

ФИЗИОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ I

ЛЕКЦИЯ 6

ФИЗИОЛОГИЯ БАКТЕРИЙ: ВВЕДЕНИЕ

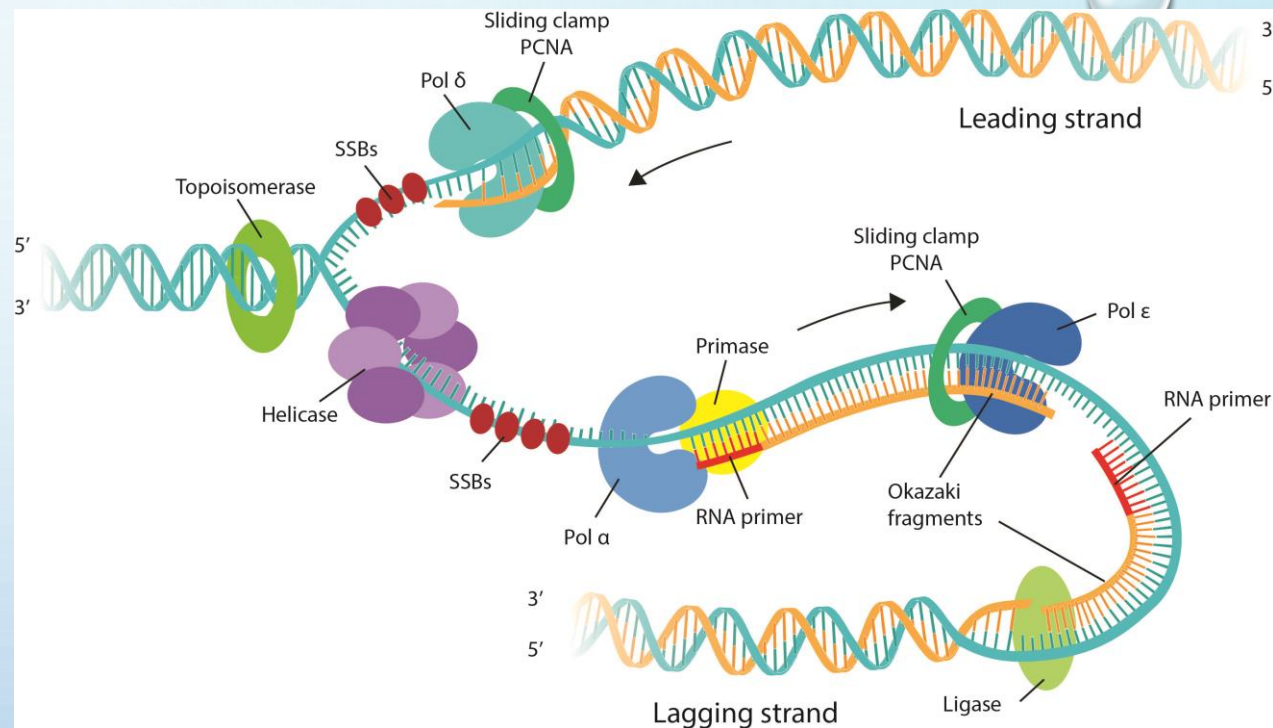
- ОБРАЗ ЖИЗНИ ПРОКАРИОТ СОСТОИТ В ПОСТОЯННОМ ВОСПРОИЗВОДСТВЕ СВОЕЙ БИОМАССЫ.
- СОВОКУПНОСТЬ ПРОТЕКАЮЩИХ В КЛЕТКЕ ПРОЦЕССОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ВОСПРОИЗВОДСТВО БИОМАССЫ, НАЗЫВАЕТСЯ ОБМЕНОМ ВЕЩЕСТВ, ИЛИ МЕТАБОЛИЗМОМ.
- КЛЕТочный МЕТАБОЛИЗМ СКЛАДЫВАЕТСЯ ИЗ ДВУХ ПОТОКОВ РЕАКЦИЙ, ИМЕЮЩИХ РАЗНУЮ НАПРАВЛЕННОСТЬ: ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И КОНСТРУКТИВНОГО МЕТАБОЛИЗМА.
- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТАБОЛИЗМ — ЭТО ПОТОК РЕАКЦИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХСЯ МОБИЛИЗАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ЕЕ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКУЮ ($\Delta\bar{\mu}_H^+$) ИЛИ ХИМИЧЕСКУЮ (АТФ) ФОРМУ, КОТОРАЯ ЗАТЕМ МОЖЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ ВО ВСЕХ ЭНЕРГОЗАВИСИМЫХ ПРОЦЕССАХ.
- КОНСТРУКТИВНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ (БИОСИНТЕЗЫ) — ПОТОК РЕАКЦИЙ, В РЕЗУЛЬТАТЕ КОТОРЫХ ЗА СЧЕТ ПОСТУПАЮЩИХ ИЗВНЕ ВЕЩЕСТВ СТРОИТСЯ ВЕЩЕСТВО КЛЕТОК . ПРОЦЕСС СВЯЗАН С ПОТРЕБЛЕНИЕМ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ, ЗАПАСЕННОЙ В ХИМИЧЕСКОЙ ФОРМЕ В МОЛЕКУЛАХ АТФ ИЛИ ДРУГИХ БОГАТЫХ ЭНЕРГИЕЙ СОЕДИНЕНИЙ.
- В МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ ДЛЯ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛЬЗУЮТСЯ ТАКЖЕ ТЕРМИНАМИ «КАТАБОЛИЗМ» И «АНАБОЛИЗМ», ИМЕЮЩИМИ ОТНОШЕНИЕ К РАСПАДУ ИЛИ СИНТЕЗУ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ, ПРОИСХОДЯЩЕМО СООТВЕТСТВЕННО С ВЫДЕЛЕНИЕМ ИЛИ ПОТРЕБЛЕНИЕМ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ.
- МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПУТИ КОНСТРУКТИВНОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ СОСТОЯТ ИЗ МНОЖЕСТВА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ И МОГУТ БЫТЬ РАЗДЕЛЕНЫ НА ТРИ ЭТАПА.
- НА НАЧАЛЬНОМ, ПЕРИФЕРИЧЕСКОМ МЕТАБОЛИЗМЕ — ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОДВЕРГАЮТСЯ МОЛЕКУЛЫ, СЛУЖАЩИЕ ИСХОДНЫМИ СУБСТРАТАМИ.
- НА ПРОМЕЖУТОЧНОМ МЕТАБОЛИЗМЕ - ПОСЛЕДУЮЩИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВКЛЮЧАЮТ РЯД ФЕРМЕНТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ И ПРИВОДЯТ К ОБРАЗОВАНИЮ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ, ИЛИ МЕТАБОЛИТОВ.
- НА ПОСЛЕДНИХ ЭТАПАХ - КОНЕЧНЫЕ ПРОДУКТЫ КОНСТРУКТИВНЫХ ПУТЕЙ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА КЛЕТОК, А ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ — ВЫДЕЛЯЮТСЯ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.
- КОНСТРУКТИВНЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОТЕКАЮТ В КЛЕТКЕ ОДНОВРЕМЕННО.
- СВЯЗЬ МЕЖДУ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ И КОНСТРУКТИВНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПРОЯВЛЯЕТСЯ В ТОМ, ЧТО ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ЭТАПЫ ИЛИ МЕТАБОЛИТЫ ОБОИХ ПУТЕЙ МОГУТ БЫТЬ ОДИНАКОВЫМИ (ХОТЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОТОКОВ РЕАКЦИЙ, ОТНОСЯЩИХСЯ К КАЖДОМУ ИЗ ПУТЕЙ, РАЗЛИЧНА). ЭТО СОЗДАЕТ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЩИХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В КАЖДОМ ИЗ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПУТЕЙ.
- МЕТАБОЛИЗМ ПРОКАРИОТ, КАК ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ, ТАК И КОНСТРУКТИВНЫЙ, ОТЛИЧАЕТСЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ РАЗНООБРАЗИЕМ, КОТОРОЕ ЕСТЬ РЕЗУЛЬТАТ СПОСОБНОСТИ ЭТИХ ФОРМ ЖИЗНИ ИСПОЛЬЗОВАТЬ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ИСХОДНЫХ СУБСТРАТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВ ТЕЛА САМЫЙ ШИРОКИЙ НАБОР ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ТАКАЯ СПОСОБНОСТЬ ОБУСЛОВЛЕНА РАЗЛИЧИЯМИ В НАБОРЕ КЛЕТочНЫХ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ НА ИСХОДНЫЕ СУБСТРАТЫ И ВИДОИЗМЕНЯЮЩИХ ИХ МОЛЕКУЛЫ В НАПРАВЛЕНИИ, ПОЗВОЛЯЮЩЕМ ИМ ДАЛЕЕ МЕТАБОЛИЗИРОВАТЬСЯ ПО КАНАЛАМ ПРОМЕЖУТОЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА. В ОТЛИЧИЕ ОТ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ ПРОКАРИОТ НЕ ОТЛИЧАЕТСЯ СУЩЕСТВЕННЫМ РАЗНООБРАЗИЕМ, ХОТЯ СРАВНИТЕЛЬНО С ТАКОВЫМ ЭУКАРИОТНЫХ ОРГАНИЗМОВ ОН СОСТОИТ ИЗ БОЛЬШЕГО ЧИСЛА ВАРИАНТОВ.
- ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ. КЛЕТКИ ПРОКАРИОТ СОДЕРЖАТ ОТ 70 ДО 90 % ВОДЫ. ОСНОВНУЮ МАССУ СУХИХ ВЕЩЕСТВ, НА ДОЛЮ КОТОРЫХ ПРИХОДЯТСЯ ОСТАЛЬНЫЕ 10—30%, СОСТАВЛЯЮТ БЕЛКИ, НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ, ЛИПИДЫ И ПОЛИСАХАРИДЫ. НЕСКОЛЬКО ПРОЦЕНТОВ СУХОГО ВЕЩЕСТВА КЛЕТОК ПРИХОДИТСЯ НА НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА И СОЛИ

