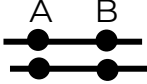
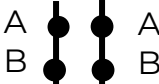


# ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

## Основные генетические понятия и символы

| Понятие                 | Определение  |
|-------------------------|--|
| Наследственность        | Способность организмов сохранять и передавать свою генетическую информацию, признаки и особенности развития потомству  |
| Изменчивость            | Способность организма меняться в процессе онтогенеза под действием факторов среды  |
| Ген                     | Участок молекулы ДНК, кодирующий белок   |
| Локус                   | Местоположение определенного гена на хромосоме   |
| Аллельные гены (аллели) | Парные гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом и определяющие проявление одного признака.   |
| Генотип                 | Совокупность всех генов организма  |
| Фенотип                 | Совокупность всех признаков, которые проявляются у организма   |
| Геном                   | Совокупность всех генов клетки характерных для гаплоидного (одинарного) набора хромосом особей одного вида   |
| Доминантный признак     | Преобладающий признак, который определяется доминантным геном. Доминантный ген записывается заглавными буквами латинского алфавита: А, В, С и т. д.  |
| Рецессивный признак     | Подавляемый признак, который определяется рецессивным геном. Рецессивный ген записывается строчными буквами латинского алфавита: а, b, с и т.д. И как вы можете наблюдать на схеме, проявляется только в гомозиготном состоянии aa |
| Гомозигота              | Организм, имеющий одинаковые аллели одного гена в гомологичных хромосомах (АА, аа), т.е. аллели отвечающие за проявление одного и того же признака   |
| Гетерозигота            | Организм, имеющий разные аллели одного гена в гомологичных хромосомах (Аа)   |
| Гибриды                 | Организмы, получившиеся в результате скрещивания   |
| Чистая линия            | Гомозиготный организм  |

| Обозначения и схемы, используемые в генетике для записей схем скрещивания |   |
|---|---|
| Родительские особи  | P   |
| Особи первого поколения   | F <sub>1</sub>  |
| Особи второго поколения   | F <sub>2</sub>  |
| Гаметы  | G   |
| Доминантные аллели  | A, B, C, D и т.д.   |
| Рецессивные аллели  | a, b, c, d и т.д.   |
| Аллели, сцепленные с X хромосомой   | X <sup>ab</sup> , X <sup>AB</sup> , X <sup>Ab</sup> и т.д |
| Аллели, сцепленные с Y хромосомой   | Y <sup>A</sup> , Y <sup>a</sup>                           |

|                     |   |
|---------------------|---|
| Сцепленные гены     |   |
| Особи мужского пола | ♂   |
| Особи женского пола | ♀   |

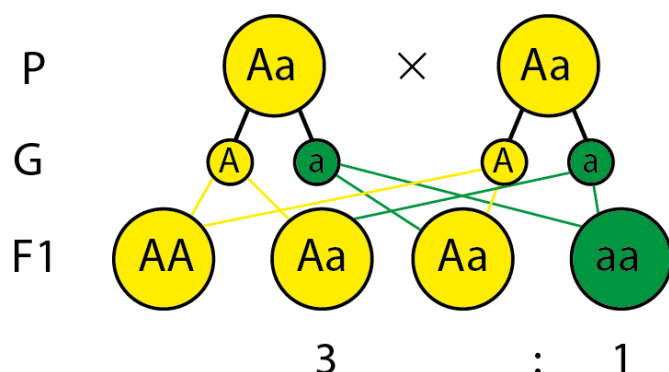
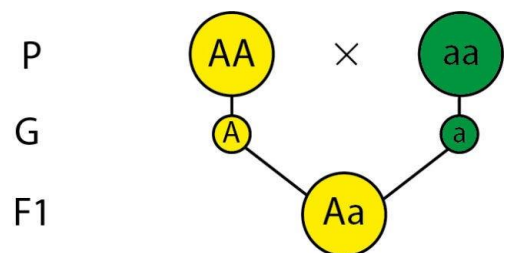
## Моногибридное скрещивание

**Моногибридное скрещивание** – это скрещивание чистых линий, различающихся одним изучаемым признаком, за который отвечают аллели одного гена.

### Особенности работы Менделя:

- Объект исследования – горох посевной.
- Горох – самоопыляющееся растение, то есть на протяжении многих поколений скрещивалось само с собой. Таким образом получают чистые линии.
- В исходные скрещивания брал чистые линии (гомозиготные организмы).
- Скрещивал сорта гороха, которые отличались по альтернативным признакам.
- Использовал гибридологический метод. Проводил анализ генотипа и фенотипа.
- При анализе исследования всегда обращал внимание на каждый признак отдельно.
- Работал с большими (репрезентативными) выборками. Проводил точный количественный учет проявления признаков.

**Закон единообразия первого поколения или первый закон Менделя:** при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, все гибриды первого поколения будут одинаковы по фенотипу с одним из родителей.



