

Экологическая микробиология

Межвидовые взаимоотношения в мире микроорганизмов

Мутуализм между молочнокислыми бактериями и дрожжами

- **Пример:**
отношения между молочнокислыми бактериями и дрожжами в кефире и кумысе, а также в хлебном квасе.
- Молочнокислые бактерии сбраживают сахара с образованием молочной кислоты, которая создает благоприятную для развития дрожжей кислую среду и служит источником углеродного питания для дрожжей

Мутуализм между молочнокислыми бактериями и дрожжами

- В свою очередь дрожжи благоприятно влияют на развитие молочнокислых бактерий, устраняя вредный для них избыток молочной кислоты, и регулируя pH среды.
- Дрожжи продуцируют витамины, которые необходимы для развития молочнокислых бактерий
- Отмирающие клетки дрожжей содержат много белков, которые обеспечивают азотное питание молочнокислых бактерий

Мутуализм между уксуснокислыми бактериями и дрожжами

- Сходные взаимоотношения можно наблюдать в чайном грибе, состоящем из уксуснокислых бактерий и дрожжей
- дрожжи сбраживают сахара до этилового спирта, который используют уксуснокислые бактерии в качестве энергетического материала,
- они окисляют этанол до уксусной кислоты, в результате происходит подкисление среды, что благоприятно сказывается на дальнейшем развитии дрожжей

Лишайники

- классический пример мутуализма - взаимоотношения между грибами и микроскопическими водорослями или цианобактериями в лишайниках
- В таллеме лишайника гриб и микроскопическая водоросль или цианобактерия образуют единое растительное тело
- Лишайники возникли в результате перехода некоторых представителей различных групп грибов от сапротрофного способа питания к использованию продуктов ассимиляции автотрофной цианобактерии или водоросли

Лишайники

- Гриб (микобионт) поглощает из окружающей среды воду и минеральные вещества и снабжает ими водоросль или цианобактерию и, кроме того, защищает фикобионт от экстремальных воздействий внешней среды, окружая его своими гифами
- В свою очередь водоросль или цианобактерия (фикобионт) осуществляет процесс фотосинтеза, а образующиеся в его процессе органические вещества используются грибом

Лишайники

- отношения между грибом и водорослью построены **на паразитизме** особенно сильном со стороны гриба
- Гриб утилизирует органические вещества, образованные водорослью, а при отмирании клеток водорослей использует в питание и сами отмершие клетки водорослей, переходя при этом к сапротрофному типу питания
- грибы в лишайнике образуют **гаустории** и **апрессории** - специализированные гифы, которые характерные для паразитических грибов
- Гаустории проникают в фотосинтезирующие клетки водорослей, потребляя из них органические вещества

Грибная гифа с гаусториями



Комменсализм

- **Пример:**
- **взаимоотношения между аммонифицирующими и нитрифицирующими бактериями**
- **Аммонифицирующие бактерии осуществляют разложение белков с высвобождением аммиака**
- **Нитрифицирующие бактерии, которые являются комменсалами по отношению к аммонифицирующим бактериям, окисляют этот аммиак, получая при этом энергию и не причиняя вреда аммонифицирующим бактериям**

Комменсализм

- Белки $\rightarrow$ NH_4^+ аммонифицирующие бактерии (*Bacillus* и др.)
- $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$ нитрифицирующие бактерии
- $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$ аммонийокисляющие бактерии (*Nitrosomonas*)
- $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ нитритоокисляющие бактерии (*Nitrobacter*)

СИНТРОФИЯ –

**ФОРМА СИМБИОТИЧЕСКИХ
ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ДВУХ ИЛИ
БОЛЕЕ МИКРООРГАНИЗМОВ,
КОТОРЫЕ ВМЕСТЕ СПОСОБНЫ
ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ТАКОЙ ПРОЦЕСС,
КОТОРЫЙ НИ ОДИН ИЗ НИХ НЕ
СПОСОБЕН ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ПО
ОТДЕЛЬНОСТИ**

- **Основой синтрофии может быть образование одним организмом субстрата или фактора роста, обеспечивающего рост другого организма, либо удаление одним организмом продукта, токсичного для другого организма**
- **аммонифицирующие образуют аммиак, который является субстратом для нитрифицирующих бактерий, а вместе они осуществляют превращение белков до нитратов, что ни под силу каждой взятой отдельно группе бактерий**

Синтрофия, основанная на переносе молекулярного водорода

- **Реакции сбраживания летучих жирных кислот и спиртов с образованием молекулярного водорода энергетически невыгодны, если в среде накапливается молекулярный водород**
- **В синтрофных культурах с метанобразующими бактериями образующийся молекулярный водород немедленно окисляется до метана что, делает возможным постоянное протекание первой реакции**

Синтрофия

Анаэробные споровые бактерии



Водородная метанобразующая бактерия



Суммарная реакция:



Конкуренция

- между микроорганизмами, нуждающимися в одинаковых источниках питания, например при колонизации общего субстрата

R-СТРАТЕГИЯ

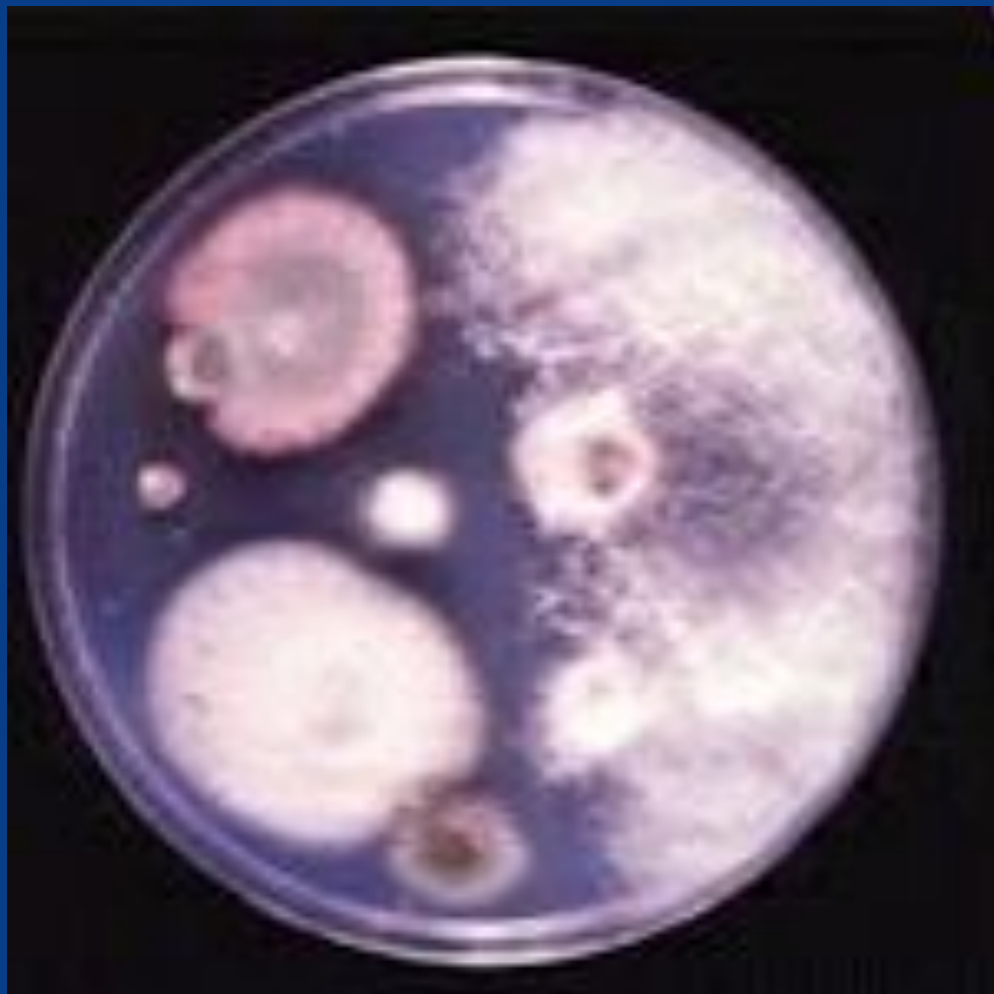
- При наличии легкоусвояемого субстрата с высоким содержанием питательных веществ, победителем чаще всего оказывается тот организм, который растет быстрее и захватывает жизненное пространство, затрудняя доступ к этому субстрату другим видам.

