

# Лекция 2 “Учение о наследственности растений”

План:

- Понятие наследственности и наследования
- Эволюционное учение Ч. Дарвина и виды наследственности по К.А. Тимирязеву
- Законы наследственности Г. Менделя
- Моногибридное, дигибридное и полигибридное скрещивание

# Наследственность и наследование

- Наследственность в широком смысле слова – это свойство организма воспроизводить себе подобных; преемственность в поколениях.
- Наследование отражает наличие процесса передачи генетической информации от одного клеточного или организменного поколения к другому, т.е. передачи системы контроля развития признаков организма.
- Наследуемость – генотипическая обусловленность изменчивости признака для группы организмов..

# Наследственность и наследование

Наследственность в узком смысле –

- свойство генов направлять по определенному типу построение специфической белковой молекулы, развитие признака и план строения организма.
- Наследование – отражение закономерности процесса передачи наследственных свойств от одного поколения к другому

# Эволюционное учение Ч. Дарвина

- Впервые вопросы наследственности и изменчивости были подняты и обоснованы Ч. Дарвином.
- Он писал, что всякому организму свойственна изменчивость, но только те вариации (т.е. изменения), которые передаются по наследству, приносят пользу человеку.
- Главная заслуга Ч. Дарвина в том, что он раскрыл движущие силы эволюции.
- Движущей силой эволюции по Дарвину является наследственная изменчивость и отбор.

# Виды наследственности по К.А. Тимирязеву

- Под наследственностью К.А. Тимирязев понимал сохранение и передачу сходного как во внешнем строении, так и в физико-химических особенностях организмов
- Наследственность проявляется как в сохранении неизменного, так в сохранении изменившегося, только последнее наблюдается далеко не во всех случаях
- Признаки и свойства организма формируются в процессе индивидуального развития, которое в свою очередь определяется наследственностью.

# Филогенез

- Признаки организмов сформировались в процессе длительного филогенетического развития данного вида, и порождение одним видом другого в природе не существует.
- Филогенез (или эволюция вида) – развитие любой группы родственных друг другу организмов, в процессе которого виды, возникшие из ранее существовавших, располагаются в ряду последовательно.

# Простая наследственность

- К.А. Тимирязев различал простую и сложную наследственность:
- Простая наследственность имеет место при вегетативном размножении растений, когда дочерняя особь воспроизводится из какой-нибудь части материнского растения, например черенка, почки, листа. В этом случае наследование признаков материнского растения бывает, как правило, полное

# Сложная наследственность

- Сложная наследственность наблюдается, при половом размножении, когда дочерние особи, возникшие из семян, получившихся из зиготы в результате слияния мужских и женских гамет, должны сочетать признаки обоих родителей.
- Сложная наследственность подразделяется на смешанную, слитную и взаимоисключающую.

# Виды сложной наследственности

- смешанная наследственность - у потомства можно обнаружить признаки одного и другого родителя
- слитная наследственность- потомство имеет промежуточное строение.
- взаимоисключающая наследственность – у потомства проявляются признаки только одного из родителей

Атавизм – проявление признаков отдаленных предков

# Законы наследственности Г. Менделя

## Первый закон

- У гибридов первого поколения из каждой пары контрастирующих признаков развивается только один, а второй не проявляется, как бы исчезает. Проявляющийся признак был назван доминантным, а подавляемый рецессивным. Это явление получило название доминирования, а позднее – первого закона Менделя, или закон единообразия гибридов первого поколения.

# Второй закон

- При самоопылении во втором гибридном поколении возникают особи как с доминантными, так и с рецессивными признаками. Причем отношение первых ко вторым в среднем равно 3:1. Это явление было названо законом расщепления или вторым законом Менделя

- При последующем самоопылении гибридов растения с рецессивными признаками дают константное потомство, устойчиво сохраняющее признак родителя, а среди растений с доминантным признаком  $2/3$  вновь расщепляются в соотношении  $1:3$  и лишь  $1/3$  остается константной. Отсюда следует, что хотя все растения с доминантным признаком внешне были однородными, содержащиеся в них наследственные задатки оказались различными

- Таким образом, анализ потомства во втором гибридном поколении выявил следующие два типа расщепления: а) по внешнему проявлению признака, которое выражается отношением 3:1; б) по наследственным задаткам, выраженным отношением 1:2:1.
- Позже первый тип расщепления был назван расщеплением по фенотипу, т.е. по внешнему расщеплению признака, второй – по генотипу, т.е. по наследственным задаткам

# Третий закон

- На основании одновременного анализа наследования нескольких пар контрастирующих признаков у скрещиваемых горохов (цветки белые и красные, горошины желтые и зеленые, морщинистые и гладкие) Мендель установил, что каждая пара признаков ведет себя независимо от другой.

- Независимое расщепление и случайное комбинирование признаков в тех случаях, когда родители разнятся по двум и более парам контрастирующих наследственных особенностей, было названо третьим законом Менделя.

# Закономерности наследования

Мендель установил что:

- – признаки организма определяются отдельными наследственными факторами, которые передаются через половые клетки;
- – отдельные признаки организмов при скрещивании не исчезают, не разбавляются и не смешиваются, а сохраняются в потомстве в том же виде, в каком они были у родительских организмов

Открытие этих явлений относится к закономерностям наследования.

# Единица наследственности

- Единицей наследственности принято считать ген. *Ген* (греч. *genos* — род, происхождение) — дискретный наследственный фактор, как его понимал Г. Мендель.
- В дальнейшем ген определили как функционально неделимую единицу наследственного материала; структурно — это участок молекулы ДНК (у некоторых видов РНК) или последовательность нуклеотидов, которой может быть приписана определенная функция в организме

Термин «ген» был предложен В. Иогансеном в 1909 году

# Генотип

- Различают *генотип* и *фенотип* особи. Совокупность всех наследственных задатков данной клетки или организма, включая аллели генов представляет собой *генотип* (ген и греч. *typos* — отпечаток),
- В современном понятии генотип — это вся генетическая информация организма,

# Фенотип

- *Фенотип* — это наблюдаемые признаки особи, проявляющиеся в результате реализации генотипа в определенных условиях среды.

