

МОРФОЛОГИЧЕСКИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ КЛЕТКИ ПРОКАРИОТ (МДК)

Вопросы:

- 1. Цисты и акинеты.**
- 2. Эндоспоры бактерий.**
- 3. Экзоспоры бактерий и актиномицетов.**

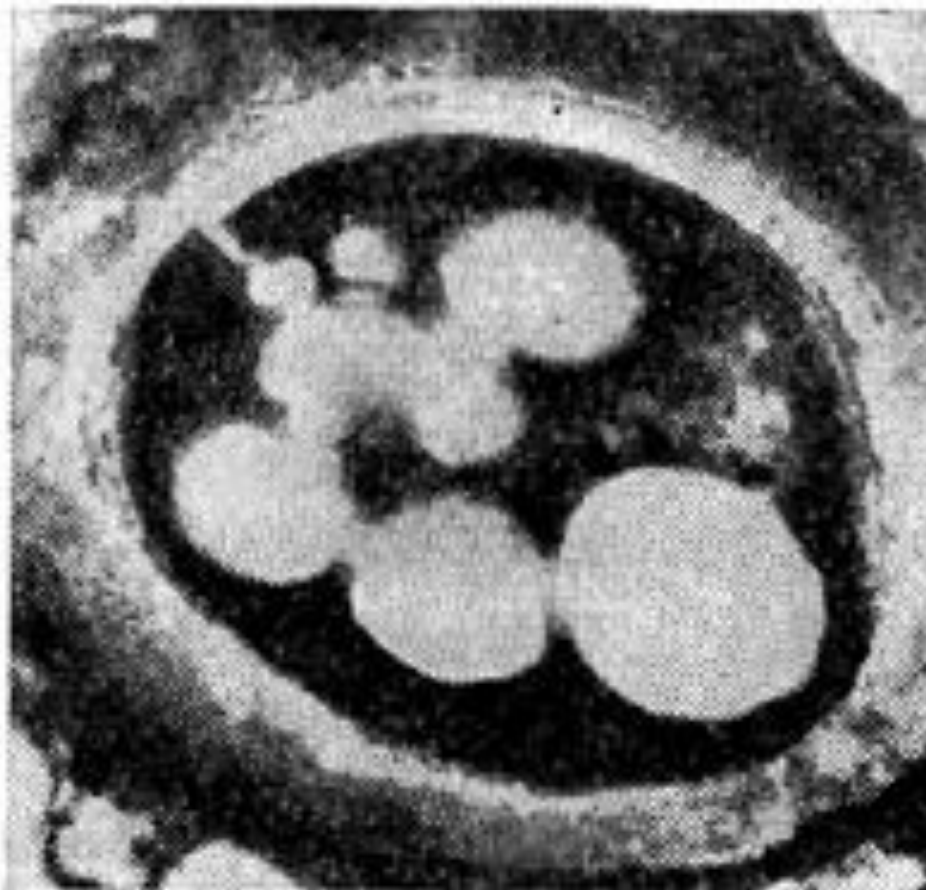
- Вегетативные клетки многих прокариот при определенных условиях дают начало структурам, которые морфологически отличаются от исходных.
- Их называют морфологически дифференцированными клетками (МДК).
- В большинстве случаев МДК служат для выживания.
- Такая дифференцировка генетически запрограммирована и реализуется в процессе развития клетки

К (МДК) прокариот относятся:

- Покоящиеся формы – эндоспоры грам(+) бактерий, цисты, акинеты цианобактерий, экзоспоры некоторых бактерий, экзоспоры и эндоспоры актиномицетов.
- МДК, служащие для размножения, – гормогонии и бaeоцисты у цианобактерий.
- МДК, связанные с осуществлением процесса азотфиксации – бактериоиды клубеньковых бактерий и гетероцисты цианобактерий.

1. Цисты и акинеты

- Цисты образуются у миксобактерий, азотобактера, спирохет, риккетсий, бактерий рода *Bdellovibrio* и некоторых др. бактерий.
- В процессе образования цисты бактериальная клетка целиком превращается в покоящуюся клетку.
- При этом может измениться морфология клетки.
- В цистах цитоплазма содержит мало свободной воды, повышенное содержание липидов (запасные питательные вещества), метаболизм



Циста азотобактера (*Azotobacter*) Увел. X 35 000.

