной получило название периплазматического. В периплазматическом пространстве

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

находятся белки (протеиназы, нуклеазы, периферические белки цитоплазматической мембраны, рестриктазы и пермеазы).

Клеточная стенка бактерий выполняет следующие функции: механическую защиту клетки от воздействий факторов окружающей среды; обеспечивает поддержание формы клетки; дает возможность клетке существовать в гипотонических растворах; осуществляет транспорт веществ и ионов; препятствует проникновению в клетку токсических веществ; на клеточной стенке находятся рецепторы, на которых адсорбируются бактериофаги и бактериоцины; в клеточной стенке находятся антигены (липополисахариды и тейховые кислоты); на клеточной стенке находятся рецепторы, ответственные за взаимодействие клеток донора и реципиента при конъюгации бактерий.

3. Бактериальные сферопласты и протопласты, L-формы бактерий

Протопласты - клетки округлой формы, полностью лишенные остатков клеточной стенки и окруженные только цитоплазматической мембраной. Их образование характерно чаще для грамположительных бактерий.

Сферопласты в отличие от протопластов сохраняют остатки клеточной стенки, образуются из клеток грамотрицательных бактерий.

Свойства протопластов и сферопластов:

1) Стабильно сохраняются в гипертонических или изотонических условиях: осуществляют обмен веществ, характерный для исходных клеток; В гипотонических условиях лопаются и образуют «тени». 2) В 3–10 раз крупнее исходных клеток бактерий. 3) Можно наблюдать их рост, иногда и их деление. 4) На них не адсорбируются бактериофаги и бактериоцины. 5) У них отсутствуют мезосомы. 6) При снятии действующего на образование муреина фактора протопласты и сферопласты отмирают, либо регенерируют клеточную стенку и возвращаются в исходное состояние, могут превращаться в L-формы.

L-формы - бактерии, частично или полностью лишенные клеточной стенки, но сохранившие способность к развитию в естественной среде.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Свойства L-форм:

1) Возникают спонтанно или индуцированно – под воздействием агентов, блокирующих синтез клеточной стенки.

2) Плеоморфные. В культурах клетки имеют размер 0,2–50 мкм.

3) Проходят через бактериальные фильтры, легко разрушаются.

4) Клетки L-форм имеют мезосомы и крупные вакуоли.

5) Обладают пониженным уровнем метаболической активности.

6) Нечувствительны к агентам, действующим на клеточную стенку.

7) Культивировать можно только на специальных средах с высоким осмотическим давлением.

8) Не функционируют нормальные механизмы клеточного деления. В основном они делятся с образованием элементарных тел.

9) Различают ***стабильные*** и ***нестабильные L-формы***. ***Нестабильные L***-формы обладают элементами клеточной стенки и поэтому способны ревертировать в нормальные бактериальные клетки. ***Стабильные L-формы*** полностью лишены ригидной клеточной стенки, крайне редко ревертируют в исходные бактериальные формы.

10) Переход в L-форму можно рассматривать как способ переживания бактериями неблагоприятных условий.

Исследования L-форм представляют существенный интерес для медицинской микробиологии, поскольку в таком состоянии в организме человека и животных могут сохраняться патогенные бактерии. При неправильном использовании антибиотиков, приводящем к образованию L-форм из бактерий, может наступить якобы улучшение состояния больного. Однако после прекращения приема лекарства происходит превращение L-форм в бактерии исходного вида с восстановлением их вирулентности, что приводит к рецидиву болезни.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 6. Цитоплазматическая мембрана бактерий

1. Цитоплазматическая мембрана бактерий
2. Производные цитоплазматической мембраны
3. Транспорт веществ через цитоплазматическую мембрану

1. Цитоплазматическая мембрана бактерий

Химический состав ее представлен белково-липидным комплексом, в котором на долю белков приходится 50–75 %, на долю липидов – 15–50 %.

Химический состав и строение цитоплазматической мембраны (цм):

1) Главным липидным компонентом являются ***фосфолипиды***.

2) Белковая фракция представлена большим числом структурных белков, которые обладают ферментативной активностью.

3) В составе мембран обнаружено ***небольшое количество углеводов***.

4) К строению цитоплазматической мембраны бактерий приложима жидкостно-мозаичная модель. Мембрана состоит из бислоя липидов, в который встроены белковые молекулы. По расположению и характеру взаимодействия с липидным бислоем белки цитоплазматической мембраны подразделят на периферические и интегральные.

Периферические белки (НАД · H_2-дегидрогеназы, малатдегидрогеназы, а также некоторые белки, входящие в АТФазный комплекс и др.) связаны с поверхностью мембраны, могут легко вымываться из нее. ***АТФазный комплекс*** - группа белковых субъединиц, контактирующих с цитоплазмой, периплазматическим пространством и образующих канал, через который происходит перемещение протонов.

К ***интегральным белкам*** относятся белки, частично или полностью погруженные в толщу мембраны. В растворе связаны с липидами, часто нуждаются в их присутствии для проявления ферментативной активности.

Функции цитоплазматической мембраны (цм): поддержание внутреннего постоянства цитоплазмы клетки; функция транспорта веществ в клетку и вывод их наружу; в цм локализуются электронтранспортная цепь и ферменты окислительного фосфорилирования; цм связана с синтезом

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

клеточной стенки и капсулы; в цм закреплены жгутики, которые таким образом получают энергию.

2. Производные цитоплазматической мембраны (цм)

У прокариот разных таксономических групп обнаружены ***мезосомы;*** они образуются при впячивании цм в цитоплазму. ***Мезосомы*** бактерий разнообразны по форме, размерам и локализации в клетке. Выделяют **типы мезосом**: ***ламеллярные*** (пластинчатые), ***везикулярные*** (форма пузырьков) и ***тубулярные*** (трубчатые). В клетках некоторых бактерий обнаруживаются ***мезосомы смешанного типа***, т.е. сочетание трех вышеперечисленных.

Для грамположительных бактерий характерны хорошо развитые мезосомы. У грамотрицательных бактерий они встречаются реже и просто организованы.

Для большинства фототрофов характерны ***фотосинтетические мембраны,*** которые образуют у этих бактерий ***хроматофоры, тилакоиды и ламеллы***. Фотосинтетические мембраны сходны по строению и химическому составу с плазматической мембраной, но содержат пигменты и компоненты фотосинтетической электронтранспортной цепи.

Функции мезосом: увеличивают общую рабочую поверхность мембраны; усиливают энергетический метаболизм клетки; участвуют в репликации хромосомы и ее последующем расхождении по дочерним клеткам; участвуют в процессе инициации и формирования поперечной перегородки при клеточном делении.

3. Транспорт веществ через цитоплазматическую мембрану

Простая, или ***пассивная, диффузия*** – неспецифическое поступление веществ в клетку за счет разницы концентраций. Этот процесс не связан с затратой энергии. Таким путем происходит транспорт низкомолекулярных веществ (кислорода, воды, ядов и др. чужеродных для клетки веществ), а также удаление продуктов обмена. Скорость простой диффузии невелика.

Облегченная диффузия **-** перенос веществ происходит по градиенту их концентрации, не требует затраты энергии, происходит с участием пермеаз. Скорость зависит от концентрации субстрата в среде.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Активный транспорт – основной механизм избирательного переноса веществ через цитоплазматическую мембрану в клетку против градиента концентрации. Этот процесс протекает при участии пермеаз. Каждому субстрату соответствует своя пермеаза. Для активного транспорта необходимы затраты энергии. В активном транспорте принимают участие особые ***связующие белки***. Они локализованы в периплазматическом пространстве. ***Связующие белки*** функционируют только в комплексе с ***пермеазами***, которые выполняют еренос субстрата через мембрану.

Во всех вышеупомянутых способах переноса веществ через цм они поступают в клетку в химически неизмененном виде.

Однако имеется разновидность активного транспорта - ***транслокация групп.*** При транспорте этого типа происходит химическая модификация переносимых молекул. Так происходит поступление в клетку многих прокариот углеводов, в процессе которого они фосфорилируются.

Фосфорилированные углеводы проникают через цитоплазматическую мембрану и накапливаются в цитоплазме. Например, глюкоза поступает в клетку в виде глюкозо-6-фосфата. Система переноса углеводов получила название ***фосфотрансферазной***. Она выгодна с энергетической точки зрения. Хотя при этом и затрачивается энергия фосфоенолпирувата, в процессе переноса образуется глюкозо-6-фосфат, а это делает ненужным фосфорилирование глюкозы за счет АТФ на первом этапе ее катаболизма.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 7. Цитоплазма и ядерный аппарат бактерий

1. Цитоплазма бактерий, внутрицитоплазматические включения
2. Рибосомы бактерий
3. Нуклеоид бактериальной клетки
4. Репликация ДНК у бактерий

1. Цитоплазма бактерий, внутрицитоплазматические включения

Цитоплазма – это содержимое клетки, окруженное цитоплазматической мембраной. Цитоплазма состоит из: цитозоля и структурных элементов.

Цитозоль - фракция цитоплазмы, имеющая визуально гомогенную консистенцию и содержащая набор растворимых РНК, ферментных белков, продуктов и субстратов метаболических реакций. Ферменты катализируют различные реакции метаболизма. мРНК и тРНК участвуют в синтезе белка.

Структурные элементы - рибосомы, внутрицитоплазматические включения, нуклеоид, мембранные структуры.

Внутрицитоплазматические включения подразделяются на: 1) активно функционирующие структуры; 2) продукты клеточного метаболизма, которые откладываются внутри клетки.

К первой группе внутриплазматических включений относятся ***газовые вакуоли, хлоросомы, фикобилисомы, карбоксисомы, магнитосомы.*** Их оболочка состоит только из белка.

Газовые вакуоли (***аэросомы)*** обнаружены у бактерий, обитающих в воде. Аэросома представляет собой скопление газовых пузырьков. ***Хлоросомы*** зеленых бактерий и ***фикобилисомы*** цианобактерий. В этих структурах локализованы пигменты, т. е. они принимают прямое участие в фотосинтезе. ***Карбоксисомы*** (***полиэдрические тела)*** содержатся в клетках некоторых автотрофных бактерий. Они имеют форму многогранника. ***Магнитосомы*** содержатся в водных бактериях, способных ориентироваться в магнитном поле и перемещаться в направлении линий магнитного поля. Магнитосомы располагаются вблизи мест прикрепления жгутиков.

Ко **второй группе включений** относятся ***запасные вещества*** – ***полифосфаты, полисахариды, жиры, сера***. Содержатся в клетках в осмотически инертной форме. Включаются в метаболизм при потребности.

- Из ***полисахаридов*** в клетках откладываются гликоген, крахмал, гранулоза. Используются в качестве источников углерода и энергии.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

○ ***Жиры*** накапливаются в виде гранул и капелек. Микобактерии могут содержать до 40 % воска.

○ ***Полифосфаты*** откладываются в гранулах, называемых ***волютиновыми*** или ***метахроматиновыми зернами***.

○ У многих бактерий в клетке откладывается ***молекулярная сера*** в виде шариков. Сера служит источником энергии и донором электронов.

○ Запасными веществами цианобактерий являются ***цианофитиновые гранулы***, состоящие из полипептида. Служат резервом азота.

2. Рибосомы бактерий

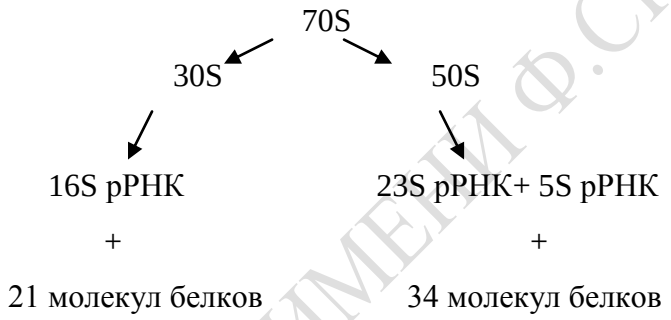


Рис. - Структура рибосомы прокариотической клетки

Рибосомы представляют крупные нуклеопротеидные структуры, в которых три основные цепи рРНК находятся в комплексе с набором специфических рибосомных белков***. Рибосомы*** прокариот имеют константу седиментации 70S (рис.). Они образованы двумя субъединицами – 30S и 50S. Меньшая субъединица 30S содержит молекулу 16S-рРНК и в большинстве случаев по одной молекуле белков 21 вида. Субъединица 50S состоит из двух типов молекул рРНК (23S и 5S) и около 35 молекул различных белков, представленных также одной копией. По величине и другим особенностям, рибосомы бактерий сходны с рибосомами митохондрий и хлоропластов.

Бактериальная клетка содержит от 5 тыс. до 50 тыс. рибосом, число их возрастает с увеличением скорости роста клетки. Синтез белка выполняется ***полирибосомами (полисомами)***, которые состоят из рибосом, иРНК и тРНК.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Различия между рибосомами бактерий (70S) и эукариот (80S) имеют основное значение для борьбы с инфекционными заболеваниями, так как некоторые антибиотики частично или полностью подавляют синтез белка, протекающий на рибосомах только 70S-типа.

3. Нуклеоид бактериальной клетки

Нуклеоид – является аналогом ядра у бактерий. Это молекула ДНК, лишенная мембраны, чаще замкнута в кольцо. ***В зависимости от метода микроскопирования и фиксации, нуклеоид выглядит по-разному.*** Он может иметь вид боба, овального тела, в виде клубка веревки и т.д. Полностью «уложенный» нуклеоид представляет достаточно компактное образование. Стабилизирующую роль в такой организации играют специфические белки.

Размеры хромосомной ДНК у различных видов бактерий отличаются друг от друга, что во многом определяется размером самой клетки.

4. Репликация ДНК у бактерий

Репликация - процесс самовоспроизведения молекул нуклеиновых кислот, которое сопровождается передачей по наследству точных копий генетической информации; репликация происходит с участием набора специфических ферментов, проходит по полуконсервативному типу с образованием репликативной вилки; на одной из цепей синтез комплементарной цепи непрерывен, а на другой происходит за счет образования фрагментов Оказаки; репликация - высокоточный процесс.

В процессе репликации участвует несколько ферментов, основными из них являются: 1) ДНК-геликазы, которые перемещаются по цепи ДНК, независимо от ее направления. Этот фермент контролирует расплетание двухцепочечной ДНК; 2) SSB-белки, которые связываются с однонитевой ДНК и препятствуют ее ренатурации; 3) ДНК-топоизомеразы, которые снимают напряжение при раскручивании кольцевых молекул ДНК и способствуют ее расплетанию; 4) ДНК-полимеразы участвуют в синтезе дочерних цепей; 5)

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

ДНК-лигазы сшивают отдельные фрагменты Оказаки друг с другом и целостность новой цепи восстанавливается.

Процесс репликации связан с ростом и делением бактериальной клетки. Между бактериальной ДНК и цитоплазматической мембраной существует физическая связь, которая играет существенную роль в регуляции их репликации. Существуют две модели, которые объясняют регуляцию репликации бактериальной ДНК:

- Согласно ***модели позитивной регуляции репликации***, структура, способная самостоятельно реплицироваться, называется ***репликоном***: это относится к хромосомам и плазмидам бактерий.

Согласно этой модели, ***репликон*** должен: 1) иметь кольцевую форму и реплицироваться как единое целое; 2) репликон должен быть прикреплен к цитоплазматической мембране и обладать структурным геном и геном-репликатором. При росте клетки от мембраны поступает сигнал на структурный ген и активирует его. Происходит синтез белка-инициатора, который действует на ген-репликатор, что приводит к началу процесса репликации. После репликации ДНК поступает обратный сигнал на мембрану, инициируя деление клетки.

- ***Модель негативной регуляции репликации.*** В соответствии с этой моделью в составе репликона есть ген, который отвечает за синтез белка-репрессора. Этот белок при его высокой концентрации негативно действует на инициацию репликации, а в малой концентрации не влияет на этот процесс. По мере роста клетки концентрация репрессора снижается и создается возможность репликации хромосомы или плазмиды.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 8. Покоящиеся формы бактерий. Типы размножения бактерий

1. Эндоспоры, процесс спорообразования
2. Другие покоящиеся формы бактерий
3. Типы размножения бактерий

1. Эндоспоры, процесс спорообразования

Эндоспоры бактерий – особый тип покоящихся клеток. Эндоспоры формируются внутри материнской клетки, которая называется ***спорангием.***

Отличия бактериальной эндоспоры от вегетативной клетки: 1) характеризуется **повышенной устойчивостью** к нагреванию, действию УФ-лучей и др. факторов; 2) выдерживают кипячение на протяжении двух часов; 3) могут длительное время сохраняться в состоянии покоя; 4) обладают низким уровнем метаболической активности. Перечисленные особенности спор требуют применения особых приемов для их уничтожения.

Эндоспоры представляют стадию покоя и приспособлены к перенесению неблагоприятных условий. Споры не являются обязательной стадией жизненного цикла спорообразующих бактерий. Переход бактерий к спорообразованию наблюдается при истощении питательного субстрата. Способность образовывать эндоспоры утрачивается при пересевах вегетативных клеток.

<u>Процесс спорообразования</u>

Способность к образованию спор детерминируется генами *spo* (до 100 генов). Каждый из *spo*-генов отвечает за те или иные стадии споруляции.

Процесс спорообразования можно условно разделить на три этапа:

Первый этап – подготовительный. На этом этапе в вегетативной клетке бактерий прекращаются ростовые процессы, завершается репликация ДНК и изменяется метаболизм, образуется ***дипиколиновая кислота***.

Второй этап – формирование споры – начинается с неравного деления клетки в результате инвагинации цитоплазматической мембраны. Образуется ***предспора*** или ***проспора***. По мере формирования многослойных покровов предспора превращается в эндоспору, которая состоит из следующих

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

структурных элементов: нуклеоида; уплотненной цитоплазмы (за счет дегидратации, перехода белков в связанное состояние, снижения активности некоторых ферментов и синтеза дипиколината кальция); покровных слоев, представленных цм, клеточной стенкой зародыша, кортексом, внутренней оболочкой, наружной оболочкой, экзоспориумом.

Третий этап – созревание споры. Спора приобретает характерную форму, занимает свое положение в клетке. Диаметр споры может превышать или не превышать диаметр клетки. Форма спор может быть овальной, шаровидной. Расположение в клетке – терминальное, субтерминальное, центральное, латеральное. Споры освобождаются при лизисе спорангия.

Прорастание эндоспор. При попадании в благоприятные условия споры прорастают в вегетативные клетки. Процесс прорастания состоит из нескольких этапов: активации, инициации ипрорастания. Наиболее общим ***активирующим фактором*** является термообработка споровой суспензии. Для ***инициации*** прорастания спор наиболее эффективны углеводы, аминокислоты и неорганические ионы в среде. ***Прорастание*** начинается с поглощения воды и гидратации структур споры, что сопровождается активацией ферментов и возрастанием дыхания. Идет активный синтез белка и РНК, но репликация ДНК начинается после процессов репарации повреждений ДНК, которые произошли в споре. В месте разрыва оболочки споры образуется ростовая трубка новой вегетативной клетки. Прорастание спор длится 4–5 ч.

2. Другие покоящиеся формы бактерий

К др. ***покоящимся формам бактерий*** относятся: цисты, экзоспоры, миксоспоры. Предназначены для выживания при неблагоприятных условиях.

Экзоспоры возникают путем почкования материнской клетки, сходны по свойствам с эндоспорами. Характерны для метанокисляющих бактерий.

Цисты – шарообразные толстостенные клетки, формирование которых характерно для азотобактерий, спирохет, миксобактерий, риккетсий. При истощении пищевых ресурсов в цисту превращается вся вегетативная клетка.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Миксоспоры образуются путем превращения всей клетки. Образование миксоспор сопровождается синтезом белка. ДНК не синтезируется, а переходит из исходных вегетативных клеток. Генетический аппарат миксоспор может быть представлен 3-4 копиями хромосомы вегетативной клетки. Формирование миксоспор характерно для бактерий рода *Myxococcus.*

3. Типы размножения бактерий

Деление прокариотной клетки начинается, как правило, спустя некоторое время после завершения цикла репликации молекулы ДНК.

Для подавляющего большинства прокариот характерно ***равновеликое бинарное поперечное деление***, которое приводит к образованию двух одинаковых дочерних клеток. У большинства грамположительных эубактерий и нитчатых цианобактерий деление происходит путем синтеза поперечной перегородки, идущего от периферии к центру.

Клетки большинства грамотрицательных эубактерий делятся путем перетяжки. Синтез новой клеточной стенки может происходить в нескольких местах или только в зоне формирования поперечной перегородки.

При равновеликом бинарном делении материнская клетка, делясь, дает начало двум дочерням клеткам, и сама, таким образом, исчезает.

Вариантом бинарного деления является ***почкование,*** которое можно рассматривать как **неравновеликое бинарное деление**. При почковании на одном из полюсов материнской клетки образуется маленький вырост (почка), которая увеличивается в процессе роста. Постепенно почка достигает размеров материнской клетки, после чего отделяется от последней. Клеточная стенка почки полностью синтезируется заново. В процессе почкования симметрия наблюдается в отношении только продольной оси. При почковании материнская клетка дает начало дочерней клетке: есть старая материнская клетка и новая дочерняя клетка. В этом случае можно наблюдать процесс старения. Это когда материнская клетка дает ограниченное число дочерних клеток, например, 4.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Для **одной группы одноклеточных цианобактерий** описано размножение путем ***множественного деления***. Оно начинается с репликации хромосомы и увеличения размеров вегетативной клетки, которая затем претерпевает ряд быстрых последовательных бинарных делений. Это приводит к образованию мелких клеток, получивших название ***баеоцитов***, число которых колеблется от 4 до 1000. Освобождение ***баеоцитов*** происходит путем разрыва материнской клеточной стенки.

Тема 9. Культивирование микроорганизмов в лабораторных условиях

1. Питательные среды в микробиологии
2. Культивирование аэробных и анаэробных микроорганизмов
3. Методы количественного учета микроорганизмов
4. Методы хранения культур микроорганизмов

1. Питательные среды в микробиологии

В широком смысле слова питательная среда должна соответствовать следующим требованиям: 1) включать доступный для клетки ***источник энергии;*** 2) содержать все необходимые ***компоненты для реализации конструктивных процессов*** в клетке.

В узком смысле слова ***любая искусственная питательная среда должна соответствовать следующим требованиям***: содержать все необходимые для роста питательные вещества в легко усвояемой форме; иметь оптимальную влажность, оптимальную вязкость, оптимальную pH, быть изотоничной, с высокой буферной емкостью и, по возможности, прозрачной.

Питательной средой в микробиологии называют среды, содержащие различные соединения сложного или простого состава, которые применяются для размножения микроорганизмов, их культивирования и сохранения в лабораторных или промышленных условиях.

Классификация питательных сред:

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

• **По составу** питательные среды делятся на **натуральные, синтетические и полусинтетические**. Также они могут классифицироваться как среды **определенного** и **неопределенного** состава.

• **По назначению** среды разделяют на **основные**, **элективные** и **дифференциально-диагностические**. К **основным** относятся среды, применяемые для выращивания многих бактерий. Такие среды служат основой для приготовления сложных питательных сред. ***Элективные среды*** обеспечивают преимущественное развитие одной физиологической группы микроорганизмов. ***Дифференциально-диагностические среды*** применяются для быстрой идентификации близкородственных видов микроорганизмов, в медицине и т.д.

• **По консистенции** среды могут быть **жидкими, полужидкими, плотными, сыпучими**.

Приготовление плотных питательных сред достигается добавлением к жидким средам уплотнителей, в качестве которых могут выступать агар, желатина, силикагель, каррагенан. ***Сыпучие*** среды представляют собой массу в той или иной степени измельченного и увлажненного сырья.

В бактериологической практике чаще всего используются **сухие питательные среды,** которые получают в промышленных масштабах – гидролизаты дешевых непищевых продуктов (рыбные отходы, мясокостная мука) с добавлением агара. Сухие среды - достаточно дешевое сырье, хранятся длительное время, удобны при транспортировке, имеют стандартный состав, на их основе быстро и легко готовить питательные среды.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

2. Культивирование аэробных и анаэробных микроорганизмов

Культивирование аэробных микроорганизмов проводят:

• на поверхности плотных сред или в тонком слое жидких сред, когда микроорганизмы получают кислород непосредственно из воздуха;

• в жидких средах (глубинное культивирование). В этом случае микроорганизмы используют растворенный в среде O_2. Требуется аэрирование.

Культивирование анаэробных микроорганизмов выполняют в замкнутом пространстве. Для создания анаэробных условий используют различные приемы. Их подразделяют на физические, химические и биологические.

К ***физическим методам*** относится к***ультивирование в микроанаэростате*** – вакуумном аппарате для выращивания микроорганизмов, в котором воздух замещен газовой смесью.

К ***химическим методам*** относится: 1) ***использование химических веществ, поглощающих O_2*** (дитионит натрия ($Na_2S_2O_4$), металлическое железо, хлорид одновалентной меди и другие реактивы); 2) ***использование восстанавливающих агентов*** (цистеин, аскорбиновая кислота).

Пример ***биологического метода - выращивание совместно с аэробными или факультативно-анаэробными бактериями.***

Для культивирования анаэробных бактерий используют и другие методы, ограничивающие доступ воздуха к растущей культуре: выращивание в высоком слое среды; выращивание в толще плотной среды; культивирование в вязких средах; заливка слоем стерильного вазелина или парафина.

3. Методы количественного учета микроорганизмов

О росте микроорганизмов в естественных субстратах или питательных средах судят по величине титра клеток.

Титр клеток – это количество клеток в единице объема.

Существуют методы, позволяющие определять: 1) общее количество микроорганизмов в тест-материале; 2) количество жизнеспособных клеток.

С другой стороны, методы количественного учета микроорганизмов могут быть разделены на прямые и косвенные: 1) прямые методы – это методы прямого счета (микроскопические); 2) косвенные – а) основаны на измерении параметров, величина которых зависит от количества или биомассы микроорганизмов (методы оптические (нефелометрия, спектрофотометрия и т. д.); б) методы подсчета колоний (методы высева).

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Преимущества использования методов прямого подсчета клеток: широко применяются в исследованиях микрофлоры воды и почвы; эффективность в 10 – 10000 раз выше, чем при подсчете методом высева; позволяет определить общее количество клеток в единице объема (живых и мертвых); дает возможность получить дополнительную информацию о морфологии объекта; производится быстрее, более дешев, оборудование для его осуществления имеется в каждой лаборатории.

Определение количества микробных клеток нефелометрическим методом. В основе метода лежит измерение количества света, рассеянного взвесью клеток.

Определение количества жизнеспособных клеток путем высева на питательные среды (чашечный метод Коха). Сущность метода заключается в высеве определенного объема исследуемой суспензии микроорганизмов на агаризованную питательную среду в чашках Петри и подсчете формирующихся колоний, принимая во внимание, что каждая колония – потомство одной жизнеспособной клетки.

4. Методы хранения культур микроорганизмов

Основные задачи хранения культур: поддержание их жизнеспособности, сохранение стабильности таксономически важных признаков, а также любых свойств, представляющих интерес для науки и практики.

В коллекциях жизнеспособность микроорганизмов поддерживается следующими **методами**: 1) периодическими пересевами (субкультивирование); 2) под минеральным маслом; 3) высушиванием; 4) лиофилизацией; 5) в условиях низких и ультранизких температур.

Субкультивирование – традиционный метод хранения культур, заключается он в пересевах культур на свежие питательные среды один-два раза в месяц. При использовании этого метода хранения должны быть ***соблюдены три условия:*** 1) подходящая поддерживающая среда; 2) идеальная температура хранения; 3) необходимая частота пересевов. ***Преимущество*** - простота и удобный визуальный контроль за чистотой культуры или ее морфологией, к **недостаткам** следует отнести возможность заражения, краткосрочность хранения, трудоемкость работы и большой расход реактивов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Хранение под минеральным маслом заключается в следующем: культуру микроорганизмов выращивают на благоприятной агаризованной питательной среде и заливают стерильным вазелиновым маслом. Большинство сапрофитных бактерий сохраняют жизнеспособность в течение 8 – 14 лет. Метод имеет ***преимущества***: относительно длительное сохранение стабильности свойств микроорганизмов, сокращение затрат на пересевы, возможность использования в любой лаборатории. ***Недостаток*** – слабая разработанность протоколов для многих групп бактерий.

Высушивание – в процессе его происходит обезвоживание микробных клеток. Процесс высушивания лучше всего переносят спорообразующие виды. Широко применяют воздушное высушивание микроорганизмов на различных адсорбентах: в стерильной почве, песке, стеклянных бусах и т. д. Адсорбенты поддерживают определенный уровень влажности. ***Преимущества:*** высушенные культуры легко хранить и транспортировать.

Лиофилизация заключается в удалении воды из замороженных суспензий под вакуумом, т. е. при этом вода испаряется, минуя жидкую фазу. ***Преимущества*** **-** многие группы бактерий и бактериофагов сохраняются в жизнеспособном состоянии 30 лет. ***Недостаток*** – сложная и плохо разработанная технология способа хранения, требуется специальное оборудование.

Хранение микроорганизмов при низких и ультранизких температурах используется в тех случаях, когда культуры не выдерживают лиофилизации. Микроорганизмы замораживают либо в рефрижераторах (– 12 °С, – 80 °С) либо используют рефрижераторы с азотом: до – 150 °С, – 196 °С. ***Преимущества:*** малая вероятность заражения культуры, сохранение в стабильном состоянии свойств микроорганизмов, небольшие временные и материальные затраты, возможность использования замороженных культур в качестве прямого инокулята. ***Недостаток*** **–** сложная и недостаточно разработанная технология способа хранения, требуется специальное оборудование.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 10. Рост клетки и бактериальной популяции

1. Рост клетки и бактериальной популяции
2. Закономерности роста чистых культур при периодическом культивировании
3. Рост микроорганизмов при непрерывном культивировании
4. Синхронные культуры
5. Культивирование иммобилизированных клеток микроорганизмов

1. Рост клетки и бактериальной популяции

Рост – это согласованное увеличение количества всех химических компонентов, формирующих клеточные структуры. Рост клеток обычно (но не всегда) сопровождается увеличением их массы и размеров.

В подходящей среде, к которой бактерии полностью адаптированы, они находятся в состоянии сбалансированного роста. В этот период удвоение биомассы сопровождается удвоением всех других учитываемых параметров популяции, например, количества белка, ДНК, РНК. Т.е., ***культуры, растущие сбалансированно, сохраняют постоянный химический состав.***

Скорость роста может снижаться по следующим причинам: из-за недостатка субстрата, вследствие высокой плотности бактериальной популяции, при низком парциальном давлении кислорода или по причине накопления токсичных продуктов обмена. Все эти факторы обусловливают переход к стационарной фазе, который включает **период несбалансированного роста**, когда компоненты клеток синтезируются с различными скоростями.

2. Рост чистых культур при периодическом культивировании

Периодическая культура - это популяция клеток в ограниченном жизненном пространстве. Рост бактерий в периодической культуре происходит до тех пор, пока содержание какого-нибудь из необходимых им компонентов питательной среды не достигнет минимума, после чего рост прекращается.

Зависимость **концентрации жизнеспособных клеток** при ***периодическом культивировании*** от длительности инкубирования описывается характерной

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

кривой, которая имеет S-образную форму (рис.). На кривой можно различить несколько фаз роста, сменяющих друг друга в последовательности: лаг-фазу; логарифмическую фазу; стационарную фазу; фазу отмирания.

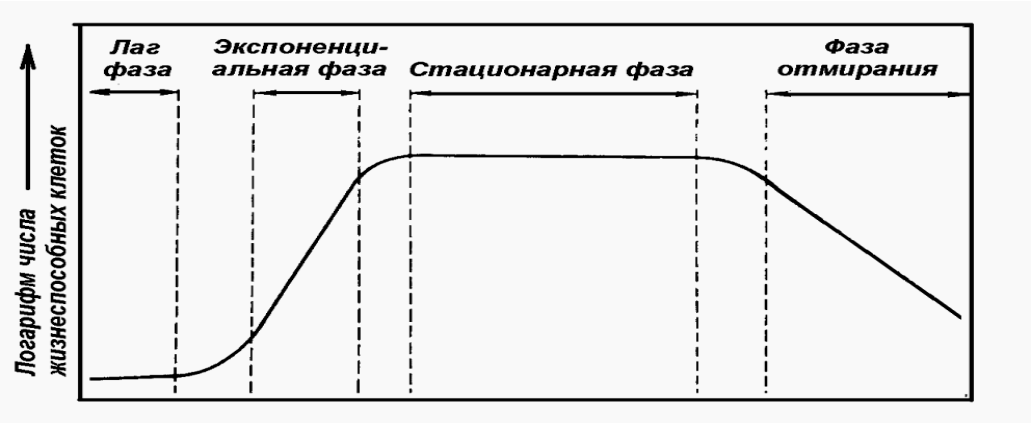


Рис. - Основные фазы кривой роста периодической культуры микроорганизмов

Лаг-фаза охватывает промежуток времени между инокуляцией бактерий и достижением ими максимальной скорости деления. В клетках бактерий идут процессы, связанные с приспособлением их к условиям культивирования. Продолжительность фазы определяется следующими факторами: 1) начальными условиями культивирования вносимого посевного материала; 2) возрастом посевного материала.

Фаза ***логарифмического (экспоненциального) роста*** характеризуется постоянной максимальной скоростью деления клеток и скоростью роста. Для разных видов бактерий эти величины варьируют в значительных пределах.

Характеристика клеток во время логарифмической фазы: 1) все клетки в популяции имеют приблизительно одинаковый размер; 2) содержат максимальное количество РНК, белка, и количество их постоянно; 3) клетки наиболее жизнеспособны; 4) обладают высокой биохимической активностью.

Стационарная фаза наступает тогда, когда число жизнеспособных клеток достигает максимума и не увеличивается, так как **скорость размножения бактерий равна скорости их отмирания**. Продолжительность этой фазы может быть от нескольких часов до нескольких дней в зависимости от вида микроорганизма.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

В стационарной фазе роста поведение клеток в бактериальной популяции может регулировать явление, которое получило название ***апоптоз***. Суть его сводится к тому, что при исчерпании питательного субстрата голодающая популяция бактерий разделяется на две субпопуляции, одна из которых погибает и подвергается автолизу, клетки же другой популяции, используя продукты автолиза как субстрат, продолжают размножаться.

В ***фазе отмирания*** происходит снижение числа живых клеток. Скорость отмирания бактерий варьирует в зависимости от условий среды и особенностей организма. Причинами отмирания клеток могут быть: накопление органических кислот, автолиз, накопление антибиотиков, бактериоцинов и др.

Процесс образования метаболитов на разных этапах роста клетки:

В логарифмической фазе образуются продукты, жизненно важные для роста микроорганизмов: аминокислоты, нуклеотиды, белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и т.д. Их называют ***первичными метаболитами***.

В фазе замедления роста и в стационарной фазе некоторые микроорганизмы синтезируют вещества, не образующиеся в логарифмической фазе и не играющие явной роли в метаболизме. Эти вещества называют ***вторичными метаболитами.*** Их синтезируют в основном актиномицеты, грибы и спорообразующие бактерии. Промышленное получение вторичных метаболитов представляет интерес, поскольку это – антибиотики, гормоны и т.д.

3. Рост микроорганизмов при непрерывном культивировании

В условиях ***непрерывного культивирования*** в сосуд, содержащий популяцию бактерий, подается свежая питательная среда и из него одновременно удаляется часть среды с клетками микроорганизмов. Это позволяет на длительное время задержать культуру в состоянии логарифмического роста.

Для проточного глубинного культивирования бактерий с аэрацией в промышленных и лабораторных условиях применяют биореакторы, или ***ферментеры***. Они представляют собой герметические котлы, в которые

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

заливается жидкая питательная среда. Ферментеры снабжены автоматическими приспособлениями, позволяющими поддерживать постоянную температуру, оптимальное значение pH и редокс-потенциал, дозированное поступление необходимых питательных веществ и т.д. Кроме того, они снабжены системами перемешивания, аэрирования, охлаждения, пеногашения.

Ферментеры бывают нескольких типов: хемостаты, турбидостаты, оксистаты, pH-статы и др. (т.е. различаются по способу управления).

Непрерывное культивирование широко используется в промышленной микробиологии, так как в данных условиях наблюдается постоянная плотность популяции и концентрации всех компонентов питательной среды.

4. Синхронные культуры

Синхронные культуры – это популяции микроорганизмов, в которых все клетки находятся на одинаковой стадии клеточного цикла и делятся одновременно. Такие культуры часто необходимы для изучения процессов обмена веществ на протяжении цикла клеточного деления.

Синхронизировать рост и деление клеток в какой-либо популяции можно с использованием различных приемов: изменение температуры; изменение интенсивности освещения; лимитирование количества питательных веществ (т.н. «метаболический шок» - когда сначала выращивают бактерии на голодном пайке, а потом вносят в среду необходимые питательные вещества); фильтрование суспензии клеток микроорганизмов через специальный фильтр, позволяющий отобрать клетки одного размера; центрифугирование.

