

ГЕНЕТИКА БАКТЕРИЙ

Генетика

наука, изучающая законы наследственности и изменчивости живых организмов

Наследственность – свойство живых существ сохранять и передавать в неизменённом виде свои свойства на протяжении ряда поколений от родителей потомству

Изменчивость – свойство живых существ изменять свои свойства, приспособляясь к изменяющимся

Геном бактерий

Состоит из генетических элементов, способных к саморепликации, т.е. репликонов

Репликонами являются хромосома и плазмиды бактерий

Хромосома бактерий - двойная кольцевая ДНК (существуют бактерии с линейной хромосомой **Borrelia burgdorferi*)

- ДНК состоит из нуклеотидов (нуклеозидтрифосфат): азотистое основание, пентоза, фосфорная кислота
- 4 типа азотистых основания: пуриновые (аденин, гуанин); пиримидиновые (тимин, цитозин)
- Сумма нуклеотидов с пуриновыми основаниями в ДНК равняется сумме нуклеотидов с пиримидиновыми основаниями, т.е. $A+G=T+C$
- **(A + T)/(G + C)-соотношение** - процентное соотношение количества пар аденин-тимин (A-T) к числу пар гуанин-цитозин (G-C) в данном образце ДНК, характеризующее этот образец или геном в целом, является видоспецифичным. Соотношение было выявлено Э. Чаргаффом в 1949-1951 гг. и названо правилом Чаргаффа

Плазмиды - внехромосомные дополнительные факторы наследственности бактерий, представляющие кольцевые, реже линейной молекулы ДНК, способные с автономному существованию и автономной репликации, придающие бактериям дополнительные функции

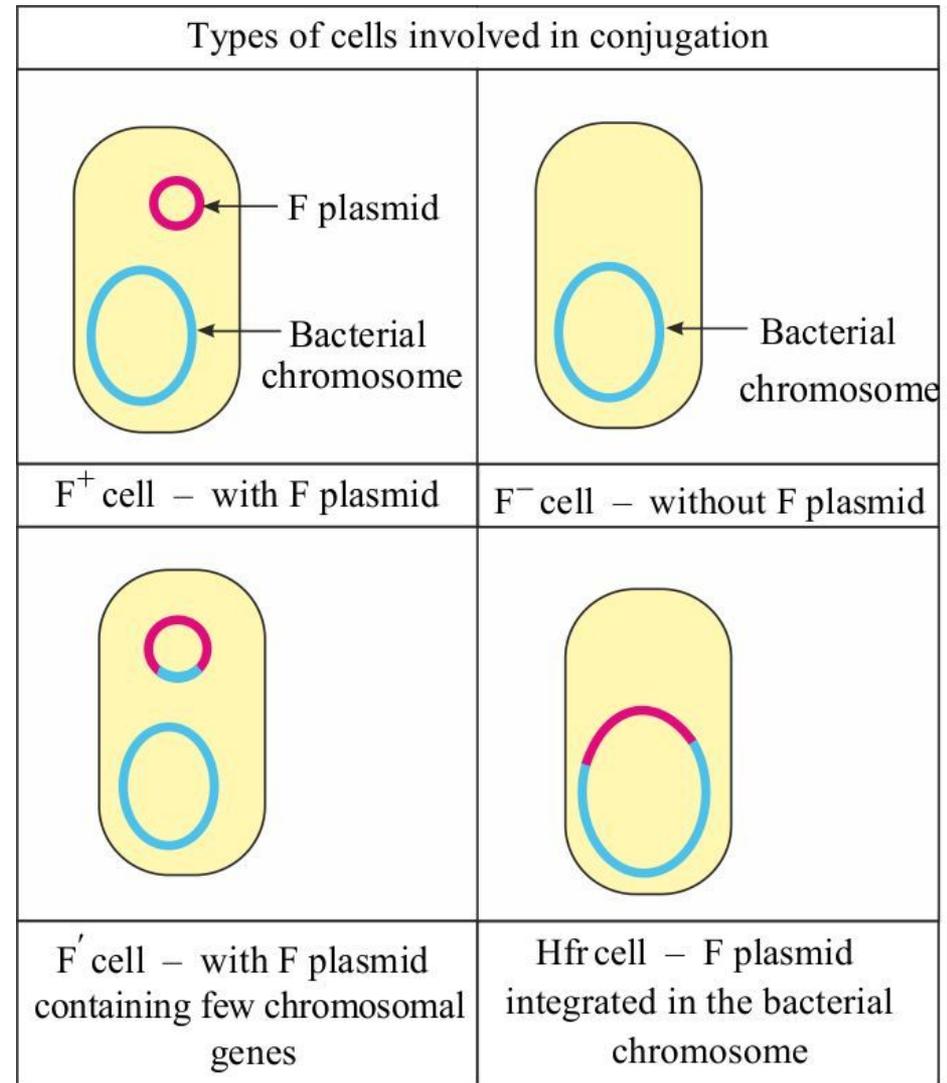
Плазмиды несут в своем составе от 40 до 50 генов, выполняют регуляторные и кодирующие функции.