# Гибридологический метод

- Система скрещиваний, позволяющая проследить закономерности наследования и изменения признаков в ряду поколений.
- Особенности метода:
- Целенаправленный подбор родителей, различающихся по одной, двум, трем и т.д парам контрастирующих признаков;
- Учет наследования признаков по каждой паре в каждом поколении;
- Индивидуальная оценка потомства от каждого родителя в ряду поколений.

# Гибридологический анализ

## Обозначения

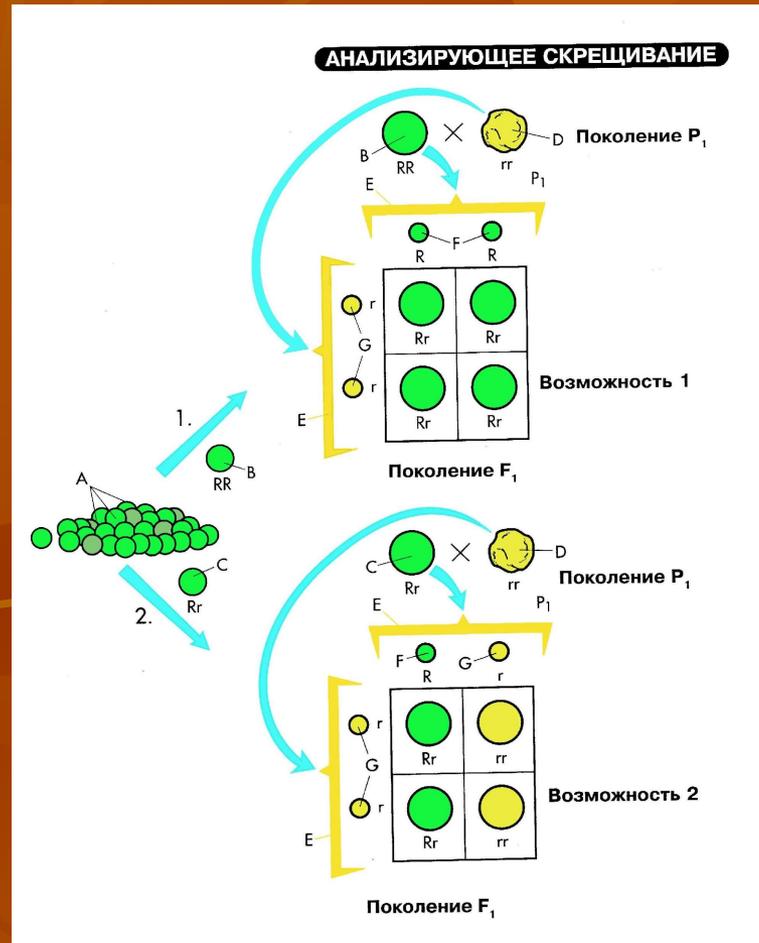
- Родителей обозначают буквой *P* (лат. **parents** — родители),
- женский пол — знаком ♀ (зеркало Венеры), мужской — ♂ (копье Марса),
- скрещивание — *x*,
- гибридная популяция — буквой *F* (лат. **filialis** — сыновний) с соответствующими цифровыми индексами (*F1* — первое, *F2* — второе, *F3* — третье поколение и т. д.).

# Моногибридное скрещивание

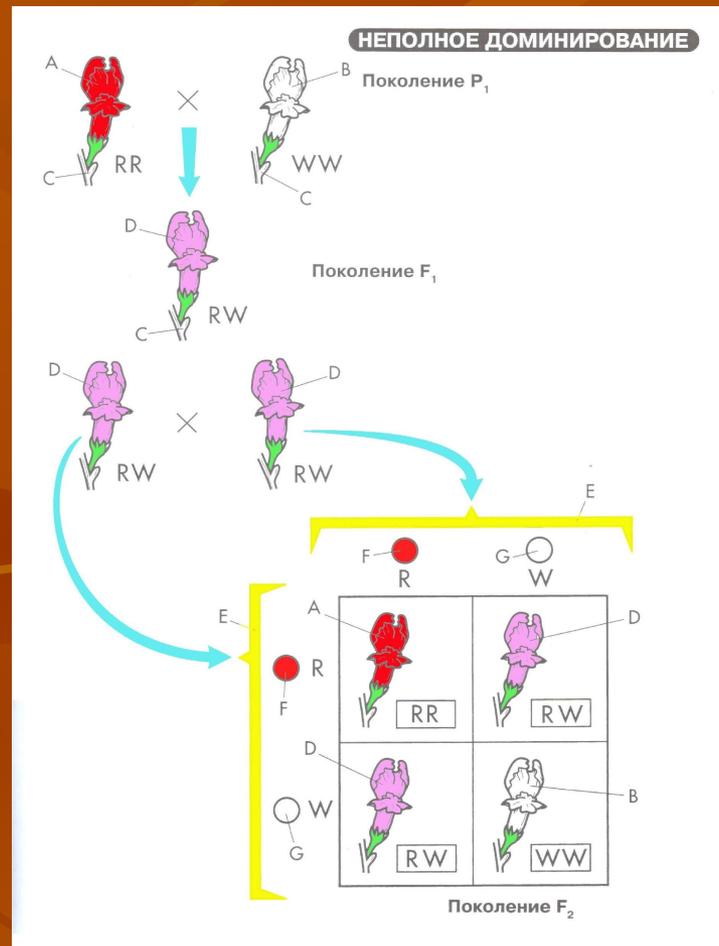
- Моногибридным называется скрещивание, при котором анализируется наследование одной пары альтернативных (взаимоисключающих) признаков

- Каждый организм один задаток (ген) получает от материнского организма, а другой – от отцовского, следовательно, получаемые гены являются парами.
- Явление парности генов В.Иогансен в 1926 назвал **аллелизмом**;
- каждый ген пары – **аллелью**.
- Например, **желтая** и **зеленая** окраска семян гороха являются двумя аллелями (соответственно доминантной аллелью и рецессивной аллелью) одного гена.
- Место расположения гена на хромосоме – **локус**.