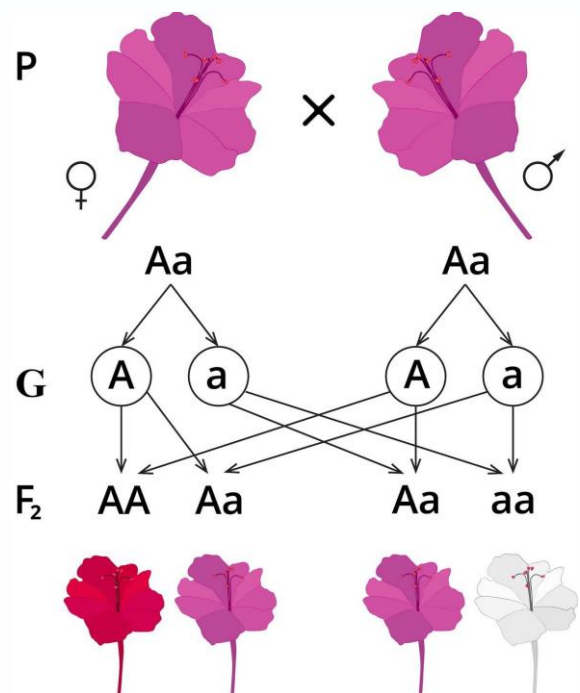
**Закон расщепления (второй закон Менделя):** при скрещивании двух гетерозиготных особей (гибридов первого поколения) во втором поколении наблюдается расщепление признаков по фенотипу в соотношении 3 : 1, по генотипу 1:2:1

**Закон частоты гамет:** в каждую гамету попадет только один аллель из пары аллелей данного гена родительской особи.

| Взаимодействие аллельных генов   |  |  |
|--|--|--|
| Полное доминирование   | Неполное доминирование   | Множественный аллелизм   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Доминантный аллель полностью подавляет рецессивный</li> <li>Пример: желтые и зеленые семена гороха</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Доминантный аллель не полностью подавляет рецессивный</li> <li>Гетерозиготы имеют промежуточный признак</li> <li>Пример: белые, розовые и красные цветы ночной красавицы</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Множественный аллелизм – явление, когда один признак контролируется тремя и более аллелями</li> <li>Кодоминирование. При проявлении в гетерозиготном состоянии двух доминантных аллелей, проявляются два признака</li> <li>Пример: группы крови человека</li> </ul> |

## Неполное доминирование

- При неполном доминировании гетерозиготы проявляют промежуточный признак, поэтому какой аллель обозначить доминантным, а какой рецессивным, по большому счету условность.
- При скрещивании чистых линий в потомстве первого поколения наблюдаем единообразие, все потомки имеют промежуточный признак.
- При скрещивании потомков первого поколения в потомстве второго поколения наблюдается расщепление и по генотипу, и по фенотипу 1:2:1.



## Множественный аллелизм

**Множественный аллелизм** – явление, когда один признак контролируется тремя или более аллелями. При этом у любого организма, соматические клетки которого содержат диплоидный набор хромосом, имеется не более двух аллелей каждого гена

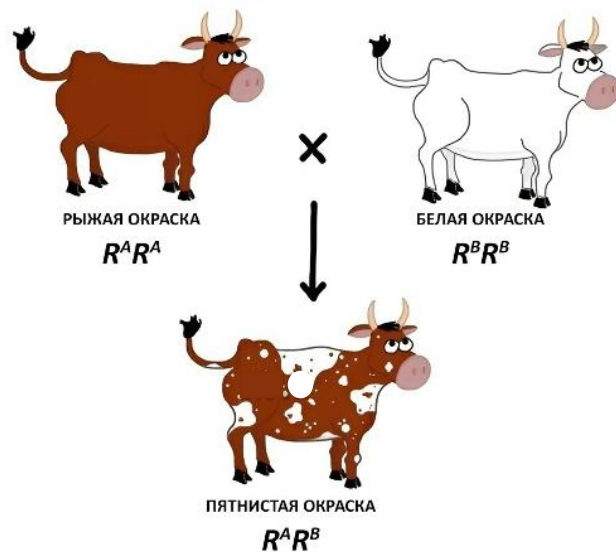
Множественные аллели нередко образуют серии, в которой каждый предыдущий аллель доминантен по отношению к последующим.



Так, ген, определяющий цвет шерсти кролика, представлен несколькими аллельными формами. При этом аллель  $C$ , обуславливающий черную окраску, доминирует над аллелями шиншилловой ( $csh$ ), гималайской ( $ch$ ) и белой ( $ca$ ) окраски. Ген, контролирующий шиншилловую окраску, доминирует над генами, определяющими гималайскую и белую. И наконец, аллель  $ch$  доминантен по отношению к аллелю  $ca$ . Это можно выразить в виде:  $C > csh > ch > ca$

## Кодоминирование

**Кодоминирование** – один из видов множественного аллелизма. В случае кодоминирования у гетерозиготных особей полностью проявляются оба аллельных гена. Примером является наследование групп крови АВО у человека. Группы крови О, А, В и АВ определяются геном  $I$ . Известны три разновидности этого гена:  $I^A$ ,  $I^B$ ,  $i^O$ . Аллельные гены  $I^A$  и  $I^B$  полностью доминируют над  $i^O$ , а между собой взаимодействуют по типу кодоминирования.

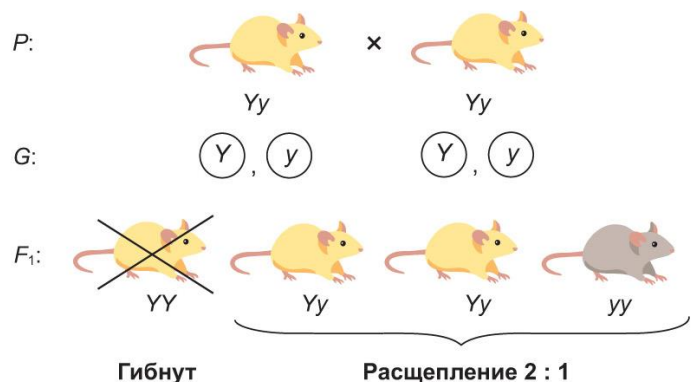


## Летальное действие генов

У ряда организмов обнаружены гены, которые в гомозиготном состоянии вызывают нарушения индивидуального развития, приводящие к гибели особей на ранних этапах онтогенеза (чаще всего в эмбриональном периоде). Такие гены называются **летальными**.