R-СТРАТЕГИ

НАИБОЛЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫМИ ПРИ
ОСВОЕНИИ ЛЕГКОУСВОЯЕМЫХ ТВЕРДЫХ
СУБСТРАТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ ОБЫЧНО ОКАЗЫВАЮТСЯ
ГРИБЫ ИЗ КЛАССОВ *ZYGOMYCETES* И
ASCOMYCETES,

- ОБРАЗУЮТ БОЛЬШОЕ КОЛИЧЕСТВО СПОР,
- ГИФЫ ЗА КОРОТКОЕ ВРЕМЯ
РАСПРОСТРАНЯЮТСЯ НА БОЛЬШИЕ
ПОВЕРХНОСТИ

Колонии грибов на сусло-агаре



К-СТРАТЕГИ

**РАЗМНОЖАЮТСЯ МЕДЛЕННЕЕ, РАСХОДУЮТ
БОЛЬШЕ РЕСУРСОВ НА ПОДДЕРЖАНИЕ
ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ,
НО ЗАТО ЛУЧШЕ СОХРАНЯЮТСЯ В
НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ
К-СТРАТЕГИ ПРИСПОСОБЛЕНЫ К ОБИТАНИЮ
В СРАВНИТЕЛЬНО СТАБИЛЬНЫХ
КЛИМАКСОВЫХ СООБЩЕСТВАХ, ГДЕ ОНИ
БОЛЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫ**

Мицелий *Serpula lacrymans* на дресесине



Хищничество

- Хищничество весьма редко встречается в мире микроорганизмов, поскольку большинство микроорганизмов обладают осмотрофным типом питания
- Хищничество характерно для многих простейших, которые способны поедать бактерии

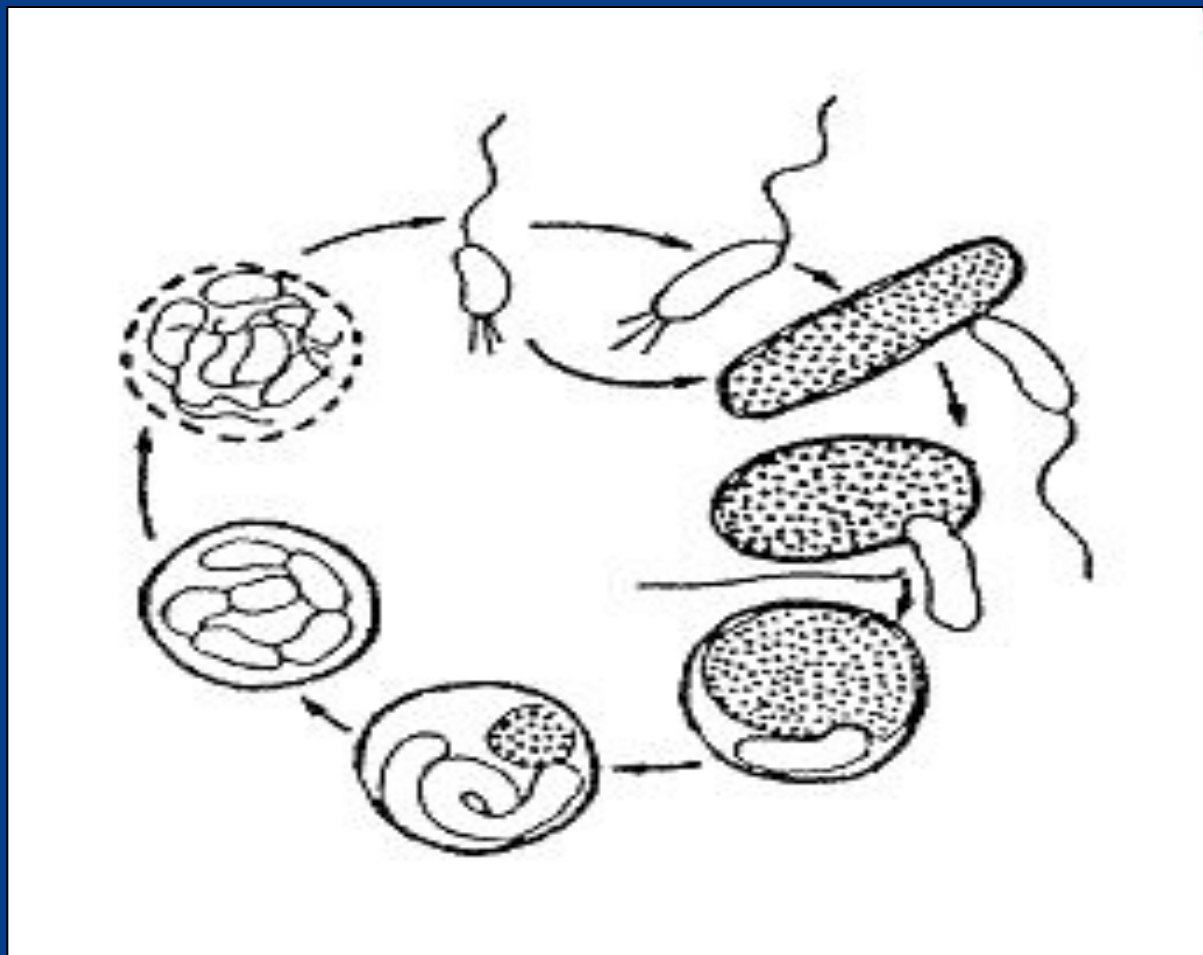
Паразитизм

- Паразитизм в мире микроорганизмов встречается очень редко
- бактерия паразитирующая на других бактериях - *Bdellovibrio bacteriovorus*
- паразитирует в клетках более крупных грамотрицательных бактерий
- Еще один пример паразитизма в мире микроорганизмов – взаимоотношения между бактериофагами и бактериями

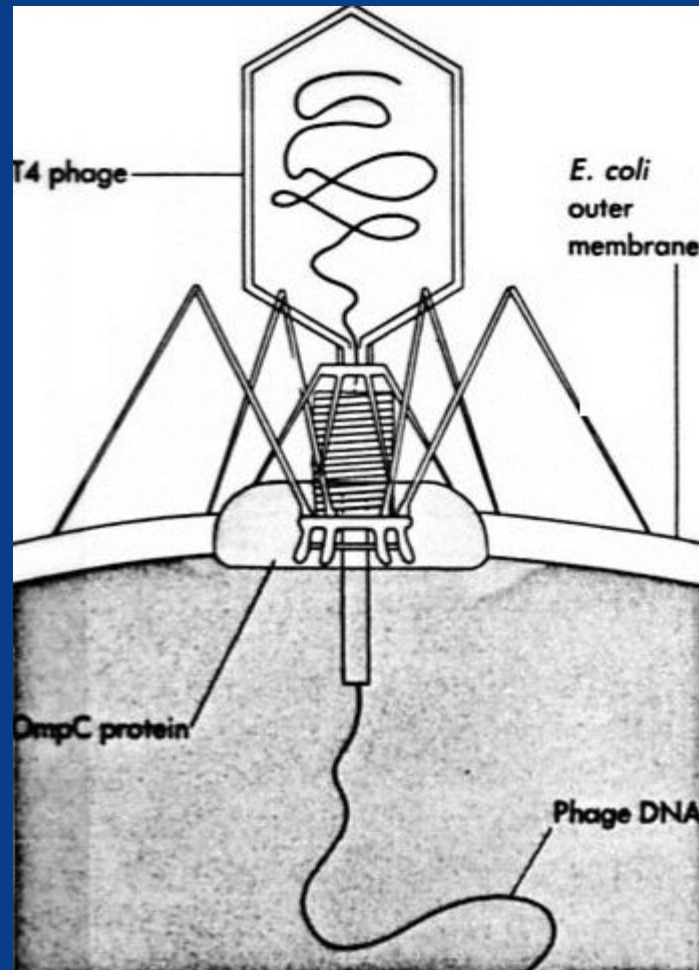
Bdellovibrio bacteriovorus

- – мелкая слегка изогнутая палочка с одним полярно расположенным жгутиком
- прикрепляется к крупной бактерии, пробуравливает клеточную стенку и проникает в периплазматическое пространство,
- Контролирует метаболизм клетки, питаясь веществами цитоплазмы клетки-хозяина, быстро увеличивается в размере, превращаясь в длинный филамент, который затем делится, и появляются новые клетки *B. bacteriovorus*
- Клетки хозяина лизируют, а клетки паразита выходят в окружающую среду