# Полное доминирование



# Неполное доминирование



- В настоящее время известно, что существуют гены, имеющие не две, а большее количество аллелей.
- Наличие у гена большого количества аллелей называют **множественным аллелизмом**.
- Множественный аллелизм является следствием возникновения нескольких мутаций одного и того же гена.

- Организмы, имеющие одинаковые аллели одного гена, называются **ГОМОЗИГОТНЫМИ**.
- Они могут быть гомозиготными по доминантным (**AA**) или по рецессивным (**aa**) генам.
- Организмы, имеющие разные аллели одного гена, называются **гетерозиготными** (**Aa**).

- Совокупность всех генов организма называют **генотипом**.
- Совокупность всех признаков организма называют **фенотипом**. Доминантный признак всегда проявляется фенотипически.
- В соматических клетках каждый ген представлен двумя аллелями гомологичной пары.
- Каждая гамета (половая клетка) содержит одну аллель из каждой аллельной пары генов.

- Число типов гамет равно  $2n$ , где  $n$  – число генов, находящихся в гетерозиготном состоянии. Например,
- особь с генотипом  $AaBVSS$  образует 2 типа гамет:  $AVS$  и  $avS$ ,
- с генотипом  $AaBVSc$  – 4 типа ( $2^2 = 4$ ),
- а с генотипом  $AaBVSc$  – 8 типов ( $2^3 = 8$ ).

# Дигибридное скрещивание

- Дигибридным называют скрещивание, при котором анализируется наследование двух пар альтернативных признаков.
- Анализ количественных соотношений групп гибридов F<sub>2</sub>, имеющих определенное сочетание признаков, привел к заключению:
- расщепление по фенотипу при скрещивании дигетерозигот происходит в соотношении  $(3:1) \times (3:1) = 9:3:3:1$  :

# Дигибридное скрещивание

- 9/16 растений F2 обладали доминантными признаками (гладкие желтые семена);
- 3/16 были желтыми (доминантный) и морщинистыми (рецессивный);
- 3/16 были зелеными и (рецессивный) и гладкими (доминантный);
- 1/16 растений F2 обладали обоими рецессивными признаками (морщинистые семена зеленого цвета).

# Дигибридное скрещивание

	<b>AB</b>	<b>Ab</b>	<b>aB</b>	<b>ab</b>	
	<b>AB</b>	<b>AA</b> <b>BB</b>	<b>AA</b> <b>Bb</b>	<b>Aa</b> <b>BB</b>	<b>Aa</b> <b>Bb</b>
<b>Ab</b>	<b>AA</b> <b>bB</b>	<b>AA</b> <b>bb</b>	<b>Aa</b> <b>bB</b>	<b>Aa</b> <b>bb</b>	
<b>aB</b>	<b>aA</b> <b>BB</b>	<b>aA</b> <b>Bb</b>	<b>aa</b> <b>BB</b>	<b>aa</b> <b>Bb</b>	
<b>ab</b>	<b>aA</b> <b>bB</b>	<b>aA</b> <b>bb</b>	<b>aa</b> <b>bB</b>	<b>aa</b> <b>bb</b>	

- Распределение по генотипу дает 9 классов в следующих числовых соотношениях:

- Распределение по генотипу дает 9 классов в следующих числовых соотношениях:
- $(1:2:1) \times (1:2:1) = 1:2:1:2:4:2:1:2:1$ , или  $4:2:2:2:2:1:1:1:1$ .

- $(1:2:1) \times (1:2:1) = 1:2:1:2:4:2:1:2:1$ , или  $4:2:2:2:2:1:1:1:1$ .

# Анализирующее скрещивание

- Скрещивание гибридов или особи с неизвестным генотипом с особью, гомозиготной по рецессивному признаку
- Потомство расщепляется 1:1

# Полигибридное скрещивание

- Скрещивания особей, различающихся по трем и более парам аллельных признаков, называются полигибридными. Они дают сложную картину расщепления по сравнению с дигибридными скрещиваниями, но подчиняются тем же закономерностям наследования.
- Число возможных комбинаций гамет и количество классов по фенотипу и генотипу можно определить, пользуясь таблицей.

# Количественные закономерности образования гамет расщепления гибридов при различных типах скрещивания

Учитываемое явление	Виды скрещивания		
	Моногибридное	Дигибридное	Полигибридное
Число типов гамет, образуемых гибридом $F_1$	2	$2^2$	$2^n$
Число комбинаций гамет при образовании $F_2$	4	$4^2$	$4^n$
Число фенотипов $F_2$	2	$2^2$	$2^n$
Число генотипов $F_2$	3	$3^2$	$3^n$
Расщепление по фенотипу в $F_2$	3 + 1	$(3 + 1)^2$	$(3 + 1)^n$
Расщепление по генотипу в $F_2$	1 + 2 + 1	$(1 + 2 + 1)^2$	$(1 + 2 + 1)^n$

# Лекция 1 “Учение о наследственности растений”

- План:

-  Понятие наследственности и наследования
  - - Законы наследственности Г. Менделя
-  Моногибридное, дигибридное и полигибридное скрещивание

# Наследственность и наследование

- Наследственность в широком смысле слова – это свойство организма воспроизводить себе подобных; преемственность в поколениях.
- Наследование отражает наличие процесса передачи генетической информации от одного клеточного или организменного поколения к другому, т.е. передачи системы контроля развития признаков организма.
- Наследуемость – генотипическая обусловленность изменчивости признака для группы организмов

# Законы наследственности Г. Менделя

- **Первый закон**

- У гибридов первого поколения из каждой пары контрастирующих признаков развивается только один, а второй не проявляется, как бы исчезает. Проявляющийся признак был назван доминантным, а подавляемый рецессивным. Это явление получило название доминирования, а позднее – первого закона Менделя, или закон единообразия гибридов первого поколения.