### Пример

У мышей летальным действием обладает доминантный ген  $Y$ , определяющий желтый цвет шерсти. Рецессивный ген  $y$  обуславливает серую окраску. Гомозиготные эмбрионы с генотипом  $YY$  погибают еще до рождения, а гетерозиготные мышата  $Yy$  являются жизнеспособными и имеют желтую шерсть.



## Плейотропное (множественное) действие генов

**Плейотропное действие** – это явление, когда один ген контролирует несколько признаков.

Плейотропия объясняется тем, что один и тот же белок — продукт такого гена — может входить в состав разных тканей и (или) участвовать в различных биохимических процессах.

Примеры:

- У человека рецессивный ген, обуславливающий рыжий цвет волос, также определяет появление веснушек и окраску кожи, более светлую, чем у других людей.
- Доминантный ген, вызывающий развитие аномально длинных пальцев кистей и стоп («паучьих пальцев»), обуславливает дефект хрусталика глаза, пороки сердца и некоторые другие признаки.

## Типы скрещиваний

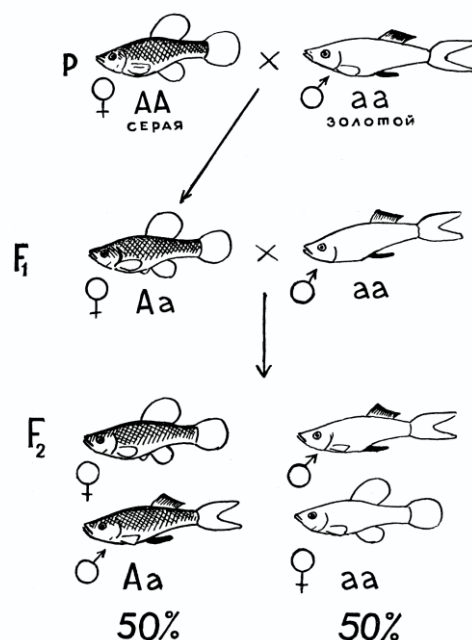
**Анализирующее скрещивание** – это скрещивание особи с доминантным признаком, но неизвестным генотипом, с рецессивной гомозиготой (aa). По результату скрещивания определяется генотип особи с доминантным признаком.

| Если потомство окажется фенотипически однородным, значит исходная особь была доминантной гомозиготой (AA) | Если в потомстве будет расщепление 1 : 1, то исходная особь гетерозигота (Aa)           |
|---|---|
| $P: AA \times aa$<br>$G: A \quad a$<br>$F: Aa$<br><br><i>Единообразие гибридов</i>                        | $P: Aa \times aa$<br>$G: A \quad a$<br>$F: Aa \quad aa$<br><br><i>Расщепление 1 : 1</i> |

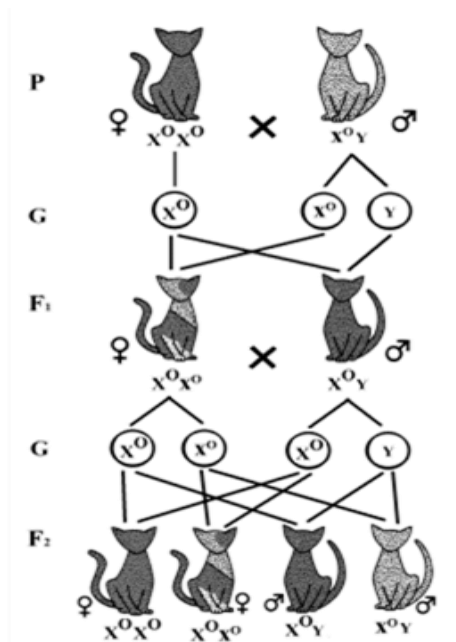
**Возвратное скрещивание** – это скрещивание гибрида с одной из родительских особей. Проводится для усиления желаемых свойств в гибридном потомстве.

**Реципрокное (крисс-кросс) скрещивание** – это два скрещивания, которые характеризуются взаимно противоположным сочетанием анализируемого признака и пола.

Если в одном скрещивании у животных самка имела доминантный признак, а самец — рецессивный, то во втором скрещивании, реципрокном первому, самка должна иметь рецессивный признак, а самец — доминантный. Применяется, чтобы определить роль пола в наследовании признака



Возвратное скрещивание



(сцеплен ли ген с половой хромосомой или локализован в аутосомах), для определения, от кого из родителей передаются цитоплазматические наследственные факторы.