Зрелые цисты - округлые светопреломляющие образования; имеют сердцевину – цитоплазму с нуклеоидом и гранулами поли-β-оксимасляной кислоты. Имеют дополнительные клеточные покровы: **экзину** (внешний слой) и **интину** (внутренний слой) по отношению к клеточной стенке.

Цисты устойчивы:

- 1. к механическим воздействиям,**
- 2. к высушиванию,**
- 3. к лизоциму,**
- 4. к повышенной температуре (до +60 °C).**

Акинеты цианобактерий

- **Акинеты крупнее вегетативных клеток, имеют продолговатую или сферическую форму, гранулированное содержимое.**
- **У них толстая клеточная оболочка за счет увеличения пептидогликанового слоя.**
- **В цитоплазме меньше воды, чем в вегетативных клетках, повышенное содержание ДНК, рибосом, уменьшается количество хлорофилла и фикобилипротеинов.**
- **Скорость фотосинтеза снижена, а интенсивность дыхания выше, чем в вегетативных клетках.**



Акинета

Видны гранулы цианофицина (белок), зерна волютина (полифосфаты) – запасные питательные вещества.

Устойчивость акинет:

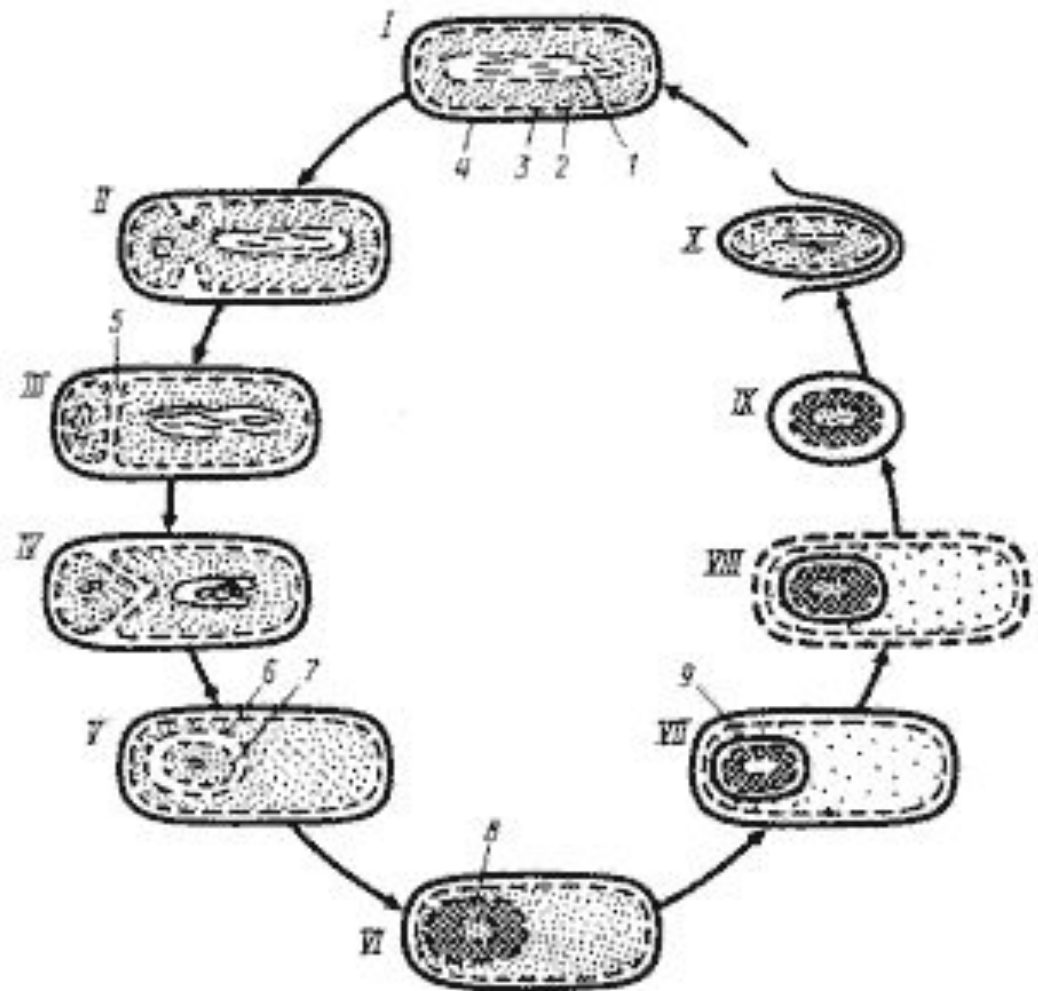
- **Устойчивы к высушиванию, пониженной температуре (до +4 °C).**
- **Служат для выживания в условиях холода и засухи.**
- **Чувствительны к повышению температуры (+ 40 °C).**