# Второй закон

- При самоопылении во втором гибридном поколении возникают особи как с доминантными, так и с рецессивными признаками. Причем отношение первых ко вторым в среднем равно 3:1. Это явление было названо законом расщепления или вторым законом Менделя

- При последующем самоопылении гибридов растения с рецессивными признаками дают константное потомство, устойчиво сохраняющее признак родителя, а среди растений с доминантным признаком  $2/3$  вновь расщепляются в соотношении  $1:3$  и лишь  $1/3$  остается константной. Отсюда следует, что хотя все растения с доминантным признаком внешне были однородными, содержащиеся в них наследственные задатки оказались различными

- Таким образом, анализ потомства во втором гибридном поколении выявил следующие два типа расщепления: а) по внешнему проявлению признака, которое выражается отношением 3:1; б) по наследственным задаткам, выраженным отношением 1:2:1.
- Позже первый тип расщепления был назван расщеплением по фенотипу, т.е. по внешнему расщеплению признака, второй – по генотипу, т.е. по наследственным задаткам

# Третий закон

- На основании одновременного анализа наследования нескольких пар контрастирующих признаков у скрещиваемых горохов (цветки белые и красные, горошины желтые и зеленые, морщинистые и гладкие) Мендель установил, что каждая пара признаков ведет себя независимо от другой.

- Независимое расщепление и случайное комбинирование признаков в тех случаях, когда родители разнятся по двум и более парам контрастирующих наследственных особенностей, было названо третьим законом Менделя.

# Закономерности наследования

Мендель установил что:

- – признаки организма определяются отдельными наследственными факторами, которые передаются через половые клетки;
- – отдельные признаки организмов при скрещивании не исчезают, не разбавляются и не смешиваются, а сохраняются в потомстве в том же виде, в каком они были у родительских организмов

Открытие этих явлений относится к закономерностям наследования.

# Единица наследственности

- Единицей наследственности принято считать ген. *Ген* (греч. *genos* — род, происхождение) — дискретный наследственный фактор, как его понимал Г. Мендель.
- В дальнейшем ген определили как функционально неделимую единицу наследственного материала;  
структурно — это участок молекулы ДНК (у некоторых видов РНК) или последовательность нуклеотидов, которой может быть приписана определенная функция в организме

Термин «ген» был предложен В. Иогансеном в 1909 году

# Генотип

- Различают *генотип* и *фенотип* особи. Совокупность всех наследственных задатков данной клетки или организма, включая аллели генов представляет собой *генотип* (ген и греч. *typos* — отпечаток),
- В современном понятии генотип — это вся генетическая информация организма,

# Фенотип

- *Фенотип* — это наблюдаемые признаки особи, проявляющиеся в результате реализации генотипа в определенных условиях среды.

# Гибридологический анализ

- Система скрещиваний, позволяющая проследить закономерности наследования и изменения признаков в ряду поколений.

## Обозначения

- Родителей обозначают буквой *P* (лат. **parents** — родители),
- женский пол — знаком ♀ (зеркало Венеры), мужской — ♂ (копье Марса),
- скрещивание — *x*,
- гибридная популяция — буквой *F* (лат. **filialis** — сыновний) с соответствующими цифровыми индексами (*F1* — первое, *F2* — второе, *F3* — третье поколение и т. д.).

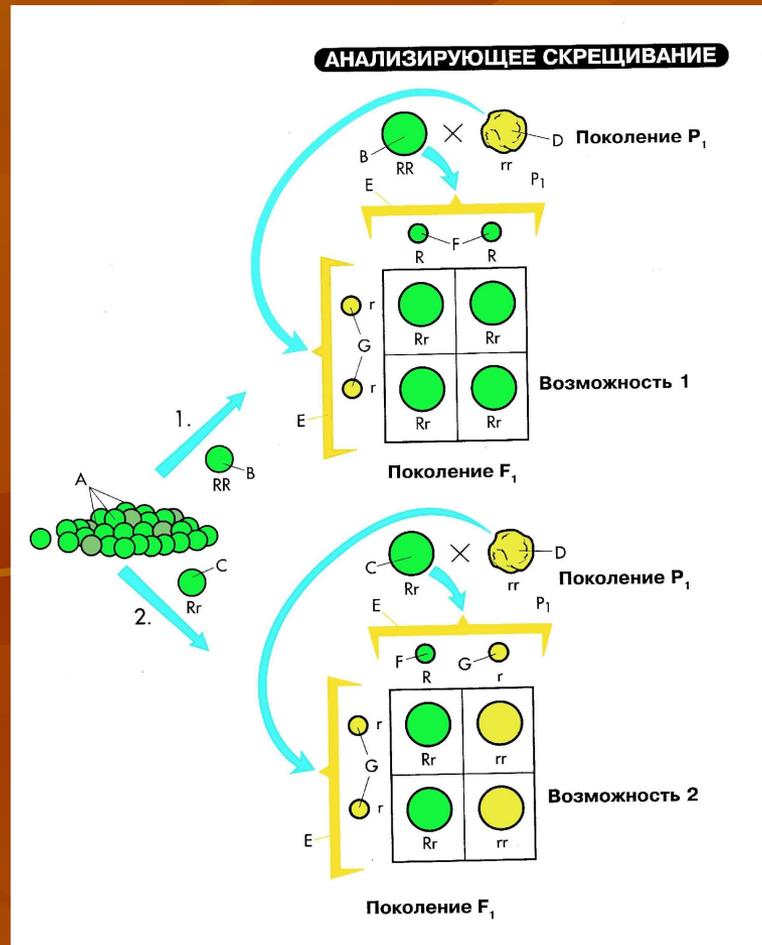
# Моногибридное скрещивание

- Моногибридным называется скрещивание, при котором анализируется наследование одной пары альтернативных (взаимоисключающих) признаков

