

ТЕМА 2

МОРФОЛОГИЯ, СТРОЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

2.1. Морфология микроорганизмов

2.1.1. Из истории микроскопа

Изучение морфологии микроорганизмов невозможно без увеличительных приборов – микроскопов. Первый увеличительный прибор был сделан в 1608 г Итальянским ученым Г.Галилеем. Он смастерил длинную трубку (типа современного телескопа) с двумя увеличительными линзами внутри и с помощью его смотрел на отдаленные объекты. Затем он усовершенствовал этот прибор и в 1610 году сделал первый «микроскоп», с помощью которого смотрел на мелкие объекты.

В 1625 году Немецкий ученый Иоган Фабер второй прибор Галилея назвал микроскопом.

В 1665 году Английский ученый Роберт Гук усовершенствовал микроскоп добавлением 3–ую собирательную линзу.

В 1667 году Итальянский ученый Евстахий Давини сделал 2–ой линзовый окуляр, в результате которого появилось плоское видимое поле.

В 1715 году Немецкий ученый Гертель впервые применил осветительное зеркало для направления лучи света к объекту и линзу.

В 1850 году Итальянский ученый Д.Амиги создал иммерсионный микроскоп и использовал водную иммерсию, а в 1878 году Английский ученый В.Стефансон предложил масляную иммерсию.

В 1886 году Немецкий ученый Ф.Эбнер сделал темнопольный микроскоп.

В 1908 году Немецкие ученые А.Кёлер и Г.Зидонтофф создали люминесцентный микроскоп.

В 1934 году Ф.Урнике добавил к микроскопу фазово-контрастное устройство.

В 1930 году Е.Руска, М.Кнолль и Б.Боррие создали первый электронный микроскоп.

2.1.2 Морфология и строение бактерий

Формы и размер бактерий

По внешней форме бактерии можно разделить на несколько групп: шаровидные (сферические), палочковидные, извитые, вибрионы, кольцообразные, (тороиды) в форме шестиугольной звезды, бактерии образующие выросты (простеки), червеобразной формы и разветвленные бактерии. Однако большинство известных бактерий имеют шарообразную, палочковидную и извитую форму.

Бактерии сферической формы или кокки имеют размер в диаметре 1-2 мкм (микрометр). В зависимости от расположения клеток после деления они подразделяются на ряд групп. Если после деления клетки располагаются по одиночно, то их называют монококки или микрококки. Если деление происходит в одной плоскости и клетки не разъединяются, а остаются связанными по две, то их называют диплококки. После такой деление, если клетки не разъединяются и образуют цепочки разной длины, то их называют стрептококки. Деление кокков в двух взаимно перпендикулярных плоскостях приводит к образованию форм из четырех клеток-тетракокков. При одновременном делении кокков в трех взаимоперпендикулярных плоскостях образуются пакеты из восьми клеток в виде кубика. Такое скопление кокков называют сарцина. При делении кокков неравномерно в нескольких плоскостях возникают скопления клеток напоминающие гроздья винограда. Это – стафилококки.

Среди кокков имеются представители с неправильно круглой формой клетки. К ним относятся пневмококки, менингококки и гонококки. Форма пневмококков овальная, напоминающая пламя свечи, клетки соединены

попарно широкими основаниями. Менингококки и гонококки имеют форму бобов или кофейных зерен, клетки соединены по две вогнутыми сторонами.

Кокковые формы, за исключением *Sarsina ureae* (мочевой сарцины), не образуют спор, неподвижны, широко распространены в природе. Многие из кокков патогенные-возбудители воспалительных процессов, например, пневмококки, менингококки, гноеродные стрептококки и стафилококки; другие – непатогенные, возбудители молочнокислого брожения, например, *Streptococcus lactis*, *Str.cremoris*; некоторые используются в производстве для биосинтеза декстрана – заменителя плазмы крови *Leuconostos mesenteroides*.

Самые мелькие по размеру бактерии встречаются среди шаровидных форм, которые принадлежат к микоплазмам. Описаны микоплазмы с диаметром клеток 0,12-0,15 мкм.

К палочковидным формам относится самая многочисленная группа бактерий. Клетки имеют цилиндрическую форму, концы их могут быть округлые либо срезанные, прямые и выпуклые. Различают палочки короткие и длинные, толстые и тонкие. Размеры палочковидных бактерий от нескольких десятых микрона до 100 и больше. У коротких палочек длина лишь ненамного превышает поперечник клетки, так что иногда довольно трудно отличить их от кокков.

У некоторых бактерий палочковидные клетки соединяются в длинные нити, образуя так называемые нитчатые формы. К таким многоклеточным нитевидным формам относятся некоторые железобактерии и бесцветные серобактерии. Длина нити серобактерии *Beggiatoa mirabilis* достигает 1 см и больше. Она считается гигантом среди бактерий.