РЕПЛИКАЦИЯ ДНК

- КАЖДОЙ КЛЕТКЕ НУЖЕН ПОЛНЫЙ НАБОР ГЕНОВ, ПОЭТОМУ НЕОБХОДИМО, ЧТОБЫ ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ КЛЕТКА УДВАИВАЛА СВОИ ГЕНЫ ПЕРЕД ДЕЛЕНИЕМ. ПОСКОЛЬКУ ГЕНЫ СОСТОЯТ ИЗ ДНК И ФОРМИРУЮТ ХРОМОСОМЫ, ЭТО ОЗНАЧАЕТ, ЧТО КАЖДАЯ ХРОМОСОМА ДОЛЖНА БЫТЬ ТЩАТЕЛЬНО СКОПИРОВАНА. ПОСЛЕ ДЕЛЕНИЯ КЛЕТКИ ОБЕ ДОЧЕРНИЕ КЛЕТКИ ПОЛУЧАЮТ ИДЕНТИЧНЫЙ НАБОР ХРОМОСОМ, КАЖДАЯ ИЗ КОТОРЫХ С ПОЛНЫМ НАБОРОМ ГЕНОВ.

ЭТАПЫ ПОЛУКОНСЕРВАТИВНОГО ТИПА РЕПЛИКАЦИИ ДНК:

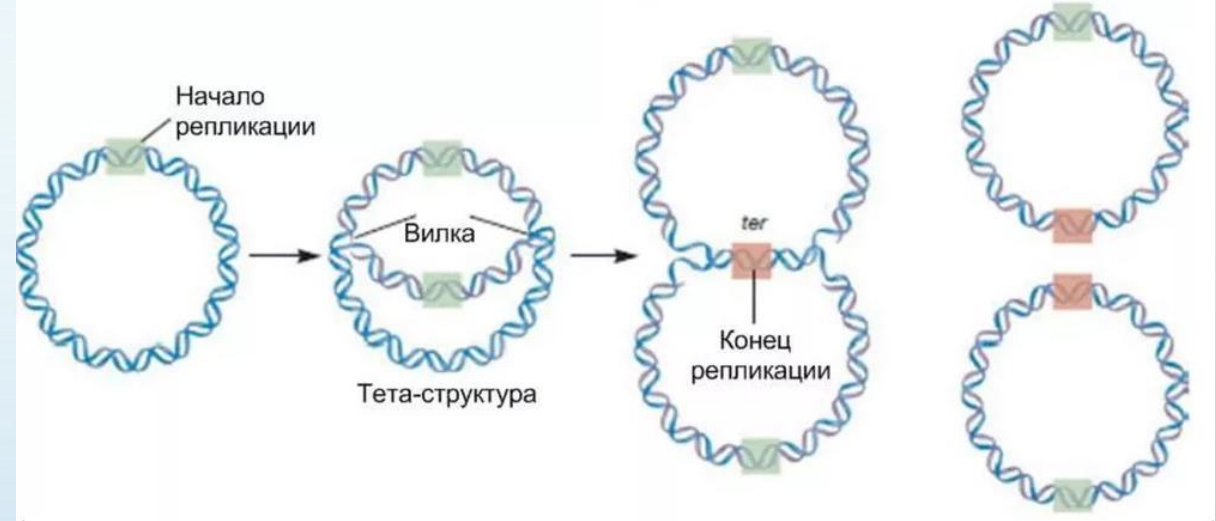
- РАСПЛЕТЕНИЕ СВЕРХСПИРАЛИ ФЕРМЕНТОМ ДНК-ГИРАЗЫ (РАЗРЕЗ, ВРАЩЕНИЕ) ВНУТРИ КЛЕТКИ.
- РАСКРУЧИВАНИЕ ДВОЙНОЙ СПИРАЛИ ДНК ФЕРМЕНТОМ ДНК-ХЕЛИКАЗЫ (РАЗРУШАЕТ ВОДОРОДНУЮ СВЯЗЬ).
- РАЗДЕЛЕНИЕ ДВУХ НИТЕЙ БИСПИРАЛЬНОЙ МОЛЕКУЛЫ ДНК И ФОРМИРОВАНИЕ РЕПЛИКАЦИОННОЙ ВИЛКИ, СОЕДИНЕНИЕ КАЖДОЙ ЦЕПИ С SSB-БЕЛКОМ (БЕЛОК, СВЯЗЫВАЮЩИЙСЯ С ОЦДНК ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ИХ СОЕДИНЕНИЯ).
- ВЫСТРАИВАНИЕ КОМПЛЕМЕНТАРНЫХ ЦЕПЕЙ НА КАЖДОЙ ИЗ ДВУХ ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ (СИНТЕЗ НА ЛИДИРУЮЩЕЙ ЦЕПИ ПРОИСХОДИТ НЕПРЕРЫВНО, НА ОТСТАЮЩЕЙ – ПРЕРЫВИСТО ФРАГМЕНТАМИ ОКАЗАКИ) : А-Т, G-С (С ПОМОЩЬЮ ФЕРМЕНТА ДНК-ПОЛИМЕРАЗА III). СИНТЕЗ ВСЕГДА ПРОИСХОДИТ ОТ 5'-КОНЦА К 3'-КОНЦУ. НОВЫЕ ЦЕПИ НАЧИНАЮТ СИНТЕЗ, КОГДА ФЕРМЕНТ ПРАЙМАЗА ПРИСОЕДИНЯЕТ К МОЛЕКУЛЕ ДНК РНК-ЗАТРАВКУ И ТОЛЬКО ПОСЛЕ ЭТОГО ДНК-ПОЛИМЕРАЗА НАЧИНАЕТ НАРАЩИВАТЬ ЦЕПЬ.
- НА ОТСТАЮЩЕЙ ЦЕПИ ФЕРМЕНТ ДНК-ПОЛИМЕРАЗА I ЗАПОЛНЯЕТ ПУСТОТЫ МЕЖДУ ФРАГМЕНТАМИ ОКАЗАКИ, ДНК-ЛИГАЗА СШИВАЕТ ОДНОЦЕПОЧЕЧНЫЙ РАЗРЫВ.
- ПОСЛЕ ТОГО, КАК ДВЕ НОВЫЕ ЦЕПИ ДНК СИНТЕЗИРОВАНЫ, СОЗДАЮТСЯ ДВЕ БИСПИРАЛЬНЫЕ МОЛЕКУЛЫ ДНК, КАЖДАЯ ИЗ КОТОРЫХ ИМЕЕТ ОДНУ СТАРУЮ И ОДНУ НОВУЮ ЦЕПЬ. ПОСЛЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ЧЕРЕЗ РЕПЛИКАЦИОННУЮ ВИЛКУ, ДВУЦЕПОЧЕЧНАЯ МОЛЕКУЛА ДНК АВТОМАТИЧЕСКИ СВОРАЧИВАЕТСЯ В СПИРАЛЬ.