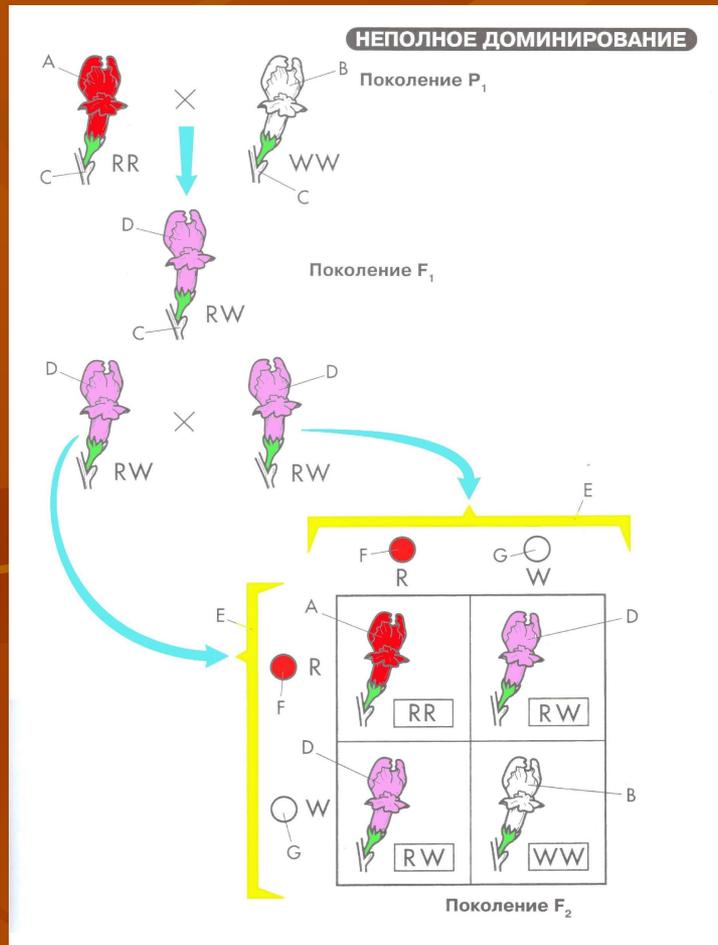
- Каждый организм один задаток (ген) получает от материнского организма, а другой – от отцовского, следовательно, получаемые гены являются парами.
- Явление парности генов В.Иогансен в 1926 назвал **аллелизмом**;
- каждый ген пары – **аллелью**.
- Например, **желтая** и **зеленая** окраска семян гороха являются двумя аллелями (соответственно доминантной аллелью и рецессивной аллелью) одного гена.
- Место расположения гена на хромосоме – **локус**.

- Организмы, имеющие одинаковые аллели одного гена, называются **ГОМОЗИГОТНЫМИ**.
- Они могут быть гомозиготными по доминантным (AA) или по рецессивным (aa) генам.
- Организмы, имеющие разные аллели одного гена, называются **гетерозиготными (Aa)**.

# Полное доминирование



# Неполное доминирование



# Дигибридное скрещивание

- Дигибридным называют скрещивание, при котором анализируется наследование двух пар альтернативных признаков.
- Анализ количественных соотношений групп гибридов F<sub>2</sub>, имеющих определенное сочетание признаков, привел к заключению:
- расщепление по фенотипу при скрещивании дигетерозигот происходит в соотношении  $(3:1) \times (3:1) = 9:3:3:1$  :

- $9/16$  растений F2 обладали доминантными признаками (гладкие желтые семена);
- $3/16$  были желтыми (доминантный) и морщинистыми (рецессивный);
- $3/16$  были зелеными и (рецессивный) и гладкими (доминантный);
- $1/16$  растений F2 обладали обоими рецессивными признаками (морщинистые семена зеленого цвета).

aa  
bb

	AB	Ab	aB	ab
	AA BB	AA Bb	Aa BB	Aa Bb
Ab	AA bB	AA bb	Aa bB	Aa bb
aB	aA BB	aA Bb	aa BB	aa Bb
ab	aA bB	aA bb	aa bB	aa bb

# Анализирующее скрещивание

- Скрещивание гибридов или особи с неизвестным генотипом с особью, гомозиготной по рецессивному признаку
- Потомство расщепляется 1:1

# Полигибридное скрещивание

- Скрещивания особей, различающихся по трем и более парам аллельных признаков, называются полигибридными. Они дают сложную картину расщепления по сравнению с дигибридными скрещиваниями, но подчиняются тем же закономерностям наследования.

# Преимственность наследственности в ряду поколений

- **Вегетативное размножение и значение митоза в передаче наследственной информации**
- **Половое размножение и значение мейоза в передаче наследственной информации**

# Вегетативное размножение

- основе размножения всех живых организмов лежит универсальный процесс – деление клетки.
- Виды вегетативного размножения растений – прививка, корневыми отпрысками, укоренение черенков, отводками, отдельными почками, отдельными клетками и тканями.
- При вегетативном размножении из группы соматических клеток путем многократного деления воспроизводится целый организм, который полностью походит на исходную особь