Выделяют плазмиды, находящиеся в виде отдельной замкнутой молекулы ДНК и встроенные в хромосому бактерий (**эписомы**)

Плазмиды классифицируют по фенотипическим признакам:

- Col-плазмиды кодируют синтез бактериоцинов (белков, вызывающих гибель бактерий того же или близкородственных видов)
- R-плазмиды несут гены резистентности к антибиотикам
- D-плазмиды (плазмиды деградации) встречаются в основном у почвенных бактерий. Несут гены, контролирующие способность к деградации ксенобиотиков (соединений углеводорода, камфоры, толуола, хлора)
- F-плазида кодирует наличие F-пили

- F-плазмида, находящаяся в интегрированном состоянии, носит название **Hfr-плазмиды** (high frequency of recombination – высокая частота рекомбинации)
- F-плазмида, находясь в автономном состоянии, сама переходит при конъюгации в реципиентную клетку. При этом реципиентная клетка превращается из «женской» в «мужскую» (т.е. происходит смена «пола»), но внедрившийся в реципиентную клетку генетический материал, представленный плазмидными генами, редко рекомбинирует с бактериальной хромосомой, потому что имеет по отношению к хромосомному генетическому материалу сравнительно низкую степень гомологии
- Половой фактор может переходить из автономного состояния в интеграционное и из интеграционного – в автономное. Последний процесс может сопровождаться обменом прилегающих частей плазмиды и нуклеотида, в результате чего перешедшая в автономное состояние плазмида окажется рекомбинационной – будет содержать фрагмент нуклеоида, оставив в нем взамен него свой фрагмент. Такая плазмида обозначается как **F'-плазмида**. Если донорская клетка при конъюгации несет F'-плазмиду, то она переходит в реципиентную клетку, производя у последней «смену пола», но при этом и обуславливает высокую частоту рекомбинации (благодаря включенному



Изменчивость

- Фенотипическая
- Генотипическая (мутаационная, рекомбинационная)

Мутации

Изменения числа хромосом (перестройки генома)

Полипloidия

Гаплоидия

Анеуплоидия

Кратное увеличение основного
(гаплоидного) числа хромосом

Потеря или добавление одной
или нескольких хромосом

Уменьшение диплоидного набора
хромосом в 2 раза

Изменения структуры хромосом (хромосомные aberrации)

Нехватки
(делеции)

Дупликации

Инверсии

Транслокации

Потеря какого-либо участка
хромосомы

Удвоение какого-либо участка
хромосомы

Поворот какого-либо участка
хромосомы на 180°

Обмен участками между
двумя нехомологичными хромосомами

Изменения структуры гена (генные мутации)

Изменение порядка чередо-
вания нуклеотидов

Вставка нуклеотидов

Удвоение нуклеотидов

Потеря нуклеотидов

Генетическая рекомбинация

- Конъюгация
- Трансформация
- Трансдукция

Конъюгация

(лат. conjugatio соединение)

форма обмена генетическим материалом между бактериями при их клеточном контакте

Обнаружена в 1946 г. Ледербергом (J. Lederberg) и Тейтемом (E. L. Tatum) при исследовании штаммов двойных и тройных ауксотрофных мутантов *E. coli* K12. Смешивая культуры двух штаммов, для роста одного из которых было необходимо добавление в среду метионина (Met-) и биотина (Bio-), а для роста другого — треонина (Thr-), лейцина (Leu-) и тиамин (Thi-), и высевая затем образцы смешанных культур на минимальную, т. е. не содержащую необходимых соединений среду, они обнаружили на ней колонии прототрофных бактерий (Met+, Bio+, Thr+, Leu+, Thi+). Частота проявления таких бактерий была равна 1 на каждые 10^7 высеянных родительских клеток. Дальнейшее изучение показало, что они являются генетическими рекомбинантами, т. е. клетками, несущими комбинацию генов родительских клеток

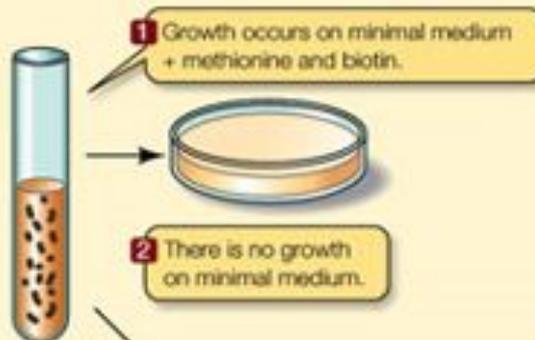
АУКСОТРОФНОСТЬ (греческий auxō выращивать + trophe питание) — неспособность организма синтезировать необходимые для его роста вещества.

ПРОТОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ (греч. protos первый — trophe питание) — микроорганизмы, способные расти на минимальной питательной среде, содержащей органические источники углерода, минеральные соли

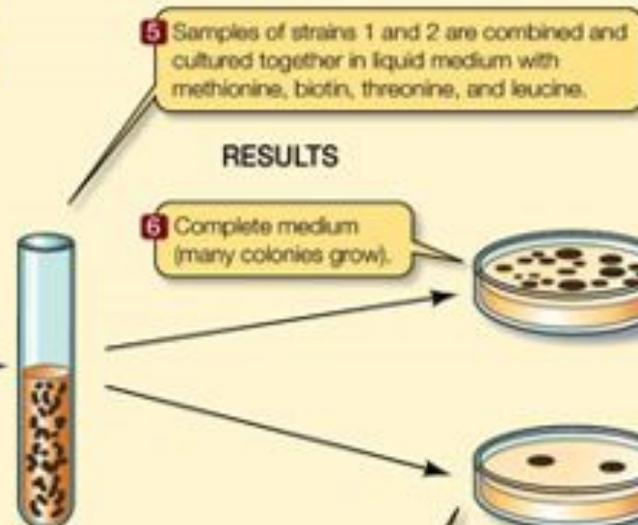
HYPOTHESIS: Genetic recombination can occur in bacteria.