Жизненный цикл *Bdellovibrio bacteriovorus*

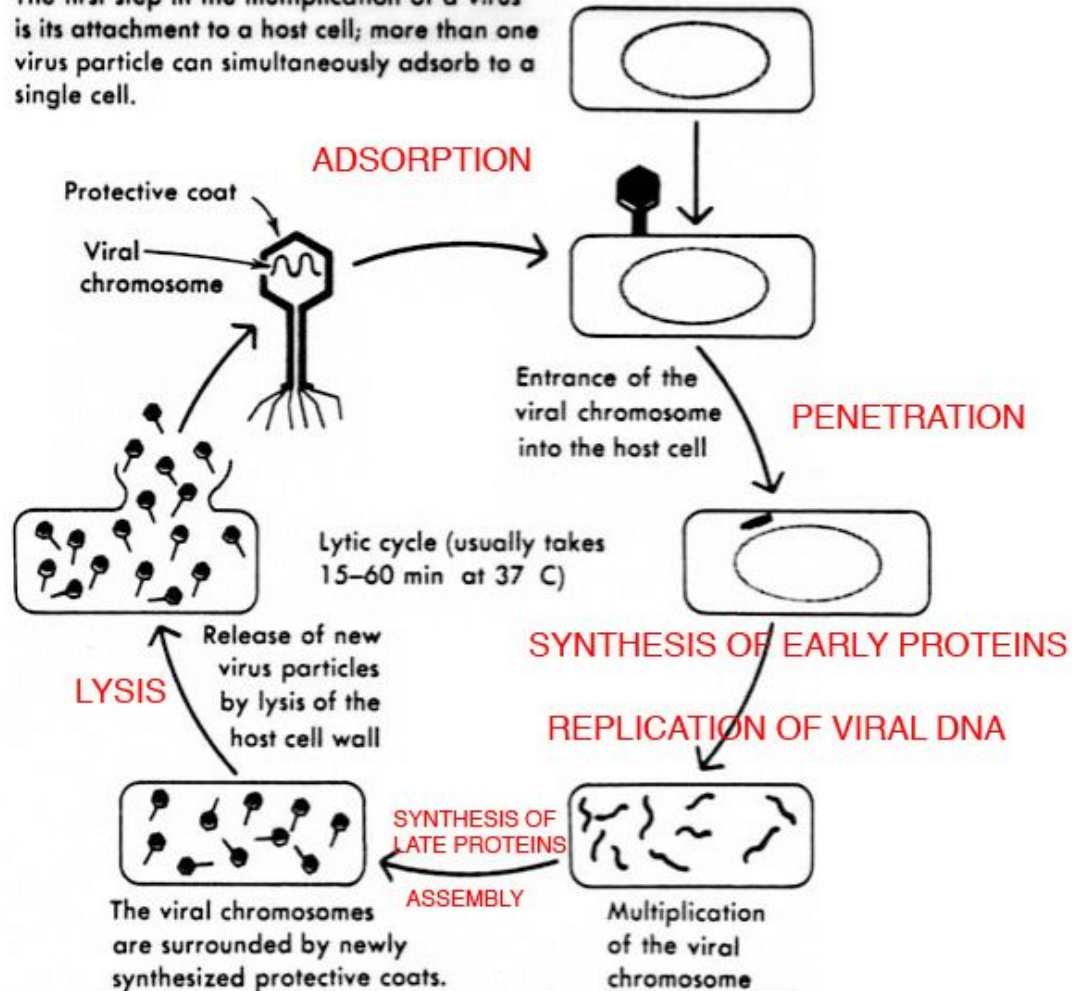


Бактериофаг Т4



Литический цикл бактериофага

The first step in the multiplication of a virus is its attachment to a host cell; more than one virus particle can simultaneously adsorb to a single cell.



Аменсализм

- – широко распространенное в мире микроорганизмов явление
- Одни микроорганизмы могут подавлять развитие других благодаря своим продуктам обмена – органическим кислотам, щелочам, спиртам, ферментам и особенно антибиотикам,
- И.И. Мечников установил, что продукты жизнедеятельности молочнокислых бактерий, в первую очередь органические кислоты, угнетают развитие гнилостных бактерий, поселяющихся в кишечнике человека.

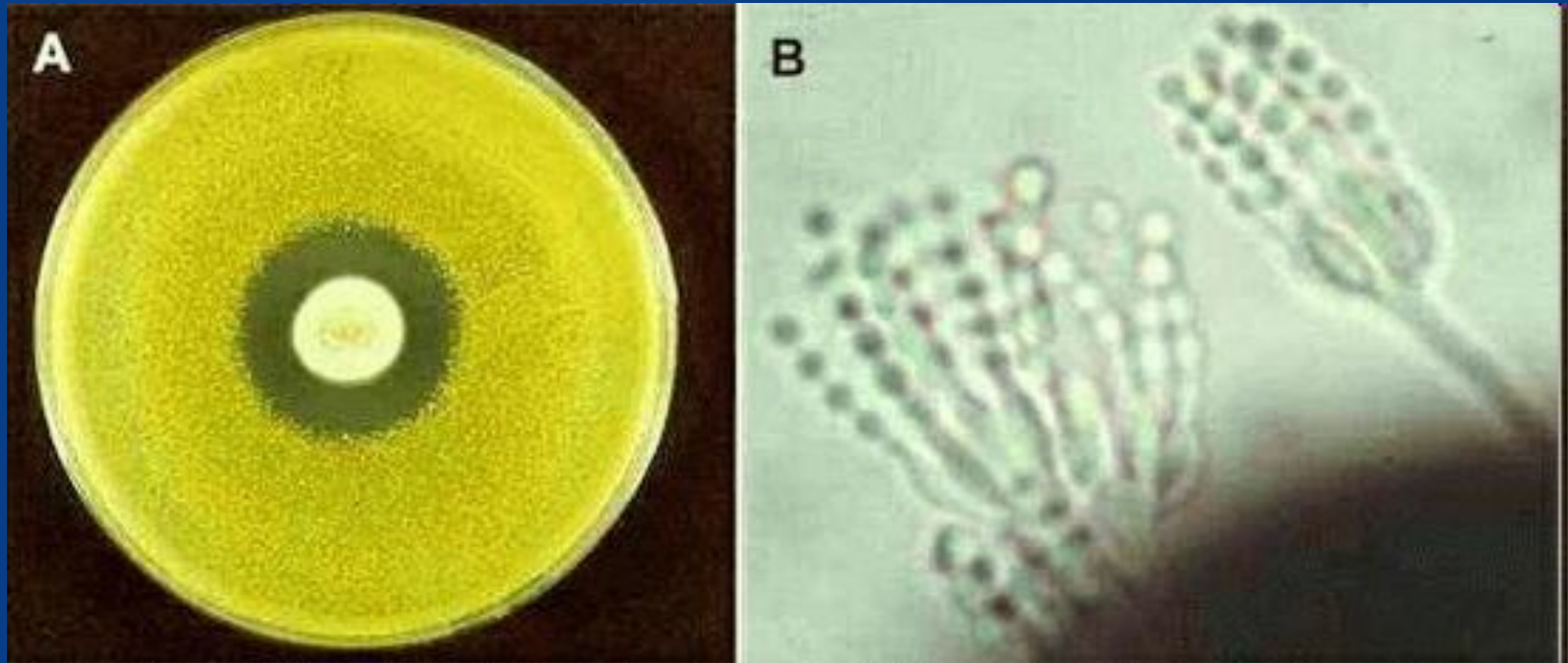
Антибиотики

- Первый антибиотик – пенициллин – обнаружен Флемингом в культуре плесневого гриба *Penicillium notatum*
- Бактерицидный или бактериостатический эффект антибиотиков связан с нарушением отдельных звеньев метаболизма или структуры бактериальных клеток
- Пенициллин блокирует синтез пептидогликана в клеточных стенках грамположительных бактерий
- Различные антибиотики вызывают нарушение синтеза белка, ДНК и РНК, а также повреждение цитоплазматической мембраны

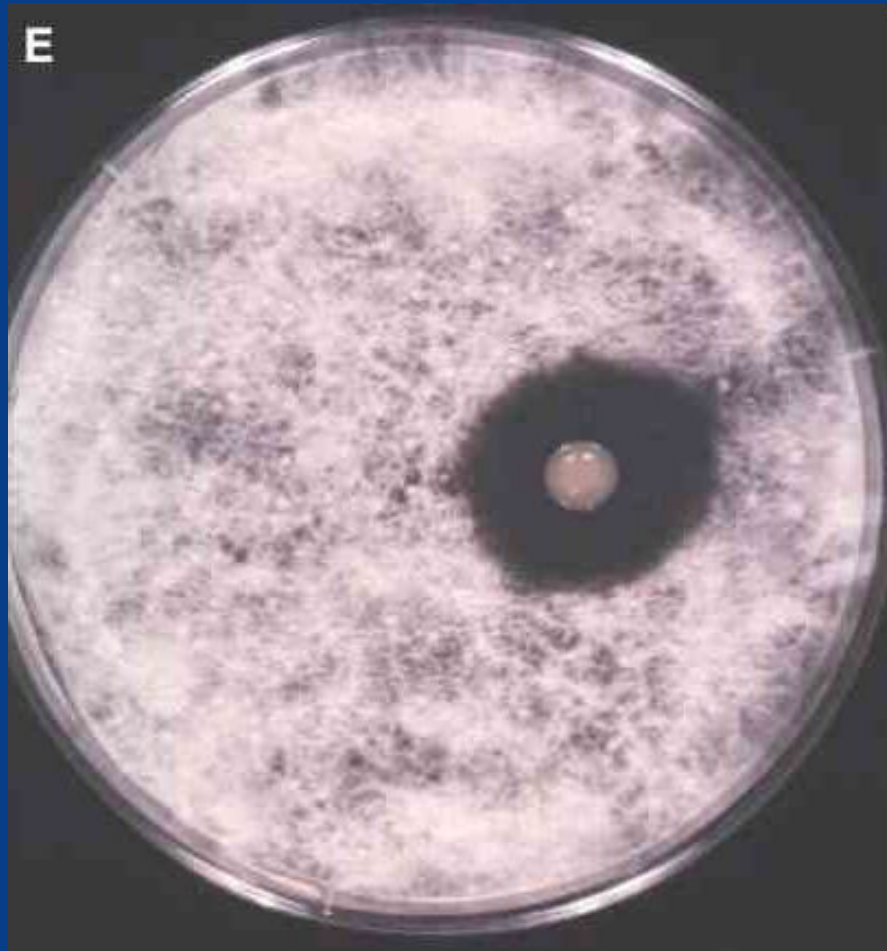
Антибиотики

- **Специфичность антибиотиков** проявляется в том, что они действуют избирательно, угнетая или убивая только определенные микроорганизмы
- **антибиотики проявляют свое действие в очень малых количествах, тогда как неспецифические вещества – только при довольно высоких концентрациях**
- **Экологическая роль антибиотиков** заключается в том, что они дают преимущество продуцирующим их организмам за счет угнетения роста конкурентов

Penicillium notatum ингибирует
рост
Micrococcus luteus



Vacillus ингибирует рост мицелия гриба



Актиномицеты –активные продуценты антибиотиков

**Способность актиномицетов к
продукции антибиотиков связана с
тем, что они отличаются очень
медленным ростом, и выделение
антибиотических веществ дает им
возможность выдерживать
конкуренцию за субстрат с
быстрорастущими
микроорганизмами**