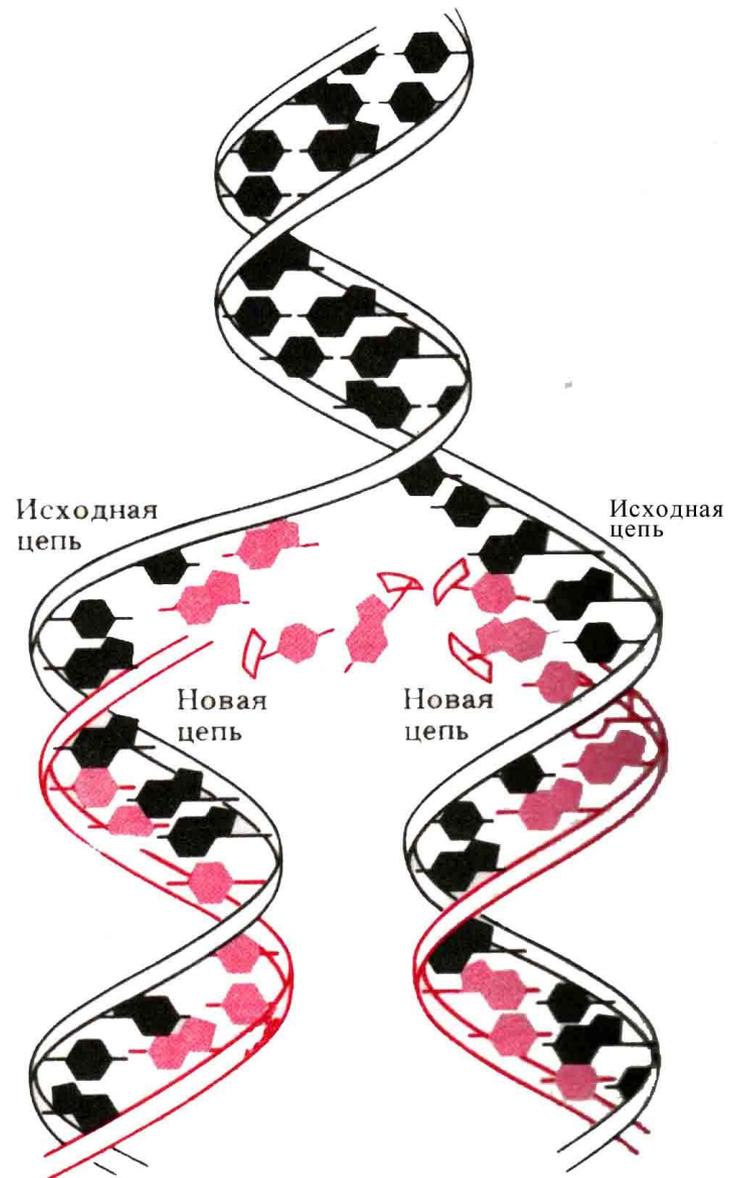
# Митоз

- В соматических клетках любого организма содержится полный набор хромосом, свойственный данному виду и включающий всю наследственную программу
- Передача наследственности из поколения в поколение без изменения передается при вегетативном размножении благодаря клеточному делению, главным в котором является митоз – непрямоe деление клеточного ядра

# Стадии митоза

- Митоз включает четыре стадии – профазу, метафазу, анафазу и телофазу
- Между двумя последовательными делениями ядро находится в стадии интерфазы
- Главный процесс в интерфазе – удвоение молекул ДНК или редупликация ДНК

# Репликация ДНК

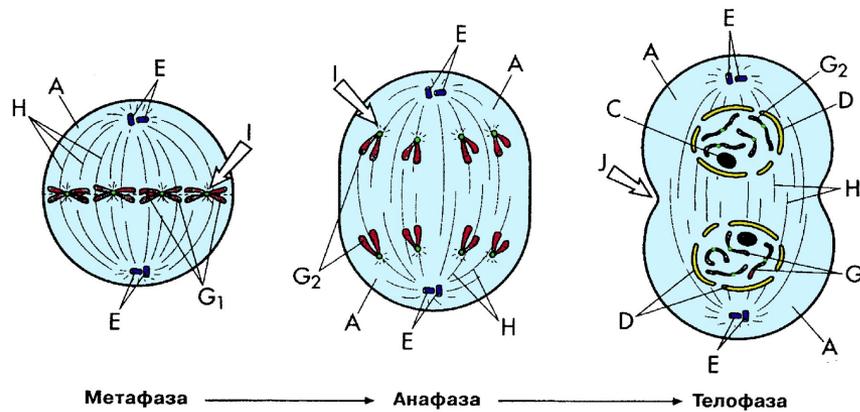
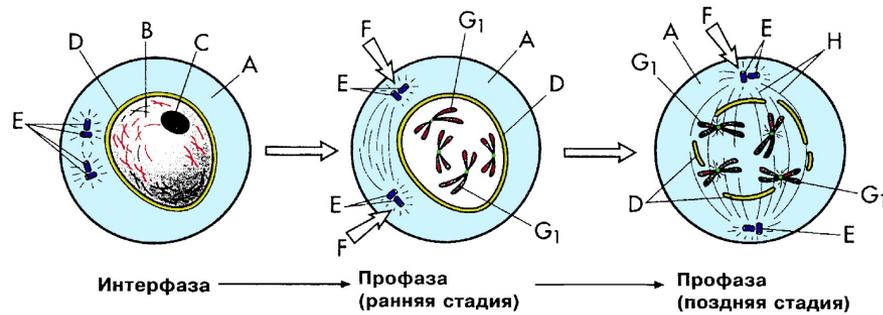


# Результат митоза

- В результате митоза при росте организма вновь образующиеся соматические клетки получают полный набор хромосом, содержащий наследственную программу.
- При вегетативном размножении из одной клетки с полным набором хромосом возникают две клетки с таким же набором хромосом
- Благодаря этому сохраняется полная преемственность наследственности при вегетативном размножении

# Схема митоза

## МИТОЗ



### Митоз

Цитоплазма .....	A	Центриоли .....	E	Нити веретена .....	H
Ядро (хроматин) .....	B	Астеры .....	F	Кинетохор .....	I
Ядрышко .....	C	Хроматиды .....	G <sub>1</sub>	Перемычка .....	J
Нуклеарная мембрана ..	D	Хромосомы .....	G <sub>2</sub>		

# Половое размножение

- При половом размножении организмы на определенном этапе своего развития формируют специальные мужские и женские половые клетки, которые объединяясь образуют исходную клетку - зиготу. Из зиготы в процессе клеточного деления формируется новый организм
- Преимущества полового размножения – оно обеспечивает большую численность потомства; увеличивает наследственную изменчивость

- Половой процесс размножения предусматривает образование мужских и женских половых клеток. Это специализированные клетки, которые содержат в два раза меньше хромосом, т.е. гаплоидный набор.
- В формировании половых клеток существенная роль принадлежит механизму, обеспечивающему уменьшение числа хромосом в этих клетках. Он заключается в особом типе клеточного деления, который называется мейозом.