Реципрокное скрещивание

### Моногибридное скрещивание

| Явление, наблюдаемое в потомстве                 | Информация о родительских особях и особенностях взаимодействия генов  |
|--|---|
| Единообразие гибридов по доминантному признаку   | Родители – гомозиготы, полное доминирование                           |
| Единообразие гибридов по промежуточному признаку | Родители – гомозиготы, неполное доминирование                         |
| Расщепление 3 : 1                                | Родители – гетерозиготы, полное доминирование                         |
| Расщепление 1 : 2 : 1                            | Родители – гетерозиготы, неполное доминирование                       |
| Расщепление 2 : 1                                | Родители - гетерозиготы, доминантный ген обладает летальным действием |
| Расщепление 1 : 1                                | Один из родителей гетерозиготен, другой гомозиготен                   |

### Дигибридное скрещивание

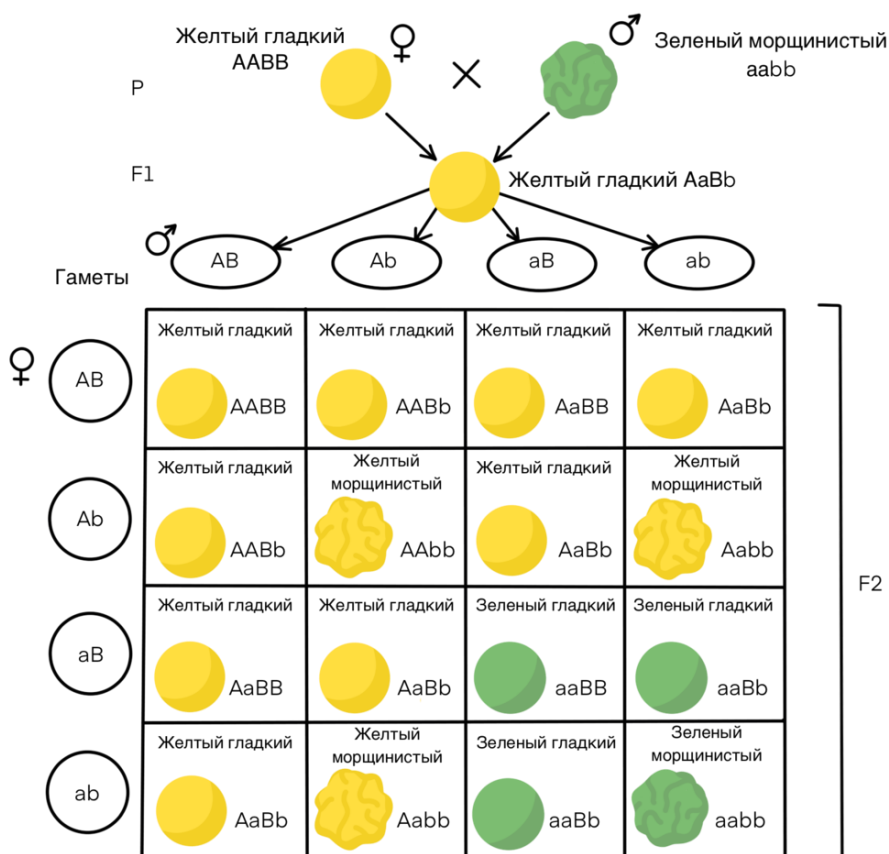
**Дигибридное скрещивание** – это скрещивание особей, различающихся по двум альтернативным признакам.



**Закон независимого наследования признаков (третий закон Менделя).** При скрещивании гибридов первого поколения, различающихся двумя парами признаков, локализованных в разных хромосомах, во втором поколении наследование каждой пары признаков идет независимо друг от друга. В результате образуется 4 фенотипические группы в соотношении 9 : 3 : 3 : 1, т.е. появляются группы с новыми сочетаниями признаков.

### Цитологические основы дигибридного скрещивания.

- Гены, контролирующие разные пары признаков (т. е. неальтернативные признаки), называются неаллельными.
- Неаллельные гены располагаются в разных парах хромосом или в разных участках (локусах) гомологичных хромосом.
- В случае независимого наследования гены локализованы в негомологичных хромосомах, т. е. в разных парах.



Родительские особи имеют генотипы AABB и aabb, образуют по одному типу гамет: у одного – AB, у другого – ab. Потомки первого поколения AaBb единообразны.

Дигомозигота – организм гомозиготный по двум парам генов.

Дигетерозигота – организм гетерозиготный по двум парам генов.

Дигетерозигота AaBb образует 4 ( $2^2=4$ ) типа гамет: AB, Ab, aB, ab в **равном соотношении**.

### В основе независимого наследования лежит:

1. Случайное расхождение гомологичных хромосом в анафазе 1 мейоза, которое приводит к образованию гамет с различными комбинациями генов.
2. Случайное слияние гамет при оплодотворении, что обуславливает формирование разных типов зигот.

## Взаимодействие неаллельных генов

### Комплементарность

Доминантные гены разных аллелей совместно обуславливают появление нового признака, не определявшегося ни одним из этих генов по отдельности.

#### Пример.

Встречаются 3 формы плодов у тыквы. Доминантные аллели А и В совместно приводят к появлению плодов дисковидной формы, а по отдельности – сферической. В то же время рецессивные аллели этих генов обуславливают удлиненную форму плодов.

A\_B\_ - дисковидная  
A\_bb и aaB\_ - округлая  
aabb – удлиненная

Во втором гибридном поколении происходит расщепление в соотношении:  
9 дисковидная (A\_B\_) : 6 округлая (A\_bb и aaB\_) : 1 удлиненная (aabb).



|    | AB                    | Ab                    | aB                    | ab                    |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| AB | AABB<br>(дисковидная) | AABb<br>(дисковидная) | AaBB<br>(дисковидная) | AaBb<br>(дисковидная) |
| Ab | AABb<br>(дисковидная) | AAbb<br>(округлая)    | AaBb<br>(дисковидная) | Aabb<br>(округлая)    |
| aB | AaBB<br>(дисковидная) | AaBb<br>(дисковидная) | aaBB<br>(округлая)    | aaBb<br>(округлая)    |
| ab | AaBb<br>(дисковидная) | Aabb (округлая)       | aaBb<br>(округлая)    | Aabb<br>(удлиненная)  |

### Эпистаз

Тип взаимодействия, при котором ген одной аллели подавляет проявление генов другой аллельной пары. Такие гены, блокирующие фенотипическое проявление других неаллельных генов, называются эпистатическими, **генами-ингибиторами или супрессорами**.