Бактериоцины

- Многие бактерии синтезируют белки - бактериоцины, убивающие, родственные виды или штаммы бактерий, или тормозящие их рост
- Информация об этих белках закодирована в особых плазмидах, которые называют бактериоциногенными факторами
- Бактериоцины образуются многими бактериями в том числе *Escherichia coli* (колицины) *Pseudomonas aeruginosa* (пиоцины)

Киллерные токсины дрожжей

- **дрожжевые грибы (дрожжи-киллеры) выделяют токсины, к которым они сами устойчивы, но которые являются летальными для других чувствительных штаммов дрожжей**
- **Механизм действия киллерных токсинов на чувствительные дрожжи связан с повреждением цитоплазматической мембраны и нарушением ее проницаемости**

Взаимоотношения микроорганизмов и растений

- На корнях и надземных органах растений, т. е. на поверхности листьев, стеблей и плодов всегда обнаруживается большое количество разнообразных сапрофитных микроорганизмов
- Это связано с тем, что на поверхности корней и надземных частей растений выделяются органические соединения, синтезированные растительным организмом

Микроорганизмы филлосферы

- Эпифитные микроорганизмы – микроорганизмы (преобладают бактерии), развивающиеся на поверхности надземных частей растений
- не паразитируют на растении, а растут за счет нормальных выделений его тканей и имеющихся на его поверхности небольших количеств органических загрязнений
- Численность популяции бактерий филлосферы определяется доступностью влаги и питательных веществ
- На 1 г зеленой массы растения - от 1 до 100 млн. клеток бактерий

Микроорганизмы филлосферы

- **На разных растениях могут преобладать различные виды микроорганизмов**
- **некоторые растения характеризуются специфичностью микрофлоры филлосферы**
- **Для многих бактерий филлосферы характерна способность к синтезу меланиновых или каротиноидных пигментов, которые, как считают, защищают клетки микроорганизмов от неблагоприятного воздействия солнечной радиации**

- Типичным обитателем поверхности разнообразных растений является, образующая желтый пигмент бактерия, *Erwinia herbicola*
- Обитатели филлосферы часто синтезируют внеклеточные полисахариды, защищающие клетки, как от солнечных лучей, так и от высыхания.
- Бактерии филлосферы выделяют стимуляторы роста, способны к азотфиксации.
- В состав микрофлоры филлосферы могут входить и фитопатогенные микроорганизмы

Микроорганизмы ризосферы

- Участки почвы, непосредственно окружающие корни растения, вместе с поверхностью корней составляют ризосферу растений
- Для обозначения поверхности корней растений используют термин – ризоплана
- Число бактерий в ризосфере превышает их число в зоне почвы, удаленной от корней, в десятки и сотни раз.
- Усиленное размножение микроорганизмов в ризосфере определяется поступлением в прикорневую зону корневых выделений, содержащих различные органические вещества, и корневого опада

Взаимоотношения между микроорганизмами ризосферы и растениями можно рассматривать как пример комменсализма

- **Микроорганизмы, как разрушители органических и минеральных соединений, обогащают почву доступными для растений питательными веществами**
- **Микроорганизмы стимулируют рост растений за счет синтеза различных метаболитов, полезных для растений: ростовые вещества - гибберелины и гетероауксины, витамины.**
- **В составе микрофлоры ризосферы есть микроорганизмы - активные антагонисты фитопатогенных микроорганизмов, вырабатывающие антибиотики.**

МИКОРИЗА – МУТУАЛИСТИЧЕСКИЙ СИМБИОЗ МЕЖДУ ГРИБАМИ И РАСТЕНИЯМИ

- **Растение снабжает гриб органическими веществами, которые образуются в процессе фотосинтеза**
- **Гриб снабжает растение водой и минеральными веществами, прежде всего соединениями фосфора и обеспечивает растение большей поверхностью всасывания, что особенно важно, когда оно растёт на бедной почве**

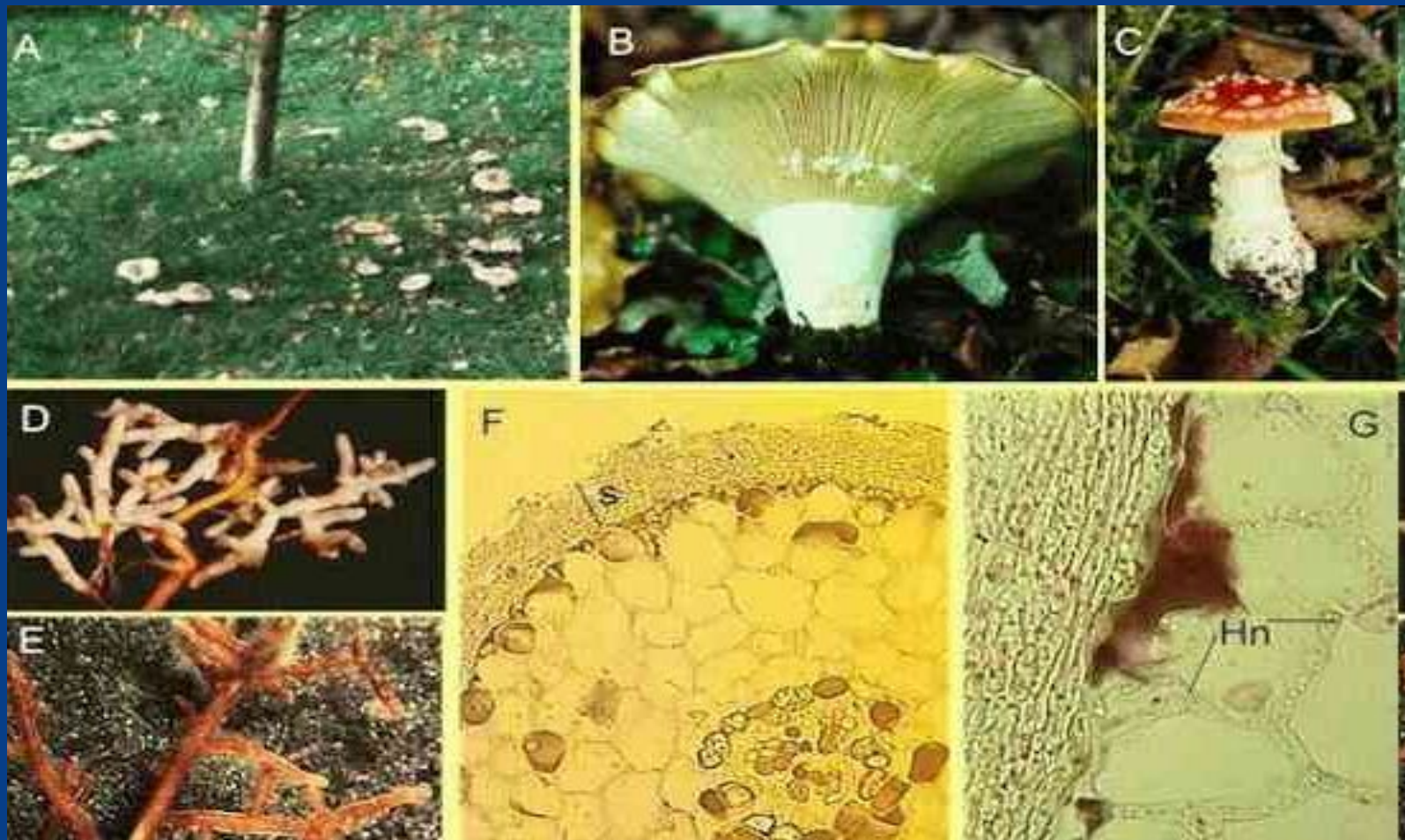
Микориза

- эктотрофную, эндотрофную и переходную эктоэндотрофную микоризы
- Эндотрофный тип микоризы является самым распространенным
ПРИ ЭНДОТРОФНОЙ МИКОРИЗЕ МИЦЕЛИЙ ГРИБА РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ НЕ ТОЛЬКО МЕЖДУ КЛЕТКАМИ ПАРЕНХИМЫ КОРНЯ, НО И ВНЕДРЯЕТСЯ В НИХ
- Характерен для многих травянистых растений, деревьев и кустарников

Эктотрофная микориза

- **ГРИБНЫЕ ГИФЫ ПРОНИКАЮТ В КОРЕНЬ НА НЕБОЛЬШУЮ ГЛУБИНУ, РАСПРОСТРАНЯЯСЬ В МЕЖКЛЕТОЧНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**
- Корень окутывается плотным грибным чехлом, от которого во все стороны распространяется густая сеть гиф, корневые волоски исчезают, а вода и питательные вещества из почвы поглощаются мицелием гриба
- свойственна главным образом древесным растениям