# Мейоз

- Мейоз включает два последовательных деления ядра.
- Первое заключается в уменьшении числа хромосом вдвое и называется **редукционным**
- Второе сходно с митозом и называется **эквационным**

# Стадии мейоза

- В профазе I гомологичные хромосомы притягиваются друг к другу и соединяются по всей длине, образуя биваленты. Этот процесс называется конъюгацией гомологичных хромосом. Каждый бивалент состоит из четырех хроматид.
- Очень часто несестринские хроматиды перекрещиваются между собой. В местах их перекреста могут происходить обмены генами. Это явление носит название кроссинговера.

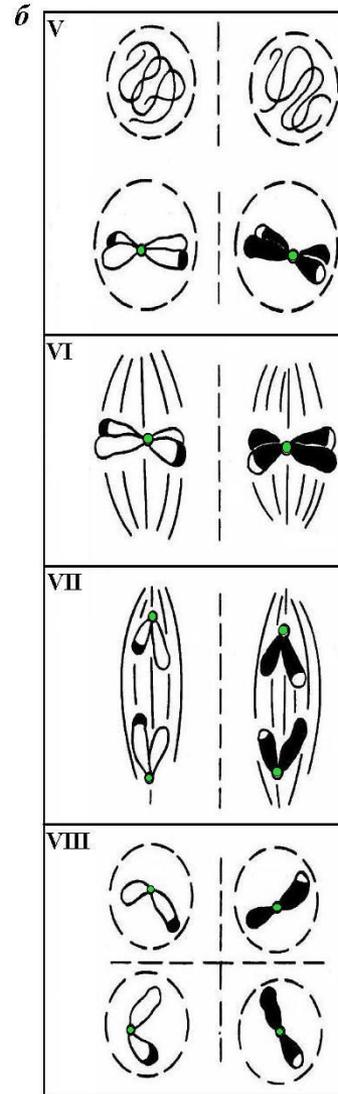
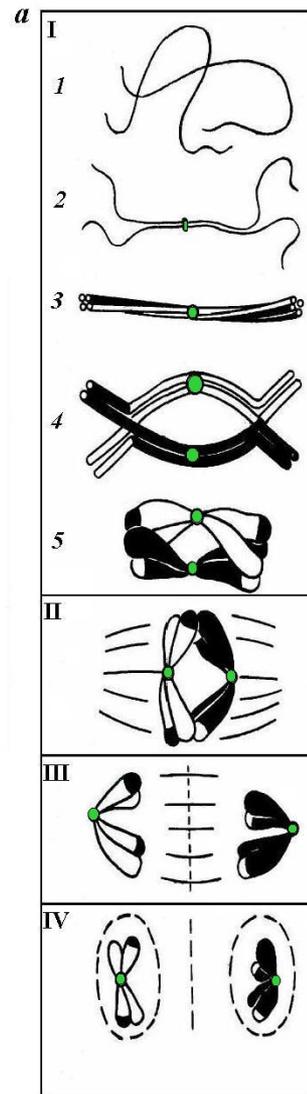
- В **метафазе I** видны хромосомы, образующие веретено деления; с полюса клетки можно рассмотреть биваленты и сосчитать их число. Гомологичные хромосомы своими центромерами направлены к противоположным полюсам клетки

- В **стадии анафазы I** хромосомы расходятся к противоположным полюсам, в результате чего их число в будущих дочерних ядрах уменьшается вдвое. При этом очень важно, что отцовская и материнская хромосомы каждой гомологичной пары могут отходить к любому из двух полюсов, подчиняясь случаю. Каждая пара ведет себя независимо от других пар хромосом
- Каждая хромосома остается двойной: сестринские хроматиды все это время держатся вместе благодаря общей центромере

- В телофазе I внутри клетки видны два ядра, более мелкие по размеру, чем исходные с гаплоидным набором хромосом
- В результате первого редукционного деления образуются два ядра с половинным гаплоидным числом хромосом

- При **втором делении** каждое дочернее ядро вновь делится, но уже митотически, с сохранением во вновь образовавшихся дочерних ядрах гаплоидных наборов хромосом
- В **итоге мейоза** из одной материнской клетки с диплоидным набором хромосом образуются четыре клетки с половинным (гаплоидным) набором хромосом

# Схема мейоза



# Закономерности наследования

- **Взаимодействие аллельных генов.**
- **Взаимодействие неаллеломорфных генов.**
- **Сцепленное наследование. Кроссинговер**

# Основные положения

- **Наследственные признаки обусловлены генами.**
- **Гены – отдельные участки ДНК хромосом**
- **Локус – место расположения гена на хромосоме**
- **В каждой паре гомологичных хромосом содержатся два родственных гена, которые отвечают за развитие одного признака**
- **Локусы родственных генов расположены в одинаковых местах гомологичных хромосом**

- Аллель – это один ген из пары находящийся в сходном локусе и контролирующий развитие альтернативных признаков. Аллелем называется еще форма состояния гена
- Взаимодействие генов, находящихся в одинаковых локусах гомологичных хромосом, называется аллельным или аллеломорфным
- Гомозиготный организм – имеющий в одном и том же локусе гомологичных хромосом одинаковые по характеру действия гены (АА, аа, ВВ, вв)
- Гетерозиготный организм – имеющий в одном и том же локусе гомологичных хромосом разные по характеру действия гены (аллели) (Аа, Вв)

# Формы взаимодействия аллельных генов

- Полное доминирование
- Неполное доминирование
- Кодоминирование

# Полное доминирование

- Наблюдается когда закономерности наследования подчиняются законам Менделя, когда в фенотипе гетерозигот присутствует продукт одного гена
- При перекрестном опылении двух гомозиготных особей с генами  $AA$  и  $aa$  в первом гибридном поколении все растения по фенотипу будут одинаковы, а по генотипу будут гетерозиготными т.е. иметь гены  $Aa$ .