2. Эндоспоры бактерий

- **Бактериальные эндоспоры** – это особый тип покоящихся клеток в основном грамположительных бактерий.
- Формируются эндогенно, т.е. внутри материнской клетки.
- Обладают сложной споровой оболочкой.
- Устойчивы к высоким температурам, радиации и др. факторам.
- Образуются при неблагоприятных условиях среды, служат для выживания.
- Не служат для размножения.

Формирование эндоспоры спорообразующими бактериями

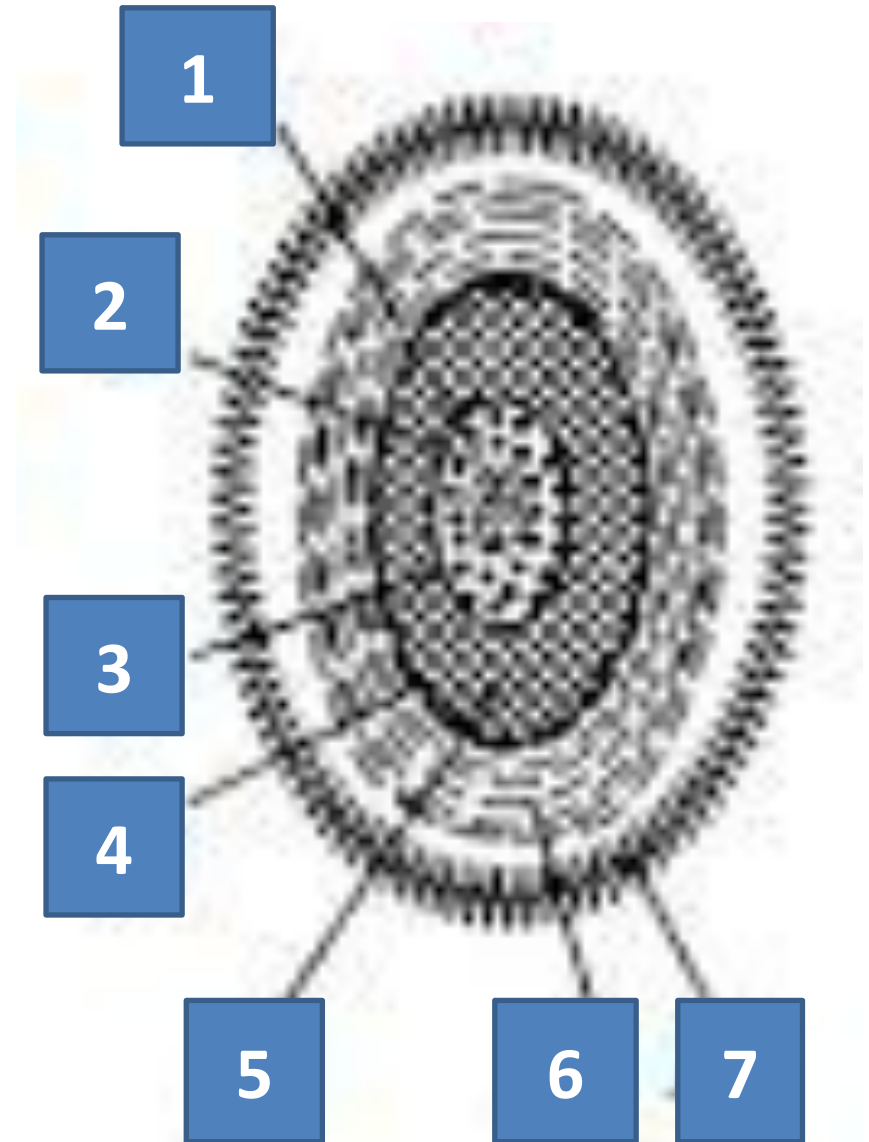
I — вегетативная клетка;
II — инвагинация ЦПМ;
III — образование споровой
перегородки (септы);
IV — формирование двойной
мембранной системы
образующейся проспоры;
V — сформированная
проспора; VI —
формирование кортекса; VII
— формирование покровов
споры;
VIII — лизис материнской
клетки; IX — свободная
зрелая спора,
X — прорастание споры.