METHOD

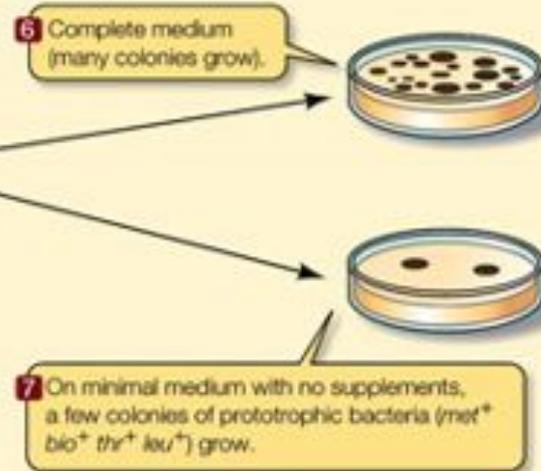
Strain 1 of *E. coli*
(*met⁻ bio⁻ thr⁺ leu⁻*)
requires methionine
and biotin for growth.



Strain 2 of *E. coli*
(*met⁺ bio⁺ thr⁻ leu⁻*)
requires threonine
and leucine for growth.

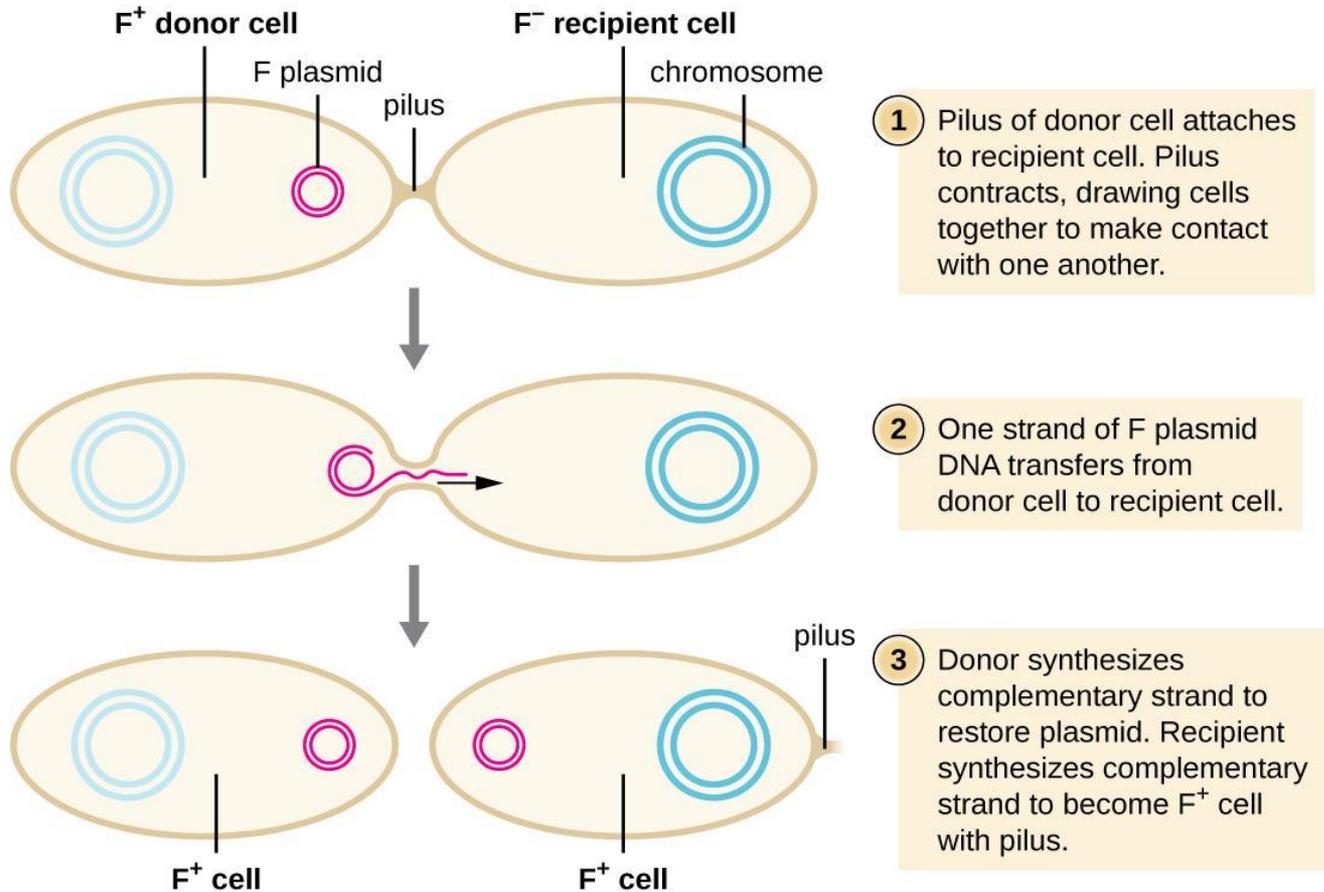


RESULTS