Эктомикориза грибов класса *Basidiomycetes*



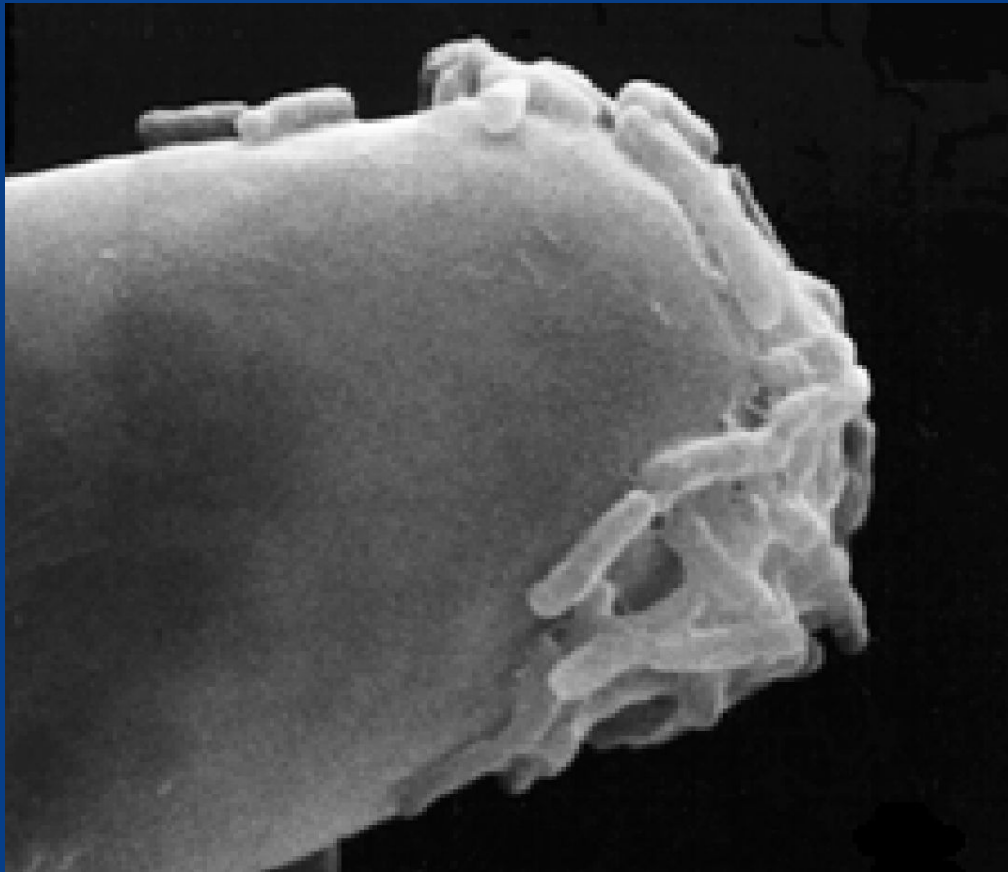
Мутуалистические взаимоотношения между клубеньковыми бактериями и бобовыми растениями

- К клубеньковым относятся бактерии *p.Rhizobium*, вызывающие образование клубеньков на корнях бобовых растений и способные фиксировать азот в условиях симбиоза с ними
- Фиксация молекулярного азота происходит только в образующихся клубеньках
- Бактерии в клубеньках питаются органическими веществами синтезированными растением, а растение получает из клубеньков соединения азота.

Хемоаттракция

- **Первичные этапы взаимодействия клеток бактерий с корневой системой растения включают аттракцию (т.е. привлечение) бактерий корневыми выделениями**
- **Происходит быстрая концентрация клеток подвижных бактерий в зоне слизистого слоя, покрывающего поверхность корня, выделяющего вещества - хемоаттрактанты**
- **Хемоаттрактанты продуцируются корневыми волосками бобовых растений (флавоноиды и изофлавоноиды).**

Клетки *Rhizobium* на поверхности корневого волоска



Формирование инфекционной нити

- **Заражение растения происходит только через молодые корневые волоски**
- **Бактерии внедряются на самом конце или около конца волоска и растут в форме инфекционной нити до его основания**
- **Инфекционная нить представляет собой гифообразную слизистую массу, в которую погружены делящиеся клетки бактерий**
- **Инфекционная нить по мере роста покрывается целлюлозной оболочкой, которую синтезирует растение**

Образование клубеньков

- Клубеньковые бактерии способны размножаться лишь в тетраплоидных клетках растения
- Когда инфекционная нить пронизывает находящиеся в коре тетраплоидные клетки, часть бактерий переходят из нити в цитоплазму этих клеток и начинают в них размножаться
- Инфекционные нити разветвляются и распределяются по тетраплоидным клеткам
- В результате такого разрастания тканей происходит образование клубенька

Бактероиды

- Бактерии, перешедшие в цитоплазму клеток, размножаются очень быстро, а затем превращаются в бактериоиды

Бактероиды – это неспособные к делению увеличенные в объеме клетки неправильной формы (Т-или У-образные)

- располагаются по отдельности или группами, которые окружены мембраной в цитоплазме растительных клеток
- На стадии бактериоидов происходит фиксация молекулярного азота

Бактероиды клубеньковых бактерий клевера



Второй вид азотфиксирующего симбиоза

- К симбиотическим азотфиксирующим микроорганизмам относятся актиномицеты **р. *Frankia***
- Они способны образовывать коралловидные клубеньки - **АКТИНОРИЗУ** с некоторыми растениями
- Актинориза обладает способностью фиксировать азот
- Актинориза актиномицетов рода *Frankia* может образовываться на ольхе, облепихе и др. растениях

Актинориза на корнях ольхи



Третий вид азотфиксирующего симбиоза

- Цианобактерии *Anabaena azolla* фиксируют азот в симбиозе с водным папоротником *Azolla*, растущим на поверхности воды рисовых полей и других тропических водоемов
- *Anabaena azolla* находятся в полостях листьев этого растения
- Симбиотическая азотфиксация может осуществляться также в лишайниках, включающих цианобактерии

**АНТАГОНИСТИЧЕСКИЕ
ВЗАИМООТНОШЕНИЯ
МЕЖДУ МИКРООРГАНИЗМАМИ
И РАСТЕНИЯМИ**

- Бактерии, вирусы и грибы, попавшие на поверхность растений, проникают внутрь их тела – через устьица, листовые рубцы, а также через травмы, которые возникают чаще всего от повреждения листьев, стеблей и корней насекомыми и другими животными
- Большинство микроорганизмов, поселяющихся внутри растений, ведут паразитический образ жизни, являясь возбудителями различных заболеваний
- Микроорганизмы, паразитирующие на растениях, называют фитопатогенными – известно более **20 000 видов**
- **большинство фитопатогенных микроорганизмов – это грибы**

Микозы и бактериозы

Грибные болезни растений называют
микозами

(ржавчина, головня, спорынья,
фузариоз, парша, фитофтороз,
мучнистая роса)

Заболевания растений, вызываемые
бактериями, называют бактериозами
(черный бактериоз пшеницы,
туберкулез свеклы, гоммоз
хлопчатника, сосудистый бактериоз
капусты, рак цитрусовых)

Стеблевая ржавчина пшеницы

Russinia graminis



Мучнистая роса на винограде (оидиум) род *Erysiphe*



Чёрная парша клубней

Rhizoctonia solani



Фитофтороз картофеля (картофельная гниль) *Phytophthora infestans*



Факторы вирулентности фитопатогенных микроорганизмов

- разнообразные биологически активные вещества являются факторами вирулентности, определяющими развитие болезни растения
- Наибольшее значение имеют **токсины, ферменты и фитогормоны**
- Конечным результатом действия токсинов является отмирание клеток, вследствие чего на пораженных участках растений появляются некротические пятна

ФЕРМЕНТЫ

вызывают разложение сложных органических веществ

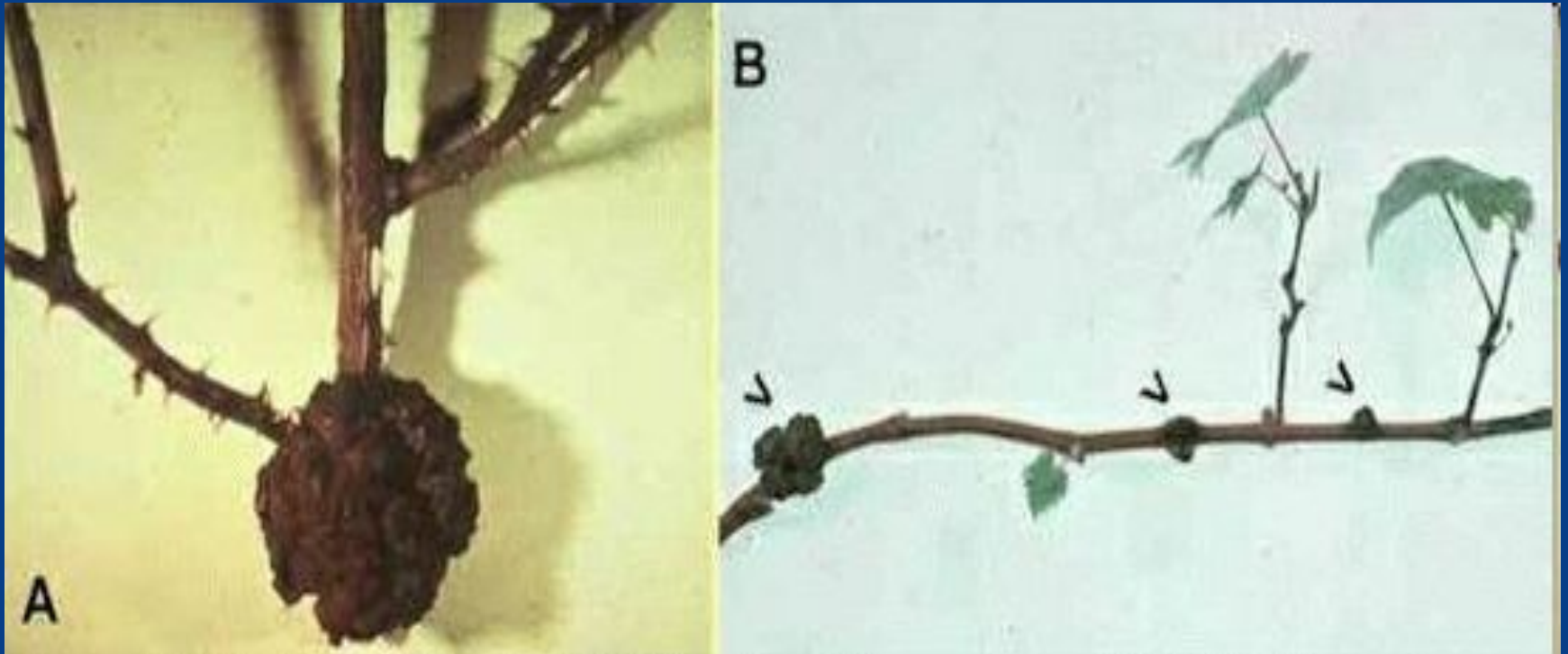
- **под действием целлюлаз и гемицеллюлаз разрушаются целлюлоза и гемицеллюлозы, входящие в клеточные стенки растений**
- **пектиназы разрушают пектиновые вещества, заполняющие межклеточное пространство растений**
- **протеазы катализируют разрушение белков**