1 — нуклеоид; 2 — цитоплазма; 3 — ЦПМ; 4 — клеточная стенка; 5 — споровая перегородка; 6 — наружная мембрана споры; 7 — внутренняя мембрана споры; 8 — кортекс; 9 — покровы споры

Строение бактериальной эндоспоры

- 1 — нуклеоид;
- 2 — цитоплазма;
- 3 — внутренняя мембрана споры;
- 4 — наружная мембрана споры;
- 5 — кортекс;
- 6 — споровые покровы;
- 7 — экзоспориум.



Химический состав эндоспор

- Белки эндоспор богаты цистеином и гидрофобными аминокислотами.
- Содержание ДНК ниже, чем в исходной вегетативной клетке.
- Генетический материал поступает в спору в виде полностью реплицированных молекул ДНК.
- Споры некоторых видов содержат по 2 или 3 копии хромосомы.

- Содержание РНК в спорах ниже, чем в вегетативных клетках.
- В спорах повышенное содержание ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , K^+ , содержится дипиколиновая кислота.
- Споры находятся в крайне обезвоженном состоянии.
- Спора находится в состоянии гиперанабиоза, т.е. метаболизм крайне заторможен.

Кортекс построен из молекул
особого типа пептидогликана.
При прорастании споры из
него формируется клеточная
стенка вегетативной клетки.

Споровые покровы состоят из белков, содержат липиды и гликолипиды. Защищают спору от повреждающих факторов, предохраняют от преждевременного прорастания.

Экзоспориум состоит из липидов и белков, защищает спору от внешних воздействий, регулирует проникновение различных веществ.

Устойчивость эндоспор бактерий

- Устойчивы к:

- ✓ высоким (+80 °C) и низким температурам, споры некоторых видов выдерживают кипячение 1 час и более (2-3 ч – споры ботулинической палочки),
- ✓ обезвоживанию,
- ✓ высокой кислотности среды,
- ✓ радиации - УФ- и γ -излучению,
- ✓ высокому гидростатическому давлению (сохраняются в грунтах на дне морей и океанов),
- ✓ механическим воздействиям,
- ✓ действию сильных окислителей и др.

Продолжительность жизни спор

- **Продолжительность жизни эндоспор 1000 лет и более.**
- Например, эндоспоры сибиреязвенной палочки в скотомогильниках сохранялись в течение 500 лет.
- Споры *Bacillus* sp., добытые из кристаллов поваренной соли в Нью-Мехико, сохраняли жизнеспособность на протяжении 250 млн лет.

Факторы, обеспечивающие устойчивость эндоспор:

- 1. Нахождение споровой цитоплазмы в обезвоженном состоянии.**
- 2. Термостойкость споровых ферментов.**
- 3. Наличие дипиколиновой кислоты и большого количества двухвалентных катионов;**
- 4. Споровая оболочка.**

Инактивация спор может быть достигнута автоклавированием, прогреванием при температуре +160 - +170 °С в течение 60-120 мин, действием спороцидных химических веществ.

Прорастание спор

Эндоспора прорастает при благоприятных условиях.

Прорастание включает три стадии:

Активация - обязательное условие прорастания спор.

Осуществляется под воздействием некоторых аминокислот и сахаров, пуриновых нуклеозидов, минеральных солей, лизоцима, катионных детергентов, сублетального теплового шока, давления от 100 до 600 Мпа, при механическом повреждении спор. Прорастание начинается через секунды после воздействия индуктора .