# Неполное доминирование

- Фенотип гетерозигот имеет среднее значение.
- При скрещивании белых и красных цветков у львиного зева получаем розовые цветки.
- Во втором гибридном поколении идет расщепление: одно красноцветковое растение, два с розовыми цветками и одно с белыми цветками.
- При этом наблюдается полное соответствие между фенотипом и генотипом – гомозиготы  $AA$  имеют красные цветки, гетерозиготы  $Aa$  – розовые и гомозиготы  $aa$  - белые

# Кодоминирование

- Взаимодействие аллельных генов, при котором у гетерозигот в фенотипе присутствует продукт обоих генов
- Примером кодоминирования является наследования у человека группы крови систем АВО. Группа крови контролируется серией множественных аллелей одного гена. Три аллели формируют шесть генотипов ОО – первая, АА или АО – вторая, ВВ или ВО – третья, АВ – четвертая группа крови.

# Взаимодействие неаллельных генов

- Гены расположенные в разных локусах и ответственные за проявление одного гена называются неаллельными
- Плейотропия – множественное действие гена, когда один ген ответственен за ряд фенотипических эффектов.
- Полигенная детерминация – совместное действие нескольких генов на один признак.
- Типы взаимодействия: комплементарность, эпистаз, полимерия, модификация

# Комплементарность

- Комплементарность. Комплементарные гены – обуславливающие при совместном сочетании новое фенотипическое проявление признака.
- Например – ген А обуславливает развитие голубой окраски оперения волнистых попугайчиков, ген В – желтой, а попугайчики с генотипом А\_В\_ - имеет зеленую окраску, а с генотипом аавв – белую.

# Эпистаз

- Эпистатическим называют такое взаимодействие неаллельных генов, при котором один из них подавляет действие другого.
- Ген, подавляющий действие другого неаллельного гена, называется супрессором или ингибитором, и обозначается I или S. Подавляемый ген называется гипостатическим

- Например – у некоторых пород кур наличие доминантного эпистатического гена подавляет развитие окраски оперения, при его отсутствии куры окрашены

# Полимерия

- Взаимодействие неаллельных генов, однозначно влияющих на развитие одного и того же признака
- Такие гены называются полимерными или множественными и обозначаются одинаковыми буквами с соответствующими индексом (A1, A2, A3)
- Чаще всего полимерные гены контролируют количественные признаки (высота, масса, и т.д.)

- Полимерия может быть кумулятивной (суммирующей, аддитивной) и некумулятивной
- При кумулятивной полимерии степень проявления признака зависит от числа доминантных аллелей соответствующих полимерных генов.
- Например, чем больше доминантных аллелей генов, отвечающих за окраску кожи, содержится в генотипе человека, тем его кожа темнее.

- При некумулятивной полимерии степень развития признака зависит не от количества доминантных аллелей, а лишь от их наличия в генотипе. Например, куры с генотипом  $a_1, a_2, a_3$ , имеют неоперенные ноги, во всех остальных случаях – ноги оперены
- **Модифицирующие гены** - гены, усиливающие или ослабляющие действие других генов

# Сцепленное наследование

- Сцепленное наследование - явление совместного наследования генов, локализованных в одной хромосоме (Первый закон Т.Моргана).
- Материальной основой сцепления генов является хромосома
- Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно и образуют одну группу сцепления

- Сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера, что приводит к образованию рекомбинантных хромосом
- Вероятность возникновения перекреста между генами зависит от их расположения в хромосоме: чем дальше друг от друга расположены гены, тем выше вероятность перекреста между ними
- За единицу расстояния между генами, находящимися в одной хромосоме, принят 1 % кроссинговера.
- Единица расстояния между генами названа морганидой (в честь Т.Моргана)

# Изменчивость организмов

- Ненаследственная изменчивость
- Наследственная изменчивость

- Изменчивость- процесс возникновения различий между особями одного и разных видов, между предками и потомками, возникшие как под влиянием наследственности так и под действием внешних условий

# НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

- Изменения в организмах, обусловленные разнообразием условий их существования и вследствие этого разным характером реализации генотипов в конкретных фенотипах являются ненаследственными, фенотипическими.
- Такая изменчивость является ненаследственной, фенотипической или модификационной, а сами изменения носят название модификаций. по наследству не передаются, так как наследственная программа остается неизменной

# 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.

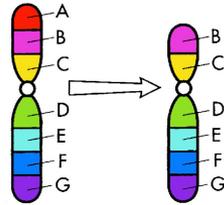
# Свойства мутаций

- 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.

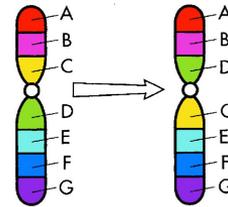
- Мутации происходят под влиянием как внешних, так и внутренних факторов. Мутации всегда случайны, разнонаправлены и не соответствуют факторам, их вызывавшим.
- Для организма они могут быть и полезными и вредными, но чаще всего они вредны, т.к. нарушают генный баланс, слаженность генотипа.
- Мутации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

- Генные мутации - изменения происходят в молекулярной структуре гена.
- Генные мутации имеют наибольшее значение в эволюционном процессе и представляют большой интерес для селекции.
- Хромосомные мутации обуславливаются перестройками хромосом и нарушением их структуры, происходящими обычно при клеточном делении.

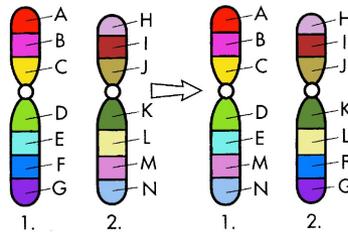
## ХРОМОСОМНЫЕ МУТАЦИИ



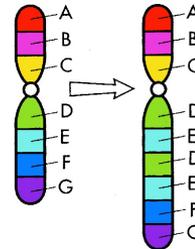
Делеция ☆



Инверсия ☆



Транслокация ☆



Дупликация ☆

### Хромосомные мутации

Ген А  
Ген В  
Ген С  
Ген D  
Ген E

Ген F  
Ген G  
Ген H  
Ген I  
Ген J

Ген K  
Ген L  
Ген M  
Ген N

- Геномные – 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

- Изменчивость возникающая в процессе полового размножения.
- Этапы возникновения комбинационной изменчивости: а 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.

- При комбинационной изменчивости происходит новая комбинация генов. Сами гены, их молекулярная структура не изменяются. Изменяются лишь их сочетания и характер взаимодействия в генотипе

- 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

- 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.