Подавляемые гены, в свою очередь, получили название гипостатических. В зависимости от того, доминантным или рецессивным является ген-ингибитор, различают доминантный и рецессивный эпистаз.





#### Доминантный эпистаз.

#### Пример:



С – окрашенные  
(наличие пигмента)  
с – отсутствие пигмента  
I – подавление окраски  
(эпистатор)  
i – не подавляет окраску

Во втором гибридном  
поколении происходит  
расщепление в  
соотношении: 13  
неокрашенные (белые) :  
3 окрашенные.

|                      |   |   |                    |                    |   |             |
|----------------------|---|---|--------------------|--------------------|---|-------------|
| <b>P</b>             |   |  | <b>CcIi</b>        | X                  |  | <b>CcIi</b> |
|                      |   |   |                    | ↓                  |   |             |
| <b>G</b>             |  | <b>CI</b>   |                    |                    |   |             |
|                      |  | <b>Ci</b>   |                    |                    |   |             |
|                      |   | <b>cl</b>   |                    |                    |   |             |
|                      |   | <b>ci</b>   |                    |                    |   |             |
|                      |   |   |                    |                    |   |             |
| <b>F<sub>2</sub></b> | <b>CI</b>   | <b>CCII</b>   | <b>CC<i>Ii</i></b> | <b>CcII</b>        | <b>Cc<i>Ii</i></b>  |             |
|                      | <b>Ci</b>   | <b>CC<i>Ii</i></b>  | <b>CC<i>ii</i></b> | <b>Cc<i>Ii</i></b> | <b>Cc<i>ii</i></b>  |             |
|                      | <b>cl</b>   | <b>CcII</b>   | <b>Cc<i>Ii</i></b> | <b>ccII</b>        | <b>cc<i>Ii</i></b>  |             |
|                      | <b>ci</b>   | <b>Cc<i>Ii</i></b>  | <b>Cc<i>ii</i></b> | <b>cc<i>Ii</i></b> | <b>cc<i>ii</i></b>  |             |

## Рецессивный эпистаз.

Пример.



### Соотношение классов расщепления



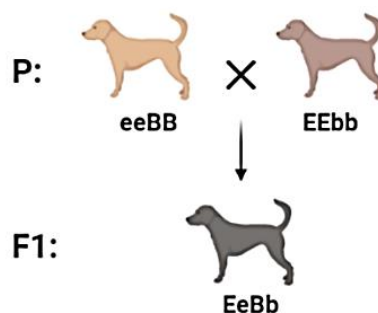
Черный  
9/16



Коричневый  
3/16



Рыжий  
4/16



|            |           |           |           |           |           |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>F2:</b> |           | <b>EB</b> | <b>Eb</b> | <b>eB</b> | <b>eb</b> |
|            | <b>EB</b> | $EEBB$    | $EEBb$    | $EeBB$    | $EeBb$    |
|            | <b>Eb</b> | $EEBb$    | $EEbb$    | $EeBb$    | $Eebb$    |
|            | <b>eB</b> | $EeBB$    | $EeBb$    | $eeBB$    | $eeBb$    |
|            | <b>eb</b> | $EeBb$    | $Eebb$    | $eeBb$    | $eebb$    |

## Полимерия

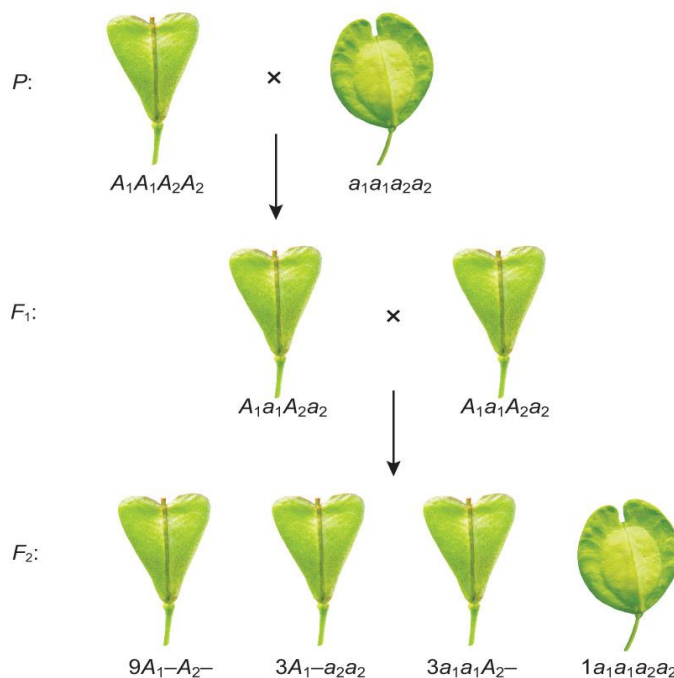
Тип взаимодействия, при котором гены двух или более аллелей проявляются сходным образом, определяя развитие одного и того же признака. В случае полимерии неаллельные гены, контролирующие тот или иной признак (полимерные гены).