Иногда принято сочетать различные методы. Однако в синхронизированном состоянии культура не может находиться длительное время и после двух-трех генераций процесс деления клеток асинхронизируется.

5. Культивирование иммобилизированных клеток микроорганизмов

Методы иммобилизации клеток основаны на способности микроорганизмов к адсорбции на твердых поверхностях. Существуют два подхода к иммобилизации: 1) химические методы; 2) физические методы.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Химические методы иммобилизации предполагают образование ковалентной связи между какой-либо из функциональных групп на поверхности клетки микроорганизма и материалом носителя. Эти методы применяются редко, так как клетки в этом состоянии могут терять нужную активность.

Физические методы иммобилизации реализуются в результате адсорбции микроорганизмов на поверхности различных нерастворимых синтетических или природных пористых материалов и т. п.

В настоящее время активно **разрабатываются методы иммобилизации клеток** путем их включения в белковые мембраны с использованием коллагена, казеина, миозина и др. полипептидов. Мембраны с иммобилизованными клетками сворачивают в рулон и помещают в колонку, через которую пропускают субстрат. Иммобилизованные клетки сохраняют высокую ферментативную активность. Так облегчается выделение продуктов биосинтеза.

Иммобилизованные ферменты находят применение в медицине. Например, для лечения сердечно-сосудистых заболеваний разработан препарат «стрептодеказа». Также ***культивирование иммобилизованных клеток микроорганизмов*** находит широкое применение в биотехнологии, а именно в производстве ценных органических веществ; в деградации токсичных природных и неприродных соединений, промышленных отходов; для очистки сточных вод от загрязнений. На основании таких исследований получило развитие новое направление биотехнологии – инженерная энзимология.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 11 Действие химических веществ на микроорганизмы

1 Влияние химических и физических факторов на микроорганизмы
2 Действие химических веществ на микроорганизмы
3 Консерванты
4 Антибиотики

1 Влияние физических и химических факторов на микроорганизмы

Факторы внешней среды, которые влияют на жизнеспособность микроорганизмов, подразделяют на химические и физические. Действуют на микроорганизмы двояко: 1) оказывают стимулирующее действие; 2) могут вызывать торможение метаболизма либо приводить к гибели. В этом случае все факторы подразделяют на ***микробостатические*** и ***микробоцидные***.

Микробостатические факторы полностью либо частично угнетают рост и задерживают развитие микроорганизмов**.** ***Микробоцидные*** факторы вызывают гибель микроорганизмов. В зависимости от концентрации и дозы агента, продолжительности контакта и вида микроорганизма, один и тот же фактор может оказывать и микробостатическое, и микробоцидное действие.

2 Действие химических веществ на микроорганизмы

Химические соединения по механизму действия на клетки микроорганизмов могут быть разделены на две группы:

1) повреждают клеточную стенку либо цитоплазматическую мембрану;

2) повреждают ферменты, которые участвуют в обмене веществ, либо нарушают синтез основных биополимеров клетки.

К первой группе относятся следующие химические вещества:

- повреждают структуру клеточной стенки – лизоцим и др.;

- нарушают полупроницаемость цитоплазматической мембраны - фенолы, хлороформ, крезолы, нейтральные мыла, поверхностно-активные вещества или детергенты, эфиры, ионы водорода, спирты, толуолы.

К группе химических веществ, которые **повреждают ферменты и нарушают обмен веществ**, относятся ионы тяжелых металлов, оксид углерода, цианиды, некоторые активные окислители – перманганат калия, пероксид

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

водорода, хлорная известь, иод. Также ко второй группе химических веществ, которые **нарушают синтез клеточных компонентов**, относятся структурные аналоги соответствующих соединений – **антиметаболиты**. Например, структурным аналогом сукцината является малонат.

3 Консерванты

К микробостатическим агентам, которые ограничивают рост нежелательной микрофлоры в продуктах питания, косметике и др. продуктах, относятся консерванты. Консерванты не должны обладать токсичными, мутагенными, канцерогенными свойствами по отношению к организму человека.

Основные консерванты: 1) Наименее токсичными и чаще других применяемыми консервантами являются ***поваренная соль*** и ***сахар***; 2) Широко используются **органические кислоты**: лимонная, молочная, уксусная и др., а также их соли; 3) Для консервирования фруктов, ягод, соков, вин используют **диоксид серы(SO_2)**, а также **жидкие сульфиты;** 4) Для консервирования мясных и рыбных продуктов широко применяют **нитриты** и **нитраты**, которые эффективно ингибируют рост таких опасных возбудителей, как *Clostridium botulinum*, вызывающих порчу богатых белком продуктов.

4 Антибиотики

Антибиотики – низкомолекулярные продукты метаболизма микроорганизмов, растений и животных либо их модификации, которые задерживают рост либо полностью подавляют развитие других микроорганизмов.

К настоящему времени выделено и описано более 3000 антибиотиков. Примерно 50 % известных антибиотиков синтезируются штаммами, которые принадлежат к актиномицетам, - к роду *Streptomyces*. Среди бактерий-продуцентов следует выделить бактерии рода *Bacillus*. Способность к синтезу антибиотиков не является строго специфическим признаком. Один и тот же антибиотик может образовываться микроорганизмами, которые относятся к

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

разным видам, родам и даже порядкам. Кроме того, штаммы, принадлежащие к одному виду, могут синтезировать разные антибиотики.

Антибиотики в химическом отношении представляют гетерогенную группу соединений: это низкомолекулярные вещества; молекулы одних антибиотиков состоят только из атомов С и Н, но чаще из С, Н, О и N; другие антибиотики содержат также атомы серы, фосфора и галогенов; в молекулах антибиотиков представлены почти все функциональные группы, известные в органической химии; могут быть получены в кристаллическом виде.

Выделяют следующие группы антибиотиков: противовирусные, антибактериальные, антипротозойные, противогрибковые, противоопухолевые.

В соответствии с активностью в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий антибиотики можно разделить на две группы:

1) Антибиотики с **узким спектром действия** – их большинство, они действуют на грамположительные бактерии.

2) А**нтибиотики широкого спектра действия –** они активны в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий.

По **механизму антимикробного действия антибиотики** можно разделить на несколько групп: ингибиторы синтеза клеточной стенки (пенициллины, цефалоспорины и др.); вызывающие повреждение цитоплазматической мембраны (грамицидины, полиены, трихомицин и др.); ингибиторы синтеза РНК (рифампицины и др.); ингибиторы синтеза ДНК (митомицин С, противоопухолевые и др.); ингибиторы синтеза белка (стрептомицин, канамицин, эритромицин, тетрациклины и др.).

Практическое использование антибиотиков: при лечении инфекционных заболеваний человека и животных; для защиты растений от болезней, вызываемых бактериями и грибами; для стимуляции роста сельскохозяйственных животных; для предотвращения порчи мяса, рыбы и других продуктов; в качестве инструментов для биологических исследований.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 12 Действие физических факторов на микроорганизмы

1 Влияние температуры. Влияние гидростатического давления
2 Характер действия различных видов радиации на микроорганизмы
3 Рост микроорганизмов в зависимости от концентрации растворов
4 Отношение микроорганизмов к молекулярному кислороду
5 Значение pH среды для роста микроорганизмов
6 Репарация повреждений ДНК у микроорганизмов

1 Влияние температуры. Влияние гидростатического давления

Все физико-химические процессы, которые обеспечивают функциональную активность клетки, а также состояние ее макромолекул, в большей или меньшей степени зависят от температуры. При высокой температуре белки, и др. компоненты клетки могут необратимо инактивироваться, что приводит к ее гибели. При низкой температуре также нарушаются процессы биосинтеза.

По отношению к температуре бактерии делят на три основные группы: мезофилы, психрофилы и термофилы.

Большинство известных видов прокариот относится к ***мезофилам***, для них оптимальные температуры роста лежат в пределах 20–42 ºС. Типичным представителем мезофилов является *E. coli*.

Микроорганизмы, способные нормально расти при низких 0–20 °С температурах, называют ***психрофильными***. ***Облигатные психрофилы*** обитают в морях Арктики и Антарктики, на вечных снегах, в воде колодцев и родников. Эти бактерии играют важную роль в круговороте веществ в регионах с низкими температурами. ***Факультативные психрофилы*** встречаются в почвах и водах холодной и умеренной зоны, вызывают порчу продуктов.

К ***термофильным*** относят микроорганизмы, которые растут при температуре выше 45–50 ºС. Примером факультативных термофилов являются гомоферментативные молочнокислые бактерии, они обитают на поверхности растений, в молочных продуктах, вине, фруктовых соках, присутствуют в микрофлоре млекопитающих. ***Экстремальные термофилы*** растут при 40-90 ^{0}С, обитают в горячих источниках, в районах вулканической деятельности.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Влияние гидростатического давления

Высокие значения ***гидростатического давления*** приводят к разрушению клеточных структур, происходит денатурация белков, прекращается деление, клетки приобретают нитевидную форму. Однако выявлены бактерии, которые живут на глубине 7000 м и более, где давление достигает более 1000 атмосфер. Из осадков на дне океанов выделяют бактерии двух групп: баротолерантные и пьезофильные (барофильные). ***Баротолерантные бактерии*** размножаются как при обычном, так и при давлении в несколько сот атмосфер. ***Пьезофильные*** (менее многочисленная группа) при давлении в сотни атмосфер дают больший урожай биомассы, чем при атмосферном давлении. Пьезофильные бактерии (например, бактерии вида *Bacillus submarinus*) – это обитатели глубоководных впадин морей и океанов.

2 Характер действия различных видов радиации на микроорганизмы

Микроорганизмы подвержены воздействию различных видов ***электромагнитных излучений***. Эффект воздействия зависит от дозы облучения и длины волны. Наиболее длинноволновая радиация (***радиоволны*** – длина волны ***более 1100 нм***) не вызывает биологического эффекта.

Инфракрасные лучи (700–1100 нм и более) оказывают тепловое воздействие на микроорганизмы, используются бактериями в процессе фотосинтеза.

Видимая часть спектра (300–700 нм) используется цианобактериями и др. фототрофными бактериями в процессе фотосинтеза.

УФ-лучи (10–300 нм) могут оказывать на микроорганизмы как микробоцидное, так и мутагенное действие, что определяется видом микроорганизмов и дозой облучения. Наибольший летальный эффект УФ-лучей наблюдается при длине волны 260 нм, при которой отмечается максимум поглощения УФ-лучей молекулами ДНК. Также УФ-лучи поглощают белки и др. макромолекулы, что приводит к нарушению их структуры и функций.

Ионизирующая радиация (рентгеновское и гамма-излучение, с длиной волны ***менее 10 нм***), вызывает летальный для клетки эффект. Она действует на

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

биополимеры опосредованно, вызывая образование свободных радикалов и органических перекисей, которые реагируют с нуклеиновыми кислотами и белками, вызывая одно- и двунитевые разрывы цепей ДНК, изменения азотистых оснований и т. д. Чувствительность микроорганизмов различных групп к ионизирующей радиации проявляется в разной степени. Абсолютным «чемпионом» являются бактерии *Micrococcus radiodurans*, которые обитают в водах атомных реакторов, встречаются в залежах урановых руд.

3 Рост микроорганизмов в зависимости от концентрации растворов

Концентрация веществ, растворенных в окружающей среде, т. е. ***осмотическое давление***, также оказывает большое влияние на жизнеспособность микроорганизмов: чем концентрированнее раствор, тем труднее клетке поглощать из него воду. В гипертонических растворах происходит обезвоживание клеток (плазмолиз) и полное прекращение роста. Это явление называется **физиологической сухостью**. Однако некоторые микроорганизмы способны нормально развиваться в достаточно концентрированных растворах. Такие микроорганизмы называют ***осмофильными***.

Осмофильные микроорганизмы, для которых требуется высокое содержание NaCl, получили название ***галофильных***. У таких бактерий концентрация солей в цитоплазме равна концентрации внешнего раствора, однако в клетках преобладает не натрий, а калий. Галофильные бактерии обнаружены в соленых озерах (Большое соленое озеро в США, Мертвое море в Израиле), в солончаковых почвах. Они обычно вызывают порчу соленой рыбы и мяса.

4 Значение pH среды для роста микроорганизмов

Концентрация ионов водорода в окружающей среде действует на микроорганизмы двояко: 1) непосредственно на полупроницаемость цитоплазматической мембраны; 2) косвенно или опосредованно: а) через влияние на ионное состояние и доступность многих ионов и метаболитов; б) равновесие зарядов на поверхности клетки; в) стабильность макромолекул;

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

В зависимости от отношения к кислотности среды бактерии могут быть разделены на несколько групп:

1) ***нейтрофилы*** – оптимальное значение pH для роста составляет 6–8. К этой группе относится большинство известных микроорганизмов;

2) ***ацидофилы*** – оптимальная кислотность среды для роста при pH ниже 4. Кислые условия встречаются в ряде озер, болот, горячих источниках;

3) ***алкалофилы*** – оптимальные условия для развития находятся в пределах значений pH 9,0–10,5, которые встречаются в щелочных почвах, в местах скопления экскрементов животных.

Хотя микроорганизмы могут выполнять процессы жизнедеятельности в условиях различной pH среды, реакция внутри их клеток поддерживается близкой к нейтральной, что достигается из-за наличия в цитоплазме буферных систем и низкой полупроницаемости мембраны для ионов водорода.

5 Отношение микроорганизмов к молекулярному кислороду

Клетки микроорганизмов не могут существовать без кислорода. Основным источником кислорода является вода, он содержится в CO_2 и многих органических соединениях. Многим микроорганизмам помимо этого необходим молекулярный кислород. Главная функция O_2 состоит в том, что он служит конечным акцептором электронов при аэробном дыхании; при этом он восстанавливается до воды. По отношению к молекулярному кислороду все бактерии можно разделить на несколько физиологических групп:

1) ***облигатные аэробы*** – бактерии, способные получать энергию только путем аэробного дыхания и поэтому им нужен O_2. Среди них следует выделить ***микроаэрофилы*** – это бактерии, которые нуждаются в O_2 для получения энергии, но растут они только при низком его содержании в среде (2–5 %);

2) ***факультативные анаэробы (***или ***факультативные аэробы)*** – бактерии, способные расти как в присутствии, так и в отсутствии O_2. Они могут переключать свой энергетический метаболизм с аэробного дыхания на брожение или анаэробное дыхание. Примером таких бактерий служат

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

некоторые виды молочнокислых бактерий. Среди факультативных анаэробов следует выделить ***аэротолерантные*** бактерии, которые могут расти в присутствии атмосферного кислорода, но не способны его использовать в качестве акцепторов электронов, получая энергию исключительно с помощью брожения;

3) ***облигатные анаэробы*** – могут расти только в среде, лишенной молекулярного кислорода, поскольку он токсичен для них. К числу строгих анаэробов относятся некоторые маслянокислые бактерии.

Токсичность молекулярного кислорода для анаэробных бактерий связана с отсутствием в их клетках механизмов, которые обеспечивают детоксикацию сильных окислителей, образующихся в его присутствии.

6 Репарация повреждения ДНК у микроорганизмов

Репарация (репаративный синтез) - восстановление нативной первичной структуры молекулы ДНК, т.е. исправление повреждений, спонтанно возникающих в процессе репликации и рекомбинации, либо вызванных действием внешних факторов. Репарация происходит с помощью набора специфических репаративных ферментов. Дефектность репарации ДНК наблюдается при некоторых наследственных кожных заболеваниях человека.

Различают три основных механизма репарации ДНК: 1) фотореактивация; 2) темновая (эксцизионная) репарация; 3) пострепликативная репарация.

1) ***Фотореактивация*** – восстановление молекул ДНК, поврежденных УФ-лучами, в результате последующего воздействия на них видимого света. Это самый простой и прямой механизм репарации.

2) Системы ***темновой репарации*** удаляют неправильно спаренные либо поврежденные основания из ДНК и затем синтезируют новую последовательность ДНК, которая замещает их.

3) **Пострепликативная репарация**. Восстановление повреждений происходит после репликации ДНК. Этот тип репарации не происходит в клетках, дефектных по рекомбинации, еще ее называют ***рекомбинационной***

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

репарацией. В результате рекомбинационной репарации у части дочерних молекул ДНК сохраняются повреждения ее первичной структуры.

У **бактерий *E. coli*** имеется особый механизм репарации. Система **SOS-репарации** включается тогда, когда повреждений в ДНК становится настолько много, что жизнь клетки поставлена под угрозу. В этом случае клетка мобилизует дополнительные ресурсы и спасает свою жизнь путем ошибок. Среди выживших клеток повышается уровень мутирования.

Установлено, что многие воздействия, которые повреждают ДНК либо ингибируют ее репликацию у **бактерий *E. coli***, индуцируют серию фенотипических изменений, получивших название ***SOS-ответа.***

В настоящее время идентифицировано 11 генов, которые участвуют в **SOS-ответе** в результате активации их продуктов. Некоторые из ***sos*-генов** активны только в поврежденных клетках; другие активны и в необработанных. Механизм SOS-ответа является обратимым.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 13. Питание микроорганизмов

1. Питание микроорганизмов, физиологические группы питания
2. Химические вещества как питательные субстраты
3. Особенности ферментов микроорганизмов

1. Питание микроорганизмов, физиологические группы питания

Питание клеток микроорганизмов – процесс включения в метаболические реакции любого характера тех или иных соединений внешней среды.

Питательное вещество - любое химическое вещество, способное удовлетворять энергетические и/или биосинтетические потребности клетки.

Принципы питания микроорганизмов:

1. Все химические элементы, необходимые для жизнедеятельности микроорганизмов, подразделяют на ***макро- и микроэлементы***. Из макро- и

микроэлементов бактерии синтезируют все вещества, необходимые для построения клетки: белки, аминокислоты, нуклеиновые кислоты, липиды и т. д.

2. Многие микроорганизмы нуждаются в ***факторах роста.*** Эти микроорганизмы называются ***ауксотрофные.*** ***Прототрофные*** микроорганизмы способны синтезировать все необходимые для себя соединения.

3. В зависимости от использования источников углерода все микроорганизмы разделяются на автотрофы и гетеротрофы.

Автотрофы – способны усваивать CO_2 воздуха в качестве единственного источника углерода и синтезировать из него органические вещества своих клеток (например, многие фототрофы). ***Гетеротрофы*** – организмы, которые нуждаются в готовых органических веществах. Наибольшая степень гетеротрофности присуща облигатным внутриклеточным ***паразитам***. Гетеротрофные организмы, которые от других организмов не зависят, но нуждаются в готовых органических соединениях, называются ***сапрофиты***.

4. Как автотрофы, так и гетеротрофы подразделяют на две группы в зависимости от того, какой источник энергии они используют: ***фототрофы*** используют энергию света и трансформируют ее в химическую, ***хемотрофы*** используют энергию реакций окисления-восстановления.

5. ***Органотрофы*** - организмы, которые используют в качестве доноров электронов органические соединения, ***литотрофны*** - организмы, способные использовать в качестве доноров электронов неорганические вещества.

2. Химические вещества как питательные субстраты

Источники углерода и энергии. Организмы, которые получают энергию с помощью фотосинтеза или путем окисления неорганических соединений, способны в большинстве своем использовать CO_2 в качестве главного источника углерода. Эти С-автотрофные организмы восстанавливают CO_2. Все остальные организмы получают клеточный углерод главным образом из органических веществ (например, целлюлозы и крахмала, белков и т.д.).

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Азот. Одним из основных элементов, из которых построены клетки микроорганизмов, является N (наряду с C, H_2, O_2). Большинство прокариот потребляют азот в восстановленной форме в виде солей аммония и аммиака. Многие бактерии используют органические азотсодержащие вещества – белки, аминокислоты, мочевину, разрушая их с выделением аммиака. Окисленные формы азота: нитраты, нитриты – также могут усваиваться различными группами бактерий. Ряд бактерий способны использовать атмосферный азот.

Потребности в источниках серы и фосфора. Сера входит в состав аминокислот, витаминов и кофакторов. В природе сера находится в форме неорганических солей, в виде молекулярной серы, входит в состав органических соединений. Большинство прокариот потребляют серу в форме сульфата, который при этом восстанавливается до уровня сульфида. Однако некоторые группы прокариот нуждаются в восстановленных соединениях серы. Фосфор – необходимый компонент нуклеиновых кислот, фосфолипидов, коферментов. Основной формой фосфора в природе являются фосфаты.

Необходимость ионов металлов. Всем прокариотам необходимы металлы, которые могут использоваться в форме катионов неорганических солей. Некоторые из них (магний, кальций, железо) нужны в высоких концентрация, потребность других (цинк, медь и др.) невелика. Роль металлов определяется тем, что они входят в состав основных клеточных метаболитов.

3 Ферменты микроорганизмов

Ферменты - это вещества белковой природы, вырабатываемые живой клеткой. Они являются биологическими специфичными катализаторами.

Ферменты бактерий локализуются в основном в цитоплазме, некоторые содержатся в ядре и клеточной оболочке. Микроорганизмы могут синтезировать разнообразные ферменты из шести известных классов. Активность ферментов зависит от температуры среды, pH и других факторов.

Особенности ферментов микроорганизмов:

1. Работа ферментных систем выполняются с высокой интенсивностью.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2. Микроорганизмы характеризуются большой скоростью прироста биомассы. Это позволяет на протяжении коротких промежутков времени (за 1-3 суток) получать огромное количество сырья для выделения ферментов.

3. Содержание отдельных ферментов в клетках микроорганизмов может быть очень высоким: достигать до 40-60% от всех растворимых белков.

4. Ферменты микроорганизмов классифицируются на ***экзоферменты*** и ***эндоферменты***. Экзоферменты в большом количестве выделяются в культуральную среду. Эндоферменты участвуют в реакциях обмена веществ.

5. Различают ***конститутивные*** и ***индуктивные ферменты***. Конститутивные ферменты постоянно находятся в микробной клетке независимо от условий существования. Это в основном ферменты клеточного обмена: протеазы, липазы и др. Индуктивные ферменты синтезируются в клетке только под влиянием соответствующего субстрата, находящегося в питательной среде, и когда микроорганизм вынужден его усваивать.

6. Способность микроорганизмов развиваться в экстремальных условиях, т.е. при низких и высоких температурах, в отсутствие молекулярного кислорода, в кислых и щелочных средах, при высоких концентрациях солей, определяется часто характером их ферментов.

7. Большой интерес как продуценты ферментов представляют анаэробные микроорганизмы. Многие анаэробные бактерии превращают аминокислоты, пурины, пиримидины и другие субстраты путями, отличными от тех, которые известны для аэробных микроорганизмов, животных и растений.

8. Ряд ферментов обнаружены только у микроорганизмов. К таким ферментам относятся: рацемазы аминокислот; кератиназы, гидролизующие белки – кератины, входящие в состав волоса, перьев, копыт; нитрогеназа, которая участвует в образовании аммиака из молекулярного азота и другие.

Характерной особенностью некоторых бактерий является их способность окислять неорганические субстраты: аммиак, нитриты, сульфид и другие соединения серы, а также двухвалентное железо, что связано с наличием у них особых ферментов. Именно благодаря способности ферментов, образуемых

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

микроорганизмами, разрушать компоненты пластмасс, пестициды и другие ядовитые соединения, возможна очистка окружающей среды от ряда веществ-загрязнителей.

Штаммы-продуценты и их культивирование. Среди выделенных из различных источников штаммов микроорганизмов найдены многие активные и производственно ценные продуценты ферментов. Однако наиболее высокопродуктивные штаммы во многих случаях получены с помощью различных физических и химических мутагенов, генноинженерными способами.

Использование ферментов микроорганизмов: они применяются в различных областях промышленности, сельского хозяйства, медицины. Применение ферментов в сельском хозяйстве: 1) использование в рационах животных; 2) обработка кормов ферментами для повышения их усвояемости. Микробные ферменты используются в различных областях медицины как лечебные вещества и при проведении клинических анализов. Использование микробных ферментов в медицине весьма перспективно, но требуется высокая степень очистки ферментов, а также из-за белковой природы веществ, необходимо проверять их на антигенное и аллергенное действие.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 14 Общая характеристика метаболизма бактерий

1. Понятие о метаболизме у бактерий
2. Общая характеристика энергетического метаболизма
3. Источники энергии у микроорганизмов
4. Пути катаболизма глюкозы у микроорганизмов

1. Понятие о метаболизме у бактерий

Метаболизм – совокупность биохимических процессов, протекающих в клетке и обеспечивающих ее жизнедеятельность. Клеточный метаболизм складывается из двух противоположно направленных процессов: энергетического метаболизма и конструктивного метаболизма. Промежуточные или конечные продукты, образующиеся в соответствующей

последовательности ферментативных реакций, в результате которой разрушается или синтезируется ковалентно связанный скелет конкретной биомолекулы, называют ***метаболитами.***

Энергетический метаболизм **(*катаболизм*)** – совокупность реакций окисления различных восстановленных органических и неорганических соединений, сопровождающихся выделением энергии, аккумулируемой клеткой в форме фосфатных связей.

Конструктивный метаболизм **(*анаболизм*)** – совокупность реакций биосинтеза, в результате которых за счет веществ, поступающих извне, и промежуточных продуктов, образующихся при катаболизме, синтезируется вещество клеток. Этот процесс связан с потреблением свободной энергии, запасенной в молекулах АТФ или других богатых энергией соединениях.

Конструктивные и энергетические процессы протекают в клетке одновременно. У большинства прокариот они тесно связаны между собой. В процессе анаболизма синтезируются многочисленные ферменты, участвующие в энергетическом метаболизме. С другой стороны, в реакциях катаболизма образуется не только энергия для биосинтетических целей, но и многие промежуточные продукты, которые необходимы для синтеза веществ, входящих в состав клеточных структур.

Назначение метаболизма: 1) генерация энергии в молекулах АТФ или др. богатых энергией соединениях; 2) образование субъединиц, из которых синтезируются макромолекулы основных биополимеров клетки; 3) активация образованных субъединиц за счет переноса фосфатной группы с АТФ, происходящая с затратой энергии. Только активированные субъединицы способны вступать в реакции полимеризации; 4) синтез специфических макромолекул из активированных субъединиц, т. е. их полимеризация.

2. Общая характеристика энергетического метаболизма

По отношению к энергетическим источникам все микроорганизмы подразделяются на две группы: хемотрофные и фототрофные.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

АТФ – универсальный переносчик химической энергии между реакциями, доставляющими энергию, и реакциями, потребляющими ее. В форме АТФ энергия, полученная в результате фотосинтеза, дыхания или брожения, становится доступной для клетки и может быть ею использована.

Основные функции АТФ:

- Является источником энергии для разнообразных процессов: синтеза структурных компонентов макромолекул, механического движения и др.
- Служит для переноса высокоэнергических фосфатных групп и является связующим звеном между процессами, сопровождающимися выделением энергии, и процессами, протекающими с потреблением энергии.
- За счет АТФ промежуточные продукты метаболизма активируются для дальнейших реакций (конденсации, восстановления и расщепления).

Синтез АТФ *осуществляется в основном с помощью трех процессов*:

1) окислительного фосфорилирования; 2) субстратного фосфорилирования; 3) фотосинтетического фосфорилирования.

Окислительное фосфорилирование (фосфорилирование при переносе электронов) представляет механизм, в котором поток электронов от доноров с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом к акцепторам с более положительным потенциалом сопряжен с синтезом АТФ из АДФ и Р. Системами, в которых происходит фосфорилирование при переносе электронов, являются дыхательные цепи и фотосинтетический аппарат. Этот процесс у прокариот связан с мембранами или их производными, поэтому его называют ***мембранным фосфорилированием***. Синтез АТФ в данном случае происходит при участии фермента АТФ-синтазы: АДФ + $Ф_н$ → АТФ.

Субстратное фосфорилирование может происходить при различных реакциях промежуточного метаболизма. При этом фосфатная группа переносится на АДФ от вещества (субстрата), более богатого энергией, чем АТФ:

$$S \sim Ф + АДФ \rightarrow S + АТФ.$$

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Реакции субстратного фосфорилирования катализируются растворимыми ферментами промежуточного метаболизма. Донором активированной фосфорильной группы, необходимой для регенерации АТФ, являются интермедианты процессов гликолиза и цикла трикарбоновых кислот.

У ***фототрофных прокариот*** имеется еще один способ получения энергии: фотосинтез.

Наиболее выгодным типом окислительно-восстановительных реакций у бактерий, в результате которых генерируется наибольший запас энергии в виде молекул АТФ, является аэробное дыхание. **Наименее выгодным типом энергодающих реакций** является брожение, сопровождающееся минимальным выходом АТФ.

3. Источники энергии у микроорганизмов

Доступными для живых систем внешними источниками энергии являются электромагнитная энергия и химическая (восстановленные химические соединения). Способностью использовать энергию света обладает большая группа фотосинтезирующих организмов. Для всех остальных организмов источниками энергии служат процессы окисления химических соединений.

Часто энергетическими ресурсами служат биополимеры, находящиеся в окружающей среде (полисахариды, белки, нуклеиновые кислоты), а также липиды. Прежде чем быть использованными, биополимеры должны быть гидролизованы до составляющих их мономерных единиц.

Образовавшиеся мономеры подвергаются в клетке дальнейшим ферментативным превращениям, которые сводятся к тому, чтобы путем перестройки химической структуры получить молекулы, которые могли бы включиться на каком-то этапе в качестве метаболитов в функционирующие клеточные катаболические (энергетические) системы. Таких в прокариотической клетке несколько. Основные из них: гликолиз, окислительный пентозофосфатный путь, путь Энтнера-Дудорова и цикл трикарбоновых кислот. Общее для всех катаболических путей – многоступенчатость процесса окисления исходного субстрата. На некоторых

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

этапах окисление субстрата сопряжено с образованием энергии в определенной форме, в которой эта энергия может использоваться в самых разнообразных энергозависимых процессах.

Таким образом, внешне доступные организмам источники энергии (свет, химические соединения) должны быть трансформированы в определенную форму, чтобы обеспечить внутриклеточные потребности в энергии.

4. Пути катаболизма глюкозы (гексоз) у микроорганизмов

Поскольку большинство бактерий в качестве источника энергии используют углеводы (глюкозу), рассмотрим ***основные пути катаболизма глюкозы:*** 1) гликолиз, или фруктозодифосфатный путь; 2) окислительный пентозофосфатный путь; 3) путь Энтнера – Дудорова.

Все пути катаболизма могут протекать при разных типах энергетического метаболизма. Все пути катаболизма начинаются с того, что глюкоза, поступившая в клетку, сначала фосфорилируется с образованием глюкозо-6-фосфат, который представляет метаболически активную форму глюкозы в клетке и служит исходным соединением для любого из трех путей катаболизма углеводов. Пути расщепления глюкозы состоят из многих биохимических реакций, каждая из которых катализируется специфическим ферментом.

Наиболее распространенным путем катаболизма глюкозы у многих микроорганизмов является ***гликолиз*** (рис.1). Суммарное уравнение гликолиза:

$$C_6H_{12}O_6 + 2АДФ + 2Ф_н + 2НАД \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2АТФ + 2НАД \cdot H_2$$

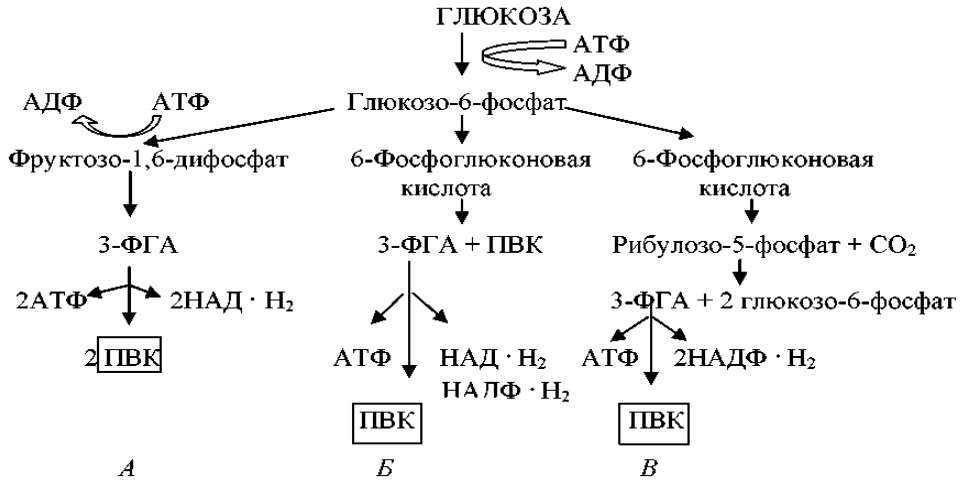
Пентозофосфатный путь расщепления углеводов характерен для некоторых энтеробактерий и маслянокислых бактерий, гетероферментативных молочнокислых бактерий. С энергетической точки зрения этот путь в 2 раза менее эффективен, чем гликолиз, так как при окислении одной молекулы глюкозы образуется только одна молекула АТФ. Однако большое значение этого пути в том, что он обеспечивает клетки бактерий пентозами (рибулозо-5-фосфатом), которые являются предшественниками нуклеотидов и нуклеиновых

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

кислот. Также в этом цикле образуются две молекулы НАДФ · H_2, необходимые клетке для восстановительных реакций биосинтеза.

Путь Энтнера – Дудорова встречается у прокариот реже других. Он характерен в основном для псевдомонад и уксуснокислых бактерий. Этот путь - самый кратчайший механизм расщепления углеводов до ПВК.

Рис. 1. - А – гликолиз; Б – путь Энтнера-Дудорова; В – пентозофосфатный путь



Рассмотрев пути катаболизма глюкозы (рис. 1), делаем вывод, что важнейшим продуктом, образующимся в них, является ПВК, которая подвергается дальнейшим превращениям. Пируват занимает центральное положение в метаболизме клеток и может служить предшественником многих продуктов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМ. Ф. СКОРИНЫ

Тема 15. Аэробное дыхание

1. Понятие «аэробное дыхание», цикл Кребса
2. Понятие о механизме окислительного фосфорилирования
3. Компоненты дыхательной цепи
4. Синтез молекул АТФ в дыхательной цепи бактерий и дрожжей

1. Аэробное дыхание, цикл Кребса

Аэробное дыхание – основной процесс энергетического метаболизма многих прокариот, при котором донором водорода или электронов являются органические (реже неорганические) вещества, а конечным акцептором – молекулярный кислород. Основное количество энергии образуется в электронтранспортной цепи, т. е. в результате **мембранного фосфорилирования.**

Пировиноградная кислота, образующаяся в одном из трех путей катаболизма глюкозы, окисляется с участием коэнзима А до ацетил-КоА. Ацетил-КоА является исходным субстратом цикла Кребса (ЦТК).

ЦТК можно рассматривать как выработанный клеткой механизм, имеющий двоякое назначение: 1) это - совершенный клеточный «котел», в котором осуществляется полное окисление вовлекаемого в него органического субстрата и отщепление водорода; 2) обеспечивает биосинтетические процессы клетки различными предшественниками, такими как оксалоацетат, сукцинат и др. Отсутствие этих кислот привело бы к нехватке оксалоацетата, который служит акцептором для ацетил-СоА и, тем самым, к нарушению цикла. Обычно ЦТК является дальнейшей «надстройкой» над анаэробными энергетическими механизмами клетки.

У некоторых бактерий ЦТК «разорван». Наиболее часто отсутствует этап превращения α-кетоглутаровой кислоты в янтарную. ***Основная функция «разорванного» ЦТК – биосинтетическая.***

2. Понятие о механизме окислительного фосфорилирования

Транспорт водорода с участием компонентов дыхательной цепи сопровождается протеканием ряда окислительно-восстановительных реакций.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

В некоторых из них выделяется достаточно энергии для образования АТФ и такой процесс носит название ***окислительного фосфорилирования***.

Для того чтобы понять механизм аэробного дыхания, необходимо знать: 1) компоненты дыхательной цепи, 2) их окислительно-восстановительные потенциалы, 3) их взаиморасположение в мембране.

3. Компоненты дыхательной цепи

Компонентами дыхательной цепи являются ферментные белки с относительно прочно связанными низкомолекулярными простетическими группами. ***Дыхательные цепи микроорганизмов*** состоят из следующих, локализованных в мембране, переносчиков атомов водорода или электронов: ***флавопротеинов, железосерных белков, хинонов и цитохромов.***

Флавопротеины – коферменты, в состав которых входит витамин B_2, а в качестве простетических групп содержат ФМН или ФАД. Флавопротеины осуществляют перенос атомов водорода, т. е. являются дегидрогеназами.

Железосерные белки (FeS-белки) содержат железосероцентры. Дыхательные цепи содержат большое число FeS-центров. Железосероцентры могут осуществлять одновременный перенос одного или двух электронов, что связано с изменением валентности атомов железа.

Хиноны – жирорастворимые соединения. У грамотрицательных бактерий они представлены убихиноном (кофермент Q) или менахиноном. Они переносят атомы водорода. По сравнению с другими компонентами дыхательной цепи, хиноны содержатся в 10–15-кратном избытке. Они служат «сборщиками» водорода, поставляемого различными коферментами и простетическими группами в дыхательной цепи, и передают его цитохромам. Таким образом, они функционируют в дыхательной цепи на участке между флавопротеинами и цитохромами.