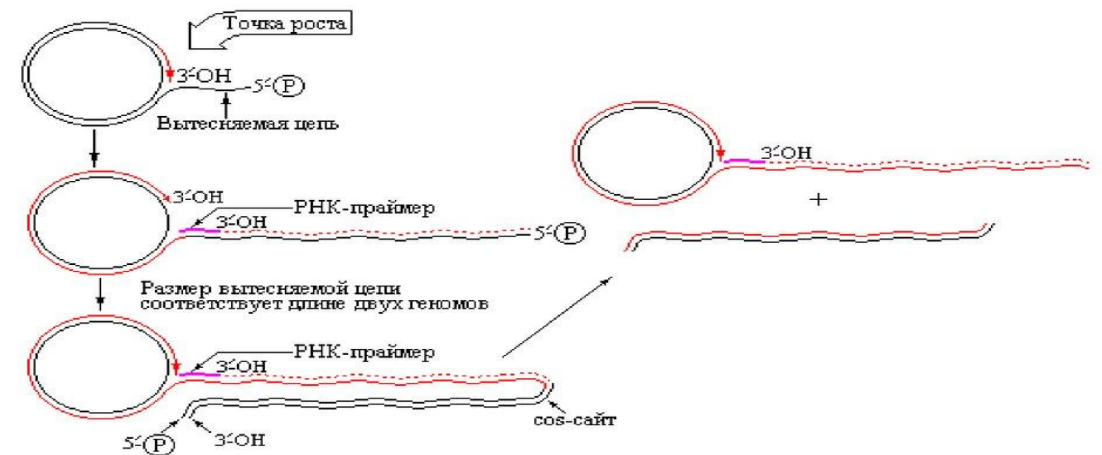
<https://s3.thingpic.com/images/TD/9Y9ghptk3muhU6nUdJgbhf7D.jpeg>

РЕПЛИКАЦИЯ ДНК БАКТЕРИЙ

- У БАКТЕРИЙ РАЗЛИЧАЮТ ТРИ ТИПА РЕПЛИКАЦИИ ДНК: ВЕГЕТАТИВНУЮ, КОНЬЮГАТИВНУЮ И РЕПАРАТИВНУЮ.
- У БАКТЕРИЙ МОНОРЕПЛИКОННЫЙ ТИП РЕПЛИКАЦИИ ДНК
- ВЕГЕТАТИВНАЯ РЕПЛИКАЦИЯ ХРОМОСОМНОЙ И ПЛАЗМИДНОЙ ДНК ОБУСЛОВЛИВАЕТ ПЕРЕДАЧУ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ВЕРТИКАЛИ, ТО ЕСТЬ ПО НАСЛЕДСТВУ ОТ РОДИТЕЛЬСКОЙ КЛЕТКИ ДОЧЕРНИМ. ОНА КОНТРОЛИРУЕТСЯ СООТВЕТСТВЕННО ХРОМОСОМНЫМИ И ПЛАЗМИДНЫМИ ГЕНАМИ.
- КОНЬЮГАТИВНАЯ РЕПЛИКАЦИЯ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ПРИ КОНЬЮГАТИВНОМ СПОСОБЕ ОБМЕНА ГЕНЕТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ И КОНТРОЛИРУЕТСЯ ТОЛЬКО ПЛАЗМИДНЫМИ ГЕНАМИ. ПРИ НЕЙ ПРОИСХОДИТ ДОСТРОЙКА НИТИ ДНК, КОМПЛЕМЕНТАРНОЙ НИТИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ ОТ ДОНОРА РЕЦИПИЕНТУ.
- РЕПАРАТИВНАЯ РЕПЛИКАЦИЯ ЯВЛЯЕТСЯ МЕХАНИЗМОМ, ПОСРЕДСТВОМ КОТОРОГО ПРОИСХОДИТ УСТРАНЕНИЕ ИЗ ДНК СТРУКТУРНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ, ИЛИ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ГЕНЕТИЧЕСКОЙ РЕКОМБИНАЦИИ. ЭТИ ПРОЦЕССЫ КОНТРОЛИРУЮТСЯ ХРОМОСОМНЫМИ И ПЛАЗМИДНЫМИ ГЕНАМИ.
- ВЕГЕТАТИВНАЯ РЕПЛИКАЦИЯ. РЕПЛИКАЦИЯ ХРОМОСОМНОЙ ДНК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ОТ НАЧАЛЬНОЙ ТОЧКИ ORI (ОТ АНГЛ. ORIGIN - НАЧАЛО), НОСИТ ПОЛУКОНСЕРВАТИВНЫЙ ХАРАКТЕР, ИДЕТ ОДНОВРЕМЕННО В ДВУХ НАПРАВЛЕНИЯХ И ЗАКАНЧИВАЕТСЯ В ТОЧКЕ TERMINUS. ХРОМОСОМА БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ СВЯЗАНА В ОБЛАСТИ ORI С ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНОЙ. РЕПЛИКАЦИЯ ДНК КАТАЛИЗИРУЕТСЯ ДНК-ПОЛИМЕРАЗАМИ
- СУЩЕСТВУЕТ ТРИ ОСНОВНЫХ МЕХАНИЗМА РЕПЛИКАЦИИ КОЛЬЦЕВЫХ ПЛАЗМИД, А ИМЕННО ТЕТА-ТИП, СМЕЩЕНИЕ ЦЕПИ И КАТЯЩИЙСЯ КРУГ (RC).