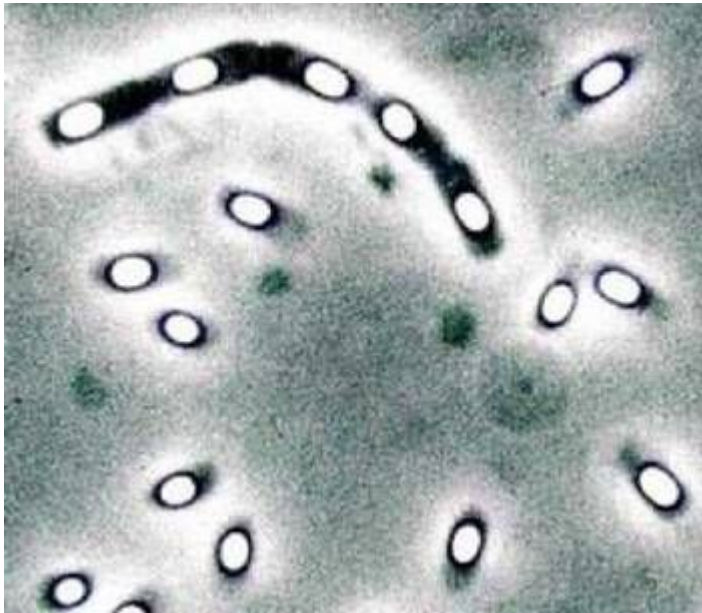
Начальная стадия. Под влиянием внешних эффекторов происходит активация автолизина, последний разрушает пептидогликан кортекса, в спору поступает вода, возрастает дыхание, спора высвобождается от дипиколиновой кислоты, под воздействием гидролитических ферментов разрушаются другие ее компоненты. Идет активный синтез белка, РНК, репарация повреждений ДНК.

Стадия роста. После разрушения кортекса и наружных слоев споры из нее появляется растущая новая вегетативная клетка. Она состоит из протопласта споры и ее клеточной стенки. В ней активизируются биосинтетические процессы; в результате новая вегетативная клетка делится на две дочерние клетки, которые далее размножаются, пока этому способствуют условия среды.

Процесс прорастания споры контролируется генами как спорового, так и

Бактерии, образующие эндоспоры

- *Bacillus*
- *Clostridium*
- *Sporosarcina* и др.



3. Экзоспоры бактерий и актиномицетов

- **Экзоспоры у бактерий**
образуются редко, например, у некоторых почкующихся бактерий.
- **Образуются в результате отпочкования от одного из полюсов клетки.**

Отпочковывание экзоспор от одного из полюсов клеток *Methylosinus* (почкующаяся метилотрофная бактерия)