Цитохромы принимают участие на заключительном этапе в цепи переноса электронов. К ним электроны поступают от хинонов. Различают цитохромы *a*, a_3, *b*, *c*, *o* и ряд других. Наиболее широко распространен цитохром *c*. Он найден почти у всех организмов, обладающих дыхательной цепью. Конечные

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

(терминальные) цитохромы дыхательной цепи – это цитохромы $a + a_3$ или цитохромоксидаза. Они передают электроны на молекулярный кислород, т. е. катализируют восстановление молекулярного кислорода до воды.

Дыхательная цепь имеет следующие особенности:

1) Одни ее компоненты переносят только атомы водорода, а другие – только электроны.

2) Переносчики атомов водорода и переносчики электронов последовательно чередуются в дыхательной цепи. Флавопротеины и хиноны осуществляют перенос атомов водорода, а FeS-белки и цитохромы – электронов.

3) В составе дыхательных цепей у микроорганизмов выявлены определенные различия.

4. Синтез молекул АТФ в дыхательной цепи бактерий и дрожжей

Суммарный энергетический выход аэробного дыхания **у эукариотических микроорганизмов (дрожжей)**, когда катаболизм глюкозы осуществляется гликолитическим путем, составляет **38 молекул АТФ:**

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38$ АДФ $+ 38\ H_3PO_4 \rightarrow 6CO_2 + 38$АТФ $+ 44\ H_2O$

При аэробном дыхании **у бактерий *E. coli***, когда катаболизм глюкозы происходит гликолитическим путем, образуется **26 молекул АТФ**.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 16. Анаэробное дыхание

1. Определение понятия «анаэробное дыхание»
2. Нитратное дыхание
3. Сульфатное дыхание
4. Карбонатное дыхание
5. Фумаратное дыхание

1. Определение понятия «анаэробное дыхание»

Анаэробное дыхание – цепь анаэробных окислительно-восстановительных реакций, которые сводятся к окислению органического или неорганического субстрата с использованием в качестве конечного акцептора электронов не молекулярного кислорода, а других неорганических веществ (нитрата, нитрита, сульфата, сульфита и др.), а также органических веществ. Молекулы АТФ в процессе анаэробного дыхания образуются в основном в электронтранспортной цепи, т. е. в результате реакций мембранного фосфорилирования, но в меньшем количестве, чем при аэробном дыхании.

При анаэробном дыхании конечным акцептором электронов в электронтранспортной цепи являются неорганические или органические соединения. Например, если конечным акцептором электронов является SO_4^{2-}, то процесс называют ***сульфатным дыханием***, а бактерии – ***сульфатвосстанавливающими*** или ***сульфатредуцирующими***. В том случае, если конечным акцептором электронов служит NO_3^- или NO_2^-, то процесс называется ***нитратным дыханием*** или ***денитрификацией***, а бактерии, осуществляющие этот процесс, – ***денитрифицирующими***. В качестве конечного акцептора электронов может выступать CO_2.. Процесс соответственно называют ***карбонатным дыханием***, а бактерии – ***метаногенными*** (***метанобразующими***). Одним из немногих примеров, когда конечным акцептором служит органическое вещество, является ***фумаратное дыхание***.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Основные особенности анаэробных бактерий:

1) Имеют укороченные электронтранспортные, или дыхательные, цепи, т. е. они не содержат всех переносчиков, характерных для дыхательных цепей, функционирующих в аэробных условиях.

2) В дыхательных цепях анаэробов цитохромоксидаза заменена соответствующими редуктазами.

3) У строгих анаэробов не функционирует цикл Кребса или же он разорван и выполняет только биосинтетические функции.

4) Основное количество молекул АТФ при анаэробном дыхании синтезируется в процессе мембранного фосфорилирования.

5) По отношению к молекулярному кислороду бактерии, осуществляющие анаэробное дыхание, являются факультативными или облигатными анаэробами. К облигатным анаэробам относятся сульфатвосстанавливающие и метаногенные бактерии. К факультативным анаэробам – денитрифицирующие бактерии и бактерии, осуществляющие фумаратное дыхание.

6) Выход АТФ при анаэробном дыхании меньше, чем при аэробном, но больше, чем при брожении.

2. Нитратное дыхание

Конечными акцепторами электронов при нитратном дыхании являются нитраты (NO_3^-**)** или нитриты (NO_2^-). Результатом нитратного дыхания является восстановление NO_3^- или NO_2^- до газообразных продуктов (NO, N_2O, N_2**).**

Суммарную реакцию нитратного дыхания, где окисляемым субстратом является глюкоза, а конечным акцептором электронов – нитраты, можно записать следующим образом:

$$C_6H_{12}O_6 + 4NO^-_3 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2N_2 + x(\text{кДж}).$$

Полный процесс денитрификации состоит из четырех реакций восстановления, каждая из которых катализируется специфическими редуктазами.

У денитрифицирующих бактерий, которые являются факультативными анаэробами, функционирует полная электронтранспортная цепь в случае

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

аэробного дыхания, и укороченная – при анаэробном дыхании. При «полной» денитрификации энергии запасается в большем количестве, чем при «усеченной», когда осуществляются только отдельные этапы этого процесса:

$NO^-_3 \rightarrow NO^-_2$; $NO \rightarrow N_2O$; $N_2O \rightarrow N_2$.

Распространение и роль денитрифицирующих бактерий. Денитрифицирующие бактерии широко распространены в природе. Они принадлежат ко всем основным физиологическим группам: фототрофным, хемолитотрофным, факультативным анаэробам. Однако в большей степени способность к денитрификации распространена у бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas*.

Денитрифицирующие бактерии – это обитатели пресных и морских водоемов, почв разного типа, хотя процесс денитрификации у них происходит только в анаэробных условиях. Процесс денитрификации считается вредным для сельского хозяйства, так как доступные для растений нитраты превращаются в недоступный для них молекулярный азот, что приводит к обеднению почвы азотом. Кроме того, эти бактерии играют положительную роль в очистке подземных вод и почв от накопившихся в результате деятельности человека нитратов и нитритов, которые бывают токсичны для организмов.

3. Сульфатное дыхание

Сульфатное дыхание - это процесс окисления в анаэробных условиях субстрата (органических соединений или молекулярного водорода), при котором в качестве конечного акцептора электронов выступает сульфат, в результате чего происходит его восстановление до H_2S. Бактерии, осуществляющие этот процесс, получили название **сульфатвосстанавливающих** или **сульфатредуцирующих**.

Биологические свойства сульфатвосстанавливающих бактерий: 1) **с**трогие анаэробы; 2) разнообразны по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам; 4) практически все имеют клеточную стенку

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

грамотрицательного типа; 5) среди них есть и одноклеточные, и нитчатые формы; 6) получать энергию для роста разными способами.

Распространение и значение сульфатвосстанавливающих бактерий. Распространены в анаэробных зонах водоемов разного типа, почвах и пищеварительном тракте животных. Наиболее интенсивно восстановление сульфатов происходит в соленых озерах и морских лиманах, где почти нет циркуляции воды и содержится много сульфатов, вызывая замор рыбы. Сульфатвосстанавливающие бактерии участвуют в биологическом круговороте серы в природе. Могут приносить вред, вызывая коррозию металлических труб и других подводных и подземных сооружений.

4. Карбонатное дыхание

Карбонатное дыхание – процесс окисления молекулярного водорода, при котором конечным акцептором электронов является CO_2. Бактерии, осуществляющие этот процесс, называются **метаногенными**. Метаногенные бактерии объединены в одну группу на основании общих для всех ее представителей свойств: строгий анаэробиоз и способность образовывать метан.

Отличительные особенности метаногенных бактерий: 1) имеют необычный химический состав клеточных стенок, не содержат ни ацетилмурамовой кислоты, ни D-аминокислот; 2) Механизм трансляции у них нечувствителен к антибиотикам, подавляющим синтез белка у других прокариот.

На основании этих, а также др. признаков **метаногенные бактерии** относят к **классу архебактерий.**

Процесс карбонатного дыхания. Метаногенные бактерии в основном получают энергию за счет окисления молекулярного водорода в процессах, сопряженных с восстановлением CO_2: $4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$.

Кроме H_2 и CO_2, многие метаногенные бактерии могут использовать для получения энергии формиат, метанол, CO, ацетат, а также метилированные амины:

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.С

$4HCOOH \rightarrow CH_4 + 3CO_2 + 2H_2O$;

$4CH_3OH \rightarrow 3CH_4 + CO_2 + 2H_2O$;

$4CO + 2H_2O \rightarrow CH_4 + 3CO_2$;

$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$;

$4CH_3NH_3 + 2H_2O \rightarrow 3CH_4 + CO_2 + 4\ NH_4$.

При восстановлении CO_2 до метана запасается энергия в форме электрохимического ионного потенциала. Фосфорилирование на субстратном уровне у метаногенных организмов отсутствует. Количество образуемой энергии зависит от концентраций молекулярного водорода.

Экология и роль в природе метанобразующих бактерий. Обычными местами обитания этих бактерий является анаэробная зона водоемов, богатых органическими соединениями, иловые отложения озер и рек, болота, заболоченные почвы, осадочные слои морей и океанов. Метаногенные бактерии – типичные обитатели пищеварительного тракта животных и человека и важный компонент микрофлоры рубца жвачных животных.

Метаногенные бактерии представляют значительный практический интерес как продуценты газообразного топлива – метана (биогаза). Они участвуют в разложении органических веществ в отстойниках сточных вод при биологической очистке, в переработке экскрементов животных вместе с отбросами, содержащими целлюлозу, в навозных ямах.

5. Фумаратное дыхание

Фумаратное дыхание отличается от всех описанных ранее способов анаэробного дыхания **следующими особенностями**:

1) Это единственный пример анаэробного дыхания, когда роль конечного акцептора электронов в дыхательной цепи играет органическое вещество (фумаровая кислота);

2) Этот тип получения энергии не является единственно возможным для какой-либо определенной таксономической группы бактерий. Бактерии, способные осуществлять фумаратное дыхание – хемоорганотрофы, обладают также способностью к брожению.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

К фумаратному дыханию способны сукциногенные бактерии, энтеробактерии, пропионовокислые бактерии.

Тема 17. Субстратное фосфорилирование

1. Получение энергии в результате брожения
2. Спиртовое брожение
3. Маслянокислое брожение
4. Молочнокислое гомо- и гетероферментативное брожение
5. Пропионовокислое брожение
6. Брожение смешанного типа

1. Получение энергии в результате брожения

Брожение – это способ получения энергии, при котором АТФ синтезируется в процессе анаэробного окисления органических субстратов в реакциях субстратного фосфорилирования. Все реакции субстратного фосфорилирования локализованы в цитолизе клетки, что указывает на простоту химических механизмов, лежащих в основе этого процесса.

При брожении продукты расщепления одного органического субстрата могут одновременно служить и донорами, и акцепторами электронов. Как правило, доноры и акцепторы электронов образуются из одного и того же субстрата, подвергающегося брожению. ***Круг органических соединений, которые могут сбраживаться, довольно широк.*** Это углеводы, спирты, органические кислоты, аминокислоты, пурины, пиримидины и др.

Организмы, осуществляющие брожение – облигатные анаэробы, некоторые – факультативные анаэробы, способные расти как в присутствии O_2, так и без него; при этом O_2 подавляет брожение и оно сменяется дыханием.

Продуктами брожений являются различные органические кислоты (молочная, масляная и др.), спирты (этиловый, бутиловый и др.), ацетон, а также CO_2 и H_2. Обычно в процессе брожения образуется несколько продуктов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

В зависимости от того, какой основной продукт накапливается в среде, различают молочнокислое, спиртовое, маслянокислое и др. виды брожений.

Спиртовое, гомоферментативное молочнокислое и маслянокислое брожения являются основными типами брожений. Все другие виды брожений представляют собой комбинацию этих трех типов. Например, пропионовокислое брожение может рассматриваться как комбинация гомоферментативного молочнокислого и спиртового брожений. ! У трех основных типов брожений – одинаковые начальные пути разложения углеводов.

! Наиболее выгодным для клетки с энергетической точки зрения, является маслянокислое. В этом случае при потреблении одной молекулы глюкозы образуется в среднем 3,3 молекулы АТФ.

2. Спиртовое брожение, химизм и практическое использование

Типичными возбудителями спиртового брожения являются некоторые виды дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae* и др.) и бактерий (*Erwinia amylovora, Sarcina ventriculi, Lactococcus lactis и др.*). Спиртовое брожение широко используется для получения технического и пищевого спирта, вина, пива, а также в хлебопечении. В последнем случае значение имеет не образующийся спирт, а углекислый газ, который выделяется в большом количестве и вызывает разрыхление, подъем теста и его специфический запах.

Суммарная реакция процесса спиртового брожения выражается следующим уравнением:

$$C_6H_{12}O_6 + 2Ф_н + 2АДФ \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 + 2АТФ + 2H_2O$$

3. Маслянокислое брожение

Маслянокислое брожение проходит в строго анаэробных условиях и осуществляют его облигатно-анаэробные бактерии рода *Clostridium.* В основе его лежит сбраживание углеводов по гликолитическому пути до пировиноградной кислоты, которая далее подвергается декарбоксилированию с

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

образованием ацетил-КоА. Основной продукт брожения – масляная кислота синтезируется в результате конденсации двух молекул ацетил-КоА.

Расчеты показали, что когда глюкоза сбраживается согласно уравнению:

Глюкоза = Бутират + 2 CO_2 + $2H_2$ на одну молекулу сбраживаемой глюкозы образуется 3,3 молекулы АТФ. Это наиболее высокий энергетический выход брожения.

Маслянокислое брожение происходит в природных условиях в гигантских масштабах: на дне болот, заболоченных почвах, илах, и в местах, куда ограничен доступ кислорода. В результате деятельности маслянокислых бактерий разлагаются огромные количества органического вещества.

Маслянокислое брожение имеет практическое применение для получения масляной кислоты, используемой в парфюмерии. Для ее производства используют картофель, зерно, мелассу. Маслянокислые бактерии вызывают порчу продуктов – прогоркание масла, сметаны, квашеных овощей, силоса, при недостаточной стерилизации – порчу грибных и мясных консервов.

4. Молочнокислое гомо- и гетероферментативное брожения

Различают два типа молочнокислого брожения: гомоферментативное и гетероферментативное. При гомоферментативном молочнокислом брожении синтезируется практически одна молочная кислота. Катаболизм глюкозы в этом случае происходит по гликолитическому пути. Гомоферментативное молочнокислое брожение идет по следующему суммарному уравнению:

$C_6H_{12}O_6 + 2Ф_н + 2АДФ \rightarrow 2CH3 - CHOH – COOH + 2АТФ$

Возбудителями гомоферментативного молочнокислого брожения являются бактерии *Streptococcus cremoris, S. lactis, Lactobacillus bulgaricuss* и др.

Гетероферментативное молочнокислое брожение приводит к образованию разнообразных продуктов: молочной и уксусной кислот, этилового спирта, углекислого газа и глицерина. При этом типе брожения расщепление углеводов происходит по пентозофосфатному пути. Общий химизм этого процесса может быть представлен схематическим уравнением:

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

$2C_6H_{12}O_6 = CH_2CHOH\text{-}COOH + COOH\text{-}CH_2\text{-}CH_2COOH +$

$CH_3COOH + CH_3CH_2OH + CO_2 + H_2 + x$ ккал.

Возбудителями гетероферментативного молочнокислого брожения являются бактерии видов *Bifidobacterium bifidum, Lactobacillus brevis* и др.

Молочнокислые бактерии находят применение в процессе приготовления кисломолочных продуктов, сырокопченых колбас, квашения овощей и фруктов, в хлебопечении, для силосования кормов, биологической выделки кож и т. п. Чистое молочнокислое брожение применяется для получения молочной кислоты в промышленных масштабах. Молочная кислота находит применение в производстве кож, при выработке стиральных порошков, изготовлении пластмасс, в кондитерской промышленности и т.д.

5. Пропионовокислое брожение

Основным продуктом, образующимся при пропионовокислом брожении, является пропионовая кислота. Также синтезируются уксусная кислота и CO_2. Пропионовокислые бактерии расщепляют углеводы по гликолитическому пути до ПВК, которая подвергается дальнейшим превращениям с образованием пропионовой кислоты, уксусной кислоты и CO_2:

1,5Глюкоза → 2 Пропионат + CO_2 + Ацетат.

Поскольку пропионовокислые бактерии развиваются в тех же субстратах, что и молочнокислые (ЖКТ млекопитающих), то предпочтительным субстратом для окисления является молочная кислота, синтезируемая в результате молочнокислого брожения: 3Лактат → 2 Пропионат + 2Ацетат + CO_2 .

Существуют два метаболических пути образования пропионовой кислоты у пропионовокислых бактерий:

1***)*** ***акрилатный путь***, в котором лактат в ходе ряда последовательных реакций восстанавливается до пропионата;

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2) ***сукцинат-пропионатный путь***, в котором лактат превращается в пропионат через стадии образования пирувата и сукцината.

Пропионовокислое брожение используется в сыроделии при созревании твердых сыров, которое длится 2-3 месяца. Источником пропионовокислых бактерий служит водный экстракт телячьих желудков. Пропионовокислые бактерии превращают молочную кислоту в пропионовую и уксусную кислоты, придающие сыру острый вкус, а благодаря выделению CO_2 в сыре образуются «глазки». В связи с тем, что пропионовокислые бактерии способны накапливать в своих клетках большие количества витамина B_{12}, их также используют для его промышленного получения.

6. Брожение смешанного типа

Этот вид брожения характерен для энтеробактерий.

При брожении смешанного типа гексозы используются в основном по гликолитическому пути, и только у незначительной части микроорганизмов – по пентозофосфатному пути. Катаболизм глюконата проходит по пути Энтнера – Дудорова.

В зависимости от того, какие продукты образуются при брожении смешанного типа, различают две его разновидности:

1. Брожение, характерное для бактерий родов *Escherichia, Salmonella, Shigella, Citrobacter, Yersinia*, при котором образуются главным образом кислоты (молочная, уксусная, янтарная, муравьиная). Кроме органических кислот, выделяются газообразные продукты CO_2 и H_2 (в соотношении 1:1), образуется этанол и совсем не синтезируется 2,3-бутандиол.

2. Брожение, характерное для бактерий родов *Enterobacter, Serratia, Pantoea, Erwinia*. При таком брожении органических кислот синтезируется значительно меньше, чем в брожении первого типа, однако больше образуется CO_2 и этанола. Кроме того, основным продуктом такого брожения является 2,3-бутандиол и, поэтому этот тип брожения называют ***бутандиоловым***.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 18. Фотосинтез у бактерий

1. Типы фотосинтеза у бактерий
2. Фотосинтетические пигменты бактерий
3. Структурная организация фотосинтезирующего аппарата прокариот
4. Фотосинтез у прокариот
5. Использование энергии света галобактериями

1. Типы фотосинтеза у бактерий

У бактерий преобразование световой энергии в энергию химических связей может проходить при фотосинтезе трех типов:

1) **Бескислородный, или аноксигенный, фотосинтез** - происходит с помощью бактериохлорофиллов без выделения молекулярного кислорода. Этот тип фотосинтеза характерен для бактерий класса *Anoxyphotobacteria.*

2) Кислородный, или оксигенный, фотосинтез - зависит от наличия хлорофилла и сопровождается выделением молекулярного кислорода, он связан со способностью использовать в качестве донора электронов молекулы воды, присущ бактериям класса *Oxyphotobacteria.*

3) **Бесхлорофилльный фотосинтез** – происходит с помощью белка бактериородопсина. Этот процесс не сопровождается выделением молекулярного кислорода. Он характерен для галобактерий (архебактерий).

2. Фотосинтетические пигменты бактерий

Способность организмов существовать за счет энергии света в первую очередь связана с наличием у них специфических пигментов. Набор пигментов специфичен и постоянен для определенных групп фотосинтезирующих прокариот. Соотношения же между отдельными типами пигментов варьирует в зависимости от вида и условий культивирования. Фотосинтетические пигменты обеспечивают поглощение света с длиной волны 300–1100 нм.

У фотосинтезирующих прокариот известно более десяти видов хлорофиллов. Они содержатся у прокариот, фотосинтез которых сопровождается выделением O_2 (цианобактерии и прохлорофиты). Если хлорофиллы прокариот осуществляют бескислородный фотосинтез (пурпурные

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

и зеленые бактерии, гелиобактерии), они называются ***бактериохлорофиллы***. Выявлено шесть основных видов бактериохлорофиллов: *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *g*.

К фотосинтетическим пигментам относятся и ***фикобилипротеины*** – это красные и синие пигменты, которые содержатся только у цианобактерий.

К вспомогательным фотосинтетическим пигментам, которые содержат все фотосинтезирующие прокариоты, относятся ***каротиноиды***. Выделяют также каротиноиды кислородсодержащие, они называются ***ксантофиллы***. Состав каротиноидов фотосинтезирующих прокариот весьма разнообразен (выделено свыше 50 типов каротиноидов). Это обуславливает красные, фиолетовые, коричневые, желтые, розовые цвета клеток бактерий. Функции каротиноидов многообразны: 1) в качестве вспомогательных пигментов поглощают кванты света в коротковолновой области спектра, которые затем передаются на хлорофилл; 2) известно участие каротиноидов в осуществлении реакций фототаксиса; 3) предохраняют хлорофилл от фотоокисления.

3. Структурная организация фотосинтезирующего аппарата

У каждой из основных групп прокариот фотосинтетический аппарат организован по-разному. Это определяется тем, какие пигменты входят в его состав, какие вещества являются переносчиками электронов и где локализованы фотохимические реакционные центры.

Фотосинтетический аппарат состоит из 3 основных компонентов:

1) светособирающие пигменты поглощают энергию света и передают ее в фотохимические реакционные центры (ФРЦ);

2) фотохимические реакционные центры, где происходит трансформация электромагнитной формы энергии в химическую;

3) фотосинтетические электронтранспортные системы (ФЭС), - обеспечивают перенос электронов, сопряженный с запасанием энергии в АТФ.

Два первых компонента фотосинтетического аппарата состоят из пигментов. Фотосинтетические электронтраспортные системы у разных групп бактерий содержат свои специфические переносчики.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

ФРЦ и ФЭС у всех фототрофных бактерий локализованы в цитоплазматической мембране и тилакоидах. Локализация же светособирающих пигментов в разных группах фотосинтезирующих прокариот различна.

4. Фотосинтез у прокариот

Фотосинтез – это происходящее в клетках фототрофных организмов преобразование световой энергии в биохимически доступную энергию (АТФ) и восстановительную силу (НАДФ·H_2), а также связанный с этими процессами синтез клеточных компонентов.

Оксигенный фотосинтез характерен для цианобактерий и прохлорофит. При оксигенном фотосинтезе работают две пигментные системы, которые включаются последовательно. Пигментную систему, возбуждаемую более длинноволновым светом (λ < 730 нм), называют фотосистемой I, а возбуждаемую более коротковолновым светом (λ < 690 нм) – фотосистемой II.

Фотохимически активный реакционный центр фотосистемы I содержит хлорофилл (хл a_1). Он обозначен как ($П_{700}$). Это первичный донор электронов в первой фотореакции. Световая энергия, поглощаемая светособирающими пигментами фотосистемы I, передается в реакционный центр и переводит в возбужденное состояние хл a_1. Далее хл a_1 отдает один электрон, при этом он окисляется и превращается в хл a^+_1.

Первичный акцептор не известен, он обозначен как A_1. Вторичным акцептором отданного электрона служит железосерный белок (FeS). Этот акцептор в свою очередь способен отдавать электрон ферредоксину, а с восстановленного ферредоксина восстановительная сила может передаваться на $НАДФ^+$ или другие акцепторы. Это ***нециклический путь переноса электронов***. Возможен и ***циклический перенос электронов***, при котором электрон от FeS-белка передается через ферредоксин, пластохинон, FeS-белок, цитохромы и пластоцианин обратно к хлорофиллу a^+_1 реакционного центра.

Реакционный центр фотосистемы II содержит хлорофилл a_2 (хл a_2) ($П_{680}$*), который служит первичным донором электронов во второй фотореакции. Получив энергию, поглощенную светособирающими пигментами фотосистемы

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

II, хлорофилл a_2 переходит в возбужденное состояние. Освободившийся электрон принимает молекула первичного акцептора феофитина, а затем он передается на молекулу пластохинона, который при этом восстанавливается до семихинона. Донором электронов для фотосистемы II служит вода. «Дырка», образовавшаяся в хл a_2^+ в результате потери электрона, заполняется одним из электронов, которые освобождаются в результате образования O_2 при разложении H_2O: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$.

Разложение воды происходит при участии ионов марганца.

Две описанные выше пигментные системы связаны между собой электронтранспортной цепью, важным звеном ее является пластохинон. От пластохинона электроны передаются последовательно железосерному белку, комплексу цитохромов, затем пластоцианину и, наконец, хлорофиллу a^+_1. Пластохинон выполняет функцию накопления и дальнейшей передачи электронов, поступающих из фотосистемы I и фотосистемы II.

Таким образом, две фотосистемы вместе со связывающей их электронтранспортной цепью обеспечивают направленный поток электронов от воды, которая содержится с внутренней стороны тилакоидной мембраны к НАДФ$^+$, которая накапливается с внешней стороны. В результате происходит восстановление НАДФ$^+$ и образование заряда на мембране.

Аноксигенный фотосинтез характерен для пурпурных и зеленых бактерий, гелиобактерий, в клетках которых содержатся пигменты для функционирования только одной фотосистемы, а в процессе фотосинтеза кислород не выделяется, хотя фотореакции у них различаются.

Так, у пурпурных бактерий имеется циклический транспорт электронов, в процессе которого образуется АТФ, и обратный транспорт электронов, при котором синтезируется восстановитель НАД · H_2 или НАДФ · H_2. Эти первые стабильные продукты фотосинтеза используются в анаболизме бактерий для ассимиляции CO_2 (фотоавтотрофы) и др. соединений (фотогетеротрофы).

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

5. Использование световой энергии галобактериями

Необычное строение имеют клеточные стенки галобактерий. Помимо уникальных липидов, клеточные мембраны экстремальных галофилов включают много каротиноидных пигментов, которые обусловливают окраску колоний от розового до красного цвета.

При недостатке в среде молекулярного кислорода в цитоплазматической мембране галобактерий индуцируется синтез пигмента бактериородопсина. ***Бактериородопсин*** - это белок, соединенный ковалентной связью с каротиноидом ретиналем. У бактерий он откладывается в виде отдельных пурпурных областей (бляшек) красного цвета на цитоплазматической мембране, ***образуя пурпурную мембрану.***

Благодаря бактериородопсину на свету создается протонный градиент между наружной и внутренней сторонами мембраны. Уравнивание зарядов может сопровождаться синтезом АТФ, поскольку пурпурная мембрана делает возможным особый вид фосфорилирования. Преобразованная энергия света дополняет энергию, которая получается путем аэробного окисления субстрата.

Вопрос о происхождении бесхлорофилльного фотосинтеза, обнаруженного у галобактерий, неясен. Считают, что этот тип фотосинтеза – ничто иное как сформированное в «кислородную эпоху» приспособление к существованию в условиях недостатка O_2. В то же время нельзя полностью исключить возможность сохранения древней формы фотосинтеза, основанного на светозависимых превращениях каротиноидных пигментов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 19. Конструктивный метаболизм

1. Общая характеристика конструктивного метаболизма
2. Биосинтез аминокислот: основные предшественники и пути биосинтеза
3. Биосинтез нуклеотидов
4. Биосинтез липидов, жирных кислот и фосфолипидов
5. Биосинтез углеводов

1. Общая характеристика конструктивного метаболизма

Конструктивный метаболизм (биосинтезы) — поток реакций, в результате которых за счет поступающих извне веществ строится вещество клеток; это процесс связан с потреблением свободной энергии, запасенной в в молекулах АТФ или других богатых энергией соединений.

Более 95 % клеточного материала бактерий состоит из макромолекул: белков, полисахаридов, липидов, РНК, ДНК. Около 3 % сухого вещества клеток составляют низкомолекулярные органические соединения и соли.

Образованию полимеров из глюкозы предшествует синтез составляющих их мономеров: в случае полисахаридов – моносахаридов, в случае нуклеиновых кислот – рибо- и дезоксирибонуклеотидов и т. д. (рис.).

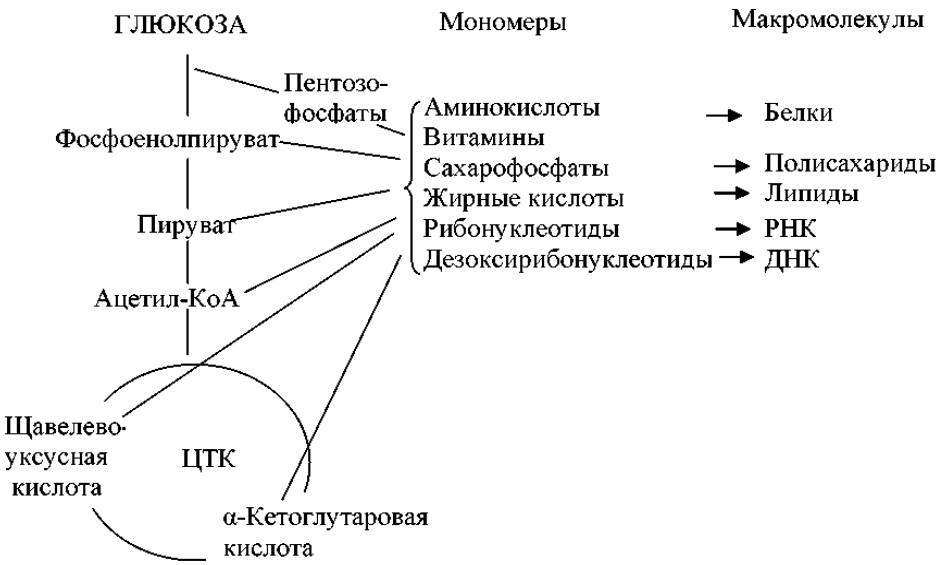


Рис. - Общая схема путей биосинтеза клеточного материала из глюкозы

Мономеры синтезируются из промежуточных метаболитов, которые образуются при катаболизме глюкозы. ***Такими промежуточными***

метаболитами являются: пентозофосфаты, фосфоенолпируват, пируват, ацетил-КоА, щавелевоуксусная и α-кетоглутаровая кислоты. Они являются исходным материалом для синтеза всех необходимых клетке аминокислот, витаминов, сахарофосфатов, жирных кислот, рибо- и дезоксирибонуклеотидов, которые образуются в реакции полимеризации.

2. Биосинтез аминокислот

Большинство бактерий способно синтезировать все аминокислоты, входящие в состав клеточных белков. **Предшественниками для синтеза аминокислот служат промежуточные продукты метаболизма**: щавелевоуксусная, пировиноградная, 3-фосфоглицериновая кислоты и др. соединения.

Особенностью биосинтеза аминокислот является использование общих биосинтетических путей. Входящие в состав белков 20 аминокислот, в зависимости от исходных метаболитов, для их синтеза можно сгруппировать в 6 семейств. ***Биосинтез аминокислот происходит различными путями:***

- Наиболее простой способ – ***восстановительное аминирование кетокислот аммиаком***. Например, при взаимодействии α-кетоглутаровой кислоты с аммиаком образуется глутаминовая кислота.

- Некоторые аминокислоты образуются путем ***амидирования***. Например, из глутаминовой кислоты образуется глутамин.

- Большинство же аминокислот получает аминогруппу от одной из первичных аминокислот в результате ***трансаминирования***, или ***переаминирования***. Из свободных аминокислот в цитоплазме бактерий количественно преобладает глутаминовая кислота. Она служит донором аминогрупп при биосинтезе многих аминокислот.

- ***Пути биосинтеза ароматических аминокислот*** (триптофана, фенилаланина, тирозина) очень сложны.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

- Некоторые гетеротрофные прокариоты (молочнокислые бактерии), не способны синтезировать все аминокислоты, поэтому их рост возможен только на сложных по составу питательных средах.

3. Биосинтез нуклеотидов

Нуклеотиды являются исходным материалом для биосинтеза нуклеиновых кислот. Также нуклеотиды входят в состав многих коферментов, участвуют в активации и переносе аминокислот, углеводов, липидов.

Нуклеотиды – сложные соединения, состоящие из азотистых оснований, пентоз и остатка фосфорной кислоты. Большинство микроорганизмов способно синтезировать нуклеотиды из низкомолекулярных соединений. Если же нуклеотиды есть в питательной среде или они образуются при распаде нуклеиновых кислот, то клетка использует их в готовом виде.

Предшественниками для ***синтеза пиримидиновых оснований*** служат карбамоилфосфат и аспартат.

Начальной стадией ***синтеза пуриновых нуклеотидов*** является взаимодействие фосфорибозилпирофосфата (ФРПФ) с глутамином с образованием фосфорибозиламина, который через ряд ферментативных реакций превращается в инозиновую кислоту, которая служит исходным продуктом для синтеза двух других нуклеотидов – адениловой и гуаниловой кислот.

При синтезе дезоксирибонуклеотидов происходит восстановление рибозы до дезоксирибозы. Сначала синтезируются рибонуклеотиды, а затем происходит восстановление их до дезоксирибонуклеотидов.

Синтезированные или усвоенные из среды нуклеотиды с участием РНК-, ДНК-полимераз в клетках полимеризуются в полинуклеотиды (РНК и ДНК).

4. Биосинтез липидов, жирных кислот и фосфолипидов

Липиды в клетке бактерий представлены химическими соединениями различной природы. Это триглицериды, жирные кислоты, фосфолипиды, гликолипиды, воск. У прокариот липиды входят в состав клеточных мембран и

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

клеточной стенки, служат запасными веществами, являются компонентами пигментных систем и цепей электронного транспорта.

Наиболее универсальные липидные компоненты бактерий – ***жирные кислоты и фосфолипиды.***

Исходным субстратом для ***синтеза фосфолипидов*** служит фосфодиоксиацетон (один из промежуточных продуктов гликолиза). Исходным субстратом для ***синтеза жирных кислот с четным числом углеродных атомов*** служит ацетил-КоА. ***Жирные кислоты с нечетным числом углеродных атомов*** образуются при конденсации пропионил-АПБ и малонил-АПБ.

В клетках бактерий компонентами липидов являются в основном насыщенные жирные кислоты. Полиненасыщенные жирные кислоты, содержащие две и более двойные связи, найдены только у цианобактерий.

5. Биосинтез углеводов

Если микроорганизмы* – автотрофы, *то исходным веществом для синтеза углеводов является CO_2. Синтез углеводов происходит у большинства автотрофов в **цикле Кальвина** (восстановительный пентозофосфатный цикл), который функционирует так же, как и у растений.

Для цикла Кальвина характерны два специфических фермента, не участвующие в других метаболических путях. Это:

1) фосфорибулокиназа, превращающая рибулозо-5-фосфат в рибулозо-1,5-дифосфат, который затем выступает в качестве акцептора CO_2**;**

2) рибулозо-1,5-дифосфаткарбоксилаза, катализующая реакцию фиксации CO_2 рибулозо-1,5-дифосфатом с образованием двух молекул 3-фосфоглицериновой кислоты. Последняя превращается в молекулы глюкозы.

У **бактерий-гетеротрофов** на среде с неуглеводными предшественниками (например, аминокислотами, глицерином, молочной кислотой) синтез углеводов осуществляется с использованием реакций гликолитического пути, идущих в обратном направлении. Этот процесс называется ***глюконеогенезом***.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 20. Наследственность и изменчивость

1. Изменчивость микроорганизмов
2. Понятие об адаптации микроорганизмов
3. Мутации у бактерий; мутагенные факторы
4. Мобильные генетические элементы бактерий

1. Изменчивость микроорганизмов

Генетика – наука о наследственности и изменчивости живых организмов. Генетика бактерий – относительно молодая отрасль микробиологии, первые работы по которой появились в начале 1940-х годов. Генетика бактерий пользуется всеми терминами и определениями, разработанными для классической генетики. С момента возникновения и до настоящего времени она завоевала необычайную популярность. **Успех популярности генетики бактерий обусловлен двумя главными причинами:**

1) основные принципы генетики бактерий в равной степени применимы ко всем животным и растительным организмам независимо от того, являются они многоклеточными или одноклеточными.

2) в генетических исследованиях прокариоты заменили такие объекты генетики, как дрозофила, мышь, кукуруза, поскольку бактерии имеют высокую скорость размножения и образуют популяции с высокой плотностью, а процесс их культивирования относительно прост. Это позволяет проводить генетический анализ в короткие сроки с использованием огромного числа особей, которые не занимают значительных площадей. Также использование бактерий позволяет изучать биологические явления на уровне одной клетки.

М*утация* - скачкообразное изменение наследственного признака. Это событие редкое и обычно спонтанно происходит с частотой $1 \cdot 10^{-4}$–$1 \cdot 10^{-10}$.

В результате постановки ряда экспериментов были получены данные, свидетельствующие о том, что у бактерий мутации носят спонтанный и ненаправленный характер. К их числу относятся, прежде всего, эксперименты С. Лурия, М. Дельбрюка, Г. Ньюкомба и супругов Е. и Дж. Ледерберг.