## Некумулятивная полимерия.

Доминантный признак проявляется в полной мере при наличии в генотипе хотя бы одного доминантного гена. То есть количество доминантных признаков не влияет на степень выраженности признака.

### Пример.

У пастушьей сумки форма плодов определяется двумя парами полимерных генов. При этом рецессивный признак — овальные плоды проявляется только у растений, имеющих генотип  $a_1a_1a_2a_2$ . Если в генотипе присутствует хотя бы один доминантный ген (неважно какой именно —  $A_1$  или  $A_2$ ), растение обладает доминантным признаком — плодами треугольной формы.



## Кумулятивная полимерия.

Степень выраженности доминантного признака определяется количеством доминантных генов в генотипе.

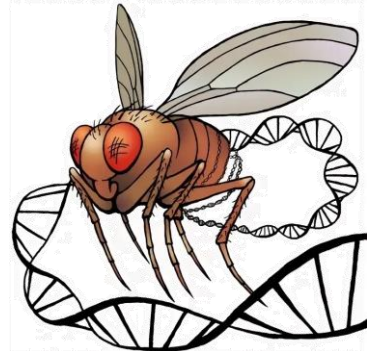
Наследование многих количественных признаков: рост человека, цвет кожи человека (т. е. количество меланина), яйценоскость кур, молочность коров, содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свеклы, окраска зерен пшеницы и др.



|            |                                  |                                  |                                  |                                  |
|------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Гаметы ♂   | $A_1A_2$                         | $A_1a_2$                         | $a_1A_2$                         | $a_1a_2$                         |
| ♀ $A_1A_2$ | Темно-красное<br>$A_1A_1A_2A_2$  | Красное<br>$A_1A_1A_2a_2$        | Красное<br>$A_1a_1A_2A_2$        | Светло-красное<br>$A_1a_1A_2a_2$ |
| $A_1a_2$   | Красное<br>$A_1A_1A_2a_2$        | Светло-красное<br>$A_1A_1a_2a_2$ | Светло-красное<br>$A_1a_1A_2a_2$ | Бледно-красное<br>$A_1a_1a_2a_2$ |
| $a_1A_2$   | Красное<br>$A_1a_1A_2A_2$        | Светло-красное<br>$A_1a_1A_2a_2$ | Светло-красное<br>$a_1a_1A_2A_2$ | Бледно-красное<br>$a_1a_1A_2a_2$ |
| $a_1a_2$   | Светло-красное<br>$A_1a_1a_2A_2$ | Бледно-красное<br>$A_1a_1a_2a_2$ | Бледно-красное<br>$a_1a_1A_2a_2$ | Белое<br>$a_1a_1a_2a_2$          |



# Сцепленное наследование генов



## Хромосомная теория Т. Моргана

**Сцепленное наследование** - это наследование разных признаков, гены которых расположены в одной хромосоме.

Т.Морган изучал механизмы сцепленного наследования на плодовой мушке дрозофиле.

Дрозофила была удачным объектом исследования, т.к.:

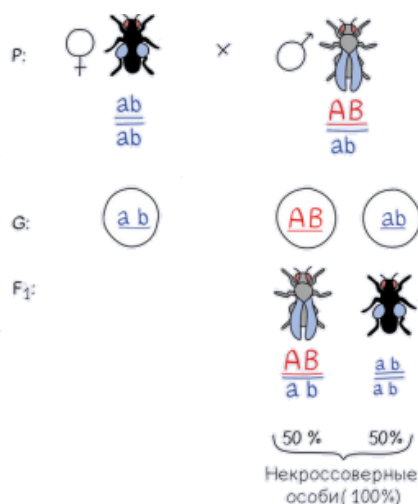
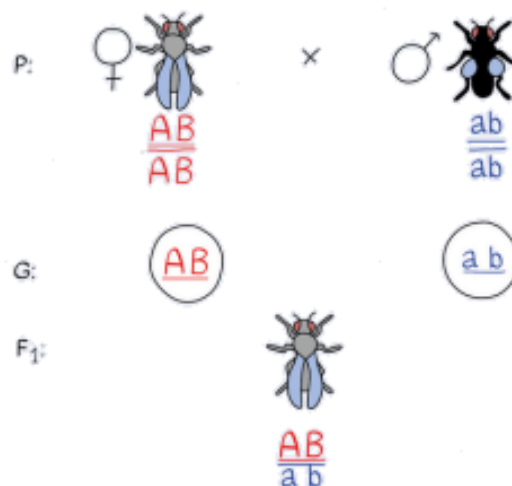
- Часто дает многочисленное потомство.
- Половой диморфизм (самки отличаются от самцов).
- Мало хромосом (диплоидный набор - 8 хромосом).
- Признаки легко различимые.
- Размножается на дешевых питательных средах.
- У самок происходит кроссинговер при образовании гамет (неполное сцепление), а у самцов нет (полное сцепление).

### Работы Т. Моргана

Для скрещивания взял 2 чистые линии дрозофил, имеющих серое тело и нормальные (длинные) крылья, скрестили с чистой линией, особи которой имели черное тело и зачаточные крылья.

Полученные гибриды первого поколения в соответствии с первым законом Менделя были единообразными — серыми с нормально развитыми крыльями.