ФИТОГОРМОНЫ

стимулируют разрастание тканей растения
с образованием опухолей

- *Agrobacterium tumefaciens* образует гетероауксин (индолилуксусную кислоту)
- Опухоли вызывают сжатие проводящих сосудов с последующей гибелью растения
- К фитогормонам относится также гиббереллин, который синтезируется бактериями и вызывает ненормальное удлинение побегов

Галлы, образуемые *Agrobacterium tumefaciens*



Факторы устойчивости растений

Зараженное растение оказывает размножающемуся в его организме микроорганизму активное противодействие:

- вырабатывает вещества, губительно действующие на микробов (фитонциды и фитоалексины)**
- осуществляет детоксикацию токсинов**
- отделяет пораженные ткани от здоровых путем образования пробковой ткани и др.**

Экологическая микробиология

**Симбиотические
взаимоотношения
микроорганизмов с
животными и человеком**

Эндоцитобиоз (эндосимбиоз)

**- развитие определенных
микроорганизмов внутри клеток других
организмов**

- В результате эндоцитобиоза возрастает биоразнообразие, возникают организмы с новыми свойствами, способные существовать в экстремальных условиях**
- Известны облигатные внутриклеточные паразиты и симбионты инфузорий, насекомых, морских беспозвоночных**

- КОГДА ЭНДОЦИТОБИОНТЫ ПРИНОСЯТ ХОЗЯИНУ БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ВРЕД, ТО ЯВЛЯЮТСЯ ПАРАЗИТАМИ (ПАРАЗИТИЧЕСКИМИ СИМБИОНТАМИ)
- В ДРУГИХ СЛУЧАЯХ ЭНДОЦИТОБИОНТЫ ПОЛЕЗНЫ ХОЗЯИНУ, ИНОГДА ОН БЕЗ НИХ НЕ МОЖЕТ СУЩЕСТВОВАТЬ, ТОГДА ГОВОРЯТ О МУТУАЛИСТИЧЕСКОМ СИМБИОЗЕ
- ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ ПАРАЗИТЫ ОБИТАЮТ В КЛЕТКАХ САМЫХ РАЗНООБРАЗНЫХ ЖИВОТНЫХ, В ТОМ ЧИСЛЕ И ЧЕЛОВЕКА

Симбиозы прокариот и простейших

- наиболее изучены бактерии - симбионты инфузорий
- Инфузории *Paramecium caudatum* образуют облигатные эндосимбиозы с бактериями *Holospora*, размножаются в микронуклеусе парамеций и не выделяются в чистую культуру
- бактерии рода *Caedibacter* способные развиваться в цитоплазме инфузории.

Симбиозы прокариот и простейших

- **Бактерии – облигатные эндосимбионты обнаружены в цитоплазме и ядрах более 100 видов различных амеб**
- **Обычно эндосимбионты протистов – это различные грамотрицательные бактерии**
- **Бактерии снабжают макросимбионта витаминами и ростовыми факторами, например аминокислотами**

Взаимоотношения микроорганизмов с насекомыми

- Бактерии-симбионты у насекомых располагаются в специальных органах – **мицетомах**, образующихся из придатков задней кишки, или в специализированных клетках – **мицетоцитах**
- Симбионты обычны у насекомых, питающихся древесиной, соком растений, кровью
- Микроорганизмы – симбионты насекомых выполняют пищеварительную функцию или поставляют хозяину факторы роста (витамины, аминокислоты, стероиды)

Мутуалистические взаимоотношения микроорганизмов с тараканами

- Симбиотические бактерии р. *Blattabacterium*, присутствуют у всех тараканов и термитов
- Тараканы, лишённые симбионтов, слабо пигментированы, менее активны, развиваются медленно, не избегают света в отличие от нормальных особей и, быстрее гибнут
- Бактерии снабжают развивающееся яйцо витаминами группы В и другими биологически активными соединениями, что обеспечивает жизнеспособность яиц тараканов

Мутуалистические взаимоотношения микроорганизмов с термитами

- Классический пример – взаимоотношения между **термитами и микроорганизмами**, обитающими в их желудочно-кишечном тракте
- древесина, которой питаются термиты, содержит, целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнин, однако термиты не способны синтезировать ферменты, расщепляющие эти биополимеры
- микроорганизмы (бактерии, простейшие и грибы) – продуценты ферментов, расщепляющих эти биополимеры.

- У некоторых термитов существует своеобразный **симбиоз с грибами**, которые образуют ферменты, расщепляющие лигноцеллюлозный комплекс древесины, после чего мицелий и переработанные остатки субстрата поедаются термитами
- В определенных местах термитников они хранят размельченные листья, кусочки древесины и другие органические субстраты, на которых развивается мицелий грибов
- грибы родов *Termitomyces*, *Chaetomium*, *Trichoderma*

Термиты



Гриб *Termitomyces* и термитник



Симбиозы микроорганизмов и беспозвоночных морских животных

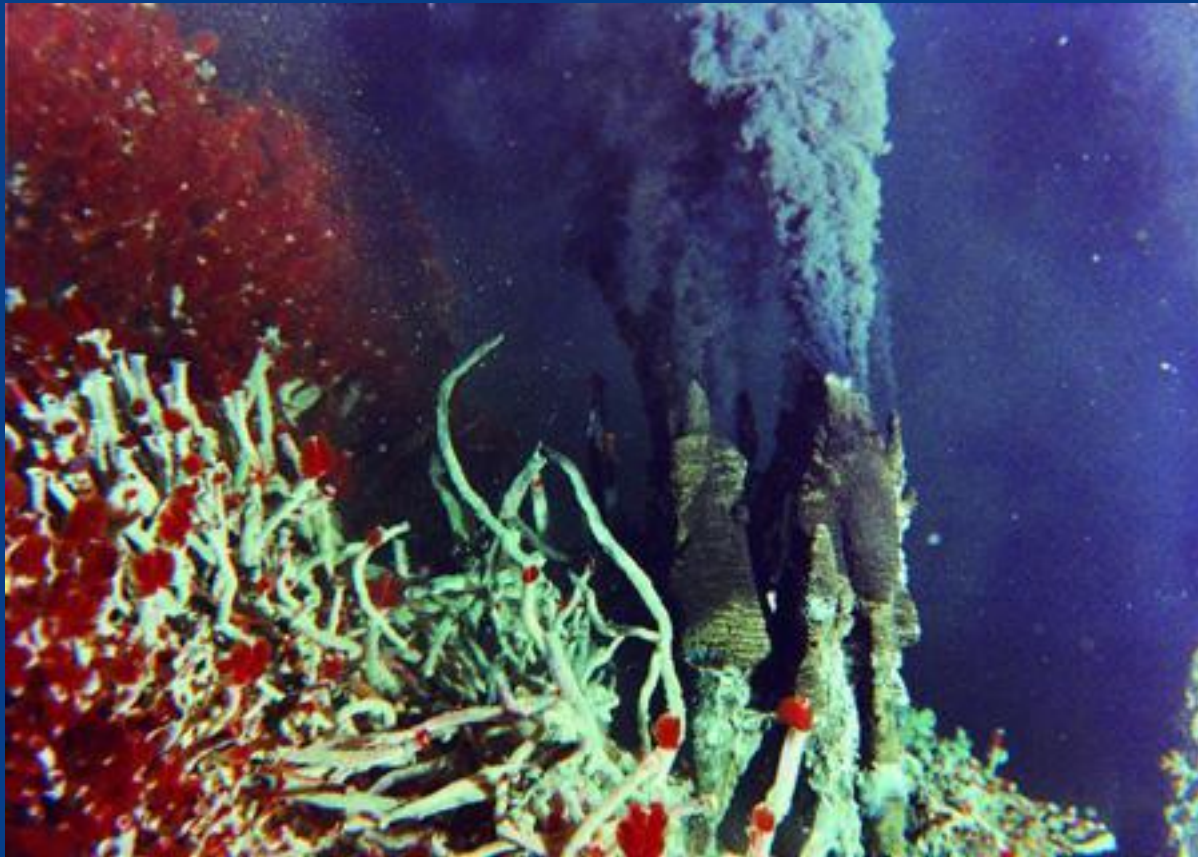
- В различных районах Мирового океана на глубинах 1500-6000 м вблизи выходов горячих вод обитают своеобразные бескишечные беспозвоночные - вестиментиферы (их относят к типу погонофор).
- Самые крупные вестиментиферы из рода **Riftia** достигают длины 1,5 м при диаметре около 4 см