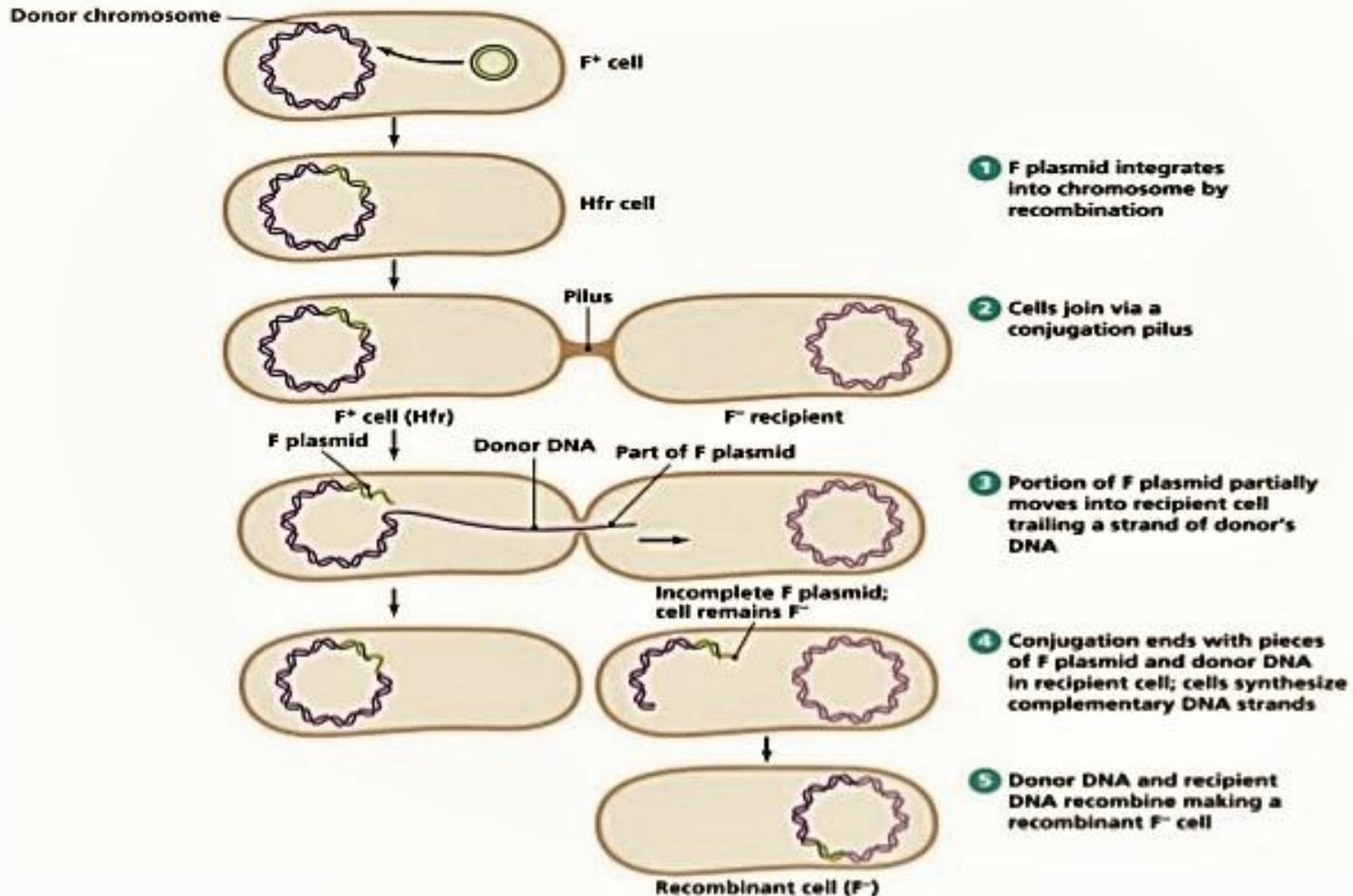


CONCLUSION: The prototrophic colonies growing on minimal medium could have arisen only by genetic recombination between the two different strains.

Конъюгация



Hfr conjugation



Трансформация (I)

(лат. *transformatio* преобразование)