Следовательно, у дрозофилы серое тело (A) полностью доминирует над черным (a), а нормальные крылья (B) — над зачаточными (b). Все гибриды первого поколения — дигетерозиготы



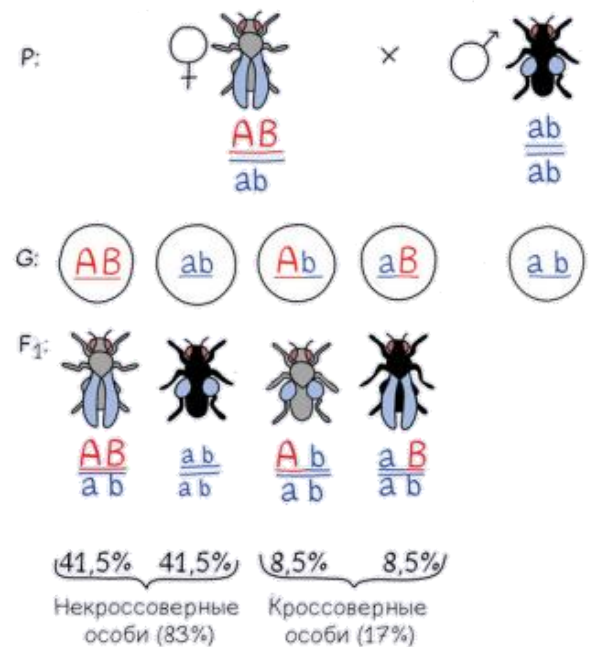
Далее Т. Морган провел анализирующее скрещивание с полученным в первом скрещивании самцом. В потомстве дигетерозиготного самца наблюдалось лишь два фенотипических класса. Половину потомков (50%) составляли особи с серым телом и нормальными крыльями, вторую половину — особи с черным телом и зачаточными крыльями (50%). Это свидетельствовало об отсутствии кроссинговера между сцепленными генами или, иначе говоря, о полном (абсолютном) сцеплении генов.

Т. Морган провел реципрокное скрещивание.

Дигетерозиготную самку из гибридного поколения скрестили с рецессивным дигомозиготным самцом (черное тело и зачаточные крылья).

В потомстве было получено по 41,5% особей с серым телом, нормальными крыльями и черным телом, зачаточными крыльями, а также по 8,5 % мух с серым телом, зачаточными крыльями и черным телом, нормальными крыльями.

Появление 4 фенотипических классов объясняется кроссинговером при образовании гамет у самок дрозофил.



**Некроссоверные гаметы** — гаметы, в процессе образования которых кроссинговер не произошел, их большинство.

**Кроссоверные гаметы** — гаметы, в процессе которых произошел кроссинговер, и их меньшая часть.

### Обрати внимание!

Фенотипические классы кроссоверных особей малочисленные, т. е. кроссоверных особей всегда меньше.

$$\text{Частота кроссинговера} = \frac{\text{сумма кроссоверных гамет (особей)}}{\text{общее количество гамет (особей)}} \times 100 \%$$

Чем больше расстояние между генами, тем чаще между ними происходит кроссинговер. Морганида – это генетическое расстояние, на котором кроссинговер происходит с вероятностью 1 %.

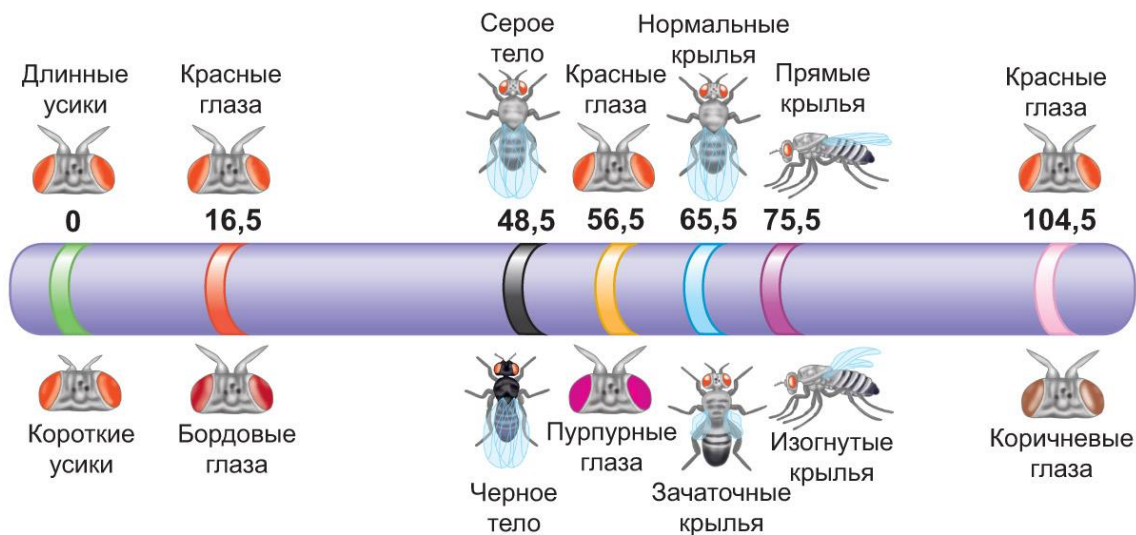
### Основные положения хромосомной теории наследственности:

- Единицей наследственной информации является ген, локализованный в хромосоме.
- Каждая хромосома имеет множество генов. Гены располагаются в хромосомах последовательно.
- Гены одной хромосомы сцеплены поэтому наследуются преимущественно вместе.
- Сцепление может нарушаться в процессе мейоза в результате кроссинговера, что увеличивает количество комбинаций генов в гаметах.
- Частота кроссинговера между генами равна расстоянию между ними.