Мутационная изменчивость относится к ***генотипической***, или ***наследственной, изменчивости***, так как при этом возникающие изменения в молекуле ДНК бактерий передаются по наследству.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

2. Понятие об адаптации микроорганизмов

Модификационная изменчивость - ответ на изменение условий окружающей среды и наблюдается до тех пор, пока действует фактор, вызывающий эти изменения. **Модификационная изменчивость** (**фенотипическая изменчивость**) проявляется на уровне фенотипа и не затрагивает генотип.

Фенотипическая изменчивость проявляется у подавляющего большинства особей в популяции, в то время как при мутационной изменчивости изменение генотипа происходит только у единичных клеток.

Модификация есть результат пластичности клеточного метаболизма, приводящего к фенотипическому проявлению «молчащих» генов в конкретных условиях. Таким образом, **модификационные изменения имеют место в рамках неизменного клеточного генотипа.**

Наиболее известны ***адаптивные модификации***, т. е**. ненаследственные изменения, полезные для организма и содействующие его выживанию в изменившихся условиях**.

У ряда бактерий обнаружена **универсальная адаптивная реакция** в ответ на различные стрессовые воздействия (высокие и низкие температуры, резкий сдвиг pH и др.). Адаптивная реакция проявляется в синтезе небольшой группы ***белков теплового шока***, а явление – ***синдром теплового шока***.

Возникающие модификации могут быть **относительно стабильными,** они могут сохраняться на протяжении нескольких поколений или, наоборот, **очень лабильными.**

Значение адаптивных модификаций: вносят определенный вклад в процесс эволюции; расширяют возможности организма к выживанию и размножению в более широком диапазоне условий внешней среды.

3. Мутации у бактерий; мутагенные факторы

Мутации – изменения, которые возникают в генетическом аппарате бактерий и передаются по наследству. Бывают **спонтанные и**

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

индуцированные. Мутации, возникающие в популяции бактерий без вмешательства, называют ***спонтанными***. Спонтанные мутации можно объяснить ошибками при репликации ДНК. Частота спонтанных мутаций составляет 10^{-4}–10^{-10}.

Индуцированные мутации возникают с помощью воздействия **мутагенных агентов**, которые повышают частоту возникновения мутаций.

Мутагенами могут быть химические, физические и биологические агенты, действующие на ДНК бактерий. К ним относятся: УФ-лучи, ионизирующее излучение (***физические агенты***); азотистая кислота, аналоги азотистых оснований, некоторые антибиотики, акридиновые красители, сернистый иприт (***химические агенты***); транспозоны, IS-элементы, бактериофаг Mu (***биологические агенты***). **Мутагены характеризуются неспецифичностью действия**, т. е. нельзя получить клетки с определенным типом мутаций. Мутагены способны только повышать частоту возникновения мутаций.

По **фенотипическим проявлениям мутации подразделяют** на:

1) морфологические (наличие капсулы, утрата жгутиков, изменение характерных особенностей колоний и др.);

2) биохимические (ауксотрофные; обеспечивают устойчивость к антибиотикам, бактериоцинам, ядам, бактериофагам; связаны с чувствительностью к температуре; изменяют способность использовать определенный субстрат; нарушают регуляцию или синтез ферментов метаболизма и др.).

В **соответствии с характером изменений в первичной структуре ДНК** различают точковые и хромосомные мутации.

Точковые мутации – генные мутации, приводящие к замене, вставке или выпадению одной пары нуклеотидов. Для точковых мутаций с заменой оснований характерна высокая частота реверсии. Мутации такого рода могут быть двух типов: ***транзиции***; ***трансверсии***.

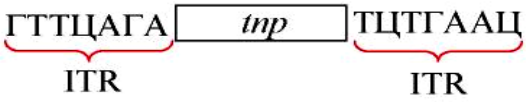
Хромосомные мутации - затрагивают множество пар нуклеотидов. Они делятся на ***дупликации, делеции, инсерции, инверсии, транслокации***.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

4. Мобильные генетические элементы бактерий

В качестве мутагенных факторов биологической природы рассматривают ***мобильные* (=*мигрирующие*) *генетические элементы бактерий*** – дискретные сегменты ДНК, способные к самостоятельному перемещению из одного участка в другой в пределах репликона, а также к перемещению из одного репликона (хромосомного, плазмидного или фагового) в другой. К таким элементам относятся: простые вставочные последовательности (IS-элементы), транспозоны (Tn-элементы) и фагитранспозоны (Mu, Д3112 и др.). Интеграция их в репликоны происходит независимо от системы общей рекомбинации клеток, которая требует обязательной гомологии у рекомбинирующих структур.

IS-элементы представляют собой линейные фрагменты двухцепочечной ДНК длиной от 200 до 2000 п. н. Они содержат только гены *tnp*, кодирующие синтез фермента транспозазы, необходимого для их миграции (транспозиции). По концам IS-элементов расположены инвертированные терминальные повторы (ITR). У разных IS-элементов длина концевых повторов ITR варьирует от 8 до 40 п. н. Инвертированные повторы также принимают участие и важны для транспозиции. Схематично строение IS- элемента можно изобразить следующим образом:



Различают несколько типов IS-элементов: IS1, IS2, IS3, IS4 и др. Они отличаются друг от друга по длине и структурой концевых повторов.

IS-элементы являются нормальными компонентами бактериальных хромосом и плазмид. В разных репликонах может содержаться различное, и часто множественное, число копий IS-элементов. IS-элементы могут перемещаться из одного участка генома в другой, например, из бактериальной хромосомы в плазмиду или от плазмиды к плазмиде. Также они могут

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

встраиваться в пределах одного гена и инактивировать его или изменять его регуляцию.

Транспозоны – сложные мигрирующие элементы. Обозначаются как Tn 1, Tn 2,… Tn100, Tn 1002 и т.д. От IS-элементов они отличаются тем, что кроме генов, ответственных за транспозицию, содержат структурные гены, которые отвечают за проявление какого-либо фенотипа.

Частота миграции транспозонов и IS-элементов происходит с вероятностью 10^{-4}–10^{-7} на одно деление бактериальной клетки. Она может зависеть от характера донорного и реципиентного репликонов, а также от генома клетки-хозяина. Кроме того, на перемещение транспозонов могут влиять факторы внешней среды (температура, УФ-лучи, химические соединения и др.).

Бактериофаг Mu относится к умеренным бактериофагам. Характерной его особенностью является мутагенность, что отражено в названии *Mu* (***mu****tator*). Сходство с IS-элементами и транспозонами в первую очередь выражается в том, что геном фага Mu (линейная двуспиральная ДНК – 38 т. п. н.) также имеет на концах инвертированные повторы, но только всего из двух нуклеотидных пар**:**

5′ ТГ …… ЦА 3′ОН.

Значение мигрирующих генетических элементов:

1) Способны индуцировать образование мутаций.

2) Участвуют в слиянии и диссоциации репликонов (в объединении трансмиссивных и нетрансмиссивных плазмид, в интеграции плазмид и т. д.).

3) могут обеспечивать перенос генов между различными видами бактерий – тем самым играют важную роль в эволюции микроорганизмов.

4) Используются в генной инженерии *in vivo* и *in vitro*.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 21. Характеристика способов генетического обмена у бактерий

1. Способы генетического обмена у бактерий
2. Бактериальная трансформация
3. Бактериальная конъюгация
4. Бактериальная трансдукция

1. Способы генетического обмена у бактерий

Выявлено три основных способа обмена генетической информацией: трансформация, трансдукция и конъюгация. Эти процессы отличаются друг от друга способом передачи ДНК. Перечислим **общие особенности для всех способов обмена генетической информацией у бактерий:**

1. Процесс переноса ДНК всегда односторонний, или однонаправленный: от донорных бактерий к реципиентным.

2. Полного обмена генетической информацией не наблюдается, результатом чего является образование мерозиготы. Состояние мерозиготы недолговременно. Экзогенота должна встроиться в эндогеноту. Если этого не происходит, то экзогенота элиминируется эндонуклеазами клетки-реципиента.

3. Для образования рекомбинантного (гибридного) потомства процесс генетического переноса должен обязательно закончиться рекомбинацией. За рекомбинацией следует процесс репликации ДНК и деления клетки. В результате возникают клетки ***рекомбинанты***.

4. Могут происходить в естественных и искусственных условиях.

2. Трансформация

Трансформация – перенос генетической информации, при котором ДНК, выделенная из клетки-донора, поступает в клетку-реципиент.

Явление трансформации было открыто Ф. Гриффитом в 1928 г. в опытах на пневмококках (*Streptococcus pneumoniae*).

Процесс **трансформации включает следующие этапы:**

1. Адсорбция донорной ДНК на поверхности реципиентной клетки. На этом этапе ДНК чувствителен к ДНКазе.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

2. Поглощение донорной ДНК реципиентной клеткой в состоянии компетентности. На этой стадии ДНК уже нечувствительна к действию ДНКазы.

3. Образование в реципиенте однонитевых фрагментов донорной ДНК.

4. Синапс одноцепочечной донорной ДНК с двухцепочечной хромосомой реципиента.

5. Интеграция части донорной молекулы ДНК в реципиентную ДНК.

6. Репликация рекомбинантной молекулы ДНК.

7. Экспрессия генов, переданных от донора.

Количество трансформируемой ДНК составляет около 10 т. п. н.

Компетентность - это способность бактериальных клеток адсорбировать и поглощать чужеродную ДНК. У многих видов бактерий компетентность возникает на определенном этапе роста культуры. У некоторых бактерий клетки компетентны в любой фазе роста. Существует много видов бактерий, у которых отсутствует естественная компетентность. Их клетки обрабатывают, индуцируя у них способность к поглощению ДНК.

Трансформация имеет практическое использование: для картирования бактериальной хромосомы; для конструирования ценных штаммов; как один из этапов получения трансгенных растений; как модель в опыте.

3. Конъюгация

Конъюгация – генетический обмен, который сопровождается переносом генетической информации от клетки-донора к клетке-реципиенту, он происходит при их непосредственном контакте.

Явление конъюгации было открыто Дж. Ледербергом и Э. Татумом в 1946 г. в экспериментах с полиауксотрофными штаммами бактерий *E. coli*.

Рекомбинанты наследуют большинство своих признаков от реципиента, а от донора получают только отдельные фрагменты генома.

Женская бактериальная клетка, обозначается как F^--штамм (F- fertility). Это клетка не содержит F-фактор, участвует в конъюгации как реципиент.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Мужская бактериальная клетка, обозначается как F^+-штамм, которая несет F-фактор и участвует в процессе конъюгации как донор.

F-фактор представляет собой внехромосомную кольцевую двухцепочечную молекулу ДНК, которая автономно реплицируется, его относят к плазмидам. При конъюгации частота передачи F-фактора близка к 100%. Таким образом, клетки-реципиенты превращаются в потенциальных доноров.

В зависимости от состояния F-фактора различают 2 типа донорных клеток:

- F^+-доноры, у которых F-фактор находится в автономном от хромосомы состоянии. При скрещивании обычно передается только F-фактор;
- Доноры Hfr- типа (*high frequency recombination - высокая частота рекомбинации),* у которых F-фактор интегрирован в хромосому. При скрещивании передаются хромосомные гены. Интеграция F-фактора в бактериальную хромосому обратима.

F- факторы, которые содержат фрагменты хромосомной ДНК, получили название ***F́-факторы (прим)***. ***F́-*** факторы переносят бактериальные гены. Такой тип передачи генов получил название **сексдукции, или F- дукции.**

Количество переносимой ДНК при конъюгации больше, чем при трансформации и трансдукции. Получаемые при этом способе обмена генетической информацией рекомбинанты называются **трансконъюгантами**.

Конъюгация используется как: 1. передача многих генетических маркеров из одних клеток в другие; 2. метод конъюгационного скрещивания удобен для картирования хромосомы; 3. изучение генетического аппарата у бактерий; 4. конъюгация эффективно происходит в природе.

4. Трансдукция

Трансдукция была открыта Дж. Ледербергом и Н.Циндером в 1952 у *Salmonella typhimurium* и фага P22.

Трансдукция – перенос хромосомных генов или плазмид от клетки-донора к клетке-реципиенту, происходит при участии бактериофагов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

При трансдукции фрагменты хромосомы или плазмиды должны упаковаться в головку бактериофага; выйти в составе фага из клетки-донора в результате ее лизиса и попасть в клетку-реципиент при новом акте заражения. Белковый капсид фаговой головки предохраняет молекулу ДНК от разрушения внеклеточными нуклеазами. Адсорбция хвостового отростка фага на рецепторах поверхности клетки видоспецифична, поэтому трансдукция происходит главным образом между близкородственными бактериями.

При трансдукции размеры переносимого фрагмента ДНК определяются размерами головки бактериофага. При трансдукции передаются и единичные, и сцепленные гены. Получаемые рекомбинанты - это **трансдуктанты**.

Принято выделять два типа трансдукции: 1) **общая (генерализованная, неспецифическая)**; 2) **специфическая (ограниченная)**.

При **общей трансдукции** может переноситься любой фрагмент бактериальный хромосомы с частотой 10^{-5}–10^{-6}. Количество бактериальной ДНК, которое может переноситься фагом, обычно составляет 1–2 % от всей клеточной ДНК. В процессе общей трансдукции бактериальный вирус является «пассивным» переносчиком генетического материала бактерий и содержит только фрагменты бактериальной ДНК.

Для **специфической трансдукции** характерно:

1) каждый трансдуцирующий фаг передает только определенную, строго ограниченную область бактериальной хромосомы;

2) фаг не только переносит генетический материал, но и обеспечивает его включение в бактериальную хромосому;

3) вирус включает фрагмент ДНК бактерий-доноров в свой геном и передает ее в ДНК бактерий-реципиентов в результате встраивания в хромосому.

Использовать трансдукцию можно в следующих направлениях: для трансдуцирования плазмид и коротких фрагментов хромосомы донора; для конструирования ценных штаммов; для картирования бактериальных генов.

ЖОРИНЫ

Тема 22. Генетическая инженерия, плазмиды

1. Плазмиды бактериальных клеток
2. Системы рестрикции и модификации бактериальной клетки
3. Генная инженерия, клонирование генов в клетках микроорганизмов
4. Успехи и проблемы биотехнологии

1.
2. Плазмиды бактериальных клеток

Наряду с хромосомой в бактериальной клетке могут присутствовать **плазмиды** –наследуемые внехромосомные генетические элементы.

Плазмиды – это двухцепочечные суперскрученные ковалентнозамкнутые кольцевые молекулы ДНК. Благодаря такой структуре они не подвергаются действию клеточных нуклеаз. Существуют линейные плазмиды, их концевые участки имеют белки ***теломеразы***. Размеры плазмид вариабельны.

Свойства плазмид.

1) **Способность к автономной репликации** - молекулы плазмидной ДНК приобретают ее в том случае, если в составе их имеется сайт начала репликации – *oriV* и набор генов, необходимых для ее осуществления. Различают плазмиды со строгим и ослабленным контролем репликации.

Плазмиды со **строгим контролем** репликации удваиваются синхронно с бактериальной хромосомой при участии ДНК-полимераза III. Таких плазмид в клетке может насчитываться от 1 до 3. Репликация плазмид с **ослабленным контролем** происходит с участием ДНК-полимеразы I. В каждой клетке содержится 40–50 копий таких плазмид, их называют ***мультикопийными***.

2) **Трансмиссивность** – способность плазмид передаваться из клетки в клетку при конъюгации. В зависимости от этого плазмиды деляют на ***конъюгативные*** (***трансмиссивные***) и ***неконъюгативные*** (***нетрансмиссивные***).

Конъюгативные плазмиды передаваются из одной клетки в другую, имеют гены, ответственные за перенос (tra-гены). Большинство ***конъюгативных плазмид*** имеет ограниченный круг клеток-хозяев. Меньшее число плазмид передаются широкому кругу клеток-хозяев (это **космополитные)**.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Неконъюгативные плазмиды – мелкие плазмиды, не содержат tra-генов, неспособны самостоятельно передаваться от одних клеток к другим. Неконъюгативные плазмиды могут быть перенесены в реципиентные клетки с помощью конъюгативных плазмид. Перенос неконъюгативных плазмид с помощью конъюгативных называется ***мобилизацией***. ***Мобилизация*** может функционировать из-за наличия в плазмидах IS-элементов и транспозонов, которые обеспечивают образование ***коинтегратов***. В реципиентных клетках коинтеграты распадаются на два автономных репликона.

3) Способность плазмид к **интеграции в бактериальную хромосому**.

4) **Несовместимость**. Родственные плазмиды не могут сосуществовать в одной клетке, поскольку они несовместимы.

5) **Поверхностное исключение** присуще конъюгативным плазмидам. Свойство означает, что если в клетке есть определенная плазмида, то другая плазмидная ДНК при конъюгации с трудом преодолевает клеточную стенку.

6) Придают клеткам различные **фенотипические признаки**: 1) устойчивость к антибиотикам, ионам тяжелых металлов, мутагенам (R-плазмиды); 2) способность вызывать биодеградацию ксенобиотиков (D-плазмиды); 3) способность синтезировать антибиотики, бактериоцины, пигменты и др. соединения; 5) способность вызывать образование опухолей у растений (Ti-плазмиды); 6) донорные свойства (F-плазмиды) и др.

Криптические плазмиды – их фенотипические свойства неизвестны.

Значение плазмид для клетки бактерий:

1) Определяют ряд ее фенотипических свойств, позволяющих более гибко и быстро реагировать на изменение условий окружающей среды.

2) Широко применяются в генной инженерии и генных исследованиях.

3) Играют значительную роль в эволюции бактерий.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

2. Системы рестрикции и модификации бактериальной клетки

Работающая в клетках бактерий **система рестрикции и модификации (система R-M**) образована 2 специфическими для штамма ферментами – ***метилазами и рестриктазами.*** Эти ферменты узнают в ДНК одни и те же определенные короткие последовательности нуклеотидов – **сайты**.

Метилаза, модифицируя определенные основания внутриклеточной ДНК, предохраняет ее от действия собственной клеточной рестриктазы. ***Модификация –*** это процесс пострепликативного изменения структуры ДНК.

Рестриктазы обозначаются буквой R. Название фермента складывается из первой буквы рода и двух первых букв вида бактерий, из которого был выделен фермент, например, **B**acillus **su**btilis – Bsu, **E**scherichia **co**li – Eco. Если в штамме имеется несколько систем рестрикции и модификации, то вводится число, римская цифра отражает хронологию открытия фермента.

В настоящее время все известные рестриктазы в зависимости от потребности в кофакторах и характера расщепления нуклеотидных последовательностей ДНК разделяют на три типа: I, II и III. В природных условиях более распространены системы типа II.

Рестриктазы II типа – относительно просто организованные белки, у них сайты узнавания и места рестрикции совпадают. ***Сайты рестрикции*** **рестриктаз II типа** представлены – **палиндромами**.

Палиндром – это когда в двух цепях ДНК последовательности одинаковые, но идут в противоположных направлениях. Пример палиндрома показан на примере рестриктазы EcoR1:

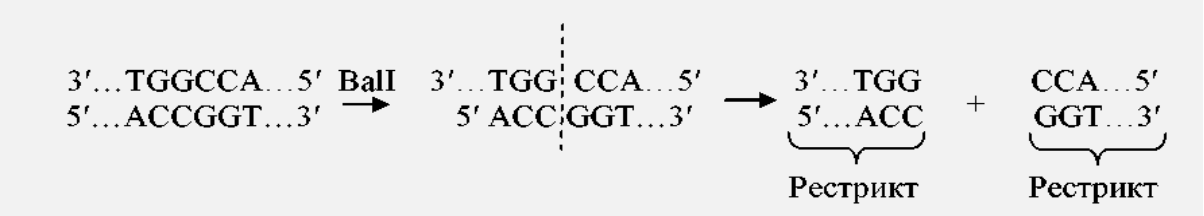
5′… GAATTC… 3′
3′…CTTAAG… 5′ } – Сайт рестрикции Рестриктазы EcoR1

По размеру сайты рестрикции могут быть представлены от 4 до 14 п.н..

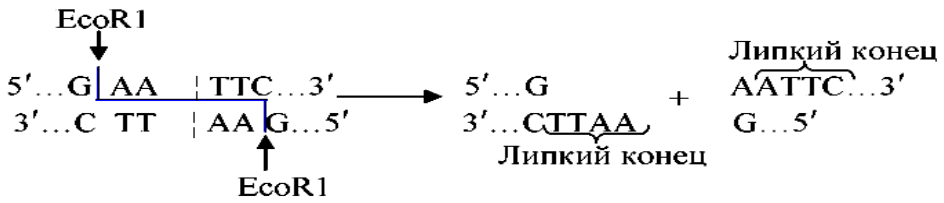
Рестриктазы II типа делятся на две группы в зависимости от того, каким образом они разрезают последовательность ДНК. Одни из них выполняют прямой разрез ДНК (по оси симметрии). В результате образуются фрагменты

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

ДНК с тупыми или ровными концами. Примером таких рестриктаз является эндонуклеаза Bal I:



Рестриктазы второй группы выполняют ступенчатый разрез (на некотором расстоянии от оси симметрии). В результате этого в месте разреза образуются неровные, или липкие, концы, т. е. рестрикты имеют на своих концах однонитевые взаимно комплементарные участки. Примером таких рестриктаз является фермент EcoR1:



Причем, рестриктазы одного и того же типа дают одинаковые липкие концы на разных рестриктах, независимо от их систематической принадлежности. Такие рестрикты могут объединяться друг с другом с образованием рекомбинантных молекул ДНК, что используется в генной инженерии.

Число охарактеризованных рестриктаз непрерывно растет, т.к. эти ферменты используют в биотехнологических и генетических исследованиях.

3. Генетическая инженерия, клонирование генов

Генная инженерия – совокупность методов, позволяющих создавать *in vitro* рекомбинантные молекулы ДНК, с последующей передачей этих новых генетических структур из одного организма в другой. Цель генной инженерии состоит в получении клеток (в первую очередь бактериальных), способных в промышленных масштабах нарабатывать некоторые “человеческие” белки; в возможности преодолевать межвидовые барьеры и передавать отдельные наследственные признаки одних организмов другим.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Так как с химической точки зрения ДНК всех организмов однотипна, то *in vitro* возможно воссоединение фрагментов ДНК из любых организмов. Наиболее распространенным методом генной инженерии является ***метод конструирования и переноса рекомбинантных ДНК***. **Этапы метода**:

1. Создание вектора генов. Это переносчик, предназначенный для введения в клетку другого организма. Самыми удобными векторами являются плазмиды. Конструирование вектора состоит из двух последовательных стадий: рестрикции и лигирования. Рестрикция молекул ДНК (и плазмид, и чужеродной ДНК с интересующим геном) на фрагменты возможна с помощью ферментов рестриктаз. Соединять или сшивать фрагменты ДНК можно с помощью лигаз. В результате образуется рекомбинантная плазмида.

2. **Введение вектора** (рекомбинантной молекулы ДНК) в реципиентные клетки (обычно клетки бактерий) с помощью **трансформации.**

3. **Скрининг** – отбор среди клонов трансформированных бактерий тех, которые содержат плазмиды, несущие нужный ген.

4. **Клонирование** (культивирование отобранных бактерий с целью размножения полученных клонов).

Метод клонирования нашел широкое применение. С его помощью можно получать микробиологическим путем продукты, употребляемые человеком. В настоящее время разработаны методы получения гормона инсулина, интерферонов, соматостатина и др.

4. Биотехнология: успехи и проблемы

На основе методов генной инженерии очень бурно и активно развивается и в науке, и в производстве биотехнология. Свое развитие биотехнология получила в разных странах мира. Но уже многие десятилетия лидерство в этом направлении держат: США и Япония, страны Западной Европы.

Согласно определения Европейской биотехнологической федерации, созданной в 1978 г., **биотехнология** на основе применения знаний и методов биохимии, микробиологии, генетики, химической технологии, математики,

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

экономики позволяет извлекать выгоду в технологических процессах из свойств микроорганизмов и клеточных структур.

Успехи биотехнологии на основе генной инженерии:

1) Дает возможность создания новых, отсутствующих в природе продуцентов целевых продуктов.

2) Создание вакцин на основе синтетических антигенов.

3) Создание трансгенных растений с заранее заданными свойствами.

4) Создание трансгенных животных.

5) В энергетике, производстве пищевых продуктов, получении новых химических материалов и при защите среды.

6) Использование методов генной инженерии в диагностике некоторых заболеваний, например, вирусных инфекций, а также для лечения ряда заболеваний. В связи с этим появился новый термин **генная терапия.**

Проблемы можно разделить на три группы.

Методические. Методических проблем очень много. Поэтому назовем только некоторые из них.

1) Большие трудности для биотехнологии связаны не только с созданием рекомбинантного штамма, но и с секрецией целевого продукта из клетки. Отсутствие этого механизма приводит к накоплению целевого продукта внутри клетки и подавлению биосинтеза по принципу обратной связи.

2) Многие ценные продукты кодируются несколькими генами либо кластерами генов. Нужна трансплантация всех генов в клетки-реципиенты.

3) Ожидает своего разрешения проблема получения любого заданного растения-регенеранта из культуры тканей и клеток.

Экономические. Генно-инженерные методы являются весьма дорогостоящими процедурами. В среднем, создание одного нового сорта ГМР стоит от 50 до 300 млн. долларов и занимает от 6 до 12 лет.

Этические и политические. Успехи и возможности генной инженерии далеко не однозначно воспринимаются человеческим сообществом, причем приоритеты неприятия время от времени изменяются. Вначале общественное

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

мнение было встревожено генетической модификацией кишечной палочки *E. coli*. Предполагалось, что эти генетические трансформанты выйдут из-под контроля и станут причиной многих страшных заболеваний. К началу 90-х гг. 20 века, когда оказалось, что эти страхи безосновательны, внимание переключилось на трансгенные растения. К этому времени большие успехи в получении трансгенных сои, картофеля, кукурузы и других сельскохозяйственных культур были достигнуты во многих странах мира и особенно в США.

В **2000 г. был подписан Картахенский протокол** по биологической безопасности, ограничивающий распространение ГМ-организмов. В **2004 г. Всемирный союз охраны природы** признал ГМ-организмы «чужеродными, угрожающими стабильности экосистемы» и обратился к правительствам разных стран с призывом о запрещении их коммерческого использования.

Теоретически предполагается, что генетические исследования ведутся серьезными и ответственными учеными, а методы, позволяющие свести к минимуму возможность случайного распространения потенциально опасных микробов, все время совершенствуются.

Оценивая возможные опасности этих исследований, следует сопоставлять их с трагедиями, вызванными голоданием и болезнями.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 23. Регуляция метаболизма бактерий

1. Регуляция клеточного метаболизма
2. Свойства аллостерических белков
3. Регуляция активности ферментов
4. Регуляция синтеза ферментов у бактерий
5. Механизмы функционирования репрессибельных оперонов

1. Регуляция клеточного метаболизма

Над метаболическими функциями клетки надстроена эффективная и сложная система регуляции. В интактной клетке практически все протекающие метаболические процессы регулируются. Одна и та же реакция может одновременно подвергаться нескольким видам регуляторного воздействия,

неравноценным по направлению и силе действия. Следствием этого является строгая координация активности отдельных метаболических процессов. Эффективность клеточных регуляторных механизмов очень высока. Именно они обеспечивают максимально экономичное использование питательных веществ среды, предупреждают избыточный синтез промежуточных и конечных метаболитов, отвечают за быструю адаптацию к изменившимся условиям. Следовательно, клетка в зависимости от конкретных условий должна быть способна уменьшить либо увеличить скорость синтеза определенных метаболитов или скорость образования клеточной энергии.

В начале XX в. было выяснено, что ферментативные свойства микроорганизмов зависят от того, на какой среде они были выращены. Был выявлен феномен «адаптации» и соответственно, выделены два класса ферментов: адаптивные (индуцибельные) и конститутивные.

Существуют два способа регуляции клеточного метаболизма у бактерий:

1) на уровне регуляции активности ферментов;

2) на уровне генов или регуляция синтеза ферментов.

2. Свойства аллостерических белков

Наиболее быстрым и тонким механизмом регуляции активности ферментов является регуляция, которой подвергаются ***аллостерические ферменты***. Это белки с высокой молекулярной массой, состоят из нескольких субъединиц одного или разного типа.

Каждая субъединица содержит каталитический центр и регуляторный, или аллостерический, центр. Каталитический центр связывается с субстратом. Аллостерический центр соединяется с **веществами-эффекторами**, которые могут повышать или понижать активность фермента. Связывание эффектора с аллостерическим центром вызывает конформационные изменения молекулы фермента, происходящие на уровне третичной структуры, в результате чего изменяется сродство фермента к субстрату.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Эффекторами могут быть конечные продукты данного метаболического пути, субстраты ферментов, а также некоторые конечные продукты родственных метаболических путей (АТФ, ацетил-КоА, фосфоенолпируват и др.).

Если действие эффектора приводит к понижению каталитической активности фермента, такой эффектор называется отрицательным или **ингибитором**. **Активатором** или положительным называют эффектор, действие которого повышает каталитическую активность фермента. Активатором чаще всего бывает субстрат данного регуляторного фермента.

3. Регуляция активности ферментов

В метаболизме бактерий выделяют два вида биосинтетических путей: неразветвленные и разветвленные.

Наиболее простой случай регуляции активности ферментов – это регуляция конечным продуктом активности первого (ключевого) фермента **неразветвленного биосинтетического пути.** Если конечный продукт накапливается в избытке, он подавляет активность первого фермента. Этот процесс называется ***ретроингибированием*** или ингибированием по принципу обратной связи.

В **разветвленных метаболических путях** активность аллостерических ферментов регулируется сложнее, так как от активности первого фермента (Ф1) зависит биосинтез нескольких конечных продуктов. Ингибирование активности Ф1 может происходить в результате 1) мультивалентного либо 2) кумулятивного ингибирования.

- При ***мультивалентном ингибировании*** необходимо связывание с аллостерическими центрами всех конечных продуктов.

- При ***кумулятивном***, или ***аддитивном (=суммарном)***, ***ингибировании*** присоединение к ферменту одного конечного продукта частично снижает его активность, с присоединением каждого последующего конечного продукта эффект ингибирования нарастает.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

В некоторых разветвленных биосинтетических путях ингибирование Ф1 выполняется не конечными продуктами каждой из ветвей, а промежуточным продуктом, который образуется непосредственно перед разветвлением. Накопление его в свою очередь контролируется конечными продуктами. Такой вид ингибирования получил название ***последовательного***).

4. Регуляция синтеза ферментов у бактерий

Хромосома бактерий состоит из групп отдельных генов, имеющих общую регуляцию и объединяемых в опероны. **Оперон -** это группа функционально связанных между собой генов. Белки, кодируемые генами одного оперона – это ферменты, катализирующие разные этапы одного метаболического пути. Транскрипция генов оперона ведет к синтезу общей иРНК.

Рассмотрим строение оперона на примере лактозного оперона (*Lac*-оперона) (рис. 1).

Lac-оперон состоит из кодирующей области, представленной тремя структурными генами, ответственными за синтез ферментов: β-галактозидазы, β-галактозидпермеазы и β-галактозидтрансацетилазы; а также из промоторно-операторной области. ***Оператор*** (обозначается как ***О***) представляет собой небольшой участок ДНК, который граничит с первым структурным геном. С оператором может связываться белок-репрессор, блокируя начало транскрипции. ***Промотор*** (***Р***) – это небольшой участок ДНК перед оператором, служит местом связывания ДНК-зависимой РНК-полимеразы (транскриптазы) и от него начинается транскрипция ДНК. Оператор и промотор в некоторой степени перекрываются таким образом, что когда репрессор связан с ДНК в области оператора, то транскриптаза не может связаться с промотором и транскрипция структурных генов не происходит. Следовательно, **промотор, оператор и структурные гены образуют оперон.**

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Транскрипционная активность входящих в оперон генов регулируется специальным ***геном-регулятором***, или ***регуляторным геном*** (обозначается как ген **R**), который может располагаться рядом со структурными генами либо на некотором расстоянии от них. Ген R кодирует синтез специфического белка-репрессора. ***Репрессор*** – аллостерический белок, имеющий два центра связывания: один центр узнает оператор, другой – взаимодействует с эффектором или индуктором. Для *Lac*-оперона индуктором является лактоза, которая связывается с репрессором, переводит его в неактивную форму, в результате чего репрессор отсоединяется от оператора.

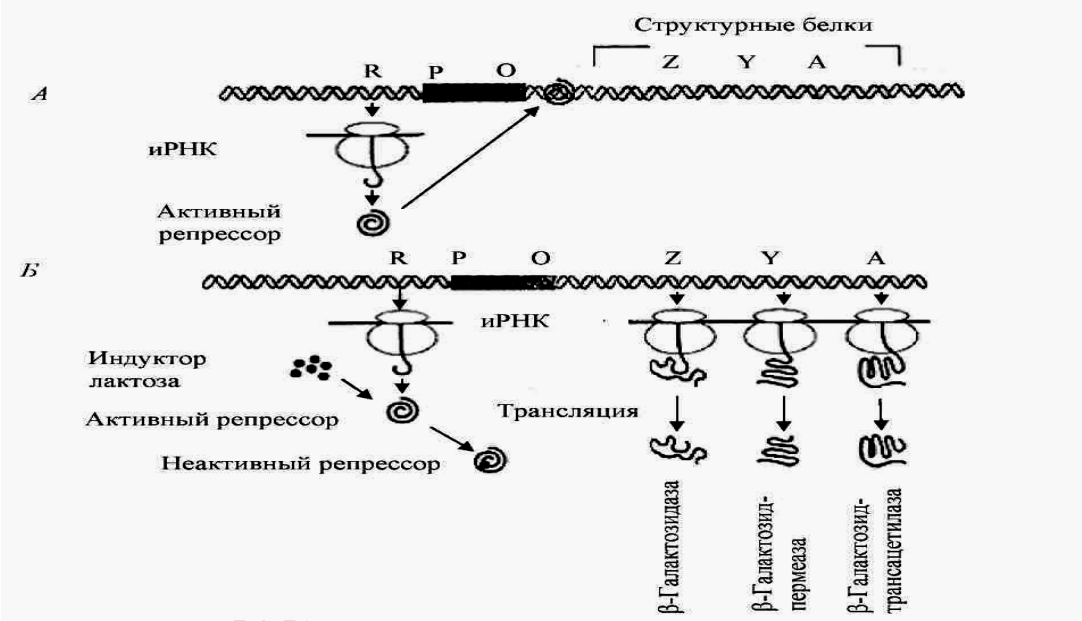


Рис. 1 - Работа лактозного оперона бактерий *E. coli:* А – без лактозы, Б – с лактозой

Различают опероны индуцибельные и репрессибельные. ***Индуцибельные опероны*** ответственны за катаболизм углеводов: лактозы, арабинозы, галактозы и других углеводов. Лактозный оперон подвержен регуляции двух типов: 1) негативной (отрицательной); 2) позитивной (положительной).

1) **Механизм негативной регуляции.** В отсутствие лактозы молекула репрессора, активная в свободном состоянии, связывается с оператором, закрывая при этом промотор, что препятствует связыванию с ним РНК-полимеразы и началу транскрипции структурных генов.

2) **Механизм позитивной регуляции**. При этом типе регуляции РНК-полимераза может связаться с промотором лишь тогда, когда к промотору

присоединен регуляторный белок БАК (расшифровывается: белок-активатор катаболитных оперонов). В свою очередь, БАК может связаться с промотором только в том случае, если в клетке в достаточно высокой концентрации присутствует циклический аденозинмонофосфат (цАМФ). Если в клетке цАМФ отсутствует, то БАК не способен взаимодействовать с промотором. Это было установлено с использованием феномена **диауксии**.

Диауксия – это приспособление микроорганизмов к росту в средах, содержащих два разных источника углерода. При диауксии микроорганизмы используют сначала один из источников с помощью конститутивного фермента, а затем другой – с помощью индуцибельного фермента. Диауксия является одним из проявлений катаболитной репрессии.

Катаболитная репрессия – это репрессия глюкозой. Означает замедление или остановку синтеза ферментов, участвующих в катаболизме сахаров при выращивании бактерий в присутствии глюкозы, т.е. неспособность бактерий усваивать различные углеводы в присутствии глюкозы, как более эффективного источника энергии. Катаболитная репрессия наблюдается и в тех случаях, когда вместо лактозы используется какой-то другой углевод. Катаболитная репрессия глюкозой может быть снята, если в среду добавить цАМФ.

5. Механизмы функционирования репрессибельных оперонов

Репрессибельные опероны ответственны за синтез аминокислот аргинина, гистидина и триптофана. Максимальная транскрипция структурных генов этих оперонов достигается только при отсутствии в клетке конечных продуктов или эффекторов этих биосинтетических путей. Отсюда и название – репрессибельные опероны.