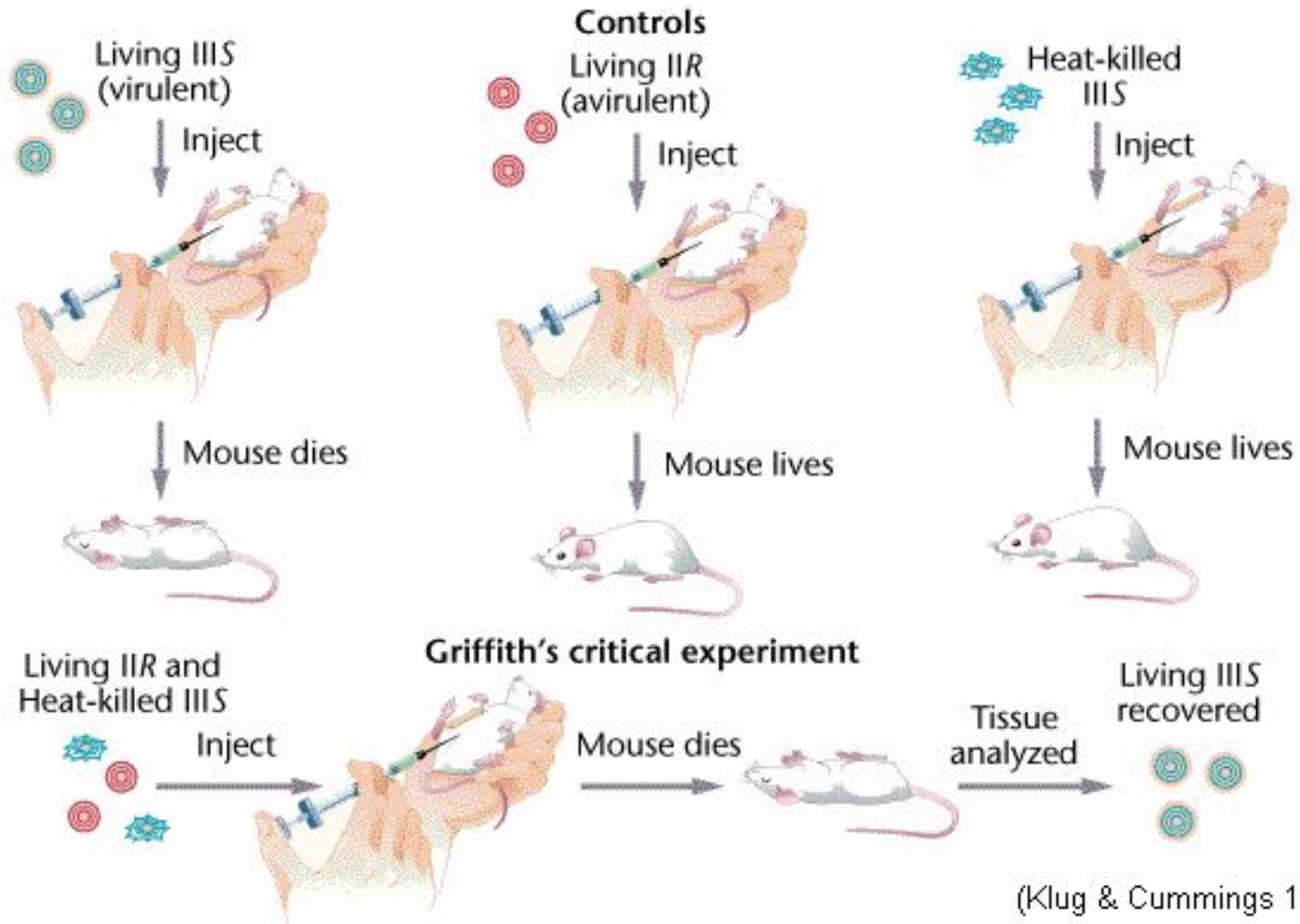
— изменение наследственных свойств клетки в результате переноса в нее генетического материала (ДНК, хромосом или генов) другой клетки

В 1928г. открыта
Frederick Griffith



Frederick Griffith
1879-1941

Трансформация (II)

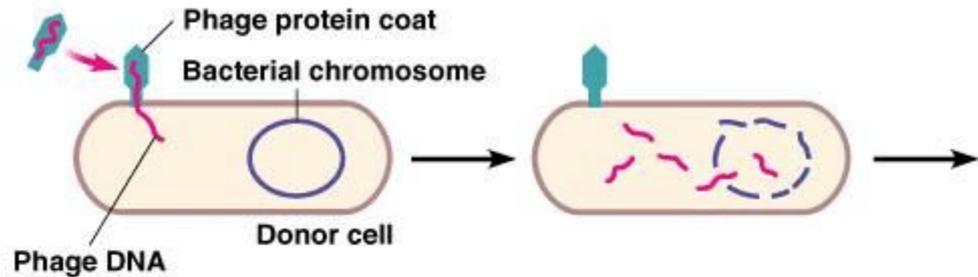
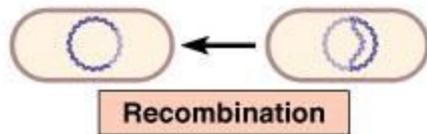


(Klug & Cummings 1997)

Трансдукция

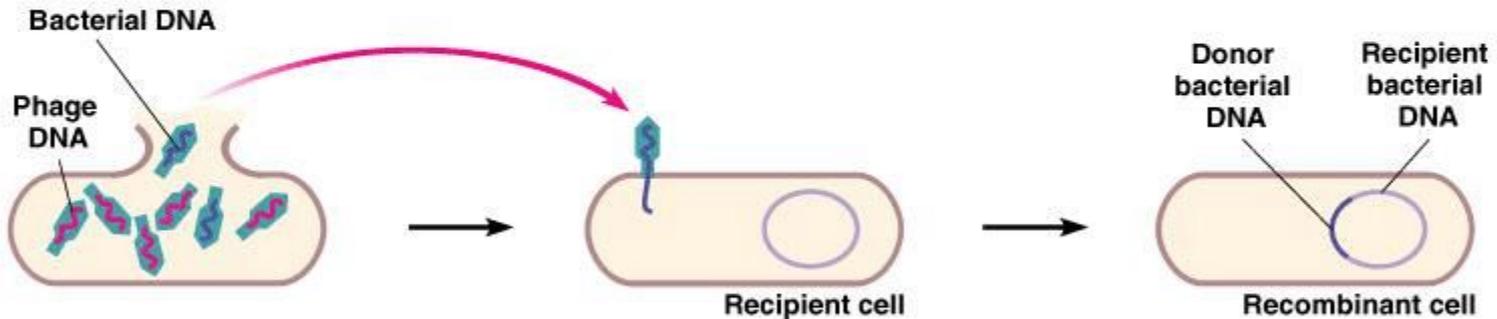
(лат. transductio перемещение)