Экзоспор
а

Клетка



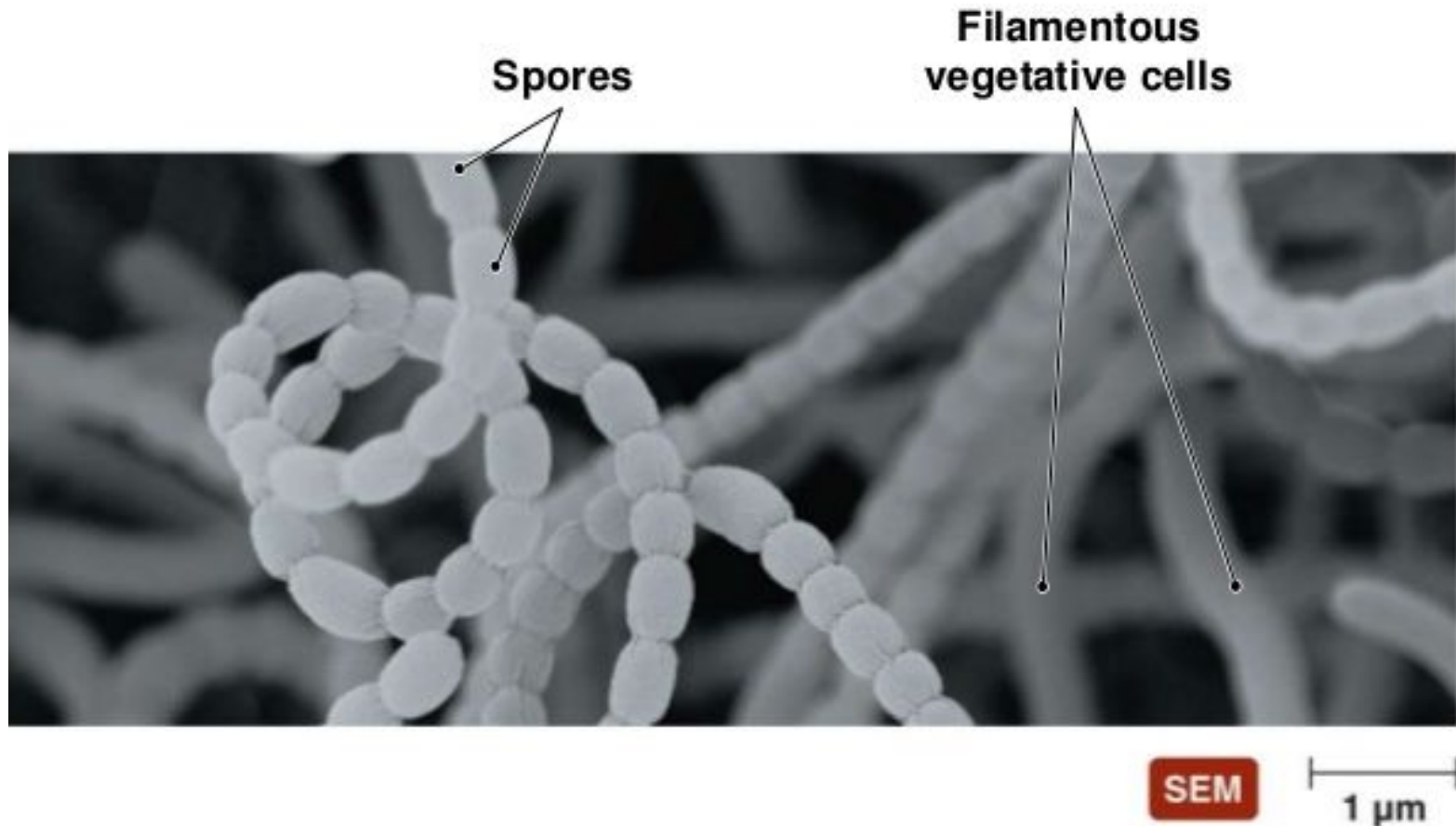
- **Экзоспоры имеют более плотную и утолщенную клеточную стенку.**
- **В экзоспорах нет дипиколиновой кислоты и характерных для эндоспор споровых покровов (кортекс, экзоспориум и т.д.).**
- **Экзоспоры устойчивы к высушиванию, УФ-облучению, повышенной температуре, но в меньшей степени, чем эндоспоры.**

Экзоспоры актиномицетов

- Актиномицеты – это актинобактерии, имеют ветвящиеся клетки, образуют мицелий.