- У рифтий нет ротового, анального отверстия, отсутствует пищеварительный тракт, а обмен веществ с внешней средой осуществляется через эпидермис
- Животные используют эндогенную биомассу бактерий, которая образуется в результате хемосинтеза
- Питание обеспечивается процессами, происходящими в специализированном участке ткани - **трофосоме**
- В этой ткани есть клетки **бактериоциты**, которые наполнены клетками хемолитоавтотрофных серобактерий

Хемолитоавтотрофные серобактерии осуществляют синтез органических веществ из углекислого газа за счет энергии окисления сероводорода

- **Рифтия получает от бактерий органические соединения, а в обмен поставляет им необходимые для осуществления хемолитотрофного метаболизма сероводород, углекислый газ и кислород**
- **Продукты хемосинтеза – единственный источник питания в этих местах как для бактерий, так и для их хозяев**

Рифтии



Взаимоотношения микроорганизмов с растительноядными позвоночными животными

- В процессе эволюции возникли симбиозы животных с разными микроорганизмами, которые способны образовывать целлюлазы, что обеспечивает переваривание и усвоение растительной пищи в организме животных
- У жвачных млекопитающих основной процесс переваривания растительной пищи происходит в преджелудках
- Самый большой из них – рубец, составляющий 85% общего объема сложного желудка животных

Микроорганизмы рубца

- В рубце находится сложное многокомпонентное сообщество прокариот, грибов, протистов, которые продуцируют необходимые ферменты, позволяющие животному усваивать сложные целлюлозосодержащие субстраты
- Микроорганизмы располагаются на поверхности клеток слизистой рубца и в рубцовой жидкости
- Число клеток протистов в рубце достигает 200 000 в 1 мл, а прокариот – несколько миллиардов
- Общая биомасса микроорганизмов рубца превышает 30 кг

МИКРОЦЕНОЗЫ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ВЫПОЛНЯЮТ В ОРГАНИЗМЕ ХОЗЯИНА РЯД ВАЖНЫХ ФУНКЦИЙ:

- входят в состав трофических цепей, приводящих к расщеплению сложных целлюлозосодержащих биополимеров до легко усвояемых хозяином мономеров;**
- обеспечивают непрерывность и термодинамическую выгодность таких процессов в условиях желудочно-кишечного тракта;**

- **обеспечивают хозяина аминокислотами, витаминами, ростовыми факторами, регуляторами развития;**
- **защищают хозяина от патогенных микроорганизмов;**
- **активируют системы иммунитета хозяина.**

НОРМАЛЬНАЯ МИКРОФЛОРА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

**ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ЗАСЕЛЕН
(КОЛОНИЗИРОВАН) БОЛЕЕ ЧЕМ 500 ВИДОВ
МИКРООРГАНИЗМОВ, СОСТАВЛЯЮЩИХ
НОРМАЛЬНУЮ МИКРОФЛОРУ ЧЕЛОВЕКА,
НАХОДЯЩИХСЯ В СОСТОЯНИИ РАВНОВЕСИЯ
(ЭУБИОЗА) ДРУГ С ДРУГОМ И ОРГАНИЗМОМ
ЧЕЛОВЕКА**

- ДОМИНИРУЮТ БАКТЕРИИ
В НОРМАЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЕ ТЕЛА
ЧЕЛОВЕКА**

- ВИРУСЫ, ГРИБЫ И ПРОСТЕЙШИЕ
ПРЕДСТАВЛЕНЫ ЗНАЧИТЕЛЬНО МЕНЬШИМ
ЧИСЛОМ ВИДОВ**

- **МИКРООРГАНИЗМЫ НАСЕЛЯЮТ
ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА И ВСЕ
ПОЛОСТИ, СООБЩАЮЩИЕСЯ С
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ:
КОЖНЫЕ ПОКРОВЫ, ВОЗДУХОНОСНЫЕ
ПУТИ, ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫЙ ТРАКТ И
МОЧЕПОЛОВАЯ СИСТЕМА**

- В норме микроорганизмы отсутствуют в легких и матке
 - Практически нет микроорганизмов в желудке, двенадцатиперстной кишке и мочевом пузыре
- Кровь и спинномозговая жидкость должны быть стерильны

Все ткани организма в норме также совершенно свободны от микробов

- Под термином нормальная микрофлора понимают микроорганизмы, более или менее часто выделяемые из организма здорового человека
- Подавляющее большинство таких микроорганизмов – сапрофиты-комменсалы, которые не наносят вреда хозяину
- Присутствие нормальной микрофлоры является защитным фактором для организма и играет важнейшую роль в поддержании здоровья человека

Резидентная и транзиторная микрофлора

- Среди нормальной микрофлоры выделяют:
- **Резидентная** – это постоянная облигатная микрофлора, которая представлена микроорганизмами, постоянно присутствующими в организме человека
- **Транзиторная**, или непостоянная микрофлора, не способна к длительному существованию в организме человека

Формирование микрофлоры новорожденных и детей раннего возраста

- **Эмбрионы в утробе матери, как правило, стерильны, и формирование нормальной микрофлоры начинается сразу после рождения**
- **Формирование микрофлоры новорожденных начинается с попадания микроорганизмов в процессе родов на кожу и слизистые оболочки**
- **Формирование микрофлоры новорожденного определяется санитарным состоянием среды, в которой проходили роды, типом вскармливания и другими факторами**

- Сразу после рождения ребенка в течение первых суток начинается колонизация стерильного кишечника ребенка
- Уже через 3-4 часа после появления на свет, в кишечнике новорожденного можно обнаружить в основном факультативные анаэробы, – микрококки, энтерококки, стафилококки и лактобациллы, присутствуют также дрожжевые грибки и клостридии
- К 4-5-му дню жизни появляются бифидобактерии, пропионибактерии, бактериоиды и другие анаэробные бактерии

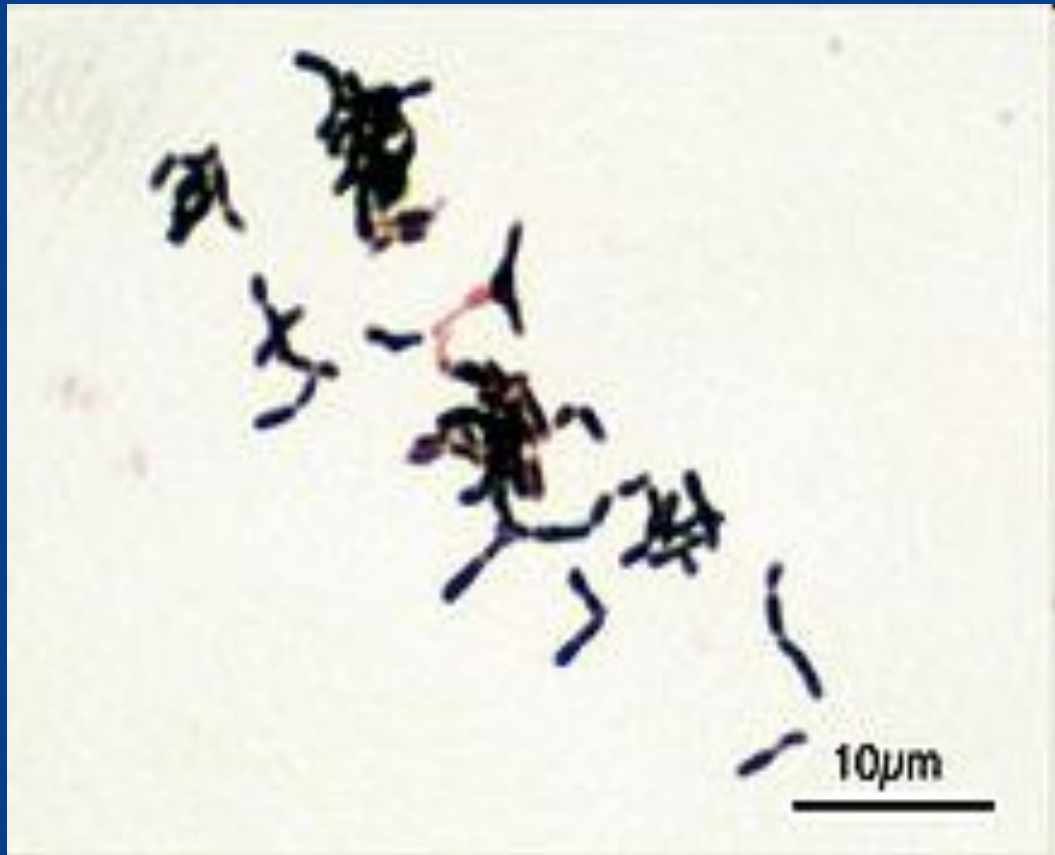
- При грудном вскармливании уже в конце первой недели в микроценозе толстого кишечника ребенка начинают преобладать анаэробные микроорганизмы (это бифидобактерии), составляющие более 95% микрофлоры кишечника
 - В грудном молоке содержатся иммуноглобулины класса IgA, лактоферрины, лизоцим, лактопероксидаза и интерферон

Бифидобактерии

род *Bifidobacterium* – грам⁺ анаэробные бактерии, слегка изогнутые палочки, иногда ветвящиеся

Присутствие бифидобактерий в кишечнике полезно для ребёнка, так как бифидобактерии подавляют развитие различных гнилостных и болезнетворных микроорганизмов и способствуют перевариванию углеводов