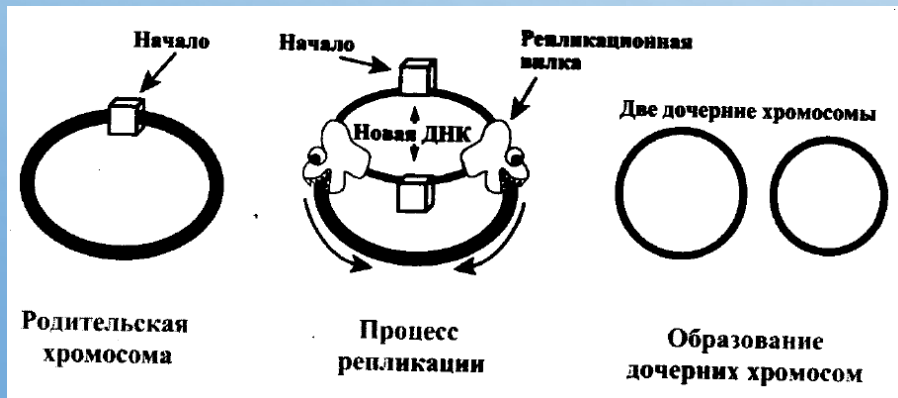
Репликация по типу катящегося кольца



ОСОБЕННОСТИ РЕПЛИКАЦИИ ДНК И ДЕЛЕНИЯ КЛЕТКИ

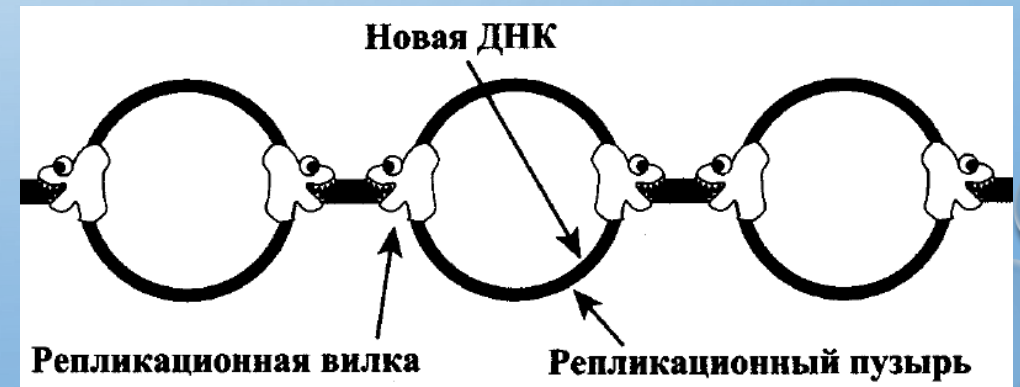
КОЛЬЦЕВАЯ ДНК

- РЕПЛИКАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ПРОХОДИТ ОДНОВРЕМЕННО В ОБОИХ НАПРАВЛЕНИЯХ ПО КРУГУ.
- В КОНЦЕ ДВЕ РЕПЛИКАЦИОННЫЕ ВИЛКИ СХОДЯТСЯ И СЛИВАЮТСЯ, ЧТО ВЕДЁТ К ОБРАЗОВАНИЮ ДВУХ НОВЫХ КОЛЬЦЕВЫХ ХРОМОСОМ.
- ОНИ ПРИКРЕПЛЯЮТСЯ К ОБОЛОЧКЕ КЛЕТКИ, И ПО МЕРЕ УДЛИНЕНИЯ, ИЛИ ЭЛОНГАЦИИ КЛЕТКИ БАКТЕРИИ, ХРОМОСОМЫ ОТТЯГИВАЮТСЯ ДРУГ ОТ ДРУГА. К МОМЕНТУ ДЕЛЕНИЯ КЛЕТКИ СТРОИТСЯ ПЕРЕГОРОДКА, И КАЖДОЙ НОВОЙ КЛЕТКЕ ОСТАЕТСЯ ПО ОДНОЙ ХРОМОСОМЕ



ЛИНЕЙНАЯ ДНК

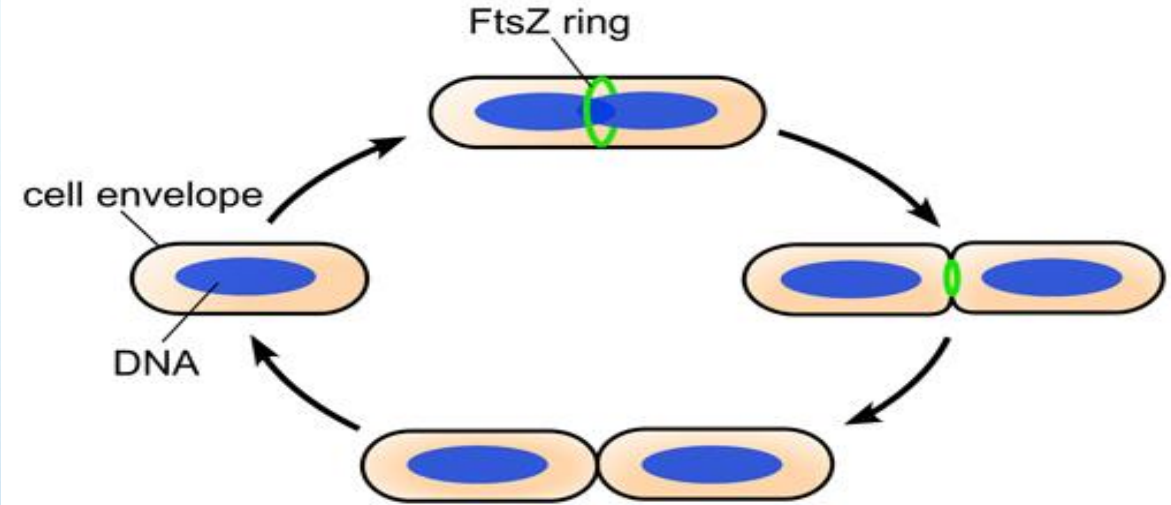
- ПОСКОЛЬКУ КЛЕТКИ ВЫСШИХ ОРГАНИЗМОВ (ЭУКАРИОТ) ИМЕЮТ БОЛЕЕ СЛОЖНОЕ СТРОЕНИЕ, ПРОЦЕСС ДЕЛЕНИЯ ИХ КЛЕТОК ПРОИСХОДИТ ИНАЧЕ. ТАКИЕ КЛЕТКИ НЕ ТОЛЬКО ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ МНОЖЕСТВОМ ХРОМОСОМ, НО И ТЕМ, ЧТО ВСЕ ЭТИ ХРОМОСОМЫ РАСПОЛОЖЕНЫ ВНУТРИ ЯДРА, ОТДЕЛЕННОГО ОТ КЛЕТКИ ЯДЕРНОЙ МЕМБРАНОЙ. СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ДОЛЖЕН ПРОЙТИ БОЛЕЕ СЛОЖНЫЙ ПРОЦЕСС РЕПЛИКАЦИИ ХРОМОСОМ И ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ДОЧЕРНИМ КЛЕТКАМ. ЭТОТ ПРОЦЕСС НАЗЫВАЕТСЯ И ВКЛЮЧАЕТ НЕСКОЛЬКО ЭТАПОВ:
- ИЗМЕНЕНИЕ ЯДРА КЛЕТКИ
- ДЕЛЕНИЕ ХРОМОСОМ: ХРОМОСОМЫ ОЧЕНЬ ДЛИННЫЕ, ПО ВСЕЙ ДЛИНЕ КАЖДОЙ ХРОМОСОМЫ РАСПОЛОЖЕНЫ НЕСКОЛЬКО РЕПЛИКАЦИОННЫХ ВИЛОК. КАЖДАЯ ПАРА РЕПЛИКАЦИОННЫХ ВИЛОК БЕРЕТ СВОЕ НАЧАЛО ОТ ОТДЕЛЬНОЙ ТОЧКИ РЕПЛИКАЦИИ, А ЗАТЕМ ДВИЖЕТСЯ В ПРОТИВОПОЛОЖНОМ НАПРАВЛЕНИИ. УЧАСТКИ, ГДЕ ПРОИСХОДИТ ДЕЛЕНИЕ ДНК, НАПОМИНАЮЩЕЙ ПУЗЫРЬ, ЧАСТО НАЗЫВАЮТ РЕПЛИКАЦИОННЫМ ПУЗЫРЕМ.
- РАЗДЕЛЕНИЕ ХРОМОСОМ МЕЖДУ КЛЕТКАМИ
- ДЕЛЕНИЕ МАТЕРИНСКОЙ КЛЕТКИ
- СТРОИТЕЛЬСТВО НОВОГО ЯДРА ВОКРУГ ХРОМОСОМ В КАЖДОЙ ДОЧЕРНЕЙ КЛЕТКЕ.



РОСТ И РАЗМНОЖЕНИЕ БАКТЕРИЙ: БИНАРНОЕ ДЕЛЕНИЕ

- РОСТ БАКТЕРИЙ — УВЕЛИЧЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ В РАЗМЕРАХ БЕЗ УВЕЛИЧЕНИЯ ЧИСЛА ОСОБЕЙ В ПОПУЛЯЦИИ.
- РАЗМНОЖЕНИЕ БАКТЕРИЙ — ПРОЦЕСС, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ УВЕЛИЧЕНИЕ ЧИСЛА ОСОБЕЙ В ПОПУЛЯЦИИ. БАКТЕРИИ ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ РАЗМНОЖЕНИЯ.
- РОСТ ВСЕГДА ПРЕДШЕСТВУЕТ РАЗМНОЖЕНИЮ.
- БОЛЬШИНСТВО БАКТЕРИЙ ДЛЯ СВОЕГО РАЗМНОЖЕНИЯ ПОЛАГАЮТСЯ НА БИНАРНОЕ ДЕЛЕНИЕ. КОНЦЕПТУАЛЬНО ЭТО ПРОСТОЙ ПРОЦЕСС; КЛЕТКЕ ПРОСТО НУЖНО ВЫРАСТИ В ДВА РАЗА ПО СРАВНЕНИЮ С НАЧАЛЬНЫМ РАЗМЕРОМ, А ЗАТЕМ РАЗДЕЛИТЬСЯ НА ДВЕ ЧАСТИ. НО ЧТОБЫ ОСТАВАТЬСЯ ЖИЗНЕСПОСОБНЫМИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫМИ, БАКТЕРИЯ ДОЛЖНА ДЕЛИТЬСЯ В НУЖНОЕ ВРЕМЯ, В НУЖНОМ МЕСТЕ И ПРЕДОСТАВЛЯТЬ КАЖДОМУ ПОТОМСТВУ ПОЛНУЮ КОПИЮ СВОЕГО ОСНОВНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.