- В процессе мейоза гомологичные хромосомы, следовательно и аллельные гены, попадают в разные гаметы.
- Негомологичные хромосомы расходятся произвольно, независимо друг от друга и образуют различные комбинации в гаметах.

**Генетическая карта хромосомы** — это схема взаимного расположения генов, находящихся в одной группе сцепления, построенная с учетом расстояний между ними.

*Для составления генетических карт всегда анализируется частота кроссинговера.*



## Генетика пола

**Пол** — это совокупность морфологических, физиологических, биохимических и других признаков организма, обеспечивающих воспроизведение себе подобных

### Хромосомное определение пола

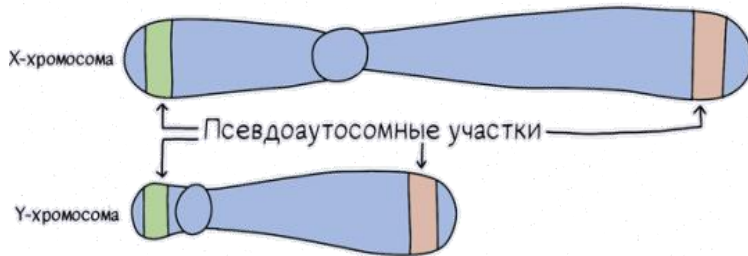
Пол особи определяется половыми хромосомами.

- **Половые хромосомы** – пара хромосом, которая отличается у самцов и самок.
- **Аутосомы** – хромосомы, которые одинаковые у самцов и самок.

Например, у человека в соматических клетках 23 пары хромосом: 22 пары аутосомы, 1 пара половых хромосом (XX у женщин, XY у мужчин).



- У женщин X-хромосомы гомологичные, т. е. между ними может происходить кроссинговер в процессе мейоза в любом месте.
- У мужчин X и Y-хромосомы негомологичные, однако существуют **псевдоаутосомные участки**.
- В мейозе при сперматогенезе у мужчин псевдоаутосомные области половых хромосом X и Y конъюгируют между собой. В этих участках происходит кроссинговер. Это обеспечивает правильное расхождение половых хромосом в мейотических делениях, в результате чего каждый сперматозоид унаследует либо одну X-хромосому, либо одну Y-хромосому.



Пол, образующий одинаковые гаметы, называется **гомогаметным**.

Пол, образующий разные гаметы, называется **гетерогаметным**.

## Варианты хромосомного механизма определения пола

|   |   |
|---|---|
| <p>P: ♀ 44A+XX × ♂ 44A+XY</p> <p>G: <math>\frac{22A+X}{22A+Y}</math></p> <p>F1: ♀ 44A+XX ♂ 44A+XY</p> | <p><b>ХУ-тип</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Гетерогаметный пол мужской.</li> <li>Млекопитающие, пресмыкающиеся, земноводные, двукрылые насекомые</li> </ul> |
| <p>P: ♀ 76A+ZW × ♂ 76A+ZZ</p> <p>G: <math>\frac{38A+Z}{38A+W}</math></p> <p>F1: ♂ 76A+ZZ ♀ 76A+ZW</p> | <p><b>ZW-тип</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Гетерогаметный пол женский.</li> <li>Птицы, бабочки</li> </ul>  |
| <p>P: ♀ 16A+XX × ♂ 16A+X0</p> <p>G: <math>\frac{8A+X}{8A+0}</math></p> <p>F1: ♀ 16A+XX ♂ 16A+X0</p>   | <p><b>X0-тип</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>У самок две половые хромосомы, у самцов одна половая хромосома.</li> <li>Кузнечики.</li> </ul>                  |



|  |  |
|--|--|
| <p>P: ♀ 2n=32 × ♂ 1n=16</p> <p>G: (1n=16) (1n=16)</p> <p>F1: ♂ 1n=16 ♀ 2n=32</p> | <p><b>Плоидный тип</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Пол зависит от набора хромосом.</li> <li>• Самки диплоидные, самцы гаплоидные.</li> <li>• Самцы развиваются из неоплодотворенной яйцеклетки (партеногенез).</li> <li>• Пчелы, осы, муравьи.</li> </ul> |
|--|--|

## Наследование признаков, сцепленных с полом

**Сцепленное наследование** – это наследование разных признаков, расположенных в одной хромосоме.

**Закон сцепленного наследования генов:** сцепленные гены, находящиеся в одной хромосоме, наследуются вместе и не проявляют независимого распределения.

Расположения доминантных и рецессивных аллелей генов одной группы сцепления:

- Цис-положение - доминантные аллели находятся в одной гомологичной хромосоме, а рецессивные в другой.
- Транс-положение - доминантные и рецессивные аллели гена находятся в разных гомологичных хромосомах.

*Чем дальше гены расположены друг от друга, тем больше вероятность частоты кроссинговера, то есть именно кроссинговер нарушает сцепление.*

Сцепление генов может быть:

- **Полное сцепление** — гены анализируемых признаков располагаются так близко, что между генами кроссинговер становится невозможным. В этом случае при мейозе будет образовываться два сорта гамет.

Например, при дигибридном скрещивании генотип особи записывают AaBb (ABab), а гаметы AB и ab.

- **Неполное сцепление** — гены анализируемых признаков располагаются на некотором расстоянии друг от друга, что делает возможным кроссинговер между ними. Например, при дигибридном скрещивании генотип особи записывают AaBb (ABab), а гаметы AB и ab, Ab и aB.