— явление переноса генетического материала из одной бактериальной клетки в другую с помощью умеренных бактериофагов



1 A phage infects the donor bacterial cell.

2 Phage DNA and proteins are made, and the bacterial chromosome is broken down into pieces.

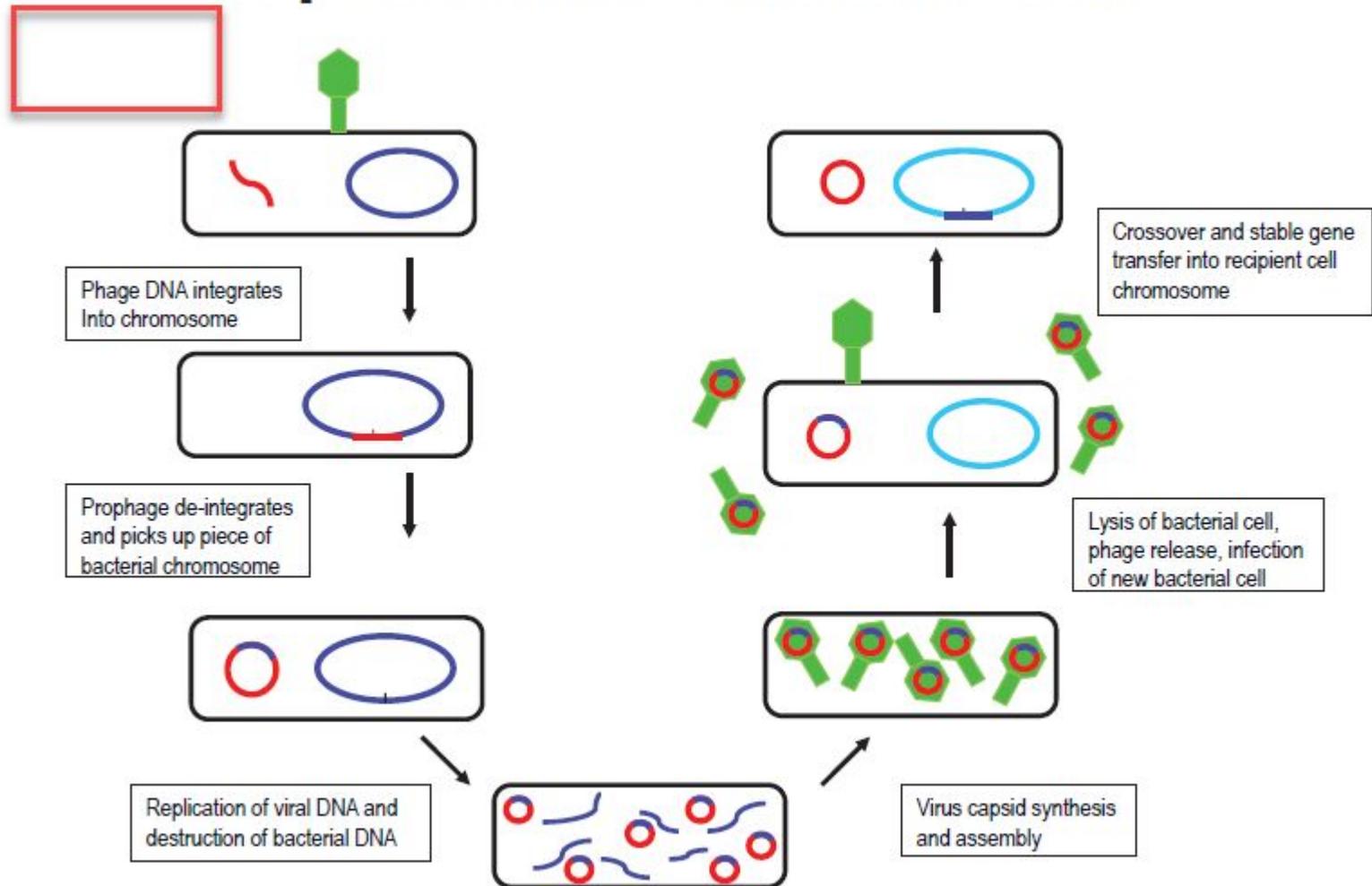


3 Occasionally during phage assembly, pieces of bacterial DNA are packaged in a phage capsid. Then the donor cell lyses and releases phage particles containing bacterial DNA.