BINARY FISSION:

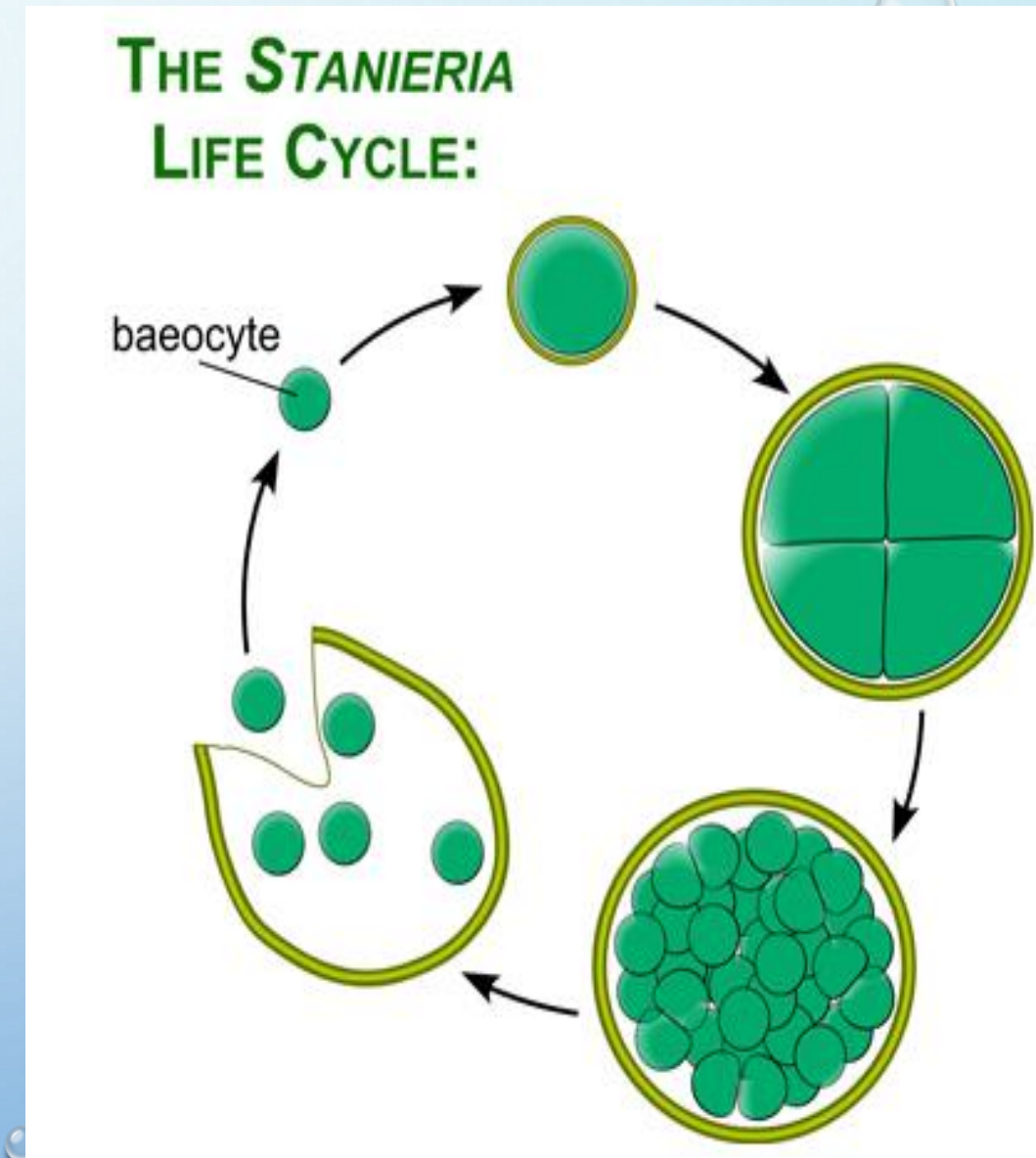


https://micro.cornell.edu/sites/micro.cornell.edu/files/shared/images/binary_fission.jpg

Прежде чем произойдет бинарное деление, клетка должна скопировать свой генетический материал (ДНК) и отделить эти копии на противоположных концах клетки. Затем многие типы белков, составляющих механизм деления клетки, собираются в месте будущего деления. Ключевым компонентом этого механизма является белок FtsZ. Белковые мономеры FtsZ собираются в кольцевую структуру в центре клетки. Остальные компоненты аппарата деления затем собираются на кольце FtsZ. Этот механизм расположен так, что деление расщепляет цитоплазму и не повреждает ДНК в процессе. Когда происходит деление, цитоплазма расщепляется на две части, и у многих бактерий синтезируется новая клеточная стенка.

ПРОДУКЦИЯ БАЕОЦИТОВ ЦИАНОБАКТЕРИЯМИ *STANIERIA*

- *СТАНЕРИЯ* НИКОГДА НЕ ПОДВЕРГАЕТСЯ *ДВОЙНОМУ* ДЕЛЕНИЮ. ВНАЧАЛЕ ОН ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ НЕБОЛЬШУЮ СФЕРИЧЕСКУЮ ЯЧЕЙКУ ДИАМЕТРОМ ОТ 1 ДО 2 МКМ. ЭТА КЛЕТКА НАЗЫВАЕТСЯ БАЕОЦИТОМ (ЧТО БУКВАЛЬНО ОЗНАЧАЕТ «МАЛАЯ КЛЕТКА»).
- БАЕОЦИТ НАЧИНАЕТ РАСТИ, ОБРАЗУЯ ВЕГЕТАТИВНУЮ КЛЕТКУ ДИАМЕТРОМ ДО 30 МКМ. ПО МЕРЕ РОСТА КЛЕТОЧНАЯ ДНК РЕПЛИЦИРУЕТСЯ СНОВА И СНОВА, И КЛЕТКА ПРОИЗВОДИТ ТОЛСТЫЙ ВНЕКЛЕТОЧНЫЙ МАТРИКС.
- ВЕГЕТАТИВНАЯ КЛЕТКА В КОНЕЧНОМ ИТОГЕ ПЕРЕХОДИТ В РЕПРОДУКТИВНУЮ ФАЗУ, ГДЕ ОНА ПОДВЕРГАЕТСЯ БЫСТРОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКИХ ДЕЛЕНИЙ С ОБРАЗОВАНИЕМ ДЕСЯТКОВ ИЛИ ДАЖЕ СОТЕН БАЕОЦИТОВ.
- ВНЕКЛЕТОЧНЫЙ МАТРИКС В КОНЕЧНОМ ИТОГЕ РАЗРЫВАЕТСЯ, ВЫСВОБОЖДАЯ БАЕОЦИТЫ.

