

# Наследственная изменчивость

- Для эволюционного процесса имеет значение только наследственная изменчивость, которая, возникнув у отдельной особи, передается по наследству
- Виды наследственной изменчивости – мутационная и комбинационная

# Мутационная изменчивость

Внезапное и скачкообразное изменение наследственной программы называется **мутацией**.

- В зависимости от характера изменений, происходящих в хромосомах генотипа, мутации подразделяются на генные, хромосомные и геномные.
- Вызывая изменения наследственной программы, а следовательно и белкового синтеза, мутации приводят к изменчивости организмов, которая называется мутационной изменчивостью.

# Свойства мутаций

Мутации:

- могут происходить у любого организма,
- на любой стадии его развития,
- в различных тканях и клетках,
- они возникают внезапно, без всяких переходов,
- являются устойчивыми в ряду поколений.

# Свойства мутаций

- Мутации происходят под влиянием как внешних, так и внутренних факторов. Мутации всегда случайны, разнонаправлены и не соответствуют факторам, их вызывавшим.
- Для организма они могут быть и полезными и вредными, но чаще всего они вредны, т.к. нарушают генный баланс, слаженность генотипа.
- Мутации могут привести к гибели организма, и тогда они называются летальными.

# Генные мутации

- **Генные мутации - изменения происходят в молекулярной структуре гена. Они вызываются нарушением очередности нуклеотидов в ДНК вследствие вставок, выпадения или замены отдельных нуклеотидов. В результате происходит изменение считывания наследственной программы с ДНК, что приводит к изменению очередности аминокислот или их состава в полипептидных цепочках белков и к возникновению мутаций.**
- **Генные мутации имеют наибольшее значение в эволюционном процессе и представляют большой интерес для селекции.**

# Хромосомные мутации

**Хромосомные мутации обуславливаются перестройками хромосом и нарушением их структуры.**

**Происходят обычно при клеточном делении.**

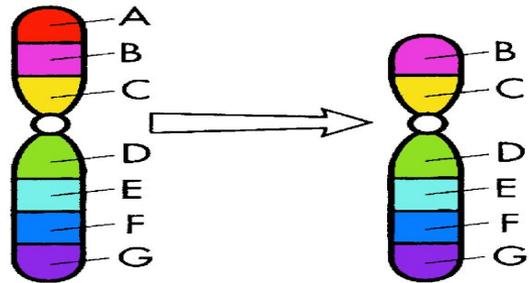
**В зависимости от характера возникающих перестроек различают:**

**нехватки, делеции, дупликации, инверсии и транслокации хромосом.**

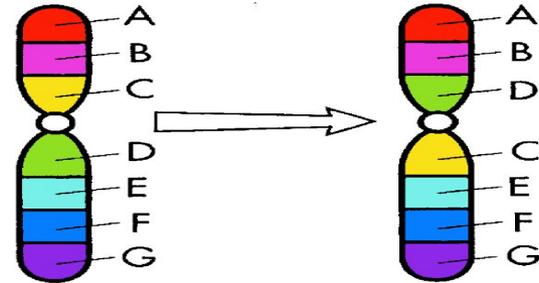
# Хромосомные мутации

- **Нехватка** – теряется концевая часть хромосомы и хромосома укорачивается.
- **Делеция** – теряется средняя часть хромосомы.
- **Дупликация** – происходит удвоение какого-либо участка хромосом.
- **Инверсия** – хромосомы разрываются и срастаются вновь другими концами.
- **Транслокация** – взаимный обмен частями негомологичных хромосом.