По способности к спорообразованию палочковидные формы делятся на две группы: бактерии и бациллы. Клетки, не образующие спор, называются бактериями. Они как правило, располагаются одиночно. В преобладающем большинстве это мелкие палочки, относящиеся к родам *Bacterium* и *Pseudomonas*. Палочковидные формы, образующие споры, называют

бациллами (*Bacillus*). Они различаются между собой по форме клеток, обусловленной размерами и местом расположения спор.

Если спора располагается в центре клетки и диаметр ее не превышает диаметра клетки, то такой тип называют собственно бациллами; если диаметр споры превышает диаметр клетки, то при расположении споры в центре клетки имеет веретеновидное утолщение и называется клостридием (например, у *Clostridium pasteurianum*) а при расположении споры в конце принимает вид барабанной палочки или теннисной ракетки и называется плектридием. Спороносные формы образуют длинные цепочки клеток, так называемые стрептобациллы (например, *Bacillus mycoides*).

Микроорганизмы спиралевидной формы различаются числом витков. Если у бактерий клетки имеют несколько крупных завитков, то их называют спириллы. Клетки с множеством мелких витков спирали называют спирохеты. Бактерии изогнутые в виде полумесяца или завитой называют вибрионы. Большинство извитых форм представлено патогенными видами (например, холерной вибрион, возбудитель сифилиса). Среди них есть и сапрофиты, обитающие в почве и воде. Извитые формы имеют весьма различные размеры клеток – от мелких 1,5-2,0 мкм (вибрионы) до очень крупных 2-3 x 15-20 мкм (например, *Spirillum volutans*). Есть среди прокариотов организмы, отличающиеся от описанных выше основных форм. Некоторые бактерии имеют вид кольца, замкнутого или разомкнутого в зависимости от стадии роста (например, бактерии рода *Microcycilus*). Такие клетки предложено называть тероидами.

У бактерий, в основном размножающихся почкованием, описано образование клеточных выростов, число которых может колебаться от 1 до 8 и больше. Бактерий образующие выросты называют простеки.

Из природных субстратов выделены бактерии червеобразной формы (длинные клетки с загнутыми, очень тонкими концами) и напоминающие по виду правильную шестиугольную звезду.

Для некоторых групп прокариотов характерно слабое ветвление, например, у микобактерий и пропионовых бактерий. У некоторых бактерий имеется хорошо выраженное ветвление. Их называют актиномицеты (стрептомицеты).

Описаны бактерии, обладающие морфологической изменчивостью (плеоморфизмом), например бактерии, относящиеся к группе коринебактерий, в зависимости от условий могут иметь вид палочек, кокков или слабоветвящихся форм.

Форма клеток прокариотов (бактерий) определяется жесткой (ригидной) клеточной стенкой. Именно последняя придает клетке определенную, наследственно закрепленную внешнюю форму. У ряда бактерий (например, у спирохет, миксобактерий и флексибактерий) клеточная стенка довольно эластична, поэтому они способны в определенных пределах менять форму клеток, например путем загибания. Наконец известны бактерии, у которых клеточная стенка отсутствует совсем. Это – микоплазмы и L - формы. Микоплазмы существуют в природе и в большинстве патогенны для человека и животных. L – формы получены экспериментально под действием химических веществ, которые разрушают клеточную стенку бактерий или подавляют синтез компонентов клеточной стенки. Для этих бактерий характерен ярко выраженный плеоморфизм.

Строение и химический состав бактерий

Структуры, расположенные снаружи от цитоплазматической мембраны (клеточная стенка, капсула, слизистый чехол, жгутики, ворсинки), называют обычно поверхностными структурами или бактериальной оболочкой. Цитоплазматическая мембрана вместе с цитоплазмой называется протопластом. Рассмотрим сначала строение, химический состав и функции поверхностных клеточных структур.

Жгутики. На поверхности клеток многих бактерий имеются структуры, определяющие способность клеток к движению. Это жгутики. Их наличие, число, размеры, расположение являются признаками, постоянными для определенного вида бактерий и имеющими поэтому важное таксономическое значение.

Если жгутики находятся у полюсов клетки, говорят об их полярном расположении, если вдоль боковой поверхности клетки, говорят об их латеральном расположении. Если один жгутик прикреплен к одному из полюсов клетки, его называют монотрихи. Если на каждом полюсе по одному или пучок жгутиков, - называются амфитрихи (или биополярные политрихи). Если пучок жгутиков расположен на одном из полюсов клетки – называются лофотрихи (или монополярные политрихи). Если многочисленные жгутики расположены по всей поверхности клетки – называются перитрихи. Толщина жгутиков 100 – 300 А, длина от 3 до 12 мкм. Состоят они из одного вида белка – флагеллин.