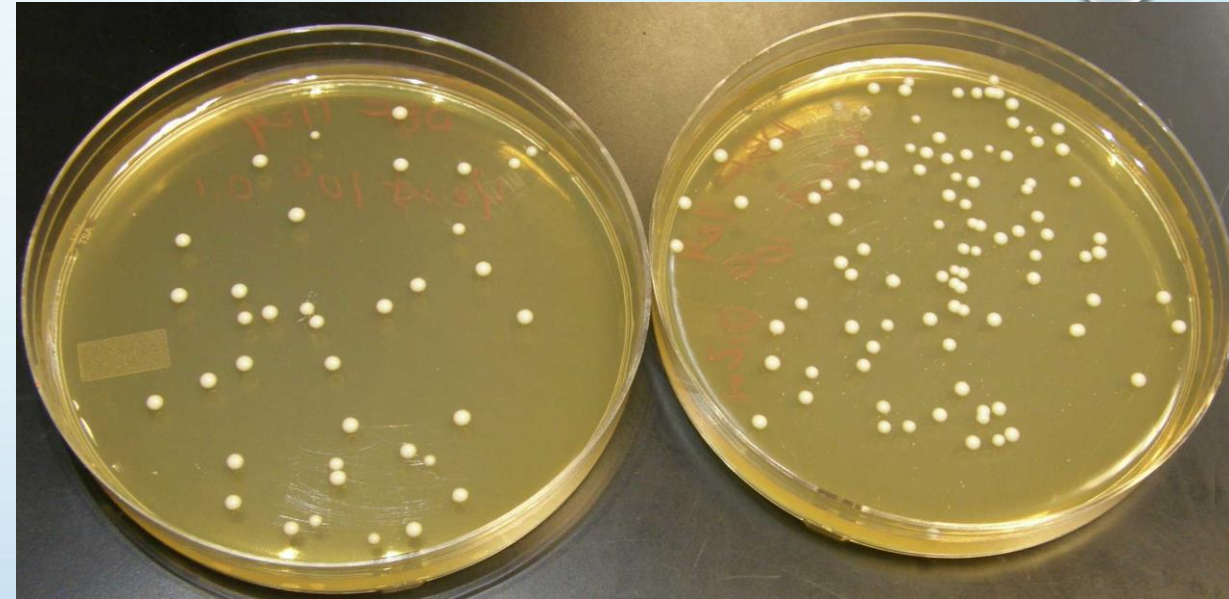


ФАЗЫ РАЗМНОЖЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ НА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

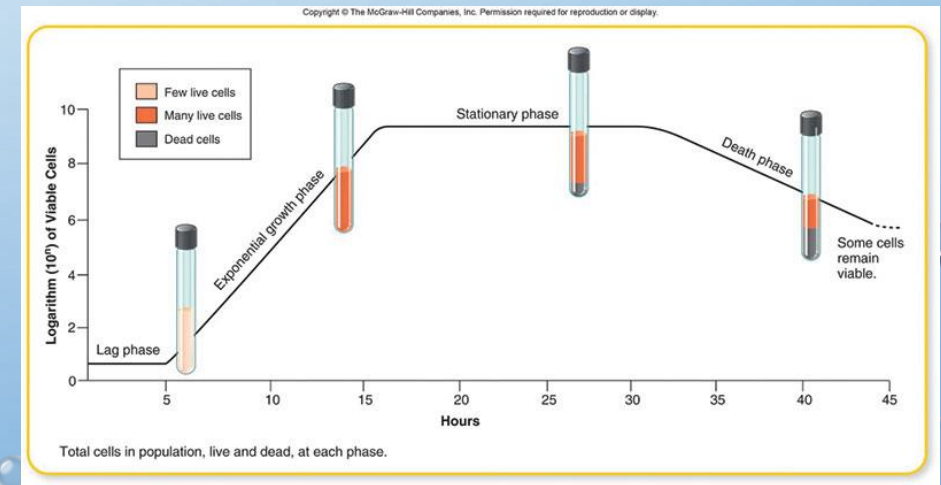
- НА ПЛОТНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ БАКТЕРИИ ОБРАЗУЮТ СКОПЛЕНИЯ КЛЕТОК — КОЛОНИИ, РАЗЛИЧНЫЕ ПО РАЗМЕРАМ, ФОРМЕ, ПОВЕРХНОСТИ, ОКРАСКЕ И Т. Д. НА ЖИДКИХ СРЕДАХ РОСТ БАКТЕРИЙ ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ ОБРАЗОВАНИЕМ ПЛЕНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ, РАВНОМЕРНОГО ПОМУТНЕНИЯ ИЛИ ОСАДКА.
- РАЗМНОЖЕНИЕ БАКТЕРИЙ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ВРЕМЕНЕМ ГЕНЕРАЦИИ. ЭТО ПЕРИОД, В ТЕЧЕНИЕ КОТОРОГО ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ГЕНЕРАЦИИ ЗАВИСИТ ОТ ВИДА БАКТЕРИЙ, ВОЗРАСТА, СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ, ТЕМПЕРАТУРЫ И ДР.

ФАЗЫ РАЗМНОЖЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ НА ЖИДКОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

- 1) НАЧАЛЬНАЯ СТАЦИОНАРНАЯ ФАЗА; ТО КОЛИЧЕСТВО БАКТЕРИЙ, КОТОРОЕ ПОПАЛО В ПИТАТЕЛЬНУЮ СРЕДУ И В НЕЙ НАХОДИТСЯ;
- 2) ЛАГ-ФАЗА (ФАЗА ПОКОЯ); ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ — 3—4 Ч, ПРОИСХОДИТ АДАПТАЦИЯ БАКТЕРИЙ К ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ, НАЧИНАЕТСЯ АКТИВНЫЙ РОСТ КЛЕТОК, НО АКТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЕЩЕ НЕТ; В ЭТО ВРЕМЯ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ КОЛИЧЕСТВО БЕЛКА, РНК;
- 3) ФАЗА ЛОГАРИФМИЧЕСКОГО РАЗМНОЖЕНИЯ; АКТИВНО ИДУТ ПРОЦЕССЫ РАЗМНОЖЕНИЯ КЛЕТОК В ПОПУЛЯЦИИ, РАЗМНОЖЕНИЕ ПРЕОБЛАДАЕТ НАД ГИБЕЛЮ;
- 4) МАКСИМАЛЬНАЯ СТАЦИОНАРНАЯ ФАЗА; БАКТЕРИИ ДОСТИГАЮТ МАКСИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ, Т. Е. МАКСИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ЖИЗНЕСПОСОБНЫХ ОСОБЕЙ В ПОПУЛЯЦИИ; КОЛИЧЕСТВО ПОГИБШИХ БАКТЕРИЙ РАВНО КОЛИЧЕСТВУ ОБРАЗУЮЩИХСЯ; ДАЛЬНЕЙШЕГО УВЕЛИЧЕНИЯ ЧИСЛА ОСОБЕЙ НЕ ПРОИСХОДИТ;
- 5) ФАЗА УСКОРЕННОЙ ГИБЕЛИ; ПРОЦЕССЫ ГИБЕЛИ ПРЕОБЛАДАЮТ НАД ПРОЦЕССОМ РАЗМНОЖЕНИЯ, ТАК КАК ИСТОЩАЮТСЯ ПИТАТЕЛЬНЫЕ СУБСТРАТЫ В СРЕДЕ. НАКАПЛИВАЮТСЯ ТОКСИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ, ПРОДУКТЫ МЕТАБОЛИЗМА. ЭТОЙ ФАЗЫ МОЖНО ИЗБЕЖАТЬ, ЕСЛИ ИСПОЛЬЗОВАТЬ МЕТОД ПРОТОЧНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ: ИЗ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПОСТОЯННО УДАЛЯЮТСЯ ПРОДУКТЫ МЕТАБОЛИЗМА И ВОСПОЛНЯЮТСЯ ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА.



https://fankhauserblog.files.wordpress.com/1988/06/yeast_plates_0_1_0_2_ml_p1310013.jpg



<https://microbenotes.com/bacterial-growth-curve-and-its-significance/>

Вегетативное

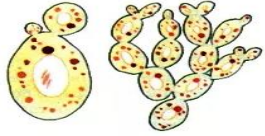
Бесполое

Половое

1. Частями грибницы
2. Почкованием

Спорами —
специализированными
клетками

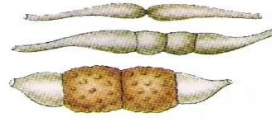
Гаметами — половыми
клетками



Почкование дрожжей



Размножение спорами
пеницилла

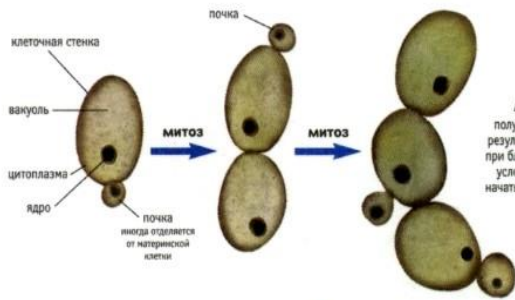


Слияние гамет

[https://sdelai-lestnicu.ru/wp-](https://sdelai-lestnicu.ru/wp-content/uploads/5/c/d/5cd560cb77c62d0fb338da1a460b4098.jpg)