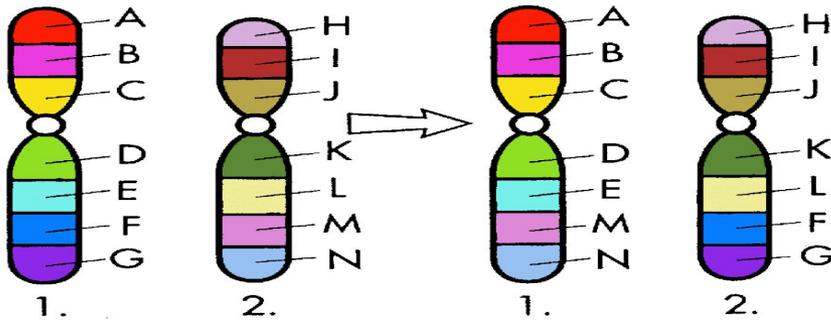
# ХРОМОСОМНЫЕ МУТАЦИИ



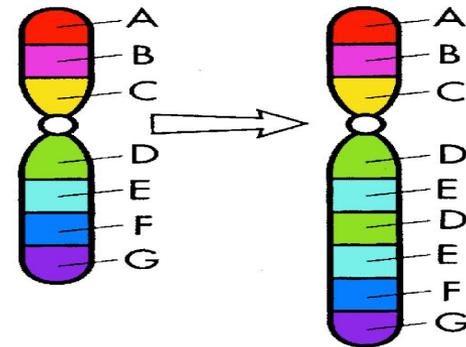
Делеция ☆



Инверсия ☆



Транслокация ☆



Дупликация ☆

## Хромосомные мутации

Ген A  
Ген B  
Ген C  
Ген D  
Ген E

Ген F  
Ген G  
Ген H  
Ген I  
Ген J

Ген K  
Ген L  
Ген M  
Ген N

# Геномные мутации –

- **это изменения числа хромосом в клетке, возникающие чаще всего в результате нарушений клеточного деления. При этом может быть уменьшение или увеличение числа хромосом полными гаплоидными наборами и тогда возникают гаплоиды и полиплоиды, или за счет отдельных хромосом в диплоидном наборе и образуются гетероплоиды.**

# **Комбинационная изменчивость – возникающая в процессе полового размножения**

## **Этапы возникновения комбинационной изменчивости:**

- в профазе 1 в результате кроссинговера;
- в анофазе 1 при независимом расхождении гомологичных хромосом каждой пары (материнских и отцовских) к различным полюсам клетки;
- при оплодотворении может происходить случайное сочетание половых клеток.

# **Особенности комбинационной изменчивости**

**При комбинационной изменчивости происходит новая комбинация генов. Сами гены, их молекулярная структура не изменяются.**

**Изменяются лишь их сочетания и характер взаимодействия в генотипе**

# Значение в эволюционном процессе

- **Комбинационная изменчивость связана только с новыми комбинациями и рекомбинациями генов, и дает огромное разнообразие форм.**
- **Генные мутации создают новые наследственные единицы - гены и, тем самым представляет естественному отбору исходный материал. Именно генные мутации вызывают ту самую неопределенную изменчивость, которой Дарвин придавал главное значение в эволюции**

# Значение в эволюционном процессе

- **Естественный отбор оценивает качество мутаций. Он сохраняет те формы, которые в результате мутаций оказались более приспособленными к данным условиям и уничтожает формы с мутациями, снижающими их приспособленность.**

# Методы изучения изменчивости

- В основу методов изучения генетической изменчивости положено определение степени влияния наследственности и среды в проявлении фенотипа.
- При изучении внутривидовой изменчивости применяются статистические методы обработки количественных признаков отдельных выборок групп особей, относящихся к разным видам, подвидам или сортам.

# Методы изучения изменчивости

Исследование изменчивости древесных растений  
проводятся последовательно в три этапа.

- На первом этапе дается оценка характера и степени варьирования признаков в пределах организма, т.е. дается характеристика эндогенной изменчивости.
- На втором этапе производится оценка различных форм внутривидовой изменчивости - индивидуальная, половая экологическая.
- На третьем этапе изучается межпопуляционная изменчивость, к которой относится географическая изменчивость.

# Методы изучения изменчивости

- Использование коэффициента вариации  $C$ , % при сравнительном изучении изменчивости.
- Шкала уровней изменчивости признаков С.А. Мамаева.
- Уровень изменчивости:
  - очень высокий - более 40%;
  - высокий - 21-40%;
  - средний - 13-20%;
  - низкий - 7-12%;
  - очень низкий - менее 7%.

# Методы изучения изменчивости

**Математические методы направлены на определение наследственных и ненаследственных факторов в изменчивости среднего уровня признака. Для этой цели используется дисперсионный анализ.**

**При этом определяется суммарное (аддитивное) действие случайных и факториальных вариантов на общую дисперсию и выражается уравнением:**

$$\sigma_{ph}^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$$

**где**

$\sigma_{ph}^2$

**- общая фенотипическая варианса,**

$\sigma_g^2$

**- наследственная (генотипическая) варианса, характеризующая генетическую изменчивость,**

$\sigma_e^2$

**- ненаследственная варианса, которая характеризует изменения, вызванные внешними условиями.**

# Методы изучения изменчивости

Для характеристики доли генетической изменчивости в общей фенотипической пользуются не абсолютной величиной генетической вариации, а относительной, как показателем удельного веса. Этот показатель называется коэффициентом наследуемости  $H^2$ .

$$H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_{ph}^2} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2}.$$

# Методы изучения изменчивости

- Наиболее простой и быстрый способ определения меры генетической изменчивости в отдельной выборке - это метод испытания клонового потомства.
- В разных условиях высаживают вегетативно размноженные деревья (клоны).  
Изменчивость признака между клонами разных деревьев определяют генетическую вариансу, а изменчивость клонового потомства в разных условиях дает ненаследственную вариансу.

# ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ

Определение популяции и ее  
основные характеристики

Структура популяций и их  
генетический анализ

Закон Харди – Вайнберга

– закон равновесия популяций

Фактор эволюции популяций

# Определение популяции

**Популяция** – совокупность особей определенного вида, в течении большого числа поколений населяющих определенную территорию, внутри которой осуществляется та или иная степень панмиксии, нет заметных изоляционных барьеров и которая отделена от соседних таких же популяций той или иной степенью давления изоляции.

# Генетическая структура популяций

- Каждая популяция имеет определенный генофонд и генетическую структуру.
- Генофондом популяции называют совокупность генотипов всех особей популяции.
- Под генетической структурой популяции понимают соотношение в ней различных генотипов и аллелей.
- Одним из основных понятий популяционной генетики являются частота генотипа и частота аллелей.

# Частота генотипов

**Частота генотипа** – доля определенного генотипа отнесенная к общему количеству генотипов в популяции

- - выражается либо в процентах, либо в долях единицы
- Например: если ген имеет две аллельные формы и доля рецессивной аллели «а» составляет  $\frac{3}{4}$  (или 75%), то доля доминантной аллели «А» будет равна  $\frac{1}{4}$  (или 25%) от общего числа аллелей данного гена в популяции

# Структура популяций

- Большое влияние на генетическую структуру популяций оказывает способ размножения.
- В популяции организмов с самооплодотворением наблюдается процесс гомозиготизации, то есть в каждом последующем поколении число гомозиготных генотипов увеличивается, а число гетерозигот уменьшается.

# Структура популяций

- В популяциях большинство растений размножаются половым путем, осуществляется свободное скрещивание, которое обеспечивает равновероятную встречаемость гамет.
- Популяция, в которой наблюдается равновероятная встречаемость гамет при свободном скрещивании называют панмиктической

# Генетический анализ популяции

- - популяция находится в равновесном состоянии при отсутствии в ней отбора
- - частота того или иного гена в популяции определяется естественным отбором
- - генетический анализ популяции проводится по частоте встречаемости определенного признака, при этом статистическими методами устанавливается степень генетической обусловленности признака по коэффициенту наследуемости и коэффициенту генетической корреляции

# Генетический анализ

**Для проведения генетического анализа используются:**

- - количественные признаки (высота, диаметр и др.)
- - качественные признаки (формовое разнообразие);
- - изоферменты (наследуемые фракции ферментов)

# Степень генетической обусловленности признака

$$\sigma_{ph}^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$$

$\sigma_{ph}^2$  – фенотипическая дисперсия;

$\sigma_g^2$  – генетическая дисперсия

$\sigma_e^2$  – экологическая дисперсия

# Коэффициент наследуемости

$$H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_{ph}^2} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2}$$

# Закон Харди – Вайнберга

Генетическая структура  
панмиктической популяции  
подчиняется закону Харди-Вайнберга

$$p^2 AA + 2pqAa + q^2 aa = 1$$

# Определение критерия равновесия

$$p = \frac{AA + 0,5Aa}{n}; \quad p = \frac{300 + 0,5 \cdot 500}{1000} = 0,55;$$

$$q = \frac{aa + 0,5Aa}{n}; \quad q = \frac{200 + 0,5 \cdot 500}{1000} = 0,45;$$

# Теоретическая численность

$$AA = p^2 \cdot n;$$

$$AA = 0,55^2 \cdot 1000 = 302,5;$$

$$Aa = 2pq \cdot n;$$

$$Aa = 2 \cdot 0,55 \cdot 0,45 \cdot 1000 = 495;$$

$$aa = q^2 \cdot n;$$

$$aa = 0,45^2 \cdot 1000 = 202,5$$

# Проверка гипотезы равновесия

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

- $O$  – наблюдаемое значение признака;
- $E$  – ожидаемое значение признака

# Факторы эволюции популяции

- **Естественный отбор**
- **Мутации**
- **Перенос пыльцы из одной популяции в другую**