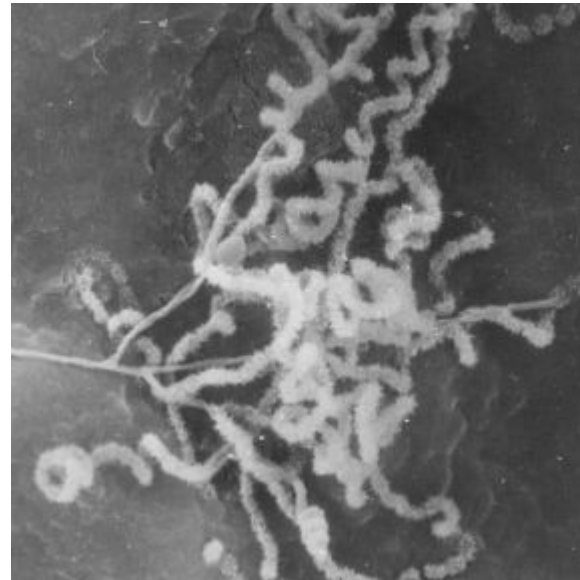
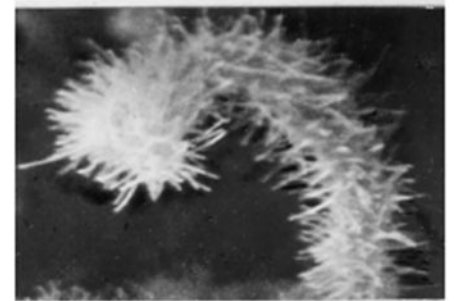
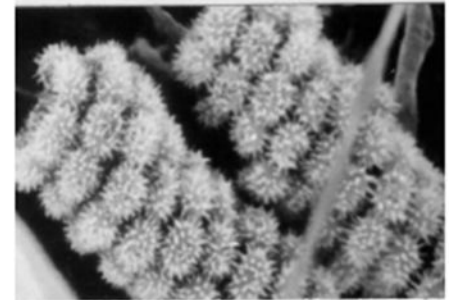
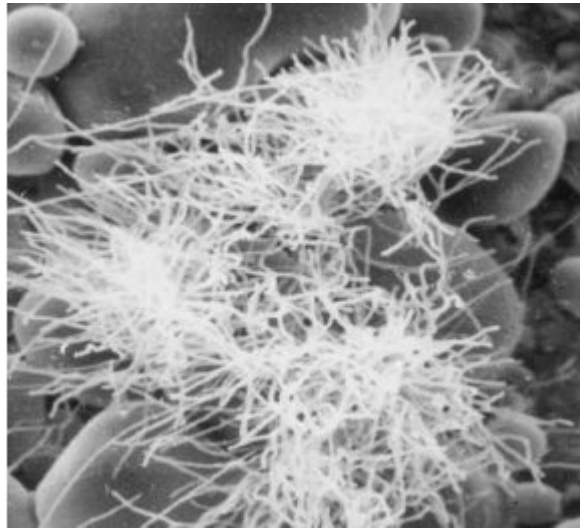
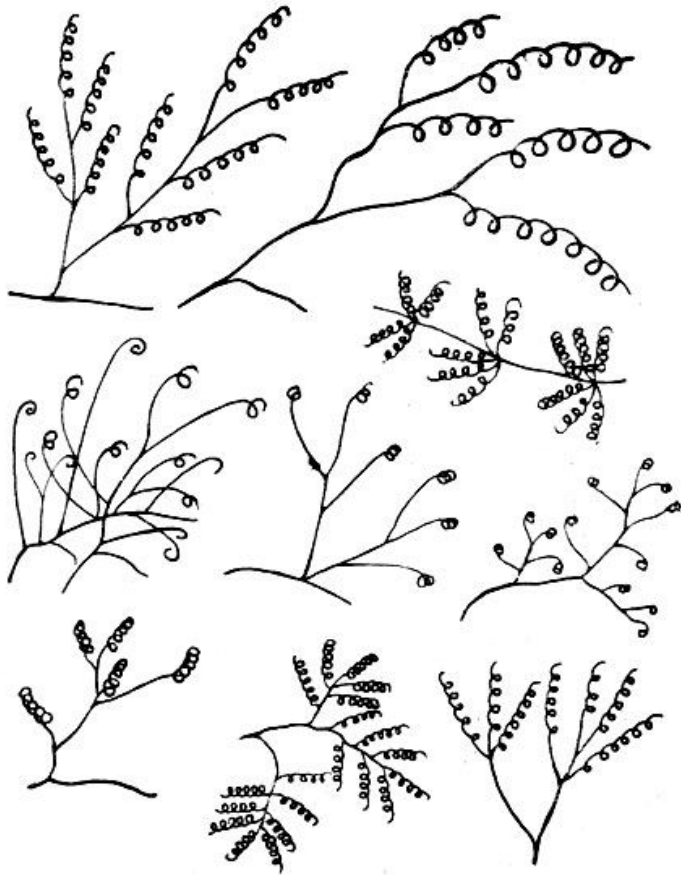


Споры актиномицетов



- Экзоспоры у актиномицетов образуются путем фрагментации гифы.
- Имеют плотную и утолщенную клеточную стенку.
- Устойчивы к высушиванию.

Формы спораносцев



- Реже у актиномицетов образуются эндоспоры.
- Образуются эндогенно – внутри цитоплазмы материнской гифы.
- Эндоспоры устойчивы к повышенной температуре – до + 75 °С.

Особенность экзоспор и эндоспор актиномицетов:

- Являются покоящейся стадией
- Служат для размножения