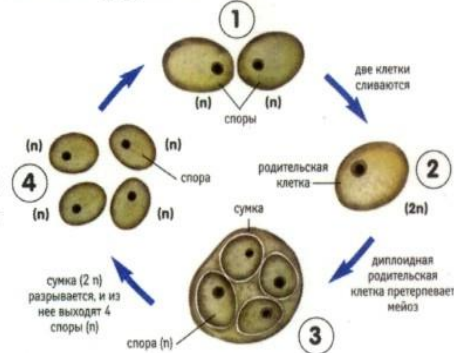
[content/uploads/5/c/d/5cd560cb77c62d0fb338da1a460b4098.jpg](https://sdelai-lestnicu.ru/wp-content/uploads/5/c/d/5cd560cb77c62d0fb338da1a460b4098.jpg)

Строение и размножение дрожжей



Почкование — бесполое размножение

Происходит в благоприятных условиях



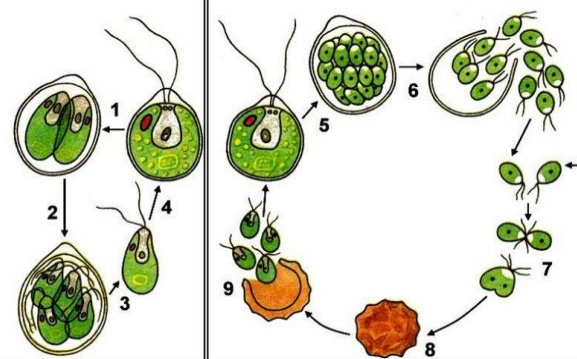
Половое размножение

Происходит в неблагоприятных условиях

РАЗМНОЖЕНИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ЭУКАРИОТ

Размножение одноклеточных водорослей

- При **бесполом размножении** содержимое клетки (спорофит) делится на 4 части и образуются 4 гаплоидных зооспоры. С наступлением холодов 2 зооспоры сливаются, образуя диплоидную зиготоспору. Весной она делится митозом, вновь образуя гаплоидные водоросли.
- **Спорофит** — диплоидная многоклеточная фаза в жизненном цикле растений и водорослей, развивающаяся из оплодотворенной яйцеклетки или зиготы и производящая споры. Развивается из оплодотворенной яйцеклетки, или зиготы.

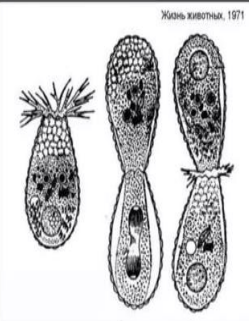


Размножение и жизненные циклы простейших

Размножение простейших

Формы бесполого размножения

- Монотомия — деление надвое
- Палитомия — последовательное деление
- Шизогония (синтомия) — множественное деление
- Почкование (внешнее, внутреннее)



Стадии деления раковинной амёбы

Формы полового размножения

- Копуляция (изогамная, анизогамная, оогамная)
- Конъюгация



Копуляция гамет

<http://900igr.net/up/datai/82008/0019-014-.png>

[https://cf2.ppt-](https://cf2.ppt-online.org/files2/slide/y/yDnYtRedlhGCIXJzvm91upBSrNaw4WxO6PbMkQ/slide-3.jpg)

[online.org/files2/slide/y/yDnYtRedlhGCIXJzvm91upBSrNaw4WxO6PbMkQ/slide-3.jpg](https://cf2.ppt-online.org/files2/slide/y/yDnYtRedlhGCIXJzvm91upBSrNaw4WxO6PbMkQ/slide-3.jpg)

[https://cf.ppt-](https://cf.ppt-online.org/files1/slide/s/sLh9IJf7c80vGSE3MYnXgrNcPOxXcdkZbu2HVtFUT1p/slide-32.jpg)

[online.org/files1/slide/s/sLh9IJf7c80vGSE3MYnXgrNcPOxXcdkZbu2HVtFUT1p/slide-32.jpg](https://cf.ppt-online.org/files1/slide/s/sLh9IJf7c80vGSE3MYnXgrNcPOxXcdkZbu2HVtFUT1p/slide-32.jpg)

Простейшие. Размножаются бесполом путем — двойным делением или множественным делением (шизогония), а некоторые и половым путем (спорогония). Многие из них при неблагоприятных условиях образуют цисты — покоящиеся стадии, устойчивые к изменению

РЕПРОДУКЦИЯ ВИРУСОВ

- ОСОБЕННОСТЬ. ВИРИОНЫ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ИНЕРТНЫЕ ФОРМЫ, КОТОРЫЕ САМИ ПО СЕБЕ НЕ РАЗМНОЖАЮТСЯ, А ЛИШЬ СУЩЕСТВУЮТ ДЛЯ ПЕРЕХОДА ИЗ ОДНОЙ КЛЕТКИ ХОЗЯИНА В ДРУГУЮ И СОХРАНЕНИЯ ВО ВНЕШНЕЙ СРЕДЕ.

ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ВИРУСНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ СКЛАДЫВАЮТСЯ ИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕСКОЛЬКИХ ФАКТОРОВ:

- ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТОВ ВИРУСНЫХ ГЕНОВ НА МЕТАБОЛИЗМ ЗАРАЖЕННЫХ КЛЕТОК;
- РЕАКЦИИ ХОЗЯИНА НА ЭКСПРЕССИЮ ВИРУСНЫХ ГЕНОВ В ЗАРАЖЕННЫХ КЛЕТКАХ;
- МОДИФИКАЦИИ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ ХОЗЯИНА В РЕЗУЛЬТАТЕ ИХ СТРУКТУРНОГО ИЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГЕНЕТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ ВИРУСА.

В БОЛЬШИНСТВЕ СЛУЧАЕВ СИМПТОМЫ ОСТРЫХ ВИРУСНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ МОГУТ БЫТЬ НЕПОСРЕДСТВЕННО СВЯЗАНЫ С РАЗРУШЕНИЕМ КЛЕТОК ИНФИЦИРУЮЩИМ ИХ ВИРУСОМ.

- ДЛЯ ТОГО ЧТОБЫ ВИРУС МОГ РАЗМНОЖИТЬСЯ, ОН ДОЛЖЕН ВНАЧАЛЕ ЗАРАЗИТЬ КЛЕТКУ. СПЕКТР ХОЗЯЕВ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КАК ТИПАМИ КЛЕТОК, ТАК И ВИДАМИ, КОТОРЫХ ОН МОЖЕТ ЗАРАЖАТЬ И В КОТОРЫХ ОН СПОСОБЕН РАЗМНОЖАТЬСЯ. СПЕКТР ХОЗЯЕВ РАЗНЫХ ВИРУСОВ ЗНАЧИТЕЛЬНО ВАРЬИРУЕТ. ОДНИ ВИРУСЫ ИМЕЮТ ШИРОКИЙ СПЕКТР ХОЗЯЕВ, ДРУГИЕ ЗАРАЖАЮТ ЛИШЬ КЛЕТКИ ОДНОГО ТИПА ОПРЕДЕЛЕННЫХ ВИДОВ. СПОСОБНОСТЬ КЛЕТКИ ИЛИ МНОГОКЛЕТОЧНОГО ОРГАНИЗМА ЗАРАЖАТЬСЯ НАЗЫВАЮТ **ВОСПРИИМЧИВОСТЬЮ**.
- В НАЧАЛЕ ИНФЕКЦИИ ВИРУС ВВОДИТ В КЛЕТКУ СВОЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ — РНК ИЛИ ДНК, ЧАСТО ВМЕСТЕ С НЕОБХОДИМЫМИ БЕЛКАМИ. РАЗМЕРЫ, СОСТАВ И ГЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВИРУСНЫХ ГЕНОМОВ ОЧЕНЬ СИЛЬНО ВАРЬИРУЮТ.