Перемещение бактерий осуществляется за счет активных вращательных движений жгутиков. Некоторые бактерии, не имеющие жгутик, перемещаются по твердому субстрату скольжением (например, миксобактерии, флексибактерии, спирохеты, цианобактерии).

Следует отметить, что механизмы движения бактерий пока не выяснен.

Подвижные бактерии активно и направленно перемещаются. Такие направленные перемещения бактерий называются таксисами. Известно, хемотаксисы, аэротаксисы и фототаксисы. Скорость перемещения бактерий велика – за 1 секунду может пройти расстояние в 20 – 50 раз больше, чем длина клеток.

Ворсинки. На поверхности клетки имеются ворсинки (фимбрии или пили). Они тесно расположены по всей поверхности клеточной стенки. Ворсинки также короче и толще чем жгутики. Длина их составляет от 0,3 до 4 мкм. Они обнаружены как у подвижных, так и у неподвижных бактерий. Описано 9 типов ворсинок. Наиболее хорошо изучены половые ворсинки

или F – пили, состоящие из белка и имеющие полый канал. Некоторые ворсинки принимают участие в транспорте метаболитов, прикреплении бактерий к субстрату, а также в защите клетки от паразитов.

Жгутики и ворсинки не являются обязательной клеточной структурой, так как без них бактерии тоже хорошо растут и размножаются.

Капсулы и слизистые чехлы. Снаружи клеточная стенка бактерий и цианобактерий часто бывает окружена слизистым веществом. В зависимости от его толщины и консистенции различают макро и микрокапсулы. Под капсулой понимают слизистое образование, обволакивающее клеточную стенку и имеющее четко очерченную поверхность. Если же окружающие клетку слизистое вещество имеет аморфный, бесструктурный вид и легко отделяется от поверхности прокариотной клетки, говорят о слизистом чехле, окружающем клетку. Колонии, состоящие из клеток, окруженных капсулой, имеют гладкую поверхность. Их обозначают как S – колонии (от английского слова smooth -гладкой). Колонии, сформированные из безкапсульных клеток, имеют шероховатую поверхность и называются R – колонии (от английского слова rough - шероховатый).

Клеточная стенка. Клеточная стенка важной и обязательный структурной элемент прокариотной клетки (исключение составляют микоплазмы). На долю клеточной стенки у прокариотных микроорганизмов приходится от 5 до 50% сухих веществ клетки. Она служит механическим барьером между протопластом и внешней средой и придает клеткам определенную форму. Клеточная стенка чисто механически защищает клетку от проникновения в нее избытка воды.

Химический состав и строение клеточной стенки постоянны для определенного вида и являются важным диагностическим признаком. В зависимости от строения клеточной стенки бактерии делятся на две большие группы: грамположительные и грамотрицательные. Было обнаружено, что если фиксированные клетки микроорганизмов обработать сначала кристаллическим фиолетовым, а затем йодом, образуются окрашенный

комплекс. При последующей обработке спиртом в зависимости от строения клеточной стенки судьба комплекса будет различна. У грамположительных бактерий этот комплекс удерживается клеткой, и последние остаются окрашенными, а у грамотрицательных бактерий, наоборот, окрашенный комплекс вымывается из клеток, и они обесцвечиваются. Этот способ окрашивания был впервые предложен в 1884 г. датским ученым Х.Грамом.

Клеточные стенки грамположительных и грамотрицательных бактерий различаются по химическому составу. Считается, что гликопептиды образуют жесткий каркас клеточной стенки. У грамположительных бактерий они составляют основную ее массу (до 90%), а у грамотрицательных их содержание значительно меньше (5-10%).

Клеточная стенка грамположительных бактерий содержит гликопептиды (муреиновый комплекс), полисахариды, тейховые кислоты, липиды. Клеточная стенка грамотрицательных бактерий содержит полисахариды, липиды (до 90%) , белки, липополисахариды, липопротеиды и гликопептиды. Следовательно, тейховые кислоты отсутствуют у грамотрицательных бактерий и липополисахариды и липопротеиды отсутствуют у грамположительных бактерий.

В определенных условиях прокариотные микроорганизмы могут обходиться и без клеточных стенок. Бактерии, не содержащие клеточной стенки – это микоплазмы, среди которых имеются сапротрофы и паразиты животных и человека. Формы сходные с микоплазмами, были получены с помощью пенициллина и лизоцима в лаборатории. Это так называемые L - формы.

Цитоплазматическая мембрана. Содержимое клетки отделяется от клеточной стенки цитоплазматической мембраной (ЦПМ). Нарушение целостности ЦПМ приводит к потере клеткой жизнеспособности. ЦПМ – белково – липидный комплекс, в котором белки составляют 50-70%, липиды от 15-30%. Под электронном микроскопом она видна в виде трехслойной структуры. Согласно модели, предложенной Г.Даусоном и Д.Даниелли, ЦПМ

построена из двух белковых слоев, между которыми расположен липидный слой.