Bifidobacterium



Микрофлора кожи

- **На поверхности кожи обитает огромное количество микроорганизмов**
- **Большинство аэробных бактерий обитают на самой поверхности кожи**
- **Бактерии образуют скопления под слоем ороговевших клеток эпидермиса, в устьях волосяных фолликулов, потовых и сальных желез**

- **Качественный и количественный состав микрофлоры варьирует на различных участках кожи и зависит от содержания кожного жира, влажности, pH среды, загрязненности кожи**
- **Секреция потовых желез, нейтральные значения pH и тепло способствуют увеличению обсемененности кожи**
- **В то же время на микроорганизмы воздействуют бактерицидные факторы сального секрета и пота**
- **Усиленный рост микроорганизмов происходит на грязной коже**

На коже обитают

Staphylococcus epidermidis, стрептококки,
коринеформные бактерии,
пропионибактерии, (резидентная
микрофлора)

- дрожжеподобные грибы рода *Candida*
- *Staphylococcus aureus*, β -гемолитические и негемолитические стрептококки, энтеробактерии, бактероиды, бактерии родов *Bacillus*, *Clostridium* (транзиторно циркулирующие виды)
- *Staphylococcus aureus*, являются условно патогенными

- Взаимоотношения, которые существуют между организмом человека и его постоянной кожной микрофлорой, можно рассматривать как **пример комменсализма**
- Микроорганизмы нормальной микрофлоры кожи, питаются питательными веществами, которые содержатся в поте, практически не оказывая существенного влияния на организм человека
- Нормальная микрофлора кожи выполняет защитную функцию, поскольку она предотвращает появление и подавляет развитие на коже чужеродных патогенных микроорганизмов

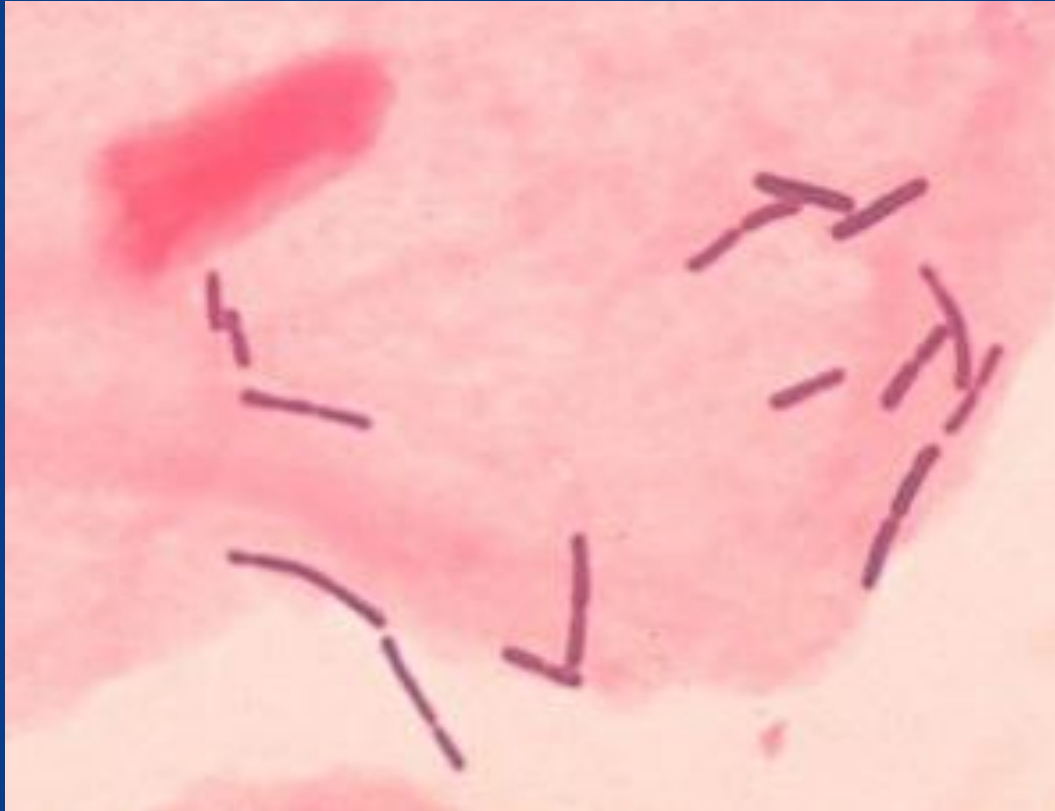
Микрофлора верхних дыхательных путей

- Верхние отделы дыхательных путей несут особенно высокую микробную нагрузку, так как они анатомически приспособлены для осаждения бактерий из вдыхаемого воздуха
- В носовых проходах в больших количествах обнаруживаются бактерии рода *Staphylococcus*, в частности *St. aureus* и *St. epidermidis*, имеются также стрептококки, коринеформные бактерии, непатогенные нейссерии и другие бактерии
- Трахея и бронхи обычно стерильны

Микрофлора мочеполовой системы

- Верхние отделы мочевыводящих путей обычно стерильны
- В нижних отделах доминируют *Staphylococcus epidermidis*, негемолитические стрептококки, дифтероиды
- Часто выделяются дрожжеподобные грибы родов *Candida*, *Torulopsis* и *Geotrichum*
- У женщин нормальная микрофлора влагалища включает лактобациллы, в первую очередь *Lactobacillus acidophilus*, которые называют также «палочками Додерлейна»

Lactobacillus acidophilus



Микрофлора ротовой полости

- Состав микрофлоры ротовой полости весьма разнообразен
- присутствует около 300 различных видов микроорганизмов, среди которых доминируют бактерии рода *Streptococcus*
- Здесь также присутствуют стафилококки, лактобациллы, бифидобактерии, спирохеты, актиномицеты и другие бактерии
- Обнаруживаются также дрожжевые грибки рода *Candida* и простейшие

- *Sreptococcus mitior* встречается больше на эпителии щек, *Sreptococcus salivarius* – на сосочках языка, *Sreptococcus sanguis* и *Sreptococcus mutans* – на поверхности зубов
- В карманах десен 99% микроорганизмов являются анаэробами, например бактероиды и фузобактерии

Микрофлора желудка

- В желудке здорового человека микроорганизмов очень мало, что обусловлено действием низких значений pH желудочного сока
- Число выделяемых микроорганизмов в желудке не превышает 1 000 клеток в 1 мл желудочного сока
- Обычно выделяются лактобациллы, стрептококки и дрожжи
- При гастритах и язвенной болезни желудка обнаруживаются изогнутые формы бактерий *Helicobacter pylori*, которые являются этиологическими факторами патологического процесса

Микрофлора тонкого и толстого кишечника

- **Верхние отделы тонкой кишки относительно свободны от бактерий (около 1 тыс. клеток в 1 мл)**
- **Наибольшее количество микроорганизмов накапливается в толстой кишке – около 500 видов микроорганизмов**
- **В 1 г фекалий содержится до 250 млрд. микробных клеток**

МИКРОФЛОРА ТОЛСТОЙ КИШКИ ВКЛЮЧАЕТ

Грам ⁻ анаэробные палочки – бактероиды, факультативно-анаэробные палочки из семейства *Enterobacteriaceae* из родов *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Citrobacter* .

Грам ⁺ анаэробные палочки (бифидобактерии и лактобациллы),
•также стрептококки, стафилококки, пропионибактерии, а также эукариотные микроорганизмы - дрожжеподобные грибы и простейшие

•На эпителии успешно растут спирохеты и нитевидные бактерии

Роль нормальной микрофлоры кишечника

- **составляет конкуренцию для гнилостных и патогенных микроорганизмов**
 - **бифидобактерии и лактобациллы проявляют выраженный антагонизм (образуют молочную и уксусную кислоты, спирты, лизоцим, бактериоцины и другие антимикробные вещества), направленный против патогенных микроорганизмов**
 - **Участвует в водно-солевом обмене организма, регуляции газового состава кишечника, обмену белков, углеводов, жирных кислот, холестерина и нуклеиновых кислот, а также в продукции БАС – антибиотиков, витаминов и др.**

- Пристеночная микрофлора кишечника колонизирует слизистую оболочку в виде микроколоний, образуя своеобразную биологическую пленку, состоящую из микробных клеток и экзополисахаридного матрикса
- Экзопполисахариды микроорганизмов, защищают микробные клетки от разнообразных физико-химических и биологических воздействий
- В кишечнике содержится около 1,5 кг микроорганизмов, антигены которых стимулируют иммунную систему на образование постоянных низких титров антител

Дисбактериозы

- **Состояние эубиоза – динамического равновесия микрофлоры и организма человека – может нарушаться под влиянием факторов окружающей среды, стрессовых воздействий, широкого и бесконтрольного применения антимикробных препаратов, лучевой и химиотерапии**

**СТОЙКИЕ НАРУШЕНИЯ МИКРОБНЫХ
ЦЕНОЗОВ ОРГАНИЗМА, НАЗЫВАЮТ
ДИСБАКТЕРИОЗАМИ**

- **Среди дисбактериозов преобладают нарушения микрофлоры кишечника**

- При дисбактериозе происходят количественные и качественные изменения бактерий, входящих в состав микрофлоры
- Аномально размножающиеся микроорганизмы продуцируют токсичные продукты метаболизма – индол, скатол, аммиак, сероводород
- Для восстановления нормальной микрофлоры назначаются препараты пробиотики (эубиотики), полученные из лиофильно высушенных живых бактерий – бифидобактерий, кишечной палочки, лактобактерий и других.