РАЗЛИЧАЮТ ТРИ ТИПА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИРУСА С КЛЕТКОЙ:

- ПРОДУКТИВНЫЙ ТИП - ПРОИСХОДИТ В *ПЕРМИССИВНЫХ* КЛЕТКАХ (КЛЕТКИ, В КОТОРЫХ ВИРУС МОЖЕТ ПРОЙТИ ПОЛНЫЙ РЕПРОДУКТИВНЫЙ ЦИКЛ) И ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ ПРОДУКЦИЕЙ ИНФЕКЦИОННОГО ПОТОМСТВА. НОВЫЕ ВИРИОНЫ, ПО РАЗНОМУ ВЫХОДЯЩИЕ ИЗ КЛЕТКИ: ПРИ ЕЕ ЛИЗИСЕ - Т.Е. «ВЗРЫВНЫМ» МЕХАНИЗМОМ, (БЕЗОБОЛОЧЕЧНЫЕ ВИРУСЫ); ПУТЕМ ПОЧКОВАНИЯ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНЫ КЛЕТКИ (ОБОЛОЧЕЧНЫЕ ВИРУСЫ); В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭКЗОЦИТОЗА
- АБОРТИВНЫЙ ТИП ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ ПРЕРЫВАНИЕМ ИНФЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА И МОЖЕТ НАСТУПИТЬ В СИЛУ ДВУХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ:

-НЕСМОТЯ НА ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К ЗАРАЖЕНИЮ, КЛЕТКИ МОГУТ ОКАЗАТЬСЯ НЕПЕРМИССИВНЫМИ, ТАК КАК, ЧАЩЕ ВСЕГО ПО НЕИЗВЕСТНЫМ ПРИЧИНАМ, В НИХ СПОСОБНЫ ЭКСПРЕССИРОВАТЬСЯ ЛИШЬ НЕКОТОРЫЕ ВИРУСНЫЕ ГЕНЫ.

-МОЖЕТ БЫТЬ РЕЗУЛЬТАТОМ ЗАРАЖЕНИЯ КАК ПЕРМИССИВНЫХ, ТАК И НЕПЕРМИССИВНЫХ КЛЕТОК ДЕФЕКТНЫМИ ВИРУСАМИ У КОТОРЫХ ОТСУТСТВУЕТ ПОЛНЫЙ НАБОР ВИРУСНЫХ ГЕНОВ.

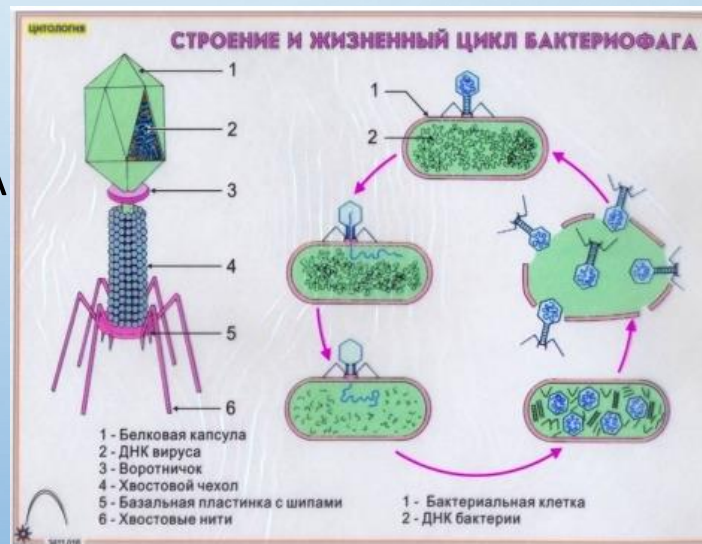
- ИНТЕГРАТИВНЫЙ ТИП (ВИРОГЕНИЯ) ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ИНТЕГРАЦИИ, Т.Е. ВСТРАИВАНИИ ВИРУСНОЙ ДНК В ВИДЕ ПРОВИРУСА В ХРОМОСОМУ КЛЕТКИ И ИХ СОВМЕСТНОМ СУЩЕСТВОВАНИИ.

ФОРМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИРИОНА ВИРУСА С КЛЕТКОЙ

ЦИКЛ РЕПРОДУКЦИИ ВИРУСОВ ПРИ ПРОДУКТИВНОЙ ИНФЕКЦИИ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ СПЕЦИФИЧЕСКУЮ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СОБЫТИЙ, ПРИВОДЯЩИХ К ОБРАЗОВАНИЮ НОВОГО ПОТОМСТВА ВИРИОНОВ:

- АДСОРБЦИЯ ВИРИОНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КЛЕТКИ.
- ПРОНИКНОВЕНИЕ ВИРУСА ИЛИ ВИРУСНОГО НУКЛЕОПРОТЕИДА ВНУТРЬ КЛЕТКИ.
- ДЕПРОТЕИНИЗАЦИЯ ГЕНОМА (РАСПАД ВИРИОНА НА СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ, НАСТУПАЮЩИЙ В ПРОЦЕССЕ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ КЛЕТКИ).
- СИНТЕЗ ВИРУСНЫХ КОМПОНЕНТОВ.
- ФОРМИРОВАНИЕ И ВЫХОД ИЗ КЛЕТКИ ЗРЕЛЫХ ВИРИОНОВ

| Взаимодействие с клеткой | |
|--|--|
| ВИРУСЫ | ФАГИ (бактериофаги) |
| Прикрепляются к клеточной поверхности. | Прикрепляются к бактерии полным стержнем при помощи отростков. |
| Проникают в клетку путем эндоцитоза или слиянием мембран. | Растворение клеточной стенки бактерии с помощью фермента. |
| Геном вируса встраивается в генетический аппарат клетки. | Сокращение головки и впрыскивание ДНК через канал стержня. |
| Использование систем клетки для воспроизведения нового поколения вирусов (в соответствии с программой нуклеиновой кислоты вируса). | Перестройка всего метаболизма бактериальной клетки и синтез ДНК и фагового белка бактериофага. |
| Истощение или гибель клетки (или, иногда, их усиленное деление → злокачественные опухоли). | Появление новых фаговых частиц и гибель клетки бактерии. |



ЛИТЕРАТУРА

- ГУСЕВ М. В. МИКРОБИОЛОГИЯ: УЧЕБНИК ДЛЯ СТУД. БИОЛ. СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ВУЗОВ / М. В. ГУСЕВ, Л. А. МИНЕЕВА. — 4-Е ИЗД., СТЕР. — М.: ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АКАДЕМИЯ», 2003. — 464 С.
- МИКРОБИОЛОГИЯ: УЧЕБНИК / ПОД РЕД. ЗВЕРЕВА В.В.. - М.: ГЭОТАР-МЕДИА, 2015. - 384 С.
- БЕЛЯЕВ, С.А. МИКРОБИОЛОГИЯ: УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ / С.А. БЕЛЯЕВ. - СПБ.: ЛАНЬ П, 2016. - 496 С.
- БЕЛЯСОВА, Н.А. МИКРОБИОЛОГИЯ: УЧЕБНИК / Н.А. БЕЛЯСОВА. - МН.: ВЫШЭЙШАЯ ШК., 2012. - 443 С.
- ТКАЧЕНКО К. В. МИКРОБИОЛОГИЯ: КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ. — М.: ИЗД-ВО ЭКСМО, 2006. — 160 С. — (ЭКЗАМЕН В КАРМАНЕ).
- ПРУДНИКОВА, С. В. МИКРОБИОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ВИРУСОЛОГИИ. ВЕРСИЯ 1.0 [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС] : КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ / С. В. ПРУДНИКОВА. - ЭЛЕКТРОН. ДАН. (2 МБ). - КРАСНОЯРСК : ИПК СФУ, 2008.
- ПРУНТОВА, О.В. КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ОБЩЕЙ МИКРОБИОЛОГИИ И ОСНОВАМ ВИРУСОЛОГИИ. В 2 Ч. Ч. 1 / О. В. ПРУНТОВА, О. Н. САХНО, М. А. МАЗИРОВ ; ВЛАДИМ. ГОС. УН-Т. - ВЛАДИМИР : ИЗД-ВО ВЛАДИМ. ГОС. УН-ТА, 2006. - 192 С., [4] С ЦВ. ИЛ. - ISBN 5-89368-672-1.