4 A phage carrying bacterial DNA infects a new host cell, the recipient cell.

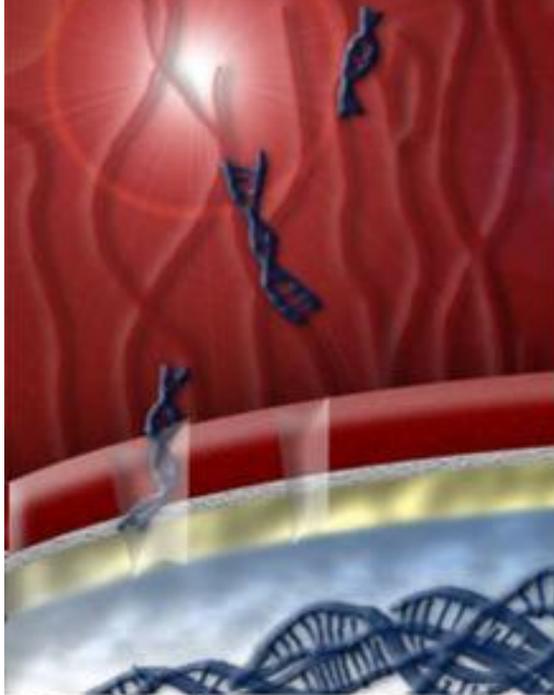
5 Recombination can occur, producing a recombinant cell with a genotype different from both the donor and recipient cells.

Specialized transduction



Courtesy of M. Mulks (MSU)

TRANSFORMATION



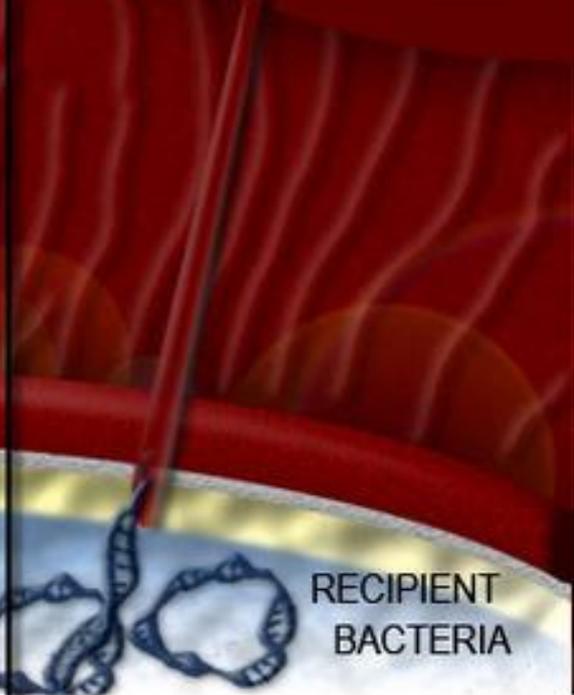
Transformation involves uptake of short fragments of naked DNA by naturally transformable bacteria.

TRANSDUCTION



Transduction involves transfer of DNA from one bacterium into another via bacteriophages

CONJUGATION



Conjugation involves transfer of DNA material via sexual pilus and requires cell-to-cell contact

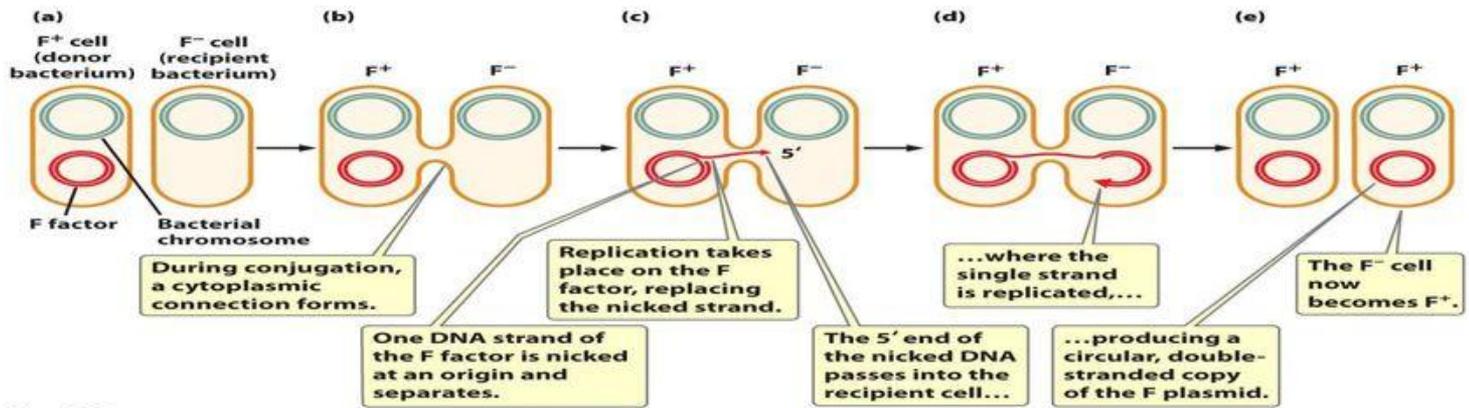


Figure 9.11
Genetics: A Conceptual Approach, Fifth Edition
 © 2014 W. H. Freeman and Company