Установлено, что у триптофанового оперона даже в условиях репрессии структурные гены сохраняют низкий уровень экспрессии. Для того чтобы понизить уровень транскрипции в присутствии триптофана в еще большей степени, в клетках бактерий имеется дополнительный механизм регуляции транскрипции, который называется ***аттенуация.*** В функционировании его принимает участие продукт **гена *trpL***, который называется ***аттенуатор.***

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Суть аттенуации состоит в том, что в условиях избытка триптофана только одна из десяти молекул РНК-полимеразы, начавшая транскрибирование с промотора, взаимодействует со структурными генами и тем самым продолжает транскрипцию.

Установлено, что в отличие от репрессии, аттенуация зависит не от самой аминокислоты триптофана, а от образования активированной аминокислоты, присоединенной к транспортной РНК, т.е. триптофанил-тРНК. При уменьшении внутриклеточной концентрации триптофана сначала происходит дерепрессия. Это значит, что образуется возможность связывания молекул РНК-полимеразы с промотором *Trp*-оперона. При более глубоком голодании снижается уровень триптофанил-тРНК и возникают условия для преодоления аттенуатора.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 24. Формы взаимоотношений между микроорганизмами

1. Экология микроорганизмов
2. Симбиотические взаимоотношения
3. Конкурентные взаимоотношения
4. Бактериоцины

1. Экология микроорганизмов

Экология изучает взаимоотношения организмов между собой и с окружающей средой. ***Экология микроорганизмов*** исследует лишь отдельные части целостных экологических систем.

Экосистема – это основная единица в экологии. В нее входят как биотические, так и абиотические компоненты. ***Биотические компоненты*** составляют сообщества организмов или биоценоз. Биоценозы, в состав которых входят только представители микрофлоры, называются ***микробоценозами***. При этом речь обычно идет о популяциях микроорганизмов, причем популяция может состоять из клонов одного вида или нескольких различных видов. Под

абиотическими компонентами следует понимать физические и химические условия, в которых живут организмы.

Размеры микробных экосистем очень разнообразны. Это может быть, например, пруд, озеро, корневая система дерева, ротовая полость человека, участок кишечника.

Местообитание. Это тот участок или жизненное пространство в котором обычно живет данные организм (популяция). Местообитанием могут быть донные отложения моря, плодородная почва, кишечник человека. Часто микроорганизмы имеют несколько местообитаний, в разных экосистемах.

Экологическая ниша. Отражает функцию какого-то вида или популяции в сообществе организмов. Например, группа молочнокислых бактерий и гнилостных бактерий, маслянокислых бактерий и т.д.

Обитатели экосистемы:

Автохтонные микроорганизмы являются типичными обитателями данной экосистемы (почвы, кишечника) и присутствуют там всегда. К аллохтонным - принадлежат многие вездесущие почвенные и водные бактерии.

Под ***аллохтонными*** микроорганизмами понимают такие, наличие которых зависит от случайного повышения концентрации питательных веществ. Такие виды чужды данной экосистеме, присутствуют в ней временно или пребывают в состоянии покоя. К автохтонным обитателям относятся высокоспециализированные организмы.

Численность и разнообразие микроорганизмов в экосистемах. В нормальных условиях в почве или в воде развивается большое число видов. Под «нормальными» условиями мы понимаем нейтральное значение pH, обилие питательных веществ и высокое содержание воды. Чем больше условия в экосистеме отклоняются от нормальных, т.е. чем более экстремальными будут условия, тем меньше будет разнообразие видов, но зато выше численность особей, которые относятся к одному и тому же виду.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2. Симбиотические взаимоотношения

Симбиотические взаимоотношения **-** возникающие между микроорганизмами, и в которых хотя бы один из них извлекает выгоду.

Основой для возникновения симбиозов могут быть трофические, пространственные, защитные или другие типы связей. Границы между различными типами симбиозов часто трудно различимы, а разные формы симбиотических взаимоотношений могут переходить друг в друга.

Типы симбиозов классифицируют по нескольким признакам:

1) по обязательности симбиотической связи выделяют ***факультативный*** (каждый организм может обитать самостоятельно) и ***облигатный*** (один или оба партнера зависимы друг от друга, не могут развиваться отдельно);

2) по расположению различают экзосимбиозы и эндосимбиозы;

3) по характеру образующихся взаимоотношений выделяют собственно симбиоз, метабиоз, сателлитизм и синергизм.

Собственно симбиоз – тип взаимоотношений между микроорганизмами, когда два или более их вида при совместном развитии создают взаимовыгодные условия для развития друг друга (лишайник).

Метабиоз – тип взаимоотношений, при котором пользу из них извлекает только один партнер, не причиняя вреда другому. Чаще всего один организм развивается за счет продуктов жизнедеятельности другого, как бы продолжая начатый им процесс. Такие отношения микроорганизмов лежат в основе круговорота биогенных элементов в природе.

Сателлитизм **-** разновидность метабиоза, при которой развитие одного микроорганизма стимулируется другим за счет выделения последним факторов роста (витамины, аминокислоты, азотистые вещества) и БАВ.

При ***синергизме*** члены ассоциации стимулируют развитие друг друга за счет выделения продуктов жизнедеятельности. Примером синергизма могут служить взаимоотношения между молочнокислыми бактериями и дрожжами в кумысе, хлебном квасе, кислом ржаном тесте.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

3. Конкурентные взаимоотношения

Конкурентные взаимоотношения предполагают невозможность совместного обитания двух видов микроорганизмов, обусловленную борьбой за источники питания или другие факторы среды. Если организмам необходимы одинаковые ресурсы или другие факторы среды, их **конкуренция** называется **пассивной**. В том случае, когда один из микроорганизмов подавляет развитие другого за счет образования продуктов обмена, говорят об **активной конкуренции**. Выделяют: антагонизм, хищничество и паразитизм.

Антагонизм микробный – угнетение роста одного микроба другим. Антагонистические свойства присущи многим почвенным споровым и гнилостным бактериям, актиномицетам, грибам.

Антагонизм может возникать: 1) при совместном развитии микроорганизмов разных видов, которые нуждаются в одних и тех же питательных веществах; 2) при образовании микроорганизмами веществ (органические кислоты, спирты и др.), которые изменяют среду, делая ее непригодной для развития других микроорганизмов; 3) при продуцировании веществ, обладающих антибактериальным действием (антибиотики, бактериоцины).

Хищничество – форма взаимоотношений, при которых одна группа микроорганизмов использует клетки других как источник питательного субстрата. Встречается редко у микроорганизмов (миксобактерии).

Паразитизм **-** предполагает обитание одного вида (паразита) в клетках другого (хозяина) и использование его как источника питания и среды обитания бактериофаги, бделловибрионы, вампировибрионы и др.).

4. Бактериоцины

Бактериоцины – это вещества белковой природы или представленные белком в комплексе с липополисахаридами, обладающие антибактериальным действием. Бактериоцины различаются по спектру действия, по физико-химическим, морфологическим и некоторым другим свойствам.

В большинстве случаев **бактериоцины** называют в соответствии с видовой принадлежностью бактерий-продуцентов: **колицины** – *Escherichia coli*. Иногда

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

используют родовое название бактерий-продуцентов: **стафилококкцины** – *Staphylococcus epidermidis*, **вибриоцины** – *Vibrio comma* и т. д.

Бактериоцины делят в зависимости от свойств на три группы:

1) бактериоцины с низкой молекулярной массой, которые не осаждаются при ультрацентрифугировании, чувствительны к протеолитическому ферменту трипсину, термостабильны и неразличимы в электронном микроскопе;

2) бактериоцины с высокой молекулярной массой, которые легко осаждаются при ультрацентрифугировании, устойчивы к ферменту трипсину, термолабильны, выявляются в электронном микроскопе как фагоподобные структуры или их компоненты;

3) бактериоцины, с ферментативной активностью.

Большинство бактериоцинов проявляют активность, не проникая внутрь клетки. Они передают сигнал посредством цитоплазматической мембраны.

По ***механизму действия на клетку*** бактериоцины подразделяют на четыре основные группы: 1) ингибируют окислительное фосфорилирование в цитоплазматической мембране; 2) разрушают ДНК; 3) блокируют синтез белков; 4) нарушают полупроницаемость цитоплазматической мембраны.

Установлено, что синтез большинства бактериоцинов детерминируется особыми плазмидами, названными ***бактериоциногенными факторами***.

Практическое применение бактериоциногенных штаммов бактерий:

1) Для получения бактериоцинов-консервантов, которые используются в пищевых производствах и для консервирования.

2) В качестве заквасочной культуры при различных пищевых производствах. Например, при производстве сухой колбасы.

3) Для лечения заболеваний ЖКТ. Например, выпускаются бактериоциногенные препараты: колибактерин, бифидумбактерин, бификол и др.

4) Используются в научных исследованиях для типирования штаммов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 25. Взаимоотношения микро- с макроорганизмами

1. Взаимоотношения микроорганизмов с макроорганизмами
2. Нормальная микрофлора человека
3. Патогенные микроорганизмы и факторы их вирулентности
4. Бактериальные токсины

1. Взаимоотношения микроорганизмов с макроорганизмами

Сосуществование микро- и макроорганизмом характеризуется:

1) Процессом их совместной коэволюции. Это приводит к увеличению генетической пластичности популяции, переносу генов и т. п.

2) В симбиотических популяциях их клетки более разнообразны, чем в свободноживущих (доказано на примере энтеробактерий).

3) Хозяин обычно оказывает более сильное влияние на структуру популяций микросимбионта, чем условия внешней среды.

4) В популяциях микросимбионтов наблюдается одновременное присутствие клеток как симбиотически активных, так и асимбиотических, что связано с наличием или отсутствием т.н. «симбиотических генов».

5) Микробные клетки дифференцированы на две формы: 1) участвующие в образовании симбиоза; 2) ответственные за размножение популяции.

6) В симбиозах у микроорганизмов проявляются свойства и признаки, не нужные для них самих, но повышающие жизнеспособность хозяина.

7) При тесном сожительстве микро- с макроорганизмами складываются различные пространственные отношения (экзосимбиоз и эндосимбиоз).

8) Облигатные симбионты не способны развиваться вне хозяина.

9) Особенностью симбиозов между микро- и макроорганизмами являются: 1) общий поток энергии; 2) совместная регуляция экспрессии генов; 3) наличие взаимной передачи информации через регуляторные системы.

Виды симбиозов:

- ***Мутуализм*** или взаимовыгодный симбиоз. **Примеры:**

1) симбиоз клубеньковых бактерий с корнями бобовых растений**;**

2) на поверхности надземной части растений (в филлосфере) находится большое количество бактерий и грибов, получивших название ***эпифитные.***

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Продукты жизнедеятельности (ауксины, витамины, антибиотики) эпифитных микроорганизмов поглощаются растениями с росой и влияют на их рост;

3) на поверхности корней (в ***ризоплане***) и в почве, которая окружает корни (в ***ризосфере***), содержится в сотни раз больше микроорганизмов, чем в остальной почве. Микроорганизмы ***ризосферы*** и ***ризопланы*** оказывают влияние на жизнедеятельность растения за счет минерализации органических остатков; выделения кислот, фиксации молекулярного азота. Многие микроорганизмы вырабатывают ауксины, гиббереллины, витамины, и др. ФАВ, которые поглощаются корнями и благотворно влияют на рост растений.

- ***Паразитизм*** – один из партнеров по симбиозу испытывает вредное воздействие другого. Паразитические микроорганизмы используют организм хозяина как источник питания, среду обитания и размножения.

В соответствии со степенью паразитизма микроорганизмы делят на: облигатные паразиты (хламидии, риккетсии и вирусы); факультативные паразиты **(**кишечные бактерии); случайные паразиты **(**грибы и др.**)**.

Паразитические микроорганизмы разделяют на внутри- и внеклеточные. Внутриклеточные паразиты — вирусы, риккетсии и хламидии. Внеклеточные паразиты — большинство бактерий и простейших.

- ***Комменсализм*** – микроорганизмы питаются за счет своего хозяина, не нанося ему особого ущерба. Комменсалы колонизируют кожу и полости организма человека (например, ЖКТ), не причиняя «видимого» вреда; их совокупность — нормальная (естественная) микрофлора.

Между видами симбиоза имеются переходные формы взаимоотношений. Природа взаимоотношений может изменяться при смене условий окружающей среды, так что взаимоотношения, которые начались как взаимовыгодные, могут стать паразитическими, и наоборот.

2. Нормальная микрофлора человека

У млекопитающих и человека кожа, полость рта, верхние отделы дыхательных путей, пищеварительный тракт, наружные отделы мочеполовой системы всегда заселены большим количеством разнообразных

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

микроорганизмов, которые приспособились для развития в таких условиях. Они и составляют нормальную микрофлору конкретного органа у определенного вида, состав которой постоянен. Бактерии нормальной флоры не вызывают заболеваний, если не происходит их внедрения в тело человека, которое обычно находятся под защитой, или не наступают изменения в организме хозяина. Например, при радикальной перемене питания или вирусной инфекции.

Каждый участок тела представляет особую экологическую нишу, в которой формируется характерная микрофлора. Например, на **коже** поселяются пропионовокислые бактерии, микрококки, негемолитические стрептококки и стафилококки, дрожжи. Микроорганизмы кожи развиваются за счет питательных веществ пота. Нормальная кожная флора не вызывает нежелательных явлений, если не считать выработки «пахучих» веществ.

Однако в определенных условиях отдельные представители нормальной микрофлоры могут стать возбудителями некоторых заболеваний. К примеру, кишечная палочка может вызвать перитонит, аппендицит и др.; обитающие на коже стрептококки вызывают фурункулез. Это происходит в случаях, когда повреждены органы и ткани, снижен иммунитет человека или животного.

Роль нормальной микрофлоры в организме сводится к следующему.

1. Выполняет важную роль в защите организма от патогенов за счет разных механизмов: синтеза антибиотиков, кислот, спиртов, лизоцима и т. д.

2. Активирует иммунную систему.

3. Обеспечивает макроорганизм ионами Fe^{2+}, Ca^{2+} и витаминами (например, B_1, B_2, B_6, B_{12}, К, никотиновой и др.) и незаменимых аминокислотах.

4. Участвует в инактивации токсичных продуктов.

5. Участвует в процессах пищеварения.

3. Патогенные микроорганизмы и факторы их вирулентности

Микроорганизмы, вызывающие заболевания, называются ***патогенными***.

Большинство патогенов – это паразиты, но встречаются и патогенные сапрофиты, не способные проникать в живые ткани, они размножаются в

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

отмерших тканях. Примером таких бактерий являются возбудители столбняка и ботулизма. Для развития заболевания достаточно яда, синтезируемого ими.

Патогенность – важное в таксономическом отношении свойство, оно является видовым признаком и качественной характеристикой болезнетворного микроорганизма. Однако отдельные штаммы внутри вида бактерий могут сильно различаться по степени патогенности (***вирулентности).***

Вирулентность – это количественное проявление патогенности, является одним из признаков штамма, а не вида. За единицу измерения вирулентности приняты минимальная летальная доза (МЛД) и LD_{50}.

Минимальная летальная доза – наименьшее число патогенных микроорганизмов, способное вызвать гибель подопытного лабораторного животного. $\boldsymbol{LD_{50}}$ – количество патогенных микроорганизмов, способных вызвать гибель 50 % экспериментально зараженных подопытных животных.

Вирулентность определенного штамма патогенного микроорганизма определяется рядом факторов, из которых наибольшее значение имеют: 1) ***инвазивность*** – способность проникать и распространяться в организме хозяина; 2) ***агрессивность*** – способность выживать в организме, размножаться и поражать; 3) ***токсигенность*** – способность синтезировать токсины.

4. Бактериальные токсины

Бактериальные токсины делят на две группы – **экзотоксины и эндотоксины**. **Экзотоксины** продуцируются клеткой и выделяются в окружающую среду. **Эндотоксины,** напротив, прочно связаны с клеткой и обнаруживаются только после ее разрушения.

Экзотоксины называют истинными токсинами. Они относятся к белкам. Термолабильны и разрушаются при действии температуры 60–80 ºС на протяжении 10–60 мин. Легко разрушаются под влиянием пищеварительных ферментов. Гены, определяющие синтез экзотоксинов, чаще локализованы на плазмидах или в составе профагов, а не в бактериальной хромосоме.

Экзотоксины высокотоксичны, их действие направлено на разрушение определенных субклеточных структур или на ряд клеточных процессов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Эндотоксины – это комплексы липополисахаридов с белками, которые находятся в наружных слоях клеточных стенок грамотрицательных бактерий. Они вырабатываются ***возбудителями брюшного тифа, паратифов, дизентерии и рядом др. энтеробактерий (в том числе патогенными штаммами кишечной палочки***). Эндотоксины термостабильны, выдерживают кипячение и автоклавирование при температуре 120 ºС на протяжении 30 мин. Действие эндотоксинов неспецифично и при введении в организм они всегда вызывают резкое повышение температуры.

Иногда эндотоксины вызывают воспалительные реакции, которые проявляются в разрушении клеток. При попадании значительного количества эндотоксинов в кровоток возможен эндотоксиновый шок, который обычно заканчивается смертью больного.

Имеются микроорганизмы, которые образуют и экзо- и эндотоксины (холерный вибрион, гемолитические штаммы кишечной палочки и др.).

Болезни растений, вызываемые бактериями, называются **бактериозы**. Выделяют несколько основных типов бактериозов: гнили, увядания, некрозы, гипертрофии. Пути проникновения фитопатогенных бактерий в растение различны. В основном они проникают через раневую поверхность, устьица, чечевички, либо с помощью переносчиков. Основными факторами вирулентности фитопатогенных бактерий являются выделение различных ферментов, фитогормонов и образование токсинов.

Для борьбы с бактериозами проводятся мероприятия: выведение устойчивых сортов; севооборот; карантинные мероприятия; применение ядохимикатов; использование антибиотиков; повышение устойчивости растений при применении микроэлементов; удаление пораженных мест; применение здорового посадочного материала; борьба с переносчиками бактерий.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 26. Принципы систематики бактерий

1 Принципы систематики микроорганизмов
2 Фенотипические, генетические и серологические критерии систематики
3 Современная филогенетическая и фенотипическая классификации бактерий
4 Характеристика отделов царства Prokaryotae

1. Принципы систематики микроорганизмов

Систематика бактерий является одним из наиболее важных и сложных, но менее разработанных разделов микробиологии. **Задачами систематики** являются классификация, номенклатура и идентификация организмов.

Классификация – распределение множества организмов по группам (таксонам). В микробиологии приняты два подхода к систематике, обусловливающих наличие ***двух систем классификации***: филогенетической (естественной) и фенотипической (искусственной).

В основу ***филогенетической классификации*** положена идея создания системы прокариот, объективно отражающей родственные отношения между разными группами бактерий и историю их эволюционного развития.

Фенотипическая классификация преследует, в первую очередь, практические цели, которые заключаются в том, чтобы быстрее установить принадлежность микроорганизма к определенному таксону.

Номенклатура – присвоение названий отдельным группам и видам микроорганизмов. В систематике бактерий принята ***бинарная номенклатура***, согласно ей бактериям присваивается название, состоящее из двух слов: первое определяет их принадлежность к конкретному роду, второе – к виду.

Вид – это основная таксономическая категория**.** В микробиологии под **видом** обычно понимают типовой штамм и все остальные штаммы, которые считаются достаточно сходными с типовым штаммом. **Типовой штамм** – это штамм, выбранный в качестве постоянного образца того, что подразумевается под данным видом. Культуры типовых штаммов находятся в различных коллекциях (например, американская коллекция типовых культур).

Виды объединяются в роды, роды – в семейства, семейства – в порядки, далее следуют классы, отделы, царства.

Большое значение в микробиологии имеют такие понятия, как ***клон*** – чистая культура, полученная из одной клетки, ***штамм*** – культуры бактерий одного вида, выделенные из различных источников либо из одного источника в разное время либо полученные в ходе генетических манипуляций. Разные

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

штаммы одного и того же вида бактерий могут отличаться друг от друга по целому ряду свойств, например, по способности к синтезу токсинов и др.

Идентификация устанавливает принадлежность микроорганизмов к определенному таксону на основании наличия конкретных признаков. В большинстве случаев идентификация заключается в определении родовой и видовой принадлежности микроорганизмов.

Критериями систематики являются свойства и признаки, характерные для всех бактерий данной группы и нехарактерные для микроорганизмов других групп. Чем больше общих признаков имеют сравниваемые организмы, тем больше и оснований для включения их в одну таксономическую группу. При идентификации бактерий приоритетным является использование фенотипических, генетических, серологических критериев систематики.

2 Критерии систематики

В классификации бактерий используют набор **фенотипических признаков:** морфологических, культуральных, физиологических и биохимических.

Описание ***морфологических признаков*** включает определение формы, размеров клеток и их взаимного расположения, типа жгутикования, наличия капсулы, способности образовывать споры, окраска по методу Грама и др.

При характеристике ***культуральных признаков*** отмечают особенности роста бактерий на плотной питательной среде (размер, окраска, форма колоний) и в жидких средах (образование осадка, пленки, взвеси, хлопьев и т. д.).

К числу ***физиологических признаков*** относятся возможность использовать те или иные источники углерода и азота, потребность в факторах роста, тип энергетических процессов (аэробное и анаэробное дыхание, брожение), отношение к температуре, влажности, pH среды и др. факторам среды.

Разнообразными являются ***биохимические признаки*** бактерий, которые обусловлены наличием ферментов, образованием определенных продуктов метаболизма (кислоты, газы и др.), типом запасных веществ и т. д.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Наиболее объективными и дающими представление о ***филогенетических связях*** между микроорганизмами являются **генетические** (молекулярно-биологические) критерии. К ним относятся определение относительного содержания ГЦ-пар в ДНК, гибридизация нуклеиновых кислот, секвенирование (определение нуклеотидных последовательностей в молекулах ДНК или РНК), применение генетических зондов (ДНК-зондов), рестрикционный анализ ДНК, методы генетического анализа (изучение переноса генов, генетических скрещиваний, картирование хромосом бактерий и др.).

Серологические критерии систематики основаны на специфических реакциях взаимодействия антигенов микроорганизмов (компоненты клеточных стенок, жгутиков, капсул, ДНК и токсинов) с антителами, которые содержатся в сыворотках. Между антигенами и антителами происходит связывание, что положено в основу методов серологической диагностики.

Серологические методы сравнительно редко дают ложноположительные или ложноотрицательные результаты.

3 Современная классификация бактерий

На сегодняшний день наиболее приемлемой ***филогенетической системой классификации прокариот*** является система, основанная на сопоставлении последовательности нуклеотидов в гене 16S-рРНК. Эта система положена в основу 2-го издания многотомной энциклопедии прокариот – **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology** (Руководство по систематике бактерий Берджи), первый том которой вышел в свет в 2001 г. В этом труде все прокариоты разделены на 26 филогенетических «ветвей» (групп) на основании строения их гена 16S-рРНК; 23 «ветви» представлены эубактериями, а три – архебактериями. Из 23 групп эубактерий 2 филогенетические группы - грамположительные бактерии, остальные группы – грамотрицательные.

Наиболее признанной и используемой ***фенотипической классификацией бактерий*** является классификация, представленная в девятом издании Определителя бактерий Берджи. В этом издании бактерии на основании строения пограничного слоя клетки разделены на четыре основные категории

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

(отдела): 1) *Gracilicutes* – грамотрицательные эубактерии, имеющие клеточные стенки; 2) *Firmicutes* – грамположительные эубактерии, имеющие клеточные стенки; 3) *Tenericutes* – эубактерии, лишенные клеточных стенок; 4) *Mendosicutes* – архебактерии, клеточные стенки которых отличаются от аналогичных структур других прокариот.

В составе четырех отделов выделено 35 групп (или секций) бактерий.

4 Характеристика отделов царства *Prokaryotae*

В **отдел Gracilicutes** входят бактерии различной морфологии с грамотрицательной клеточной стенкой. Размножение происходит в основном бинарным делением. Эндоспор не образуют. Большинство подвижны: с помощью жгутиков, скольжения, изгибания. Отдел включает аэробные, анаэробные и факультативные анаэробные бактерии; фототрофные и хемотрофные бактерии. Отдел подразделяют на три класса: Scotobacteria, Oxyphotobacteria, Anoxyphotobacteria. Отдел ***Gracilicutes*** включает 16 групп эубактерий.

В ***класс Scotobacteria*** входят грамотрицательные бактерии, получающие энергию в результате окислительно-восстановительных реакций. Это самый крупный класс бактерий. В ***класс Anoxyphotobacteria*** входят пурпурные бактерии, зеленые бактерии и гелиобактерии, осуществляющие аноксигенный фотосинтез. ***Класс Oxyphotobacteria*** представлен цианобактериями и прохлорофитами, осуществляющими оксигенный фотосинтез.

В **отдел Firmicutes** включены бактерии с грамположительной клеточной стенкой. Клетки могут иметь разную форму: палочки, кокки, нитевидные, ветвящиеся. Некоторые представители образуют эндоспоры. Большинство из них неподвижны. В состав отдела входят аэробные, анаэробные и факультативно анаэробные бактерии. Отдел состоит из двух классов: *Firmibacteria*, *Thallobacteria*. Класс ***Firmibacteria*** включает большое количество «неветвящихся» бактерий. Класс ***Thallobacteria*** включает ветвящиеся бактерии (актиномицеты). Отдел ***Firmicutes*** включает 13 групп эубактерий.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Отдел Tenericutes представлен бактериями, не имеющими клеточной стенки. В связи с отсутствием клеточной стенки форма клеток непостоянна. Размножение бактерий происходит бинарным делением, почкованием. Окрашивание по Граму отрицательное. Могут быть сапрофитными, паразитами, патогенами. ***Отдел Tenericutes*** включает 1 группу бактерий (микоплазмы).

Отдел Mendosicutes образован бактериями с ригидной клеточной стенкой, но не содержащей пептидогликана муреина. Большинство представителей – строгие анаэробы, многие имеют жгутики. Виды характеризуются экологическим и метаболическим разнообразием, способностью жить в экстремальных условиях. Отдел состоит из одного класса – *Archaebacteria*. Отдел ***Mendosicutes*** включает 5 групп бактерий.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 27. Физиологические группы бактерий

1 Фототрофные бактерии
2 Метилотрофные бактерии
3 Свободноживущие и симбиотические азотфиксирующие микроорганизмы
4 Хемолитотрофные бактерии

1. Фототрофные бактерии

Физиологическая группа фотосинтезирующих прокариотических организмов представлена классом *Anoxyphotobacteria* (пурпурными, зелеными бактериями, гелиобактериями), классом *Oxyphotobacteria* (цианобактерии, прохлорофитами), галобактериями, которые относятся к *Архебактериям.*

Пурпурные бактерии. Группа пурпурных бактерий насчитывает более 50 видов. Типичным для этих бактерий является ***бактериохлорофилл а***.

Все пурпурные бактерии способны фиксировать CO_2 в цикле Кальвина, многие проявляют способность к азотфиксации. По способности использовать в

качестве доноров электронов элементарную серу выделяют два семейства: пурпурные серные и пурпурные несерные бактерии.

Зеленые бактерии. В группе зеленых бактерий выделяют зеленые серные и зеленые нитчатые. Зеленые нитчатые бактерии состоят из множества палочковидных клеток, их называют ***трихомы.*** Они достигают в длину 100–300 мкм. У некоторых видов трихомы окружены слизистым чехлом.

Гелиобактерии. Содержат ***бактериохлорофилл g***, который обнаружен только у этой группы бактерий. Гелиобактерии – облигатные фототрофы. Рост возможен только на свету в анаэробных условиях. Источниками углерода могут служить органические кислоты (уксусная, молочная, пировиноградная). Фиксация CO_2 осуществляется в цикле Кальвина. Дыхательный метаболизм отсутствует. Азотфиксаторы. Обитают в почвах и содовых озерах.

Цианобактерии. Это морфологически разнообразная группа грамотрицательных прокариот, включает одноклеточные, колониальные и многоклеточные формы. Для разных представителей этой группы прокариот характерна способность к скользящему движению. Основной способ размножения – последовательное бинарное деление. Могут формировать специализированные репродуктивные структуры: нанноциты, баециты, экзоспоры у одноклеточных представителей и гормогонии и гормоцисты у нитчатых форм.

Прохлорофиты. Морфологически похожи на цианобактерии, но отличаются составом пигментов и организацией фотосинтетического аппарата.

Распространение фототрофных бактерий. Фототрофные бактерии – типично водные микроорганизмы, распространенные в пресных и соленых водоемах. Особенно часто они встречаются в местах, где есть H_2S, как в мелководье, так и на значительной глубине. В почве фототрофных бактерий мало, но при затоплении ее водой они могут расти весьма интенсивно.

Значение. Фототрофные прокариоты, особенно цианобактерии, играют важную роль в круговороте углерода и азота, а серобактерии – еще и серы.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

2. Метилотрофные бактерии

Метилотрофы – микроорганизмы, способные использовать в качестве источника углерода и энергии одноуглеродные, или C_1-соединения. К таким веществам относятся: метан, метанол, формальдегид и др. В большинстве этих соединений углерод представлен в виде метильной группы, поэтому микроорганизмы, использующие их, и получили название ***метилотрофы.***

Метилотрофные микроорганизмы распространены повсеместно, это связано с тем, что везде в природе имеются одноуглеродные C_1-соединения.

Метилотрофные микроорганизмы составляют таксономически неоднородную, не связанную родством. По способности использовать C_1 и другие углеродные соединения метилотрофные бактерии делятся на две основные группы: облигатные и факультативные. Облигатные метилотрофы способны расти только на одноуглеродных субстратах. Группа факультативных метилотрофов включает бактерии, которые наряду с одноуглеродными могут использовать и некоторые полиуглеродные соединения.

Метилотрофные бактерии находят широкое практическое применение и являются перспективными объектами биотехнологии. Биомасса метилотрофов характеризуется достаточно высоким содержанием белка и незаменимых аминокислот. Метилотрофы являются продуцентами аминокислоты серина, витамина B_{12}, поли-β-гидроксибутирата и внеклеточных полисахаридов. Перспективно также использование метилотрофных бактерий в качестве биокатализаторов для обнаружения выбросов метана в угольных шахтах, для очистки сточных вод от метилсодержащих соединений.

3. Азотфиксирующие микроорганизмы

Существуют две группы азотфиксирующих микроорганизмов:

1. Одна из них находится в симбиозе с высшими растениями, образуя клубеньки на корнях. К этой группе относятся клубеньковые бактерии.

2. Микроорганизмы другой группы обитают в почве независимо от растений. К ним относятся свободноживущие микроорганизмы.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Симбиотические азотфиксирующие микроорганизмы. Наиболее значимые клубеньковые (симбиотические) бактерии относятся к родам *Rhizobium, Bradyrhizobium.* Все штаммы ризобий и брадиризобий обнаруживают сродство к определенному кругу хозяев. Их видовое название обычно соответствует латинскому названию того растения, из клубеньков которого выделены бактерии (*Rhizobium trifolii* – растение-хозяин клевер и т. д.).

Симбиоз устанавливается при прорастании семян бобовых растений. В молодых клубеньках большинство бактерий представляют собой палочковидные клетки, в дальнейшем они становятся разветвленными, булавовидными, сферическими и называются **бактероиды**. На стадии бактероидов происходит фиксация молекулярного азота. В конце периода роста растения бактерии отмирают, а вещества клеток поглощает растение-хозяин.

К **симбиотическим азотфиксаторам** относятся и актиномицеты рода *Frankia,* цианобактерии и др. Хозяевами для этих симбионтов являются более 200 видов покрытосеменных и голосеменных растений, в том числе древесные. В результате симбиоза клубеньки образуются на корнях или на листьях.

Свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы. Установлено, что способностью фиксировать азот обладают бактерии рода *Azotobacter, Clostridium, Beijerinckia*, большинство аноксигенных фототрофных бактерий, многие цианобактерии, некоторые виды псевдомонад, спорообразующие бактерии, хемолитоавтотрофные бактерии, метилотрофные и др. бактерии.

Механизм фиксации молекулярного азота. Связывание азота – это восстановительный процесс и первым его продуктом является аммиак. Процесс восстановления происходит на ферментном комплексе – **нитрогеназе,** которая катализирует восстановление молекулярного азота до аммиака в присутствии АТФ и восстановителя. ***Нитрогеназа состоит из двух компонентов*: Fe-белка (**содержит железо и серу) **и FeMo-белка (в** состав входит молибден, железо и сера). И сам процесс фиксации, и нитрогеназа крайне чувствительны к молекулярному кислороду. Поэтому у азотфиксирующих бактерий есть особые

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

механизмы, которые предохраняют нитрогеназу от высокого парциального давления кислорода. Например, в клубеньках бобовых растений синтезируется защитное вещество – пигмент ***леггемоглобин***, который обладает высоким сродством к кислороду. Клубеньки с леггемоглобином имеют розовый цвет и способны фиксировать молекулярный азот. У многих бактерий нитрогеназа образуется только тогда, когда она необходима, т.е. в отсутствие подходящего источника связанного азота.

Установлено, что имеются гены азотфиксации (nif-гены). Они локализуются в Sym-плазмидах (от англ. ***Sym****biosis inducing*), могут передаваться в другие бактериальные клетки путем конъюгации.

Практическое использование азотфиксирующих микроорганизмов.

Уже более 100 лет в сельском хозяйстве используются биоудобрения. Они производятся в промышленных масштабах, ими либо обрабатывают семена бобовых, либо вносят в почву. Это такие известные препараты как нитрагин, азотобактерин, ризоторфин и сапронин, состав которых зависит от используемых штаммов бактерий.

4. Хемолитотрофные бактерии

Хемолитотрофные бактерии - многочисленные группы почвенных и водных бактерий, которые могут использовать в качестве доноров водорода или электронов неорганические соединения или ионы (ионы аммония, нитрита, сульфита и др.), а также элементарную серу, молекулярный водород и CO, т.е. способны получать в результате их окисления восстановительные эквиваленты и энергию для синтетических процессов. Получение энергии происходит как правило в результате дыхания с O_2 как конечным акцептором водорода. Лишь немногие хемолитотрофные бактерии способны расти за счет «анаэробного дыхания». Для некоторых хемолитотрофных бактерий такой образ жизни является облигатным, другие же – факультативные хемолитотрофы, т.е. способны также и к хемоорганогетеротрофному росту.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Хемолитотрофы могут существовать как в аэробных, так и анаэробных условиях и использовать довольно широкий круг неорганических соединений в качестве источников энергии. На основании специфичности хемолитотрофов в отношении субстратов их можно разделить на 5 основных групп:

1) Нитрифицирующие бактерии окисляют восстановленные неорганические соединения азота (аммиака, азотистой кислоты). При аэробном или анаэробном разложении азотсодержащих органических веществ происходит выделение азота в форме аммиака. Превращение аммиака в нитрат – ***нитрификация*** – как в почве, так и в воде осуществляется ***нитрифицирующими бактериями***. Однако нет такой бактерии, которая бы прямо превращала аммиак в нитрат. В его окислении всегда участвуют две группы бактерий: одни окисляют аммиак, образуя нитрит, а другие окисляют нитрит в нитрат.

Местообитание. Нитрифицирующие бактерии обнаружены в водоемах разного типа и в почвах, где они развиваются совместно с бактериями, жизнедеятельность которых приводит к образованию аммиака.

Роль процессов нитрификации в почве. Процесс нитрификации, являясь важным звеном в круговороте азота в природе, имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Перевод азота из катиона в анион ведет к подкислению почвы и тем самым к повышению растворимости минералов (солей калия, магния, кальция и фосфорной кислоты) и, соответственно, их доступности. Однако образуемые при нитрификации нитраты (источник азота для растений) легко вымываются из почвы, обедняя почву азотом.

Нитрифицирующие бактерии косвенно участвуют в разрушении разного рода сооружений, для которых строительным материалом служат известь и цемент (зданий, автострад). Это связано с тем, что нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак, присутствующий в атмосфере или выделяющийся из фекалий животных, до азотной кислоты.

2) Бактерии, окисляющие серу, используют в качестве источника энергии H_2S , молекулярную серу (S^0) или ее частично восстановленные окислы.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Многие прокариоты обладают способностью получать энергию в результате окисления восстановленных соединений серы. Это аноксигенные фототрофы, некоторые бациллы, псевдомонас и др.

Местообитание. Хемолитотрофы, окисляющие серу, обитают в морских и пресных водоемах, содержащих O_2, в аэробных слоях почв разного типа. Представителей этой группы можно встретить в кислых горячих серных источниках, кислых шахтных водах, в водоемах со щелочной средой и высокой концентрацией хлорида натрия.

Роль в природе. Бактерии, окисляющие серу, участвуют в круговороте серы в природе.

3) Железобактерии окисляют восстановленное железо или марганец. ***Железобактерии широко распространены*** в природе и могут существовать в различных условиях: в подземных водах сульфидных месторождений, кислых водах железистых источников, кислых озерах с высоким содержанием закисного железа и др. Их можно найти, например, в дренажных трубах и горных ручьях среди хлопьев и толстых налетов оксидов железа.

4) Водородные бактерии используют в качестве источника энергии молекулярный водород. С таксономической точки зрения аэробные водородные бактерии представляют собой сильно гетерогенную группу - это 20 родов, различных по своим биохимическим и физиологическим характеристикам.