ЦПМ выполняет разнообразные функции. Препараты мембран обладают АТФ-азной активностью, катализируют процессы синтеза веществ, входящих в состав клеточной стенки и слизистого чехла. В мембранах локализованы окислительные ферменты. Здесь же находятся ферменты – пермеазы, которые осуществляют активный двусторонний избирательный перенос через мембрану различных органических и неорганических веществ. Между ЦПМ – ой и клеточной стенкой имеется пространство, которое называют периплазматическим пространством. Многие внеклеточные ферменты функцианируют именно в этом пространстве.

Цитоплазма. Содержимые клетки, окруженное ЦПМ, называется цитоплазмой. В цитоплазме бактерий, содержится ядерный материал и различные включения.

Ядерный материал бактерий, состоящий из ДНК, диффузионно расположен в центральной части цитоплазмы и не ограничен от цитоплазмы мембраной. Его называют нуклеоидом.

В цитоплазме имеются мембранные структуры – мезосомы, у фотосинтезирующих бактерий – тилокоиды и хроматофоры.

Тилокоиды и хроматофоры фотосинтезирующих бактерий являются местом локализации фотосинтетических пигментов.

Мезосомы различаются размерами, формой и локализацией в клетке . Выделяют три основных типа мезосом: пластинчатые (ламеллярные), пузырьчатые (везикулярные) и трубчатые (тубулярные). Считается, что они принимают участие в важных процессах клеточного метобализма. Однако истинная функция бактериальных мезосом остается загадочной.

Рибосомы в бактериальной клетке могут существовать свободно в цитоплазме или же быть связанными с мембранными структурами. В синтезе белка участвуют рибосомальные агрегаты, называемые полирибосомами, или полисомами.

В цитоплазме различных бактерий обнаруживаются еще и твердые , жидкие, газообразные вещества.

2.1.3. Классификация бактерий

В настоящее время царство бактерий делится на 4 категории:

1. Грамотрицательные эубактерии, имеющие клеточные стенки;
2. Грамположительные эубактерии, имеющие клеточные стенки;
3. Эубактерии, лишенные клеточных стенок;
4. Археобактерии.

Каждая категория подразделяется на группы, а группы – на семейства, роды и виды.

Первая категория имеет 16 групп; вторая категория – 13 групп, третья категория – имеет одну группу, а четвертая категория – 5 групп. (более подробно см: 1) Определитель бактерий Берджи. М.: Мир, 1997, том 1, 430 с.; 2)Шлегель. Общая микробиология. М.: Мир, 1987, 562 с.).

2.1.3. Морфология, строение и классификация грибов

Грибы относятся к эукариотным микроорганизмам. Все они гетеротрофы и в основном аэробы. Тело большинства грибов состоит из тонких нитей-гиф, а образуемые ими сплетение называется мицелием или грибница. Гифы некоторых грибов разделены перегородками на клетки (септированы), такие грибы называют многоклеточными. Гифы других грибов не имеют перегородок – это одноклеточные грибы. Имеются еще шаровидные или яцевидные одноклеточные грибы, которые называют дрожжи.

Строение клеток грибов мало отличается от строения клеток других эукариотных организмов. Клетки состоят из клеточной оболочки, цитоплазмы и одного, двух или нескольких ядер. Цитоплазма содержит внутриклеточные органеллы, вакуоли и различные включения. Клеточная оболочка состоит из клеточной стенки и цитоплазматической мембраны.

По современной системе царство грибов делят на 8 отделов: 1) отдел Мухомycota; 2) отдел Plazmodiophoramycota; 3) отдел Oomycota; 4) отдел Chytridiomycota; 5) отдел Zygomycota; 6) отдел Ascomycota; 7) отдел Basidiomycota; 8) отдел Deuteromycota. Отделы подразделяются на порядки, порядки – на классы, классы – на семейства, а семейства – на роды (более подробно см: 1) Гарибова Л.В., Лекомцева С.Н. Основы микологии. М. 2005; 2) Мюллер Э.; Леффлер В. Микология, М.: Мир,1995).

Литература

1. Гусев М.В., Минеева Л.А., Микробиология. М. 1978.
2. Коротяев А.И., Бабичев С.А., Медицинская микробиология., Санкт – Петербург,1998.
3. Шлегель Г. Общая микробиология. М.: Мир, 1987.
4. Дараселия Г.Я. Микробиология, гигиена и безопасность питания, Тбилиси, 2006.
5. Бирюзова В.И. Мембранные структуры микроорганизмов. М.: Наука, 1973.
6. Феофилова Е. П. Клеточная стенка грибов. М.: Наука, 1983.