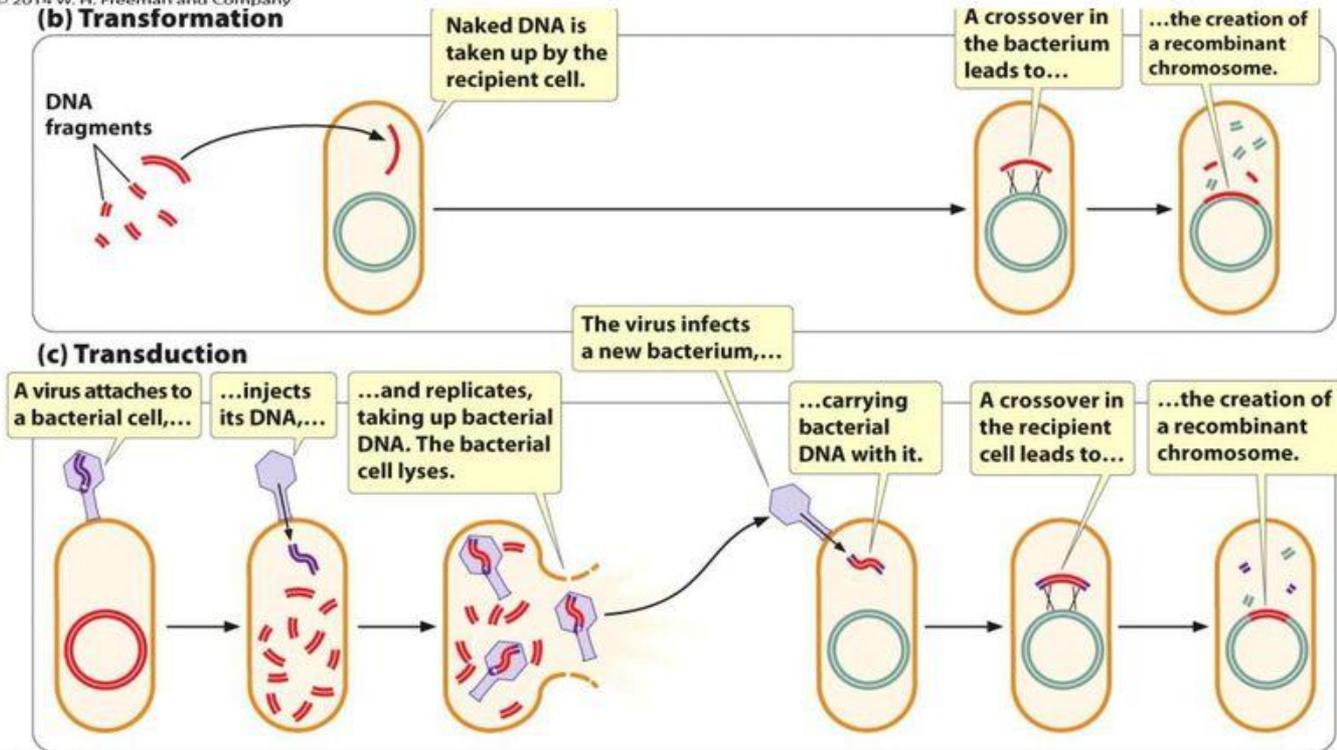


Figure 9.7
Genetics: A Conceptual Approach, Fifth Edition
 © 2014 W. H. Freeman and Company

F-плазмиды называют *половым фактором* или фактором фертильности (откуда и название) потому что наличие F-плазмиды превращает клетку в возможного донора наследственного материала при конъюгации (т.е. в «мужскую» клетку), соответственно клетка, лишенная F-плазмиды, является потенциальным реципиентом генетического материала при конъюгации («женской» клеткой). Реципиентная клетка, получив при конъюгации F-плазмиду, превращается тем самым из женской в мужскую (т.е. происходит «смена пола»).

- F-плазида, находящаяся в интегрированном состоянии, носит название **Hfr-плазмиды** (high frequency of recombination – высокая частота рекомбинации). Если донорская клетка при конъюгации содержит Hfr-фактор, то при конъюгации разрыв цепочки нуклеоида происходит в месте прикрепления этого фактора и в конъюгационный мостик начинает входить противоположенный от места нахождения Hfr-фактора конец ДНК. Так как конъюгационный мостик не стоек, контакт между клетками при конъюгации кратковременен и вся цепочка ДНК нуклеоида просто не успевает перейти в реципиентную клетку. Следовательно, сам Hfr-фактор при этом виде конъюгации не передается (не происходит смена «пола»), а внедрившийся в реципиентную клетку фрагмент нуклеоида с высокой частотой (т.к. конъюгация происходит, как правило, между клетками одного вида) рекомбинирует с хромосомой реципиентной клетки
- **F-плазида**, находясь в автономном состоянии, сама переходит при конъюгации в реципиентную клетку. При этом реципиентная клетка превращается из «женской» в «мужскую» (т.е. происходит смена «пола»), но внедрившийся в реципиентную клетку генетический материал, представленный плазмидными генами, редко рекомбинирует с бактериальной хромосомой, потому что имеет по отношению к хромосомному генетическому материалу сравнительно низкую степень гомологии
- Половой фактор может переходить из автономного состояния в интеграционное и из интеграционного – в автономное. Последний процесс может сопровождаться обменом прилегающих частей плазмиды и нуклеотида, в результате чего перешедшая в автономное состояние плазида окажется рекомбинационной – будет содержать фрагмент нуклеоида, оставив в нем взамен него свой фрагмент. Такая плазида обозначается как **F'-плазида**. Если донорская клетка при конъюгации несет F'-плазмиду, то она переходит в реципиентную клетку, производя у последней «смену пола», но при этом и обуславливает высокую частоту рекомбинации (благодаря включенному фрагменту нуклеоида).