Водородные бактерии играют незаменимую роль в природе, участвуя в круговороте водорода. Молекулярный водород образуется в процессе анаэробного распада органических веществ в осадках водоемов и в анаэробных участках почвы. Многие бактерии способны к использованию этого водорода. Водород образуется также в хорошо аэрируемых экосистемах, например, в почвах, на которых растут бобовые растения.

Практическое значение. Возможность практического использования: для получения кормового белка, а также ряда органических соединений (кислоты, витамины, ферменты и др.). Они также рассматриваются как перспективные

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

объекты биотехнологии, поскольку способны на дешевых минеральных субстратах с высокой эффективностью образовывать биомассу.

5) Карбоксидобактерии используют единственный источник углерода и энергии – CO_2 . Карбоксидобактерии - это аэробные прокариоты, способные расти, используя окись углерода в качестве единственного источника углерода и энергии. Таким свойством обладают некоторые представители родов *Pseudomonas, Achromobacter, Comamonas* и др.

Роль в природе. Карбоксидобактерии приносят большую пользу, улучшая экологическую ситуацию благодаря своей способности очищать атмосферу от токсичного оксида углерода, который в больших количествах присутствует в выхлопных газах, выбросах многих промышленных предприятий.

К хемолитотрофным можно отнести также сульфатвосстанавливающие и метаногенные бактерии. ***Сульфатвосстанавливающие*** бактерии получают энергию окислением в анаэробных условиях молекулярного водорода, используя в качестве конечного акцептора электронов сульфат (SO_4^{2-}). ***Метаногенные*** бактерии используют CO_2 в качестве конечного акцептора электронов при окислении молекулярного водорода.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 28. Группы бактерий отдела Gracilicutes

1 Миксобактерии и цитофаги
2 Риккетсии и хламидии
3 Спирохеты
4 Грамотрицательные кокки, входящие в семейство Neisseriaceae
5 Энтеробактерии
6 Псевдомонады

1. Миксобактерии и цитофаги

Миксобактерии и цитофаги – это грамотрицательные скользящие бактерии, которые относят соответственно к порядкам *Myxobacteriales* и *Cytophagales*.

Миксобактерии передвигаются путем скольжения по твердой поверхности и способны проникать в субстрат. В результате скользящего движения клеток колонии миксобактерий разрастаются по поверхности субстрата и поэтому называются ***шварм***ы. Внутри шварма клетки обычно распределены

неравномерно, большая часть их находится в радиальных тяжах, а иногда в массивных складках по периферии шварма. В условиях голодания клетки скапливаются и агрегируют в определенных участках шварма, образуя крупные глобулярные или гребневидные массы, которые затем дифференцируются в структуры, которые называются ***плодовые тела.***

Плодовые тела варьируют в размерах от 100 до 600 мкм и хорошо заметны благодаря яркой окраске и блестящей поверхности. Плодовые тела имеют разную форму: от микроскопического бугорка до сложных древоподобных структур. Внутри созревающего плодового тела вегетативные клетки превращаются в покоящиеся ***миксоспоры***.

В зависимости от источников питания различают бактериолитические и целлюлозолитические виды.

Местообитание. Миксобактерии присутствуют повсеместно. Особенно обильно встречаются в теплых, полусухих и сухих местообитаниях, таких как степи и полупустыни. Типичные местообитания миксобактерий – почвы с нейтральным pH и нормальным содержанием солей, разлагающийся органический материал, включая помет травоядных животных и гниющую древесину, кора живых и отмерших деревьев, а также пресная вода.

В отличие от миксобактерий, **цитофаги** не образуют плодовых тел и имеют другой нуклеотидный состав ДНК. Содержание пар ГЦ у цитофаг 30–50 %, у миксобактерий значительно выше – 67–71 %.

Цитофаги – облигатные аэробы или факультативные анаэробы; хемоорганотрофы; метаболизм дыхательного, или бродильного, типа. Для бактерий рода ***Cytophaga*** характерна способность разлагать целлюлозу, агар, хитин, пектин и крахмал. Среди цитофаг встречаются патогенные представители. Например, бактерии рода ***Capnocytophaga*** выделяют из полости рта, очагов поражения в легких, крови и абсцессов.

2. Риккетсии и хламидии

Риккетсии относится к семейству ***Rickettsiaceae*.** По своим размерам риккетсии сравнимы с некоторыми вирусами, но от них отличаются

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

следующим: 1) содержат в клетке как ДНК, так и РНК; 2) в клетке риккетсий имеются рибосомы и ферменты, принимающие участие в метаболизме; 3) клетка окружена муреиновой клеточной стенкой; 4) глюкозу не используют; 5) способны синтезировать АТФ; 6) подобно вирусам, риккетсии не могут синтезировать НАД, поэтому зависимы от хозяина, который их обеспечивает.

Все виды риккетсий – облигатные паразиты. Природными носителями риккетсий являются членистоногие (клещи, блохи, вши). Попав в организм других хозяев-животных или человека (например, при укусе насекомого, расчесывании кожи или с вдыхаемым воздухом), риккетсии могут вызывать тяжелые патологические явления.

Заболевания, вызываемые риккетсиями, называются ***риккетсиозы***. Самые известные возбудители риккетсиозов принадлежат к бактериям группы ***сыпного тифа***. Основным источником возбудителя ***крысиного сыпного тифа*** в природе являются крысы и мыши, которые инфицируются друг от друга посредством укусов блох и вшей. Люди же заражаются крысиным тифом от грызунов. Болезнь характеризуется сезонностью. Вторая группа возбудителей риккетсиозов – возбудители ***клещевой пятнистой лихорадки*** разных видов в разных странах мира.

Хламидии относятся к семейству *Chlamydiaceae*, которое включает один род *Chlamydia*. Они являются «энергетическими паразитами» и не способны размножаться вне живой клетки.

Жизненный цикл хламидий внутри эукариотических клеток сложен, включает образование трех основных форм и обычно завершается на протяжении 40–72 ч. Основные его стадии следующие:

1) ***Образование элементарных телец***. Это мелкие (0,2–0,5 мкм) электронно-плотные шаровидные структуры, имеющие компактный нуклеоид и ригидную клеточную стенку. Элементарные тельца являются инфекционной формой хламидий, т. е. обеспечивают передачу заболевания.

2) ***Образование инициальных, или ретикулярных, телец***. Это большие (в диаметре 0,8–1,5 мкм) шаровидные образования, имеющие сетчатую структуру

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

с тонкой клеточной стенкой и фибриллярным нуклеоидом. Ретикулярные тельца – вегетативная форма хламидий. Вегетативные формы размножаются путем бинарного деления внутриклеточно, но они не инфекционны, когда выделяются из клетки-хозяина.

3) ***Формирование промежуточных телец***. Это стадия между элементарными и ретикулярными тельцами.

Размножаясь внутри цитоплазматических везикул, хламидии формируют микроколонии. В составе микроколоний обнаруживаются все три стадии развития хламидий. В одной клетке может быть несколько микроколоний, которые образуются в случае фагоцитоза нескольких элементарных телец. Хламидии высвобождаются в результате разрыва стенки везикулы и мембраны клетки-хозяина. При этом элементарные тельца, инфицируя другие клетки, повторяют цикл развития.

Штаммы хламидий обнаружены у птиц, млекопитающих и людей. У людей они вызывают заболевания глаз, мочеполовой и дыхательной систем.

3. Спирохеты

Клетки спирохет состоят из спирально извитого протоплазматического цилиндра, обвитого нитями, которые по отдельности называются ***аксиальными фибриллами***, а в совокупности составляют ***аксостиль***. Наличие этих структур определяют движение спирохет.

Среди спирохет встречаются свободноживущие аэробные водные виды, анаэробные виды, представители нормальной микрофлоры животных и паразитические виды. Бактерии ***рода Treponema*** встречаются в полости рта, пищеварительном тракте и половых органах человека и животных. Некоторые виды патогенны, в частности, *Treponema pallidum* subsp. *pallidum* – возбудитель сифилиса. К ***роду Borrelia*** относятся паразиты различных членистоногих, а также возбудители болезней человека и других позвоночных. Например, *Borrelia recurrentis* – возбудитель возвратного тифа или возвратной лихорадки у человека. Переносчиками этих бактерий являются вши и клещи.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

4 Грамотрицательные кокки, входящие в семейство Neisseriaceae

К семейству *Neisseriaceae* в настоящее время отнесены четыре рода: *Neisseria, Moraxella, Acinetobacter* и *Kingella*.

Род Neisseria включает 14 видов, в том числе два патогенных:

N. meningitidis (менингококк) – возбудитель менингококковых инфекций и *N. gonorrhoeae* (гонококк) – возбудитель гонореи. Остальные представители этого рода (*N. sicca, N. flavescens, N. mucosa, N. Lactamatica* и др.) являются сапрофитами и обитают на слизистой оболочке верхних дыхательных путей человека. Типовой вид рода – *N. gonorrhoeae*.

Представители рода *Neisseria* являются сферическими, формирующими пары или скопления бактериями, размером 0,6–1,0 мкм. Благодаря делению в двух плоскостях бактерии некоторых видов образуют тетрады. Неподвижны, некоторые виды имеют капсулу и фимбрии. Представители некоторых видов рода *Neisseria* синтезируют зеленовато-желтые каротиноидные пигменты.

Некоторые ***моракселлы*** являются патогенными и могут вызывать такие заболевания как менингит, конъюктивит, гноеродные инфекции (*M. catarrhalis, M. lacunata, M. bovis).*

Акинетобактерии являются свободно живущими сапрофитами, распространены повсеместно, часто выделяют из почвы, сточных вод, загрязненных пищевых продуктов, со слизистых оболочек животных и людей. Они могут быть причиной многих инфекционных процессов, включая менингиты и септицемии у людей и септицемии и аборты у животных.

5. Энтеробактерии

Семейство получило свое название *Enterobacteriaceae*, так как некоторые типичные его представители являются постоянными обитателями толстого кишечника млекопитающих и человека (от греч. *entero* – кишечник).

Семейство *Enterobacteriaceae* насчитывает более 30 родов и более 100 видов. Наибольший интерес для человека представляют роды *Escherichia, Shigella, Salmonella, Enterobacter, Erwinia, Proteus, Yersinia и др.*

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Энтеробактерии распространены повсеместно: их можно обнаружить в почве, воде, на фруктах, овощах, зерне, цветковых растениях и деревьях, в организмах животных и человека. Микроорганизмы этого семейства весьма разнообразны по особенностям экологии, кругу хозяев, а также патогенности для человека, животных, насекомых и растений.

Род ***Escherichia*** представлен семью видами. Типовой вид – ***Escherichia coli*** (кишечная палочка). Бактерии ***E. coli*** используются в международных стандартах как санитарный показатель фекального загрязнения питьевой воды и пищевых продуктов. Бактерии *E. coli*, являясь условно-патогенными микроорганизмами, в определенных условиях могут вызывать различные заболевания: кишечные инфекции (диареи), поражения мочевыводящих путей, менингиты, гнойные воспаления и др.

Род Shigella. Его представители являются возбудителями дизентерии. Единственным природным резервуаром шигелл является человек. Источник инфекции – больные люди и бактерионосители. Никакие животные в природе дизентерией не болеют. Основные способы передачи шигелл – фекально-оральный и контактно-бытовой (через воду, пищевые продукты). Определенную роль играют насекомые, переносящие возбудителей на продукты.

Род Salmonella. Сальмонеллы обладают высокой устойчивостью к факторам внешней среды и могут длительно сохраняться в природе. В воде открытых водоемов и питьевой воде они могут выживать до 120 суток, в морской воде – 15–30, на овощах и фруктах – 5–10 суток, в яйцах и замороженном мясе – до 13, в комнатной пыли – 80–540 суток. Нагревание при температуре 70 ºС сальмонеллы выдерживают в течение 30 мин.

В молочных и мясных продуктах сальмонеллы могут сохраняться, размножаться, не изменяя вида и вкусов продуктов. Сальмонеллы выделяют эндотоксин, который обусловливает повреждение органов у человека.

Основные заболевания, вызываемые сальмонеллами (***сальмонеллезы***), можно условно разделить на три группы: брюшной тиф и паратифы,

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

гастроэнтериты (пищевые токсикоинфекции) и септицемии. В настоящее время наблюдается рост заболеваемости людей и животных сальмонеллезами.

Представители рода ***Erwinia*** являются паразитами, сапрофитами или составной частью эпифитной микрофлоры растений. Фитопатогенные бактерии этого рода могут вызывать некрозы, ожоги и увядания, а также типичные «мокрые» или «мягкие» гнили. Например, бактерии вида *E. ananas* вызывают гниль плодов ананасов; *E. carotovora* – «мягкую» и «мокрую» гниль тканей у многих растений, а также «черную ножку» у картофеля; и т.д.

6. Псевдомонады

Общие признаки представителей семейства *Pseudomonadaceae* – это грамотрицательные, аэробные, не образующие спор, в большинстве своем хемоорганотрофные бактерии. Метаболизм строго дыхательный. По морфологии это прямые или изогнутые палочки, передвигающиеся с помощью полярно расположенных жгутиков, число которых может быть различно.

Важным систематическим признаком является то, что представители семейства *Pseudomonadaceae* катаболизируют углеводы по пути Энтнера – Дудорова с образованием пировиноградной кислоты.

Типовым родом семейства Pseudomonadaceae является род Pseudomonas как самый многочисленный и уникальный. Интерес исследователей во всем мире к этим бактериям постоянно растет.

Бактерии **рода *Pseudomonas*** –сапрофиты и патогены. Способны утилизировать в качестве источника углерода и энергии разнообразные природные и неприродные соединения. Они являются продуцентами большого числа биологически активных соединений, таких как пигменты, антибиотики, аминокислоты, полисахариды, токсины, витамины, а также др. органические вещества, используемые в иммунологии, медицине и сельском хозяйстве.

Распространение. Широко распространены в почве; морских и пресноводных водоемах; илах; сточных водах; почвах, загрязненных нефтью; почве около горячих источников; филосфере и ризосфере растений и т. д. Широкая распространенность псевдомонад обеспечивается их способностью

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

развиваться в самых разных условиях в природе, используя различные соединения углерода и азота в энергетическом и конструктивном обмене.

Использование в народном хозяйстве: для борьбы с загрязнением окружающей среды, утилизацией ксенобиотиков; производства микробного белка; производства уникальных антибиотиков; извлечения остаточной нефти из скважин и месторождений; защиты сельскохозяйственных растений от фитопатогенов.

Тема 29. Группы бактерий отдела Firmicutes

1 Группа молочнокислых бактерий
2 Пропионовокислые бактерии
3 Коринеформные бактерии
4 Спорообразующие бактерии
5 Микобактерии
6 Актиномицеты

1. Группа молочнокислых бактерий

Молочнокислые бактерии относятся к семействам *Lactobacillaceae* и *Streptococcaceae.* Это морфологически гетерогенная группа бактерий, она включает палочковидные и сферические организмы. Все молочнокислые бактерии грамположительны, не образуют эндоспор (за исключением *Sporolactobacillus inulinus*), в подавляющем большинстве неподвижны. Факультативные анаэробы. В качестве источника энергии используют углеводы. Молочнокислые бактерии способны только к брожению. У всех молочнокислых бактерий обнаруживаются сложные потребности в факторах роста: витаминах группы В, аминокислотах, а также в пуринах и пиримидинах.

Молочнокислые бактерии можно разделить на две физиолого-биохимические подгруппы:

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

1. ***Гомоферментативные молочнокислые бактерии*** **-** при брожении глюкозы образуют практически одну молочную кислоту. К ним относятся виды *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Lactobacillus lactis* и др.

2***. Гетероферментативные молочнокислые бактерии*** образуют смесь молочной кислоты, этанола, CO_2, иногда уксусной кислоты. К ним относятся *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*, *Bifidobacterium bifidum* и др.

В естественных условиях молочнокислые бактерии обычно встречаются: 1) в молоке, молочных продуктах, местах переработки молока; 2) на поверхности растений и на разлагающихся растительных остатках; 3) в кишечнике и на слизистых оболочках млекопитающих как нормальная микрофлора.

Молочнокислые бактерии используются для приготовления:

1) силоса; 2) квашеной капусты, огурцов и др.; 3) молочнокислых продуктов; 4) сырокопченых колбас; 5) кислого теста при приготовлении хлеба; 6) получения чистой молочной кислоты, которая применяется в кожевенной, текстильной, фармацевтической, пищевой промышленности и т.д.

Молочнокислые бактерии могут играть отрицательную роль, вызывая порчу пива, фруктовых соков, мяса и других продуктов. В эту группу входят и патогенные для человека и животных бактерии, которые относятся к стрептококкам. Болезнетворные свойства стрептококков обусловлены образованием либо экзотоксинов, либо эндотоксинов, либо образованием ферментов вирулентности: рибонуклеазы, протеиназы, стрептокиназы, амилазы и др.

Возможно экзогенное и эндогенное заражение стрептококками. Стрептококковые инфекции подразделяют на нагноительные и ненагноительные. К ***нагноительным заболеваниям*** относятся пневмонии, ангина и др. При проникновении в кровь стрептококки обусловливают септический процесс. В группу ***ненагноительных болезней*** входят скарлатина, ревматизм и др.

2. Пропионовокислые бактерии

Пропионовокислые бактерии объединены в род *Propionibacterium*. Пропионовокислые бактерии характеризуются как грамположительные,

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

неспорообразующие, неподвижные, факультативные анаэробы или аэротолератные. Мезофилы. Клетки часто булавовидной формы; некоторые клетки могут быть кокковидными. Расположение клеток одиночное, в парах, коротких цепочках. Бактерии образуют пропионовую кислоту при брожении. При недостатке O_2 пропионовокислые бактерии могут осуществлять аэробное дыхание.

В род *Propionibacterium* включены три подгруппы пропионовых бактерий: классические, кожные и *Propionibacterium propionicus*.

Типовой вид – *Propionibacterium freudenreichii*.

Классические бактерии обитают главным образом в молоке, сырах. К ним относятся виды: *P. freudenreichii, P. thoenii, P. jensenii, P. acidipropionici.*

Кожные бактерии обитают на коже людей, в рубце жвачных животных. Их рассматривают как нормальную микрофлору (*P. acnes, P. avidum).*

Третья подгруппа пропионовокислых бактерий включает только один вид – ***Propionibacterium propionicus***. Бактерии этого вида обитают в почве.

Некоторые пропионовокислые бактерии способны фиксировать N_2, использовать углеводороды, синтезировать витамины (витамин B_{12} и др.). Продукты, выделяемые бактериями при брожении: пропионовую и уксусную кислоты, а также биомассу бактерий, широко применяют на практике.

3. Коринеформные бактерии

Коринеформные бактерии – группа грамположительных неспорообразующих палочковидных бактерий неправильной формы. В состав группы входят роды: *Corynebacterium, Arthrobacter, Brevibacterium, Cellulomas* и др.

Бактерии ***рода Corynebacterium*** обладают плеоморфизмом. Неподвижны. Некислотоустойчивые. Содержат гранулы полиметафосфата. Коринебактерии – аэробы и факультативные анаэробы, хемоорганотрофы. Метаболизм смешанный – бродильный и дыхательный. Среди коринебактерий имеются паразиты человека и животных, как патогенные, так и сапрофитные виды.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Основными патогенами являются бактерии вида *C. diphtheriae* (***типовой вид***), которые вызывают дифтерию, это свойство они приобретают после заражения их бактериофагом β.

Бактерии **рода *Arthrobacter*** являются одной из основных групп микроорганизмов, обитающих в различных почвах земного шара, в ризосфере растений. Артробактерии активно участвуют в круговороте веществ (азота) в природе. Используются в микробиологической промышленности как продуценты органических веществ. ***Типовой вид*** – *Arthrobacter globiformis*.

Род *Brevibacterium*.. Это соленоустойчивые микроорганизмы. Их можно обнаружить на мягких сырах, на коже морских рыб, на помете домашних птиц, в морской воде. ***Типовой вид*** – *B. linens*.

Бактерии **рода *Cellulomas*** широко распространены в почвах, отходах бумажной промышленности, гниющем растительном материале. Утилизируют целлюлозу. ***Типовой вид*** – *Cellulomas flavigena*.

4. Спорообразующие бактерии

В эту группу входят бактерии разной морфологии (клетки в форме палочек, кокков, иногда нитей), большинство из них окрашивается по Граму положительно. Клетки обычно подвижные за счет перитрихиальных жгутиков, образуют эндоспоры. В группу входят 15 родов. К числу наиболее широко распространенных, изученных и имеющих практический интерес относятся бактерии родов *Bacillus* и *Clostridium*.

Большинство представителей аэробного **рода *Bacillus*** являются сапрофитами, широко распространены в почвах, богатых органическими веществами. *B. megaterium* считаются «гигантами» среди эубактерий, так как их клетки имеют размеры 2 × 5 мкм.

Вид *B. subtilis* - **типовой для рода**, называется «сенной палочкой».

B. anthracis – возбудитель сибирской язвы.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Бактерии рода *Bacillus* являются активными продуцентами различных антибиотических веществ, их известно около 200. К ним относятся полимиксины, колистин, бацитрацин, грамицидин С, эдеин, бутирозин и др.

Анаэробные спорообразующие бактерии **рода *Clostridium*** – палочки с закругленными, иногда заостренными концами, часто расположенные в парах или коротких цепочках. Большинство из них подвижны. Образуют эндоспоры, располагающиеся субтерминально, центрально или терминально. Как правило, диаметр спор больше диаметра вегетативной клетки.

Потребности клостридий в питательных веществах разнообразны: они могут расти только на сложных, богатых органическими соединениями средах. Клостридии сбраживают большое число субстратов, включая полисахариды, белки, аминокислоты и пурины.

Клостридии широко распространены в природе. Естественной средой их обитания является почва, ее глубокие слои, ил водоемов, сточные воды, кишечный тракт травоядных животных и человека. Среди клостридий выделяют сапрофитные и патогенные формы (*C. tetani* – возбудитель столбняка; *C. botulinum* – возбудитель ботулизма; *C. histolyticum, C. septicum, C. perfringens, C. novyi, C. sordelli* – возбудители газовой гангрены).

Бактерии рода *Clostridium* играют важную роль в круговороте веществ в природе (N и C), осуществляя процессы гниения, брожения, фиксации N_2. Некоторые клостридии используются для получения масляной кислоты, бутанола, ацетона (*C. butyricum, C. acetobutyricum*). Анаэробные клостридии применяются при мочке льна, конопли и других прядильных культур.

5. Микобактерии

Микобактерии относят к отделу ***Firmicutes***. Семейство *Mycobacteriaceae* содержит один род – *Mycobacterium*.

Микобактерии – кислото- и спиртоустойчивые, аэробные, хемоорганотрофные, неподвижные, неспорообразующие, грамположительные прямые или изогнутые палочковидные бактерии.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Кислотоустойчивость микобактерий объясняется высоким содержанием в клеточных стенках особых липидов – миколовых кислот. Содержание липидов и восков в микобактериях составляет до 60 % сухого остатка клеток.

Микобактерии широко распространены в природе: они встречаются в почве, воде, в организме теплокровных и холоднокровных животных.

Род *Mycobacterium* включает более 40 видов. Среди микобактерий есть сапрофитные, условно-патогенные и патогенные виды. Патогенные микобактерии вызывают заболевания, получившие общее название ***микобактериозы***. К патогенным или потенциально патогенным относятся 24 вида микобактерий, но основные патогены человека – *M. tuberculosis, M. leprae.*

6. Актиномицеты

Актиномицеты относят к отделу ***Firmicutes***. Актиномицеты – микроорганизмы, сочетающие свойства бактерий и плесневых грибов. **Свойства:**

1) Имеют тенденцию к образованию ветвящихся гиф, способных развиваться в мицелий. Гифы могут быть короткими или развитыми, в связи с этим мицелий может быть плотным, субстратным, врастающим в среду или же рыхлым, воздушным на поверхности колонии. Различают мицелий стабильный и распадающийся на палочковидные или кокковидные элементы.

2) Вегетативные клетки большинства форм делятся редкими либо частыми перегородками (септами).

3) Характерно образование конидий (бесполых спор), которые служат для перенесения неблагоприятных условий внешней среды. Строение конидиеносцев (спороносцев) – один из важных диагностических признаков для определения вида актиномицета.

4) У некоторых видов актиномицетов формируются для размножения спорангии – мешки, содержащие споры разных форм и размеров.

5) Размножаются обрывками мицелия, оидиями, либо спорами.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

6) Отличительной особенностью является способность к синтезу ФАВ: антибиотиков, пигментов, пахучих соединений.

7) Культуры актиномицетов по окраске делятся на две группы: бесцветные и пигментированные. Могут синтезировать сразу несколько пигментов, причем на разных средах в различных количественных соотношениях.

8) Грамположительные организмы, хотя грамвариабельные по возрасту.

9) Относятся к гетеротрофным организмам.

10) Большинство – аэробы, есть микроаэрофилы, анаэробы.

11) Преобладающее число актиномицетов относятся к мезофиллам.

12) Отмечается наличие редких метаболических путей и ферментных систем. Характерен путь расщепления глюкозы Энтнера- Дудорова.

13) Чаще - свободноживущие в разнообразных местообитаниях.

14) Встречаются чаще в почве, реже – в пресной воде. Играют большую роль в процессах почвообразования. Трансформируют и разрушают сложные органические соединения (целлюлозу, гумус, хитин, лигнин и др.). Есть патогенные для человека, животных и растений виды. Выделяются из мокроты больного туберкулезом, есть возбудители легочной инфекции, менингита.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 30. Отделы *Tenericutes, Mendosicutes*

1 Микоплазмы
2 Архебактерии

1. Микоплазмы

Микоплазмы относят к отделу ***Tenericutes.***

Микоплазмы занимают промежуточное положение между вирусами и бактериями. **Микоплазмы** – самые мелкие прокариотические организмы, полностью лишенные клеточных стенок. Диаметр клеток составляет 0,1–10 мкм. Клетки ограничены только цитоплазматической мембраной. Для них характерен плеоморфизм. Окрашивание по Граму отрицательное.

Самостоятельно обитать не могут, поэтому паразитируют. У человека прикрепляются на эпителии кишечной, дыхательной, мочеполовой систем.

Микоплазмы могут быть сапрофитными, паразитическими и патогенными. Патогенные вызывают заболевания человека, животных и растений.

Микоплазмы вызывают у растений различные заболевания: ***микоплазмозы*** пшеницы, пасленовых, винограда и др. К наиболее распространенным микоплазмозам относятся «ведьмины метлы» картофеля, столбур томатов и др. По вредоносности микоплазмозы чаще относятся к катастрофическим заболеваниям. Например, урожай пшеницы может снизиться на 80–90 %.

Представители микоплазм, которые обитают в организме человека, относятся к двум родам: *Mycoplasma* и *Ureaplasma*. Различия между ними состоят в том, что бактерии рода *Ureaplasma* обладают уреазной активностью, из-за потребности в мочевине могут обитать только в мочеполовых органах и поэтому для них характерен только половой путь передачи инфекции.

В организме человека обитают 16 видов микоплазм, которые являются условно-патогенными микроорганизмами. Они способны вызвать ряд заболеваний, в то же время их выявляют и у здоровых людей. К таким бактериям относятся: *Mycoplasma pneumonia, Mycoplasma genitalium, Mycoplasma species, Mycoplasma incognita* (выделена у больных СПИДом).

2. Архебактерии

Группы архебактерий относят к отделу ***Mendosicutes.***

Архебактерии обладают рядом уникальных общих свойств:

1. Состав и последовательность нуклеотидов в гене 16S-рРНК резко отличаются от других обследованных микроорганизмов.

2. Их клеточная стенка не имеет муреин, вместо которого в состав клеточной стенки входят кислые полисахариды, белки или псевдомуреин.

3. Мембраны архебактерий не содержат в составе липидов сложных эфиров глицерина и жирных кислот.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

4. В тРНК архебактерий изменена общая для всех других организмов петля тимин–псевдоуридин–цитидин.

5. Наличие в генах, кодирующих тРНК, интронов, которые имеются только в эукариотических геномах.

6. Наличие в геноме архебактерий многократно повторяющихся последовательностей. В области нуклеоида содержатся белки гистоны.

7. Архебактерии имеют более сложную структуру аппаратов трансляции и транскрипции.

8. Рибосомы архебактерий содержат относительно больше белков, чем рибосомы эубактерий.

9. Особенностью конструктивного метаболизма архебактерий является отсутствие фиксации CO_2 в цикле Кальвина

10. Архебактерии неспособны использовать сложные высокомолекулярные соединения. У них отсутствуюь патогенные и паразитические формы.

11. Некоторые архебактерии, в частности метаногенные, синтезируют уникальный набор коферментов, не встречающийся у других организмов.

12. Архебактерии занимают необычные, часто экстремальные по условиям окружающей среды высокоспециализированные экологические ниши.

13. Морфология клеток архебактерий беднее, чем эубактерий. Преобладают сферические и цилиндрические клетки, клетки, имеющие вид пластинок и коробочек разнообразной формы, сходные с кусочками битого стекла.

В настоящее время к **архебактериям отнесены** 5 групп: метаногенные, анаэробные серовосстанавливающие бактерии, экстремальные термофилы, термоацидофильные микоплазмы и экстремально галофильные бактерии.

Метаногенные бактерии – самая многочисленная группа архебактерий, они являются облигатными анаэробами. В природных средах метаногенные бактерии превращают продукты брожения этих микроорганизмов в метан.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Основные места обитания: торфяные болота, ил на дне водоемов, очистные сооружения сточных вод, пищеварительный тракт животных.

В группу ***экстремально галофильных бактерий*** входят бактерии с разной морфологией клеток. Галобактерии распространены там, где есть подходящие для этого условия: высокое содержание NaCl и других необходимых ионов, т. е. в природных соленых водоемах, в бассейнах для выпаривания соли, в белковых материалах, консервируемых с помощью соли (рыба, мясо, шкуры). Они могут расти в насыщенном растворе NaCl (около 30%).

Термоацидофильные микоплазмы представлены единственным видом *Thermoplasma acidophilum*. В отличие от других архебактерий, эти бактерии не имеют клеточной стенки. Естественным местообитанием их служат саморазогревающиеся отходы каменного угля и кислые термальные источники.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Перечень лабораторных работ

2.1.1 Методические рекомендации к лабораторным занятиям (составитель Концевая И.И.).

Приведен перечень тем лабораторных занятий с указанием включенных в темы вопросов.

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

2.1.2 Вопросы к контрольным работам

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

2.1.3 Названия типовых видов (родов) бактерий

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

2.2 Задания к лабораторным работам

2.2.1 Микробиология: морфология и структурная организация бактериальной клетки: практ. рук-во / И. И. Концевая; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2014. – 48 с.

Рассматриваются основные программные вопросы микробиологии: методы стерилизации, хранение культур микроорганизмов, приготовление препаратов микроорганизмов, изучение морфологии клеток с использованием методов микроскопии. Даны методические указания по проведению лабораторных занятий, вопросы для самоконтроля.

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

2.2.2 Концевая И.И. Микробиология: культивирование и рост бактерий: практ. рук-во / И. И. Концевая; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2014. – 44 с.

Представлены принципы и методы культивирования микроорганизмов: требования к питательным средам; основные типы питательных сред; методы культивирования микроорганизмов в лабораторных условиях; методы обнаружения, выделения и учета микроорганизмов из природных субстратов. Даны методические указания по проведению лабораторных занятий, вопросы для самоконтроля.

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

2.2.3 Концевая И.И. Микробиология: характеристика способов генетического обмена у бактерий; физиологические группы бактерий: практ. рук-во / И. И. Концевая; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2014. – 48 с.

Рассматриваются три основных механизма переноса генетического материала у бактерий. Углубляются теоретические знания по отдельным физиологическим группам бактерий (молочнокислым, спорообразующим), микроорганизмам почвенной микрофлоры. Даны методические указания по проведению лабораторных занятий, вопросы для самоконтроля.

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

3.1 Перечень вопросов к зачету

3.1.1 Методические рекомендации к лабораторным занятиям (составитель Концевая И.И.).

Приведен перечень мероприятий по контролю знаний по курсу Микробиология, указаны сроки их проведения

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

3.2 Перечень вопросов к экзамену

Вопросы к экзамену по общему курсу Микробиология

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

3.3 Критерии оценок по дисциплине

Структура рейтинговой системы оценки знаний.

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

3.4 Образец тестовых заданий по дисциплине

3.4.1 Тестовые задания по теме: «Генетика бактерий».

3.4.2 Тестовые задания по теме: «Питание бактерий, питательные среды».

3.4.3 Тестовые задания по теме: «Систематическое положение бактерий».

3.4.4 Тестовые задания на остаточные знания.

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ по Микробиологии

1 Предмет и задачи микробиологии, ее место и роль в современной биологии; общие сведения о биогеохимической деятельности микроорганизмов (малый биологический круговорот и большой геологический круговорот); промышленная микробиология.

2. Возникновение и периоды развития микробиологии: морфологический, физиологический, биохимический, генетический. Основные направления микробиологических исследований в Беларуси.

3. Положение микроорганизмов в системе живого мира и их отличительные особенности; прокариотические и эукариотические микроорганизмы: сходство и основные различия по строению клеток и другим признакам.

4. Общая характеристика вирусов; бактериофаги: свойства, химический состав, строение, распространение в природе, особенности взаимодействия с бактериальными клетками.

5. Схематичное строение бактериальной клетки, ее химический состав, функции отдельных компонентов клеток; морфология и размеры бактерий, их плеоморфизм.

6. Химический состав, строение и функции клеточных стенок разных бактерий (отличия клеточных стенок грамположительных и грамотрицательных бактерий).

7. Бактериальные сферопласты и протопласты: методы получения, свойства, применение; L-формы бактерий и их характеристика.

8. Понятие о поверхностных структурах бактериальной клетки; химический состав, организация и функции капсул, слизистых слоев, чехлов, фимбрий и пилей.

9. Цитоплазматическая мембрана бактерий: особенности химического состава, строение и функции; производные цитоплазматической мембраны и их функции.

10. Транспорт веществ через цитоплазматическую мембрану.

11. Цитоплазма бактерий (химический состав и организация) и внутрицитоплазматические включения (их природа и значение для клетки); рибосомы бактерий.

12. Наследственный аппарат бактериальной клетки: химическая и структурная организация, функции; репликация ДНК у бактерий; концепция репликона.

13. Органеллы движения бактерий: строение, расположение и механизм функционирования бактериальных жгутиков; строение клетки спирохет, движение спирохет и бактерий со скользящим типом передвижения.

14. Эндоспоры (строение и свойства эндоспор, процесс спорообразования, практическое значение) и другие покоящиеся формы бактерий.

15. Типы размножения бактерий.

16. Питательные среды в микробиологии, их классификация (по составу, назначению и физическому состоянию); требования, предъявляемые к питательным средам.

17. Накопительные и чистые культуры микроорганизмов, методы их получения, значение; культивирование аэробных и анаэробных микроорганизмов, поверхностное и глубинное культивирование.

18. Методы количественного учета микроорганизмов и методы хранения чистых культур микроорганизмов.

19. Рост клетки и популяции микроорганизмов: сбалансированный и несбалансированный рост; закономерности роста чистых культур при периодическом культивировании: кривая роста, характеристика отдельных фаз.

20. Рост микроорганизмов при непрерывном культивировании; синхронные культуры, способы их получения и значение; культивирование иммобилизированных клеток микроорганизмов.

21. Рост микроорганизмов в зависимости от температуры (психрофилы, мезофиллы и термофилы); концентрации растворов (физиологическая сухость, осмотическое давление, особенности осмофилов, галлофилы).

Репозиторий ГГУ имени Ф. Скорины

22. Радиация, характер ее действия на микроорганизмы, устойчивость микроорганизмов к ультрафиолетовым лучам и ионизирующему излучению; влияние гидростатического давления.

23. Отношение микроорганизмов к молекулярному кислороду: аэробы и анаэробы (облигатные и факультативные), аэротолерантные анаэробы и микроаэрофилы; значение pH среды для роста микроорганизмов.

24. Характер и механизмы действия химических веществ на жизнедеятельность микроорганизмов; микробоцидное действие химических веществ; консерванты.

25. Антибиотики, их природа, механизм действия на бактериальную клетку, использование антибиотиков в практических целях.

26. Репарация повреждения ДНК у микроорганизмов (фотореактивация, темновая и рекомбинативная репарации, sos-ответ), молекулярные механизмы репарационных процессов.

27. Питание микроорганизмов: физиологические группы питания; химические вещества как питательные субстраты; ферменты микроорганизмов, обеспечивающие утилизацию питательных веществ.

28. Метаболизм микроорганизмов, виды и основные назначения метаболических реакций, их общая характеристика и особенности.

29. Общая характеристика энергетического метаболизма; источники энергии у микроорганизмов.

30. Пути катаболизма глюкозы у микроорганизмов: характеристика гликолиза, окислительного пентозофосфатного пути, пути Энтнера-Дудорова.

31. Аэробное дыхание, цикл Кребса.

32. Общая характеристика механизма окислительного фосфорилирования; компоненты дыхательной цепи: флавопротеины, железосерные белки, хиноны, цитохромы; их состав, локализация в клетке, функции; синтез молекул АТФ в дыхательной цепи бактерий и дрожжей.

33. Определения понятия «анаэробное дыхание»; основные особенности анаэробных бактерий; получение энергии при анаэробном дыхании: нитратное дыхание, сульфатное дыхание, карбонатное дыхание, фумаратное дыхание.

34. Субстратное фосфорилирование: определение понятия «брожение»; общая характеристика процессов брожения; пути сбраживания углеводов и других соединений на примере спиртового, маслянокислого, молочнокислого, пропионовокислого, муравьинокислого и бутандиолового брожения; химизм и практическое использование.

35. Типы фотосинтеза у бактерий; фотосинтетические пигменты бактерий (их химическая структура, свойства, роль для клетки); строение фотосинтетического аппарата бактериальной клетки, локализация его компонентов.

36. Понятие фотосинтеза; продукты фотосинтеза. Организация фотосинтетического аппарата у цианобактерий, оксигенный фотосинтез; организация фотосинтетического аппарата у пурпурных бактерий, аноксигенный фотосинтез.

37. Общая характеристика конструктивного метаболизма (биосинтез аминокислот, углеводов, нуклеотидов, липидов); основные предшественники и пути биосинтеза.

38. Изменчивость микроорганизмов; понятие об адаптации микроорганизмов; модификационная (фенотипическая) изменчивость у бактерий; значение адаптивных модификаций.

39. Мутации у бактерий: классификация мутаций и молекулярные основы мутационного процесса; мутагенные факторы физической, химической и биологической природы. Практическое использование мутаций.

40. Общая характеристика способов генетического обмена у бактерий; трансформация: открытие, механизм, стадии трансформации, компетентность клеток при трансформации, практическое значение трансформации.

41. Бактериальная конъюгация: открытие, механизм, особенности, стадии, практическое значение.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

42. Бактериальная трансдукция: открытие, механизм, особенности, типы трансдукции, использование трансдукции в практических целях. Отличие трансдукции от фаговой конверсии.

43. Мутагенные факторы биологической природы: мобильные генетические элементы бактерий (IS-элементы, транспозоны, фаги-транспозоны), их значение.

44. Плазмиды бактериальных клеток: природа, организация, свойства и значение для бактериальной клетки, взаимодействие плазмид с хромосомой, использование плазмид в генетической инженерии.

45. Системы рестрикции и модификации бактериальной клетки: обнаружение, механизм, значение для клетки, классы ферментов рестриктаз.

46. Генетическая инженерия; клонирование генов в клетках бактерий; успехи и проблемы биотехнологии.

47. Регуляция клеточного метаболизма; свойства аллостерических белков, эффекторные свойства метаболитов.

48. Регуляция активности ферментов: ретроингибирование, регуляция разветвленных метаболических путей (мультивалентное, кумулятивное, последовательное ингибирование активности ферментов).

49. Регуляция синтеза ферментов у бактерий: оперонный принцип организации бактериальных хромосом; индуцибельные опероны и механизмы их функционирования; катаболитная репрессия, диауксия.

50. Механизмы функционирования репрессибельных оперонов, катаболитная репрессия, аттенуация. Работа триптофанового оперона.

51. Экология микроорганизмов: экосистема, микробоценоз, местообитание, экологическая ниша, обитатели экосистем численность и разнообразие микроорганизмов в экосистемах.

52. Симбиотические и конкурентные взаимоотношения между микроорганизмами, и факторы их определяющие; примеры.

53. Бактериоцины: химическая природа, свойства, значение для бактерий, практическое использование бактериоциногенных штаммов.

54. Взаимоотношение микроорганизмов с высшими растениями и животными: особенности; примеры. Типы взаимоотношений: симбиоз, мутуализм, паразитизм, комменсализм, их взаимосвязь. Эпифитная и ризосферная микрофлора растений, представители и биологическое значение.

55. Нормальная микрофлора человека, её представители и значение для организма. Биопленка. Дисбактериоз. Роль нормальной микрофлоры в организме.

56. Микроорганизмы, патогенные для человека, животных и растений, и факторы их вирулентности. Паразитизм. Патогенные микроорганизмы: патогенность, вирулентность, минимальная летальная доза и LD_{50}; инвазивность, агрессивность, токсигенность.

57. Бактериальные токсины: их классификация, химическая природа и свойства, механизм токсинообразования. Действие токсинов на восприимчивый организм. Фитопатогенные микроорганизмы. Бактериозы, способы борьбы с болезнями растений.

58. Принципы систематики микроорганизмов: классификация, номенклатура, идентификация; критерии систематики; современная филогенетическая и фенотипическая классификации бактерий; характеристика отделов царства Procaryote.

59. Фототрофные бактерии: систематика, биологические свойства; характеристика цианобактерий, пурпурных и зеленых водорослей, гелиобактерий, прохлорофитов, распространение в природе и значение; использование световой энергии галобактериями.

60. Механизм окисления неорганических веществ хемолитотрофными бактериями; группы хемолитотрофных бактерий: нитрифицирующие бактерии, серобактерии, железобактерии, водородные бактерии, карбоксидобактерии. Распространение в природе, значение и роль в круговороте веществ.

61. Свободноживущие и симбиотические азотфиксирующие микроорганизмы, их роль в круговороте азота, практическое использование азотфиксирующих микроорганизмов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

62. Метилотрофные бактерии: облигатные и факультативные метилотрофы, практическое их применение.

63. Псевдомонады: их биологические особенности, распространение в природе, практическое значение;

64. Энтеробактерии; их систематика, характеристика, распространение и значение отдельных представителей родов *Escherichia, Shigella, Salmonella Erwinia* для человека. Бактерии *E. coli* как санитарный показатель загрязнения внешней среды.

65. Миксобактерии и цитофаги; цикл развития миксобактерий с образованием плодовых тел; распространение и роль в природе.

66. Риккетсии и хламидии: жизненный цикл развития хламидий; заболевания, вызванные хламидиями и риккетсиями.

67.Спирохеты; грамотрицательные кокки, входящие в семейство Neisseriaceae: систематика, характеристика, распространение в природе и значение.

68. Группы молочнокислых и пропионовокислых бактерий: их биологические свойства, значение и распространение в природе.

69. Группы коринеморфных и спорообразующих бактерий: их характеристика, практическое значение и распространение.

70. Актиномицеты, особенности структурной организации, систематика, физиолого-биохимические свойства, представители, роль в природе, практическое использование.

71. Микобактерии и микоплазмы: характеристика важнейших групп организмов, факторы их вирулентности.

72. Архебактерии, их отличия от эубактерий; характеристика основных групп архебактерий, распространение в природе, значение.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Учебная программа дисциплины

Учебная программа (рабочий вариант) по дисциплине «Микробиология» по специальности 1-31 01 01-02 Биология для студентов дневной и заочной форм обучения доступна по адресу:

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

4.2 Перечень рекомендуемой литературы

Список рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов приведен в учебной программе (рабочий вариант) по дисциплине «Микробиология», которая доступна по адресу:

Доступно по адресу: http://docs.gsu.by/DocLib/Forms/AllItems.aspx

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
УО «ГГУ им. Ф. Скорины»
_____ И.В. Семченко
_____
(дата утверждения)

Регистрационный № УД-_____/уч.

МИКРОБИОЛОГИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности:
1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность)

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2015

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 01 01-2013. Первая ступень. Специальность 1-31 01 01 Биология (по направлениям). Направление специальности 1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность) и учебного плана от 29.08.2013 регистрационный № G 31-02-13

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.И. Концевая, доцент кафедры ботаники и физиологии растений, кандидат биологических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

И.В. Вуевская, заместитель декана лечебного факультета УО Гомельский государственный медицинский университет, кандидат биологических наук, доцент;

Т.В. Арастович, доцент кафедры зоологии, физиологии и генетики УО «ГГУ им. Ф. Скорины», кандидат сельскохозяйственных наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ботаники и физиологии растений

(протокол № _____ от _____);

Научно-методическим советом ГГУ имени Франциска Скорины

(протокол № ____ от _____)

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Микроорганизмы занимают важное место в системе живой природы и являются непременным участником происходящих в ней процессов. Знание основ цитологии, биохимии, генетики и экологии микроорганизмов абсолютно необходимо для выработки у будущего биолога научного биологического мировоззрения и понимания основных законов развития биосферы. Без этого невозможно понимание круговорота и энергии в биосфере, изучение биологических циклов ряда важнейших элементов: углерода, азота, серы, фосфора и других. Познание основных вопросов генетики микроорганизмов важно для понимания основ общей генетики, процессов биосинтеза белка, мутаций и генетических рекомбинаций, а также основных принципов молекулярной биологии и генетической инженерии. Знание основ микробиологии необходимо для рационального подхода к проблемам профилактики инфекционных заболеваний человека, животных и растений, без чего невозможно преподавание курса биологии.

Курс «Микробиология» знакомит студентов с важнейшими свойствами микроорганизмов, их значением в природных процессах, народном хозяйстве и здравоохранении. Основное внимание в программе уделяется прокариотическим микроорганизмам (бактериям), поскольку эукариотические микроорганизмы (грибы, водоросли и простейшие) изучаются в курсах «Альгология и микология» и «Зоология беспозвоночных». Разнообразие физиологических, биохимических и генетических свойств микроорганизмов рассматривается в контексте их распространения и существования в различных экологических нишах. Материал курса «Микробиология» основывается на ранее полученных студентами знаниях по таким дисциплинам, как «Цитология», «Альгология и микология», «Почвоведение», «Зоология», «Биохимия».

Целью дисциплины «Микробиология» является усвоение студентами основ современных научных знаний в области микробиологии.

Задачами дисциплины «Микробиология» являются:

– ознакомление студентов с морфологией, цитологией, физиологией, биохимией, генетикой, систематическим положением, распространением в различных экологических нишах прокариотических микроорганизмов;

– формирование научного мировоззрения об огромной роли микроорганизмов в природе и в жизни человеческого общества (круговорот веществ в природе, инфекционные заболевания, сельское хозяйство, получение многих продуктов питания и др.);

– овладение техническими навыками микроскопирования микроорганизмов, методами культивирования микроорганизмов, в том числе приемами получения накопительных культур и чистых культур микроорганизмов.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у студентов элементов нижеизложенных компетенций.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

– основные микробиологические термины и понятия;

— структурную организацию и закономерности функционирования клеток бактерий;

– характеристику основных групп бактерий, их представителей;

– биохимические характеристики основных субклеточных компонентов прокариот, метаболические пути;

– особенности генетической организации бактерий; регуляцию их метаболизма;

– роль биологического многообразия как ведущего фактора устойчивости живых систем и биосферы в целом;

— роль микроорганизмов в круговороте веществ, почвообразовательных процессах и плодородии почв, в переработке отходов производств и детоксикации веществ;

— практическое использование микроорганизмов;

– фундаментальные основы, современные методологические подходы и актуальные проблемы микробиологии;

владеть:

— методическими приемами работы с микроорганизмами;

— методами изучения морфологических и основных физиолого-биохимических свойств микроорганизмов;

— методами количественного учета микроорганизмов;

— основными принципами видовой идентификации микроорганизмов.

иметь:

– представление о микроскопических методах исследования микроорганизмов;

– представление о способах культивирования микроорганизмов;

– представление об основных методах изучения микроорганизмов.

уметь:

— использовать теоретические знания по микробиологии в качестве научной основы микробиологической промышленности и биотехнологии;

– использовать микробиологические знания в научно-педагогической и природоохранной деятельности;

– использовать основные методы микробиологии в практической работе и экспериментальных исследованиях.

Дисциплина «Микробиология» изучается студентами 3 курса специальности 1−31 01 01–02 «Биология (научно–педагогическая деятельность)». Общее количество часов – 190; аудиторное количество часов – 86, из них: лекции – 44 часа, лабораторные занятия – 26 часа, УСР – 16 часа. Форма отчетности – экзамен в 5 семестре.

Общее количество часов для заочной формы обучения – 190; аудиторное количество часов – 20, из них: лекции – 16 часов, лабораторные занятия – 4 часа. Форма отчётности – экзамен в 7 семестре.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Введение

Тема 1.1 Предмет и задачи микробиологии, ее место и роль в современной биологии

Предмет и задачи микробиологии.

Распространенность микроорганизмов в природе. Общие сведения о биогеохимической деятельности микроорганизмов. Большой геологический круговорот. Малый биологический круговорот. Роль микроорганизмов в круговороте веществ, в почвообразовательных процессах и плодородии почвы.

Участие микроорганизмов в биологическом круговороте углерода в природе. Схема круговорота углерода. Участие микроорганизмов в круговороте азота в природе. Схема круговорота азота. Этапы круговорота азота. Аммонификация. Нитрификация. Денитрификация. Участие микроорганизмов в биологическом круговороте серы в природе. Схема круговорота серы. Сульфатное дыхание. Серное дыхание. Участие микроорганизмов в биологическом круговороте фосфора в природе. Этапы преобразований соединений фосфора. Значение микроорганизмов в первичной продукции водоёмов и минерализации органических веществ. Роль микроорганизмов в переработке отходов и детоксикации веществ.

Значение микробиологии в природе и жизни человека, для народного хозяйства и здравоохранения. Промышленная микробиология и микробиологическая технология; перспективы развития этих отраслей. Основные направления промышленной микробиологии: использование живой или инактивированной биомассы микроорганизмов; классические микробиологические производства; производство антибиотиков, органических кислот, ферментов; получение рекомбинантных продуктов. Научные основы микробиологической промышленности.

Связь микробиологии с другими науками. Промышленная биотехнология. Вклад микробиологии в развитие генетики, молекулярной биологии и биотехнологии.

Тема 1.2 Возникновение и развитие микробиологии

Морфологический период развития микробиологии. Открытие микроорганизмов А. ван Левенгуком.

Физиологический период развития микробиологии. Роль Л. Пастера и Р. Коха в формировании микробиологии как науки. Развитие методов микробиологических исследований.

Биохимический и генетический период развития микробиологии. Значение работ И. И. Мечникова, Л. С. Ценковского, Н. Ф. Гамалеи, С. Н. Виноградского, В. Л. Омелянского, Д. И. Ивановского, М. Бейеринка, А. Клюйвера, К. ван Ниля, О. Эвери, К. Мак-Леода, К. Мак-Карти, Г. А. Надсона, Дж. Бидла, Э. Татума, Дж. Ледерберга, Н. Циндера, А. Флеминга и других ученых. Основные направления развития современной микробиологии.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Развитие и основные направления микробиологических исследований и микробиологической промышленности в Беларуси.

Тема 1.3 Микроорганизмы и их классификация

Положение микроорганизмов в системе живого мира. Разнообразие микроорганизмов и их общность с другими организмами. Существенные особенности микроорганизмов: малые размеры клетки, высокая метаболическая активность, высокая пластичность их метаболизма (быстрое приспособление к меняющимся условиям окружающей среды, «всюдность»), способность к быстрому размножению, слабая морфологическая дифференцировка, многообразие метаболических процессов.

Прокариотические и эукариотические микроорганизмы; сходства и основные различия: по строению клетки, по физиологическим и биохимическим признакам.

Вирусы: общая характеристика, отличия от клеточных организмов жизни. Две стадии вируса в онтогенезе. Схематичное строение вириона.

Бактериофаги: свойства, химический состав, строение, распространение в природе. Вирулентные и умеренные бактериофаги. Особенности взаимодействия с бактериальными клетками. Этапы взаимодействия вирулентных фагов с чувствительной клеткой–хозяином. Литический цикл. Лизогения. Профаг. Фаговая конверсия. Отличительные свойства состояний умеренных бактериофагов (вириона, профага, вегетативного фага).

Раздел 2 Морфология и структурная организация бактериальной клетки

Тема 2.1 Морфология бактерий, их органеллы движения

Морфология и размеры бактерий. Основные формы клеток бактерий. Типы скоплений у разных форм бактерий. Плеоморфизм бактерий.

Схематическое строение "идеализированной" бактерии, функции отдельных компонентов клетки.

Органеллы движения бактерий. Строение и функционирование бактериальных жгутиков. Расположение жгутиков на клетке: монотрихиальное, лофотрихиальное, амфитрихиальное, перитрихиальное.

Строение клетки спирохет. Движение спирохет и бактерий со скользящим типом передвижения. Хемотаксис, фототаксис, магнитотаксис, вискозитаксис.

Тема 2.2 Поверхностные структуры бактериальной клетки

Понятие о поверхностных структурах бактериальной клетки. Химический состав, организация и функции капсул, слизистых слоев, чехлов, ворсинок.

Химический состав, строение и функции клеточной стенки бактерий. Особенности клеточных стенок бактерий по сравнению с клетками эукариот. Особенности клеточных стенок грамположительных и грамотрицательных бактерий. Представители грамположительных и грамотрицательных бактерий. Метод окраски грамположительных и грамотрицательных бактерий.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Бактериальные сферопласты и протопласты: методы получения, свойства, применение. L-формы бактерий, их характеристика, стабильные и нестабильные L-формы, интерес для медицинской микробиологии.

Тема 2.3 Цитоплазматическая мембрана бактерий

Цитоплазматическая мембрана бактерий: химическая природа, строение и функции. Белки цитоплазматической мембраны: периферические, интегральные, АТФазный комплекс. Производные цитоплазматической мембраны и их функции. Мезосомы: ламеллярные, везикулярные, тубулярные, смешанного типа. Фотосинтетические мембраны: хроматофоры, тилакоиды, ламеллы.

Транспорт веществ через цитоплазматическую мембрану. Простая диффузия, облегченная диффузия, активный транспорт, транслокация групп. Химическая природа и роль пермеаз в активном транспорте. Химическая природа и роль связующих белков в активном транспорте. Фосфотрансферазная система переноса углеводов.

Тема 2.4 Цитоплазма и ядерный аппарат бактерий

Цитоплазма бактерий; химический состав и организация. Цитозоль и органеллы цитоплазмы, их функции. Группы внутрицитоплазматических включений: активно функционирующие (газовые вакуоли, хлоросомы, фикобилисомы, карбоксисомы, магнитосомы) и продукты клеточного метаболизма (полифосфаты, полисахариды, жиры, сера, цианофитиновые гранулы); их природа и значение для клетки.

Рибосомы бактерий, их строение, функции. Структура РНК. Полирибосомы. Значение различий между рибосомами бактерий и рибосомами эукариотических организмов.

Нуклеоид бактериальной клетки: химическая и структурная организация, функции, размеры у разных видов бактерий.

Репликация ДНК у бактерий. Ферменты процесса репликации. Ведущая и запаздывающая цепи. Фрагменты Оказаки. Репликативная вилка. Регуляция клеточного деления. Концепция репликона. Модель позитивной регуляции репликации. Модель негативной регуляции репликации.

Тема 2.5 Покоящиеся формы бактерий. Типы размножения бактерий

Строение, химический состав и свойства бактериальных эндоспор. Структурные элементы эндоспор: нуклеоид, уплотненная цитоплазма, покровные слои (цитоплазматическая мембрана, клеточная стенка зародыша, кортекс, внутренняя оболочка, наружная оболочка, экзоспориум).

Цитология и биохимия процесса спорообразования. Стадии споруляции (подготовительный, формирование споры, созревание споры, освобождение споры). Значение дипиколиновой кислоты в эндоспорах. Расположение эндоспор внутри вегетативной клетки у разных видов бактерий. Процесс прорастания спор: этапы активации, инициации и вырастания. Продолжительность жизни спор. Практическое значение спорообразования.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Другие покоящиеся формы бактерий: цисты, экзоспоры, миксоспоры. Их значение для бактерий.

Типы размножения бактерий. Рост прокариотной клетки. Равновеликое бинарное поперечное деление. Почкование. Размножение путем множественного деления у одноклеточных цианобактерий: баеоциты.

Неокрашенные (нативные) и окрашенные препараты бактерий: техника приготовления и назначение. Техника окраски бактериальных жгутиков. Техника и механизм окраски бактерий по методу Грама. Техника и механизм окраски кислотоустойчивых бактерий. Методы выявления бактериальных эндоспор, капсул, резервных веществ, нуклеоида. Методы изучения подвижности бактерий.

Раздел 3 Культивирование и рост бактерий

Тема 3.1 Культивирование микроорганизмов в лабораторных условиях

Понятие о питательных средах в микробиологии. Требования к искусственным питательным средам. Классификация питательных сред: по составу, по назначению, по консистенции. Принцип изготовления питательных сред, их назначение.

Культивирование аэробных и анаэробных микроорганизмов. Поверхностное культивирование. Глубинное культивирование. Физические, химические и биологические приемы создания анаэробных условий культивирования. Накопительные культуры; методы их получения. Чистые культуры микроорганизмов, методы их получения.

Методы количественного учета микроорганизмов: прямые (микроскопические) и косвенные (оптические, методы высева), их преимущества и ограничения.

Задачи и проблемы хранения культур микроорганизмов. Методы поддержания (хранения) культур микроорганизмов: периодические пересевы (субкультивирование); под минеральным маслом; высушиванием; лиофилизацией; в условиях низких и ультранизких температур. Преимущества каждого метода и их недостатки.

Тема 3.2 Рост клетки и бактериальной популяции

Рост клетки и бактериальной популяции. Сбалансированный и несбалансированный рост; причины несбалансированного роста. **Основные параметры роста культур.**

Периодическая культура. Закономерности роста чистых культур при периодическом выращивании. Кривая роста, характеристика отдельных фаз (лаг-, логарифмической, стационарной, отмирания). Первичные и вторичные метаболиты клетки. Апоптоз.

Рост микроорганизмов при непрерывном культивировании. Ферментеры: хемостат, турбидостат. Использование непрерывного культивирования в промышленной микробиологии.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Синхронные культуры, способы их получения и значение.

Культивирование иммобилизованных клеток микроорганизмов, практическое использование. Методы иммобилизации клеток (химические, физические). Практическое использование иммобилизованных клеток микроорганизмов и иммобилизованных ферментов. Инженерная энзимология.

Раздел 4 Действие химических и физических факторов на жизнедеятельность бактерий

Тема 4.1 Действие химических веществ на микроорганизмы

Влияние физических и химических факторов на микроорганизмы: микробостатическое и микробоцидное.

Характер и механизмы действия химических веществ на жизнедеятельность микроорганизмов; разделение по этому принципу на две группы: повреждающие клеточную стенку или цитоплазматическую мембрану; повреждающие ферменты.

Методы стерилизации, используемые в микробиологической практике. Консерванты, их свойства, характеристика основных консервантов.

Антибиотики; их природа, химический состав и механизм действия на бактериальную клетку. Различные классификации антибиотиков. Использование антибиотиков в практических целях. Методы определения чувствительности микроорганизмов к антибиотикам.

Тема 4.2 Действие физических факторов на микроорганизмы

Рост микроорганизмов в зависимости от температуры. Характеристика мезофильных, психрофильных, термофильных бактерий, представители, места обитания, практическое значение. Природа устойчивости микроорганизмов к экстремальным температурам. Термические методы стерилизации микроорганизмов.

Влияние гидростатического давления. Баротолерантные и пьезофильные бактерии, представители, места обитания.

Характер действия различных видов радиации (радиоволны, инфракрасные лучи, видимая часть спектра, УФ-лучи, ионизирующая радиация) на микроорганизмы. Методы определения чувствительности бактерий к УФ-облучению.

Рост микроорганизмов в зависимости от концентрации растворов. Физиологическая сухость. Осмофильные и галофильные бактерии.

Отношение микроорганизмов к молекулярному кислороду: аэробные и анаэробные бактерии, микроаэрофилы, аэротолерантные бактерии.

Значение pH среды для роста микроорганизмов. Нейтрофилы, ацидофилы, алкалофилы, представители, места обитания, практическое использование.

Практическое использование физических факторов.

Репарация повреждений ДНК у микроорганизмов. Основные механизмы репарации: фотореактивация, темновая и рекомбинационная репарации, SOS-ответ. Молекулярные механизмы репарационных процессов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 4.3 Питание микроорганизмов

Общие принципы питания. Физиологические группы питания бактерий. Ауксотрофы и прототрофы. Факторы роста бактериальной клетки. Автотрофы и гетеротрофы. Сапрофиты и паразиты. Органотрофные и литотрофные микроорганизмы. Фототрофы и хемотрофы.

Химические вещества как питательные субстраты. Источники углерода, азота, серы, фосфора, ионов металлов.

Ферментативное оснащение микроорганизмов, обеспечивающее утилизацию питательных веществ. Уникальность микроорганизмов как продуцентов ферментов. Конститутивные и индуцибельные ферменты. Экзо- и эндоферменты. Определение ферментативной активности микроорганизмов. Штаммы-продуценты ферментов. Выделение и стабилизация ферментов. Использование ферментов микроорганизмов.

Раздел 5 Метаболизм бактерий

Тема 5.1 Общая характеристика метаболизма бактерий

Понятие о метаболизме. Виды и основные назначения метаболических реакций у бактерий, общая характеристика и особенности. Катаболизм. Анаболизм. Периферический метаболизм. Промежуточный метаболизм. Назначение метаболизма.

Характеристика энергетического метаболизма. Мембранное и субстратное фосфорилирование. Хемосинтез и фотосинтез. Типы окислительно-восстановительных реакций энергетического метаболизма у хемотрофных бактерий. Источники энергии у микроорганизмов.

Способы синтеза АТФ у микроорганизмов: окислительное фосфорилирование, субстратное фосфорилирование, фотосинтетическое фосфорилирование.

Пути катаболизма глюкозы у микроорганизмов. Характеристика гликолиза, окислительного пентозофосфатного пути, пути Энтнера-Дудорова. Схема путей катаболизма в клетках прокариот. Энергетический выход различных путей катаболизма глюкозы.

Тема 5.2 Аэробное дыхание

Аэробное дыхание – один из типов энергетического метаболизма. Мембранное фосфорилирование. Схема аэробного дыхания. Цикл Кребса, его функции. Основная функция «разорванного» ЦТК.

Общая характеристика механизма окислительного фосфорилирования. Понятие о дыхательной цепи.

Компоненты дыхательной цепи: флавопротеины, железосерные белки, хиноны, цитохромы, их состав, локализация в клетке, функции. Особенности дыхательной цепи бактерий.

Синтез молекул АТФ в дыхательной цепи бактерий. Суммарный энергетический выход аэробного дыхания у бактерий.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Тема 5.3 Анаэробное дыхание

Анаэробное дыхание. Доноры и акцепторы электронов, используемые разными микроорганизмами при анаэробном дыхании. Особенности бактерий, способных к анаэробному дыханию.

Нитратное дыхание. Суммарная реакция нитратного дыхания. Этапы денитрификации (восстановление нитрата до нитрита, восстановление нитрита до оксида азота, восстановление оксида азота до закиси азота, восстановление закиси азота в молекулярный азот). Электронтранспортные цепи бактерий-денитрификаторов. Распространение и роль денитрифицирующих бактерий в природе.

Сульфатное дыхание. Получение энергии в результате сульфатного дыхания, этапы сульфатного дыхания. Биологические свойства, распространение и значение сульфатвосстанавливающих бактерий.

Карбонатное дыхание. Процесс карбонатного дыхания. Механизм энергетических процессов у метаногенных бактерий. Отличительные биологические особенности, экология и роль в природе метаногенных бактерий.

Фумаратное дыхание, его особенности. Сукциногенные бактерии, представители.

Тема 5.4 Субстратное фосфорилирование

Определение понятия «брожение». Органические соединения, способные к сбраживанию. Продукты брожения. Пути сбраживания углеводов и других соединений.

Спиртовое брожение; химизм, практическое использование, возбудители спиртового брожения. Энергетический выход спиртового брожения.

Маслянокислое брожение; химизм, практическое использование, возбудители маслянокислого брожения, маслянокислые бактерии.

Молочнокислое гомо- и гетероферментативное брожение, химизм, практическое использование, молочнокислые бактерии.

Пропионовокислое брожение; пути образования пропионовой кислоты у прокариот, практическое использование, пропионовокислые бактерии.

Брожение смешаного типа: муравьинокислое брожение, бутандиоловое брожение; возбудители брожения смешанного типа.

Тема 5.5 Фотосинтез у бактерий

Типы фотосинтеза у бактерий: бескислородный, кислородный, бесхлорофилльный.

Фотосинтетические пигменты бактерий: хлорофиллы, бактериохлорофиллы, фикобилипротеины, каротиноиды, их химическая структура, свойства, роль для бактериальной клетки.

Строение фотосинтетического аппарата бактериальной клетки: светособирающие пигменты; фотохимические реакционные центры;

Репозиторий ГГУ

фотосинтетические электронтранспортные системы. Локализация компонентов фотосинтетического аппарата.

Понятие фотосинтеза. Циклический и нециклический пути переноса электронов в бактериальной клетке. Циклическое и нециклическое фосфорилирование. Организация фотосинтетического аппарата у цианобактерий, оксигенный фотосинтез. Организация фотосинтетического аппарата у пурпурных бактерий, аноксигенный фотосинтез.

Использование энергии света галобактериями на примере *Hallobacterium halobium*. Бактериородопсин. Состав пурпурной мембраны, ее функционирование в качестве протонного насоса.

Тема 5.6 Конструктивный метаболизм

Общая характеристика конструктивного метаболизма. Общая схема путей биосинтеза клеточного материала из глюкозы. Промежуточные метаболиты. Мономеры. Макромолекулы.

Биосинтез аминокислот бактериями; основные предшественники и пути биосинтеза. Особенности биосинтеза аминокислот. Основные пути биосинтеза аминокислот: восстановительное аминирование кетокислот аммиаком, амидирование, трансаминирование, путь биосинтеза ароматических аминокислот.

Биосинтез нуклеотидов. Значение нуклеотидов для бактериальной клетки. Синтез пиримидиновых и пуриновых нуклеотидов, предшественники для их синтеза.

Биосинтез липидов, фосфолипидов, жирных кислот; исходные субстраты для их биосинтеза.

Биосинтез углеводов Ассимиляция углекислоты автотрофными и гетеротрофными микроорганизмами. Особенности цикла Кальвина у автотрофных микроорганизмов, роль специфических ферментов: фосфорибулокиназы и рибулозо-1,5-дифосфаткарбоксилазы. Особенности глюконеогенеза у гетеротрофных микроорганизмов.

Раздел 6 Генетика бактерий

Тема 6.1 Наследственность и изменчивость

Изменчивость микроорганизмов. Понятие об адаптации микроорганизмов. Модификационная (фенотипическая) изменчивость у бактерий. Адаптивные модификации. Универсальная адаптивная реакция. Белки теплового шока. Значение адаптивных модификаций.

Мутации у бактерий. Классификация мутаций и молекулярные основы мутационного процесса. Спонтанные и индуцированные мутации. Прямые и обратные мутации (реверсии). Классификация мутаций по фенотипическим проявлениям. Точковые и хромосомные мутации. Транзиции и трансверсии. Мутагенные факторы физической, химической и биологической природы. Механизмы действия азотистой кислоты, гидроксиламина, аналогов азотистых оснований, алкилирующих агентов, акридиновых красителей. Практическое

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

использование мутаций. Методы выделения мутантов бактерий в результате прямого отбора и непрямого отбора.

Мигрирующие генетические элементы бактерий. IS-элементы. Инвертированные терминальные повторы. Схематичное строение IS-элементов. Транспозоны, их особенности. Частота транспозиции мигрирующих генетических элементов, факторы ее определяющие. Бактериофаг Mu, его отличия от других умеренных фагов. Значение мигрирующих генетических элементов.

Тема 6.2 Характеристика способов генетического обмена у бактерий

Характеристика способов генетического обмена у бактерий, их общие особенности. Состояние мерозиготы: эндогенота, экзогенота.

Бактериальная трансформация. Открытие, механизм, стадии трансформации. Компетентность реципиентных клеток при трансформации и ее природа. Отличия компетентных и некомпетентных клеток. Практическое использование трансформации.

Бактериальная конъюгация; открытие, механизм, основные особенности как способа обмена генетической информацией. Стадии конъюгации. Донорные и реципиентные бактерии и их характеристика. Половой фактор *E. coli*; его организация и функции. Типы бактерий-доноров; механизмы их образования и основные отличия. Феномен сексдукции. Практическое значение конъюгации.

Бактериальная трансдукция; открытие, механизм и особенности. Типы трансдукции: общая и специфическая. Использование трансдукции в практических целях. Отличие трансдукции от фаговой конверсии.

Тема 6.3 Генетическая инженерия, плазмиды

Плазмиды бактериальных клеток; природа, организация, свойства и значение для бактериальной клетки. Взаимодействие плазмид с хромосомой. Использование плазмид в генетической инженерии.

Системы рестрикции и модификации бактериальной клетки: обнаружение, механизм, значение для клетки. Метилазы. Типы ферментов рестриктаз: I, II и III, их характеристики. Палиндромы.

Генетическая инженерия. Клонирование генов в клетках микроорганизмов. Схема получения и клонирования рекомбинантной ДНК. Практическое применение метода клонирования.

Успехи и перспективы генетической инженерии. Биотехнология. Успехи биотехнологии. Проблемы биотехнологии: методические, экономические, этические и политические.

Тема 6.4 Регуляция метаболизма бактерий

Регуляция клеточного метаболизма.

Свойства аллостерических ферментов: каталитический и аллостерический центры. Эффекторные свойства метаболитов. Отрицательные и положительные эффекторы.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Регуляция активности ферментов у бактерий. Разветвленные и неразветвленные биосинтетические пути. Ретроингибирование. Мультивалентное, кумулятивное и последовательное ингибирование активности ферментов.

Регуляция синтеза ферментов у бактерий. Оперонный принцип организации бактериальных хромосом. Понятие оперона. Оператор. Промотор. Регуляторный ген. Типы регуляции индуцибельных оперонов (негативный и позитивный), механизмы их функционирования. Роль комплекса БАК-цАМФ в позитивной регуляции лактозного оперона. Диауксия. Катаболитная репрессия.

Механизмы функционирования репрессибельных оперонов. Корепрессоры. Апорепрессоры. Работа триптофанового оперона. Аттенуация. Аттенуатор.

Раздел 7 Взаимоотношения микроорганизмов с микро- и макроорганизмами

Тема 7.1 Формы взаимоотношений между микроорганизмами и факторы их определяющие

Экология микроорганизмов. Экосистема: абиотические и биотические компоненты. Микробоценоз. Местообитание. Экологическая ниша. Автохтонные и аллохтонные микроорганизмы. Численность и разнообразие микроорганизмов в экосистемах, их лабораторный учет. Формы взаимоотношений между микроорганизмами.

Симбиотические взаимоотношения. Консорциум. Типы симбиозов: факультативный и облигатный симбиозы, экзо- и эндосимбиозы, собственно симбиоз, метабиоз, сателлитизм, синергизм; примеры симбиотических взаимоотношений.

Конкурентные взаимоотношения. Пассивная и активная конкуренция. Антагонизм микробный, условия возникновения. Хищничество. Паразитизм. Примеры конкурентных взаимоотношений.

Бактериоцины; химическая природа и свойства, механизм действия на бактериальную клетку. Бактериоциногенные факторы. Значение бактериоцинов для бактерий. Практическое использование бактериоциногенных штаммов. Выявление бактериоциногенной активности.

Тема 7.2 Взаимоотношение микроорганизмов с макроорганизмами

Взаимоотношение микроорганизмов с высшими растениями и животными, особенности. Типы взаимоотношений: симбиоз, мутуализм, паразитизм, комменсализм, их взаимосвязь; примеры. Эпифитная и ризосферная микрофлора растений, представители и биологическое значение.

Нормальная микрофлора человека. Её представители. Понятие о биопленке. Дисбактериоз. Роль нормальной микрофлоры в организме.

Микроорганизмы, патогенные для человека, животных и растений, и факторы их вирулентности. Паразитизм. Патогенные микроорганизмы *(Clostridium tetani, Clostridium tetani, Bacillus anthracis).* Патогенность.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Вирулентность. Минимальная летальная доза и LD_{50} . Инвазивность, агрессивность, токсигенность.

Бактериальные токсины, их классификация, химическая природа и свойства. Экзотоксины (*Corynebacterium diphtheriae, Clostridium tetani)* и эндотоксины (возбудители брюшного тифа, паратифов, дизентерии, ряда энтеробактерий). Механизм токсинообразования. Действие токсинов на восприимчивый организм. Фитопатогенные микроорганизмы. Бактериозы. Способы борьбы с болезнями растений.

Раздел 8 Систематика и основные группы бактерий

Тема 8.1 Принципы систематики бактерий

Принципы систематики бактерий. Задачи систематики. Классификация, номенклатура и идентификация бактерий. Критерии систематики. Фенотипическая и филогенетическая классификации. Бинарная номенклатура. Вид. Типовой штамм. Клон. Принципы видовой идентификации микроорганизмов.

Генетические, фенотипические и серологические критерии систематики. Фенотипические: морфологические, культуральные, физиологические, биохимические признаки. Относительное содержание ГЦ-пар в ДНК. Секвенирование генов. Метод молекулярной гибридизации нуклеиновых кислот.

Современная филогенетическая и фенотипическая классификации бактерий, достоинства их и недостатки. Руководство по систематике бактерий Берджи. Разделение прокариот на группы согласно филогенетической и фенотипической классификации.

Характеристика отделов царства *Prokaryotae* согласно фенотипической классификации. Общая характеристика отделов *Gracilicutes, Firmicutes, Tenericutes, Mendosicutes.* Основные представители отделов.

Тема 8.2 Физиологические группы бактерий

Фототрофные бактерии: систематика, биологические свойства, распространение в природе и значение. Характеристика цианобактерий, пурпурных и зеленых бактерий, гелиобактерий и прохлорофит.

Метилотрофные бактерии, общая характеристика, распространение. Облигатные и факультативные метилотрофы, их биологические особенности, представители. Окисление метана и связь энергетического и конструктивного метаболизма метилотрофов. Практическое применение метилотрофных бактерий.

Свободноживущие и симбиотические азотфиксирующие микроорганизмы; их характеристика, представители, роль в круговороте азота. Бактероиды. Факторы, определяющие симбиотические взаимоотношения клубеньковых бактерий с бобовыми растениями. Механизм фиксации молекулярного азота. Фермент нитрогеназа. Леггемоглобин, его роль. Гены азотфиксации. Практическое использование азотфиксирующих микроорганизмов.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Хемолитотрофные бактерии. Механизм окисления неорганических веществ хемолитотрофными бактериями. Разделение хемолитотрофов на основании их специфичности в отношении субстратов; группы хемолитотрофных бактерий: нитрифицирующие бактерии, серобактерии, железобактерии, водородные бактерии, карбоксидобактерии. Распространение, роль в природе и практическое значение хемолитотрофных бактерий.

Тема 8.3 Группы бактерий отдела *Gracilicutes*

Миксобактерии их особенности, распространение, роль в природе и практическое значение. Швармы. Миксоспоры. Плодовые тела. Бактериолитические и целлюлозолитические миксобактерии. Цитофаги, их особенности, распространение, представители, роль в природе и практическое значение. Цикл развития миксобактерий с образованием плодовых тел.

Риккетсии и хламидии, их особенности, распространение, роль в природе и практическое значение. Жизненный цикл развития хламидий внутри эукариотических клеток. Заболевания, вызываемые патогенными хламидиями и риккетсиями.

Спирохеты, их особенности, распространение. Патогенные для человека спирохеты.

Грамотрицательные кокки, входящие в семейство *Neisseriaceae*; их особенности. Представители патогенных для человека бактерий, факторы их вирулентности, вызываемые ими заболевания.

Энтеробактерии; их систематика, характеристика, распространение и значение отдельных представителей родов *Escherichia, Shigella, Salmonella, Erwinia* для человека. Бактерии *E. coli* как санитарный показатель загрязнения внешней среды.

Псевдомонады; их характеристика, биохимические особенности, распространение, роль в природе и практическое значение. Бактерии рода *Pseudomonas.*

Тема 8.4 Группы бактерий отдела *Firmicutes*

Группа молочнокислых бактерий; их физиолого-биохимические особенности, распространение в природе и практическое значение. Гомоферментативные и гетероферментативные молочнокислые бактерии, представители. Характеристика патогенных представителей молочнокислых бактерий, вызываемые ими заболевания. Стрептококковые инфекции: нагноительные и ненагноительные.

Пропионовокислые бактерии; их биологические свойства, практическое значение и распространение в природе. Представители классических, кожных и *Propionibacterium propionicus* бактерий. Примеры использования энзиматически неактивной и энзиматически активной биомассы пропионовокислых бактерий.

Коринеформные бактерии. Характеристика родов *Corynebacterium, Arthobacter, Brevibacterium, Cellulomas*. Их особенности, распространение в природе и практическое значение.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Спорообразующие бактерии; их характеристика, особенности, практическое значение и распространение в природе. Представители родов *Bacillus* и *Clostridium*.

Микобактерии. Кислотоустойчивость микобактерий и факторы их вирулентности. Основные патогенные для человека микобактерии, основной способ заражения. Микобактериозы.

Актиномицеты; особенности структурной организации, систематика, физиолого-биохимические свойства, роль в природе, практическое использование. Стрептомицеты и близкие роды.

Тема 8.5 Группы бактерий отделов *Tenericutes, Mendosicutes*

Микоплазмы, их свойства. Факторы вирулентности и патогенности микоплазм. Заболевания, вызываемые микоплазмами в растениеводстве (микоплазмозы). Представители условно-патогенных микоплазм в организме человека: бактерии родов *Mycoplasma* и *Ureaplasma*.

Архебактерии. Отличие архебактерий от эубактерий. Характеристика групп архебактерий: метаногенные, экстремальные термофилы, экстремальные галофильные бактерии, термоацидофильные микоплазмы; их местообитание.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ДНЕВНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Всего часов	Количество аудиторных часов				Литература	Формы контроля знаний
			лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	УСР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Раздел 1 Введение	**6**	**6**	**–**	**–**	**–**		
1.1	**Предмет и задачи микробиологии, ее место и роль в современной биологии** 1.1.1 Предмет и задачи микробиологии 1.1.2 Общие сведения о биогеохимической деятельности микроорганизмов 1.1.3 Участие микроорганизмов в биологическом круговороте углерода, азота, серы, фосфора в природе 1.1.4 Промышленная микробиология; ее научные основы 1.1.5 Вклад микробиологии в развитие генетики, молекулярной биологии и биотехнологии	2	2	–	–	–	[1-6, 24]	–

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

1.2	**Возникновение и развитие микробиологии** 1.2.1 Открытие микроорганизмов А.Ван Левенгуком 1.2.2 Роль Л. Пастера и Р. Коха в формировании микробиологии как науки 1.2.3 Значение работ других родоначальников микробиологии 1.2.4 Развитие и основные направления микробиологических исследований в Беларуси	2	2	–	–	–	[1-3, 15]	–
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.3	**Микроорганизмы и их классификация** 1.3.1 Положение микроорганизмов в системе живого мира, их разнообразие и общность с другими организмами 1.3.2 Прокариотные и эукариотные микроорганизмы; сходство и основные различия 1.3.3 Вирусы, общая характеристика 1.3.4 Бактериофаги	2	2	–	–	–	[1-7, 13, 16]	–
	Раздел 2 Морфология и структурная организация бактериальной клетки	**16**	**10**	**–**	**6**	**–**	–	–
2.1	**Морфология бактерий, их органеллы движения** 2.1.1 Морфология и размеры бактерий 2.1.2 Схематичное строение бактериальной клетки, химический состав и функции отдельных компонентов клеток 2.1.3 Строение, расположение и механизм функционирования бактериальных жгутиков 2.1.4 Движение спирохет и бактерий со скользящим типом передвижения	6	2	–	4	–	[1-8, 11, 13, 14, 16-18, 22, 24]	Защита отчетов по лабораторной работе

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2.2	**Поверхностные структуры бактериальной клетки** 2.2.1 Химический состав, организация и функции поверхностных структур бактериальной клетки: капсул, слизистых слоев, чехлов, фимбрий, пилей 2.2.2 Химический состав, строение и функции клеточной стенки бактерий 2.2.3 Бактериальные сферопласты и протопласты; L-формы бактерий и их характеристика	4	2	–	2	–	[1-7, 13, 16]	Защита отчетов по лабораторной работе. Контрольная работа
2.3	**Цитоплазматическая мембрана бактерий** 2.3.1 Цитоплазматическая мембрана бактерий 2.3.2 Производные цитоплазматической мембраны: мезосомы; фотосинтетические мембраны 2.3.3 Транспорт веществ через цитоплазматическую мембрану	2	2	–	–	–	[1-7, 13, 16]	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.4	**Цитоплазма и ядерный аппарат бактерий** 2.4.1 Цитоплазма бактерий, внутрицитоплазматические включения 2.4.2 Рибосомы бактерий 2.4.3 Нуклеоид бактериальной клетки 2.4.4 Репликация ДНК у бактерий	2	2	–	–	–	[1-7, 13, 16]	–
2.5	**Покоящиеся формы бактерий. Типы размножения бактерий** 2.5.1 Эндоспоры, процесс спорообразования 2.5.2 Другие покоящиеся формы бактерий 2.5.3 Типы размножения бактерий	2	2	–	–	–	[1-8, 11, 13, 14, 16-18, 22]	–
	Раздел 3 Культивирование и рост бактерий	**12**	**–**	**–**	**8**	**4**	–	–

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

3.1	**Культивирование микроорганизмов в лабораторных условиях** 3.1.1 Питательные среды в микробиологии 3.1.2 Культивирование аэробных и анаэробных микроорганизмов 3.1.3 Методы количественного учета микроорганизмов 3.1.4 Методы хранения культур микроорганизмов	10	–	–	8	2	[1, 4, 8, 11, 14, 17-18, 22]	Индивидуальная консультация, защита отчетов по лабораторной работе.
3.2	**Рост клетки и бактериальной популяции** 3.2.1 Рост клетки и бактериальной популяции 3.2.2 Закономерности роста чистых культур при периодическом культивировании 3.2.3 Рост микроорганизмов при непрерывном культивировании 3.2.4 Синхронные культуры 3.2.5 Культивирование иммобилизированных клеток микроорганизмов	2	–	–	–	2	[1, 4, 11, 14, 17, 22]	–
	Раздел 4 Действие химических и физических факторов на жизнедеятельность бактерий	**6**	**6**	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.1	**Действие химических веществ на микроорганизмы** 4.1.1 Влияние химических и физических факторов на микроорганизмы 4.1.2 Характер и механизмы действия химических веществ на жизнедеятельность микроорганизмов 4.1.3 Консерванты 4.1.4 Антибиотики	2	2	–	–	–	[1-7]	–

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

4.2	**Действие физических факторов на микроорганизмы** 4.2.1 Рост микроорганизмов в зависимости от температуры; влияние гидростатического давления 4.2.2 Характер действия различных видов радиации на микроорганизмы 4.2.3 Рост микроорганизмов в зависимости от концентрации растворов 4.2.4 Отношение микроорганизмов к молекулярному кислороду 4.2.5 Значение pH среды для роста микроорганизмов 4.2.6 Репарация повреждений ДНК у микроорганизмов	2	2	–	–	–	[1-7, 9, 11]	–
4.3	**Питание микроорганизмов** 4.3.1 Питание микроорганизмов, физиологические группы питания 4.3.2 Химические вещества как питательные субстраты 4.3.3 Особенности ферментов микроорганизмов	2	2	–	–	–	[1-7, 9, 11]	–
	Раздел 5 Метаболизм бактерий	**12**	**4**	**–**	**–**	**8**	–	–
5.1	**Общая характеристика метаболизма бактерий, особенности их биоэнергетики** 5.1.1 Понятие о метаболизме у бактерий 5.1.2 Общая характеристика энергетического метаболизма 5.1.3 Источники энергии у микроорганизмов 5.1.4 Пути катаболизма глюкозы у микроорганизмов	2	2	–	–	–	[1-4, 6, 9, 24]	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.2	**Аэробное дыхание** 5.2.1 Понятие «аэробное дыхание», цикл Кребса 5.2.2 Понятие о механизме окислительного фосфорилирования 5.2.3 Компоненты дыхательной цепи 5.2.4 Синтез молекул АТФ в дыхательной цепи бактерий и дрожжей	2	–	–	–	2	[1-4, 6, 9]	–

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

5.3	**Анаэробное дыхание** 5.3.1 Определение понятия «анаэробное дыхание» 5.3.2 Нитратное дыхание 5.3.3 Сульфатное дыхание 5.3.4 Карбонатное дыхание 5.3.5 Фумаратное дыхание	2	–	–	–	2	[1-4, 6, 9]	–
5.4	**Субстратное фосфорилирование** 5.4.1 Получение энергии в результате брожения 5.4.2 Спиртовое брожение 5.4.3 Маслянокислое брожение 5.4.4 Молочнокислое гомо- и гетороферментативное брожение 5.4.5 Пропионовокислое брожение 5.4.6 Брожение смешанного типа	2	–	–	–	2	[1-4, 6, 9]	–
5.5	**Фотосинтез у бактерий** 5.5.1 Типы фотосинтеза у бактерий 5.5.2 Фотосинтетические пигменты бактерий 5.5.3 Структурная организация фотосинтезирующего аппарата прокариот 5.5.4 Фотосинтез у прокариот: с выделением и без выделения молекулярного кислорода 5.5.5 Использование световой энергии галобактериями	2	2	–	–	–	[1-4, 6, 9]	–
1	2	3	4	5	6	7	8	9

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

5.6	**Конструктивный метаболизм** 5.6.1 Общая характеристика конструктивного метаболизма 5.6.2 Биосинтез аминокислот: основные предшественники и пути биосинтеза 5.6.3 Биосинтез нуклеотидов 5.6.4 Биосинтез липидов, жирных кислот, фосфолипидов 5.6.5 Биосинтез углеводов	2	–	–	–	2	[1-4, 6, 9]	–
	Раздел 6 Генетика бактерий	**10**	**4**	**–**	**2**	**4**		
6.1	**Наследственность и изменчивость** 6.1.1 Изменчивость микроорганизмов 6.1.2 Понятие об адаптации микроорганизмов 6.1.3 Мутации у бактерий; мутагенные факторы 6.1.4 Мобильные генетические элементы бактерий	2	–	–	–	2	[1-2, 4, 10, 13, 19]	–
6.2	**Характеристика способов генетического обмена у бактерий** 6.2.1 Способы генетического обмена у бактерий 6.2.2 Бактериальная трансформация 6.2.3 Бактериальная конъюгация 6.2.4 Бактериальная трансдукция	4	–	–	2	2	[1-2, 4, 10, 13, 19]	Защита отчетов по лабораторной работе. Контрольная работа
6.3	**Генетическая инженерия, плазмиды** 6.3.1 Плазмиды бактериальных клеток 6.3.2 Системы рестрикции и модификации бактериальной клетки 6.3.3 Генная инженерия, клонирование генов в клетках микроорганизмов 6.3.4 Успехи и проблемы биотехнологии	2	2	–	–	–	[1-2, 4, 10, 13, 19]	–
6.4	**Регуляция метаболизма бактерий** 6.4.1 Регуляция клеточного метаболизма 6.4.2 Свойства аллостерических белков 6.4.3 Регуляция активности ферментов 6.4.4 Регуляция синтеза ферментов у бактерий 6.4.5 Механизмы функционирования репрессибельных оперонов	2	2	–	–	–	[1-4, 10, 13]	–

ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Раздел 7 Взаимоотношения микроорганизмов с микро- и макроорганизмами	**4**	**4**	**–**	**–**	**–**	–	–
7.1	**Формы взаимоотношений между микроорганизмами и факторы их определяющие** 7.1.1 Экология микроорганизмов 7.1.2 Симбиотические взаимоотношения 7.1.3 Конкурентные взаимоотношения 7.1.4 Бактериоцины	2	2	–	–	–	[1- 9, 11, 13-14, 17-18, 22, 24]	–
7.2	**Взаимоотношение микроорганизмов с макроорганизмами** 7.2.1 Взаимоотношения микроорганизмов с макроорганизмами: особенности, типы, примеры 7.2.2 Нормальная микрофлора человека 7.2.3 Патогенные микроорганизмы и факторы их вирулентности 7.2.4 Бактериальные токсины	2	2	–	–	–	[1-7, 9, 11-13, 22, 24]	–
	Раздел 8 Систематика и основные группы бактерий	**20**	**10**	**–**	**10**	**–**	–	–
8.1	**Принципы систематики бактерий** 8.1.1 Принципы систематики микроорганизмов 8.1.2 Фенотипические, генетические и серологические критерии систематики 8.1.3 Современная филогенетическая и фенотипическая классификации бактерий 8.1.4 Характеристика отделов царства Prokaryotae	6	2	–	4	–	[1-6, 8-9, 13, 18, 20-24]	Защита отчетов по лабораторной работе

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

8.2	**Физиологические группы бактерий** 8.2.1 Фототрофные бактерии 8.2.2 Метилотрофные бактерии 8.2.3 Свободноживущие и симбиотические азотфиксирующие микроорганизмы 8.2.4 Хемолитотрофные бактерии	2	2	–	–	–	[1-6, 8-9, 12-13, 18, 20-24]	–
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8.3	**Группы бактерий отдела Gracilicutes** 8.3.1 Миксобактерии и цитофаги 8.3.2 Риккетсии и хламидии 8.3.3 Спирохеты 8.3. 4 Грамотрицательные кокки, входящие в семейство Neisseriaceae 8.3.5 Энтеробактерии 8.3.6 Псевдомонады	2	2	–	–	–	[1-6, 8-9, 13, 18, 20-24]	–
8.4	**Группы бактерий отдела Firmicutes** 8.4.1 Группа молочнокислых бактерий 8.4.2 Пропионовокислые бактерии 8.4.3 Коринеформные бактерии 8.4.4 Спорообразующие бактерии 8.4.5 Микобактерии 8.4.6 Актиномицеты	9	3	–	6	–	[1-6, 8-9, 11-14, 17-18, 20-24]	Защита отчетов по лабораторной работе. Контрольная работа
8.5	**Группы бактерий отделов Tenericutes, Mendosicutes** 8.5.1 Микоплазмы 8.5.2 Архебактерии	1	1	–	–	–	[1-6, 8-9, 12-13, 18, 20-24]	–
	Всего часов	**86**	**44**	**–**	**26**	**16**		

Доцент кафедры ботаники и физиологии растений И.И. Концевая

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Всего часов	Количество аудиторных часов				Литература	Формы контроля знаний
			лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	УСР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	6 семестр							
	Раздел 1 Введение	**2**	**2**	–	–	–		
1.1	**Предмет и задачи микробиологии, ее место и роль в современной биологии** 1.1.1 Предмет и задачи микробиологии 1.1.2 Общие сведения о биогеохимической деятельности микроорганизмов 1.1.3 Участие микроорганизмов в биологическом круговороте углерода, азота, серы, фосфора в природе 1.1.4 Промышленная микробиология; ее научные основы 1.1.5 Вклад микробиологии в развитие генетики, молекулярной биологии и биотехнологии	2	2	–	–	–	[1-6]	–

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

1.2	**Возникновение и развитие микробиологии** 1.2.1 Открытие микроорганизмов А.Ван Левенгуком 1.2.2 Роль Л. Пастера и Р. Коха в формировании микробиологии как науки 1.2.3 Значение работ других родоначальников микробиологии 1.2.4 Развитие и основные направления микробиологических исследований в Беларуси	Самостоятельное изучение						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.3	**Микроорганизмы и их классификация** 1.3.1 Положение микроорганизмов в системе живого мира, их разнообразие и общность с другими организмами 1.3.2 Прокариотные и эукариотные микроорганизмы; сходство и основные различия 1.3.3 Вирусы, общая характеристика 1.3.4 Бактериофаги	Самостоятельное изучение						
	Раздел 2 Морфология и структурная организация бактериальной клетки	**6**	**2**	**–**	**4**	**–**	–	–
2.1	**Морфология бактерий, их органеллы движения** 2.1.1 Морфология и размеры бактерий 2.1.2 Схематичное строение бактериальной клетки, химический состав и функции отдельных компонентов клеток 2.1.3 Строение, расположение и механизм функционирования бактериальных жгутиков 2.1.4 Движение спирохет и бактерий со скользящим типом передвижения	6	2	–	4	–	[1-8, 11, 13, 14, 16-18, 22]	Защита отчетов по лабораторной работе

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2.2	**Поверхностные структуры бактериальной клетки** 2.2.1 Химический состав, организация и функции поверхностных структур бактериальной клетки: капсул, слизистых слоев, чехлов, фимбрий, пилей 2.2.2 Химический состав, строение и функции клеточной стенки бактерий 2.2.3 Бактериальные сферопласты и протопласты; L-формы бактерий и их характеристика	Самостоятельное изучение						
2.3	**Цитоплазматическая мембрана бактерий** 2.3.1 Цитоплазматическая мембрана бактерий 2.3.2 Производные цитоплазматической мембраны: мезосомы; фотосинтетические мембраны 2.3.3 Транспорт веществ через цитоплазматическую мембрану	Самостоятельное изучение						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.4	**Цитоплазма и ядерный аппарат бактерий** 2.4.1 Цитоплазма бактерий, внутрицитоплазматические включения 2.4.2 Рибосомы бактерий 2.4.3 Нуклеоид бактериальной клетки 2.4.4 Репликация ДНК у бактерий	Самостоятельное изучение						
2.5	**Покоящиеся формы бактерий. Типы размножения бактерий** 2.5.1 Эндоспоры, процесс спорообразования 2.5.2 Другие покоящиеся формы бактерий 2.5.3 Типы размножения бактерий	Самостоятельное изучение						
	Раздел 3 Культивирование и рост бактерий	–	–	–	–	–	–	–

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

3.1	**Культивирование микроорганизмов в лабораторных условиях** 3.1.1 Питательные среды в микробиологии 3.1.2 Культивирование аэробных и анаэробных микроорганизмов 3.1.3 Методы количественного учета микроорганизмов 3.1.4 Методы хранения культур микроорганизмов	Самостоятельное изучение						
3.2	**Рост клетки и бактериальной популяции** 3.2.1 Рост клетки и бактериальной популяции 3.2.2 Закономерности роста чистых культур при периодическом культивировании 3.2.3 Рост микроорганизмов при непрерывном культивировании 3.2.4 Синхронные культуры 3.2.5 Культивирование иммобилизированных клеток микроорганизмов	Самостоятельное изучение						
	Раздел 4 Действие химических и физических факторов на жизнедеятельность бактерий	**2**	**2**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.1	**Действие химических веществ на микроорганизмы** 4.1.1 Влияние химических и физических факторов на микроорганизмы 4.1.2 Характер и механизмы действия химических веществ на жизнедеятельность микроорганизмов 4.1.3 Консерванты 4.1.4 Антибиотики	2	2	–	–	–	[1-7]	–
4.2	**Действие физических факторов на микроорганизмы** 4.2.1 Рост микроорганизмов в зависимости от температуры; влияние гидростатического давления 4.2.2 Характер действия различных видов радиации на микроорганизмы 4.2.3 Рост микроорганизмов в зависимости от концентрации растворов 4.2.4 Отношение микроорганизмов к молекулярному кислороду 4.2.5 Значение pH среды для роста микроорганизмов 4.2.6 Репарация повреждений ДНК у микроорганизмов	Самостоятельное изучение						
4.3	**Питание микроорганизмов** 4.3.1 Питание микроорганизмов, физиологические группы питания 4.3.2 Химические вещества как питательные субстраты 4.3.3 Особенности ферментов микроорганизмов	Самостоятельное изучение						
	Раздел 5 Метаболизм бактерий	**2**	**2**	**–**	**–**	**–**	–	–
5.1	**Общая характеристика метаболизма бактерий, особенности их биоэнергетики** 5.1.1 Понятие о метаболизме у бактерий 5.1.2 Общая характеристика энергетического метаболизма 5.1.3 Источники энергии у микроорганизмов 5.1.4 Пути катаболизма глюкозы у микроорганизмов	2	2	–	–	–	[1-4, 6, 9]	–

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.2	**Аэробное дыхание** 5.2.1 Понятие «аэробное дыхание», цикл Кребса 5.2.2 Понятие о механизме окислительного фосфорилирования 5.2.3 Компоненты дыхательной цепи 5.2.4 Синтез молекул АТФ в дыхательной цепи бактерий и дрожжей	Самостоятельное изучение						
5.3	**Анаэробное дыхание** 5.3.1 Определение понятия «анаэробное дыхание» 5.3.2 Нитратное дыхание 5.3.3 Сульфатное дыхание 5.3.4 Карбонатное дыхание 5.3.5 Фумаратное дыхание	Самостоятельное изучение						
5.4	**Субстратное фосфорилирование** 5.4.1 Получение энергии в результате брожения 5.4.2 Спиртовое брожение 5.4.3 Маслянокислое брожение 5.4.4 Молочнокислое гомо- и гетероферментативное брожение 5.4.5 Пропионовокислое брожение 5.4.6 Брожение смешанного типа	Самостоятельное изучение						

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

5.5	**Фотосинтез у бактерий** 5.5.1 Типы фотосинтеза у бактерий 5.5.2 Фотосинтетические пигменты бактерий 5.5.3 Структурная организация фотосинтезирующего аппарата прокариот 5.5.4 Фотосинтез у прокариот: с выделением и без выделения молекулярного кислорода 5.5.5 Использование световой энергии галобактериями	Самостоятельное изучение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.6	**Конструктивный метаболизм** 5.6.1 Общая характеристика конструктивного метаболизма 5.6.2 Биосинтез аминокислот: основные предшественники и пути биосинтеза 5.6.3 Биосинтез нуклеотидов 5.6.4 Биосинтез липидов, жирных кислот, фосфолипидов 5.6.5 Биосинтез углеводов	Самостоятельное изучение						
	Раздел 6 Генетика бактерий	**2**	**2**	**–**	**–**	**–**	–	–
6.1	**Наследственность и изменчивость** 6.1.1 Понятие об адаптации микроорганизмов 6.1.2 Мутации у бактерий; мутагенные факторы 6.1.3 Мобильные генетические элементы бактерий	Самостоятельное изучение						

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

6.2	**Характеристика способов генетического обмена у бактерий** 6.2.1 Способы генетического обмена у бактерий 6.2.2 Бактериальная трансформация 6.2.3 Бактериальная конъюгация 6.2.4 Бактериальная трансдукция	2	2	–	–	–	[1-2, 4, 10, 13, 19]	–
6.3	**Генетическая инженерия, плазмиды** 6.3.1 Плазмиды бактериальных клеток 6.3.2 Системы рестрикции и модификации бактериальной клетки 6.3.3 Генная инженерия, клонирование генов в клетках микроорганизмов 6.3.4 Успехи и проблемы биотехнологии	–	–	–	–	–	[1-2, 4, 10, 13, 19]	–
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.4	**Регуляция метаболизма бактерий** 6.4.1 Регуляция клеточного метаболизма 6.4.2 Свойства аллостерических белков 6.4.3 Регуляция активности ферментов 6.4.4 Регуляция синтеза ферментов у бактерий 6.4.5 Механизмы функционирования репрессибельных оперонов	Самостоятельное изучение						
	Раздел 7 Взаимоотношения микроорганизмов с микро- и макроорганизмами	**2**	**2**	**–**	**–**	**–**	–	–
7.1	**Формы взаимоотношений между микроорганизмами и факторы их определяющие** 7.1.1 Экология микроорганизмов 7.1.2 Симбиотические взаимоотношения 7.1.3 Конкурентные взаимоотношения 7.1.4 Бактериоцины	Самостоятельное изучение						

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

7.2	**Взаимоотношение микроорганизмов с макроорганизмами** 7.2.1 Взаимоотношения микроорганизмов с макроорганизмами: особенности, типы, примеры 7.2.2 Нормальная микрофлора человека 7.2.3 Патогенные микроорганизмы и факторы их вирулентности 7.2.4 Бактериальные токсины	2	2	–	–	–	[1-7, 9, 11-13, 22]	–
	Раздел 8 Систематика и основные группы бактерий	**4**	**4**	**–**	**–**	**–**	–	–
8.1	**Принципы систематики бактерий** 8.1.1 Принципы систематики микроорганизмов 8.1.2 Фенотипические, генетические и серологические критерии систематики 8.1.3 Современная филогенетическая и фенотипическая классификации бактерий 8.1.4 Характеристика отделов царства Prokaryotae	2	2	–	–	–	[1-6, 8-9, 13, 18, 20-23]	Защита отчетов по лабораторной работе
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8.2	**Физиологические группы бактерий** 8.2.1 Фототрофные бактерии 8.2.2 Метилотрофные бактерии 8.2.3 Свободноживущие и симбиотические азотфиксирующие микроорганизмы 8.2.4 Хемолитотрофные бактерии	Самостоятельное изучение						
8.3	**Группы бактерий отдела Gracilicutes** 8.3.1 Миксобактерии и цитофаги 8.3.2 Риккетсии и хламидии 8.3.3 Спирохеты 8.3. 4 Грамотрицательные кокки, входящие в семейство Neisseriaceae 8.3.5 Энтеробактерии 8.3.6 Псевдомонады	2	2	–	–	–	[1-6, 8-9, 13, 18, 20-23]	–

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

7 семестр								
8.4	**Группы бактерий отдела Firmicutes** 8.4.1 Группа молочнокислых бактерий 8.4.2 Пропионовокислые бактерии 8.4.3 Коринеформные бактерии 8.4.4 Спорообразующие бактерии 8.4.5 Микобактерии 8.4.6 Актиномицеты	Самостоятельное изучение						
8.5	**Группы бактерий отделов Tenericutes, Mendosicutes** 8.5.1 Микоплазмы 8.5.2 Архебактерии	Самостоятельное изучение						
	Всего часов	**20**	**16**	**–**	**4**	–	–	–

Доцент кафедры ботаники и физиологии растений И.И. Концевая

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Примерный перечень лабораторных работ

Лабораторная работа 1 Методы стерилизации. Поддержание (хранение) культур микроорганизмов

1 Определение понятий асептика, антисептика, дезинфекция, стерилизация

2 Методы стерилизации

3 Методы контроля стерильности

4 Методы хранения культур микроорганизмов

Лабораторная работа 2 Микроскопические методы исследования в микробиологии: устройство микроскопа и основные приемы микроскопирования живых микроорганизмов

1 Основные задачи микроскопии

2 Особенности разных видов микроскопии

3 Устройство светлопольного микроскопа МБР-1

4 Правила работы с иммерсионным объективом

5 Приемы микроскопирования живых микроорганизмов

Лабораторная работа 3 Приготовление фиксированных препаратов микроорганизмов и изучение морфологии клеток

1 Морфология и размеры клеток микроорганизмов

2 Строение бактериальной клетки

3 Этапы и техника приготовления фиксированных препаратов микроорганизмов

4 Простые и сложные методы окраски

Лабораторная работа 4 Питательные среды: состав, назначение, техника приготовления

1 Определение понятия «питательная среда», требования к ее составу

2 Классификация питательных сред

3 Приготовление питательных сред

4 Наиболее используемые питательные среды в бактериологической практике

Лабораторная работа 5 Способы культивирования микроорганизмов

1 Понятие о культивировании микроорганизмов

2 Способы культивирования аэробных микроорганизмов

3 Способы культивирования анаэробных микроорганизмов

4 Техника посева микроорганизмов в жидкие питательные среды

5 Техника посева микроорганизмов на агаризованную среду

Лабораторная работа 6 Количественный и качественный учет микрофлоры воздуха

1 Микрофлора воздуха, ее изучение

2 Количественный и качественный учет микрофлоры воздуха

3 Изучение культуральных особенностей микроорганизмов

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Лабораторная работа 7 Выделение чистых культур микроорганизмов

1 Понятие «чистые культуры микроорганизмов»

2 Методы получения накопительной культуры

3 Методы выделения чистой культуры

4 Способы определения чистоты выделенной культуры

5 Массовая культура на твердой поверхности

Лабораторная работа 8 Способы генетического обмена у бактерий

1 Способы генетического обмена у бактерий

2 Мигрирующие генетические элементы бактерий

3 Плазмиды бактериальных клеток

Лабораторная работа 9 Молочнокислые бактерии

1 Общая характеристика молочнокислых бактерий и их особенности, типы брожения.

2 Гомоферментативные молочнокислые бактерии

3 Гетероферментативные молочнокислые бактерии

4 Получение накопительной культуры молочнокислых бактерий

5 Качественные реакции на молочную кислоту

Лабораторная работа 10-11 Спорообразующие бактерии: аэробные и анаэробные

1 Характеристика спорообразующих бактерий, отдельные представители

2 Получение накопительных культур аэробных спорообразующих бактерий

3 Получение накопительных культур анаэробных спорообразующих бактерий

4 Дифференциальная окраска спор и цитоплазмы по методу Пешкова

Лабораторная работа 12-13 Выявление и количественный учет микроорганизмов почвенной микрофлоры

1 Характеристика почвы как субстрата для развития разнообразных микроорганизмов

2 Основные этапы работы по изучению почвенной микрофлоры

3 Отбор почвенных образцов для микробиологических исследований

4 Подготовка почвенного образца к микробиологическому анализу

5 Подсчет клеток на фиксированных окрашенных мазках (метод Виноградского-Шульгина-Брида)

6 Основные группы микроорганизмов, выявляемые при высеве из почвы на МПА

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Рекомендуемые формы контроля знаний

1 Контрольная работа № 1 Структурная организация бактериальной клетки; ее культивирование, рост

2 Контрольная работа № 2 Метаболизм бактерий

3 Контрольная работа № 3 Генетика бактерий, взаимоотношения организмов в природе, систематика, важнейшие группы бактерий

Рекомендуемая литература

Основная

1 Лысак, В. В. Микробиология: уч. пособие / В. В. Лысак. – Минск: БГУ. – 2007. – 426 с.

2 Современная микробиология. Прокариоты (в 2-х томах) / под ред. Й. Ленгелера, Г. Древса, Г. Шлегеля. – Т. 2. – М.: Мир, 2014. – 656 с.

3 Гусев, М. В. Микробиология / М. В. Гусев, Л. А. Минеева. – М.: Академия. – 2006. – 448 с.

Дополнительная

4 Microbiology: an introduction / Gerard J. Tortora, Berdell R. Funke, Christine L. Case. –11th ed., 2013 – 799 p.

5 Заварзин, Г. А. Лекции по природоведческой микробиологии / Г. А. Заварзин. – М.: Наука, 2004. – 244 с.

6 Емцев, В. Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. – М.: Дрофа, 2005. – 358 с.

7 Нетрусов, А.И. Микробиология. Университетский курс: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – М.: ИЦ Академия, 2012. – 384 с.

8 Микробиология**:** методические рекомендации к лабораторным занятиям и контроль самостоятельной работы студентов / В.В. Лысак, Р.А. Желдакова. – Мн.: БГУ. – 2002. –100 с.

9 Нетрусов, А. И. Экология микроорганизмов / А. И. Нетрусов [и др.]. – М.: Академия, 2004. – 542 с.

10 Брюханов, А.Л. Молекулярная микробиология: Учебник для вузов / А.Л. Брюханов, К.В. Рыбак, А.И. Нетрусов. - М.: МГУ, 2012. - 480 с.

11 Практикум по микробиологии /А. И. Нетрусов [и др.]. – М.: Академия. –2005. – 604с.

12 Молекулярная биология бактерий взаимодействующих с растениями / перевод под ред. И. А. Тихонович, Н. А. Проворов – Санкт-Петербург, 2002. – 558 с.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

13 Белясова, Н.А. Микробиология: Учебник / Н.А. Белясова. - Мн.: Вышэйшая шк., 2012. – 443 с.

14 Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер [и др.]. – М.: Колос, 1979. – 216 с.

15 Talaro, Kathleen P. Foundations in microbiology / Kathleen Park Talaro, Barry Chess. – 8th ed.2012 – 828 p.

16 Черкес Ф.К.. Богоявленская Л.Б., Бельская Н.А. Микробиология: учебник. – М.: АльянС, 2012. – 528 с.

17 Борисов, Л. Б. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии / Л. Б. Борисов [и др.]. – М.: Медицина, 1984. – 256 с.

18 Выделение и идентификация микроорганизмов; учебно-методическое пособие / Р. А. Желдакова. – Мн.: БГУ, 2003. – 36 с.

19 Глик, Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / Б. Глик, Дж. Пастернак. – М.: Мир. – 2002. – 345 с.

20 Bergey’s Manual of Systematic Bacteriology / Editor-in-Chief G. M. Garrity. New York: Springer, 2001–2003, V. 1–5. – 2816 p.

21 Определитель бактерий Берджи / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. М.: Мир, 1997. – Т. 1–2. – 432 с. – 368 с.

22 Prescott, L. M. Microbiology: практикум по микробиологии / L. M. Prescott. – Москва «Academa», 2002 . – 531 с.

23 Важнейшие группы микроорганизмов: методические указания / В. В. Лысак, О. В. Блажевич – Мн.: БГУ, 2000. – 30 с.

24 Prescott, L. M. Microbiology / L. M. Prescott. – The McGraw−Hill, 2002. – 1147 с.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ «МИКРОБИОЛОГИЯ» С ДРУГИМИ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМИ 1-31 01 01 02 «Биология (научно-педагогическая деятельность)»

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Биохимия			
2. Генетика			
3. Цитология			

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ДИСЦИПЛИНЫ «МИКРОБИОЛОГИЯ»
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМИ
1-31 01 01 02 «Биология (научно-педагогическая деятельность)»

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Физиология растений	Кафедра ботаники и физиологии растений	Содержание учебной программы одобрить	
2. Вирусология	Кафедра ботаники и физиологии растений	Содержание учебной программы одобрить	

Заведующий кафедрой
ботаники и физиологии растений _____ Н.М. Дайнеко

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
на _____/_____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ботаники и физиологии растений (протокол № ____от _____ 20____ г.)

Заведующий кафедрой
к.б. н., доцент _____ Н.М. Дайнеко

УТВЕРЖДАЮ
Декан биологического факультета
д.б.н., доцент _____ В.С. Аверин

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