

ГЕНЕТИКА. ЛЕКЦИЯ № 1.

- ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ.
 - ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.
- РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНО-, ДИ- И ПОЛИГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.
 - ОТКЛОНЕНИЯ ОТ РАСЩЕПЛЕНИЯ. ПРИЧИНЫ.
 - ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ.
- НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ.
 - НЕЗАВИСИМОЕ И СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ.
- КРОССИНГОВЕР. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ. КОНВЕРСИЯ. НЕРАВНЫЙ КРОССИНГОВЕР, СОМАТИЧЕСКИЙ КРОССИНГОВЕР.
 - НАСЛЕДСТВЕННАЯ И НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ.
 - НОРМА РЕАКЦИИ ПРИЗНАКА. МОДИФИКАЦИИ И МОРФОЗЫ.

ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

- теория, согласно которой передача наследственной информации в ряду поколений связана с передачей хромосом, в которых в определённой и линейной последовательности расположены гены.

XX век.

Основателем теории является Томас Морган, за что он был награжден Нобелевской премии по физиологии и медицине.

Выводы опубликованы в 1915 году в книге «Механизм менделевской наследственности».



ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

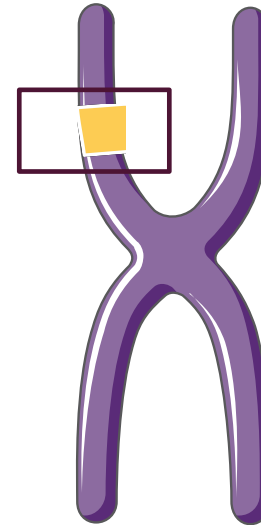
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.



ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

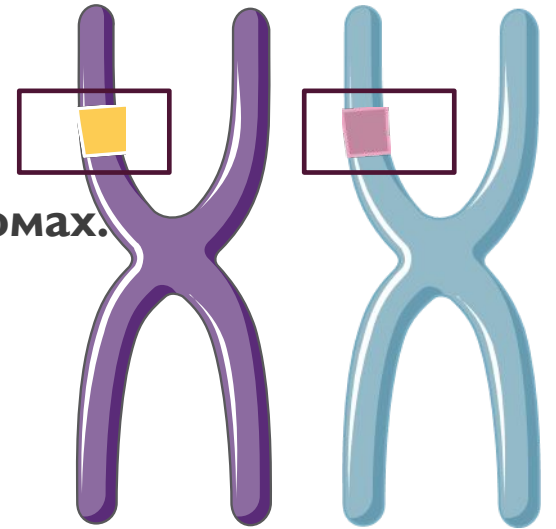
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.



ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

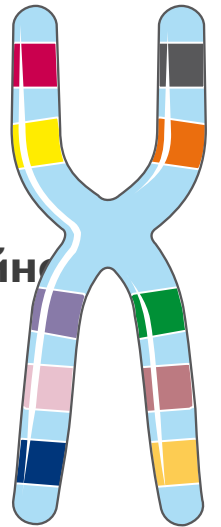
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.
- **Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.**



ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

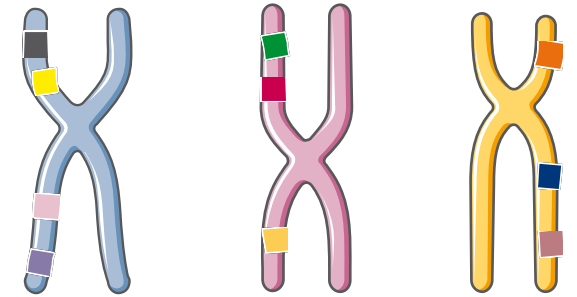
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.
- Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.
- **Каждая хромосома одержит десятки тысяч генов, которые располагаются в ней линейно**



ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

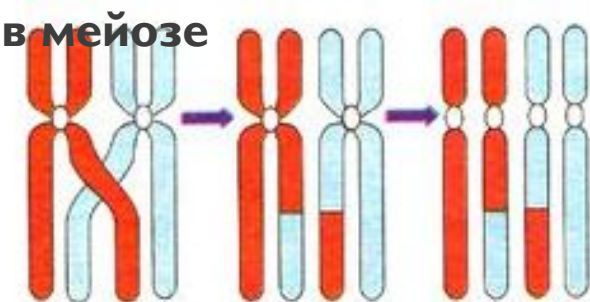
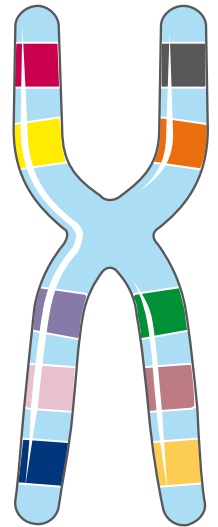
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.
- Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.
- Каждая хромосома одержит десятки тысяч генов, которые располагаются в ней линейно.
- **Различные хромосомы содержат неодинаковое число генов. Кроме того, набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален.**



ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

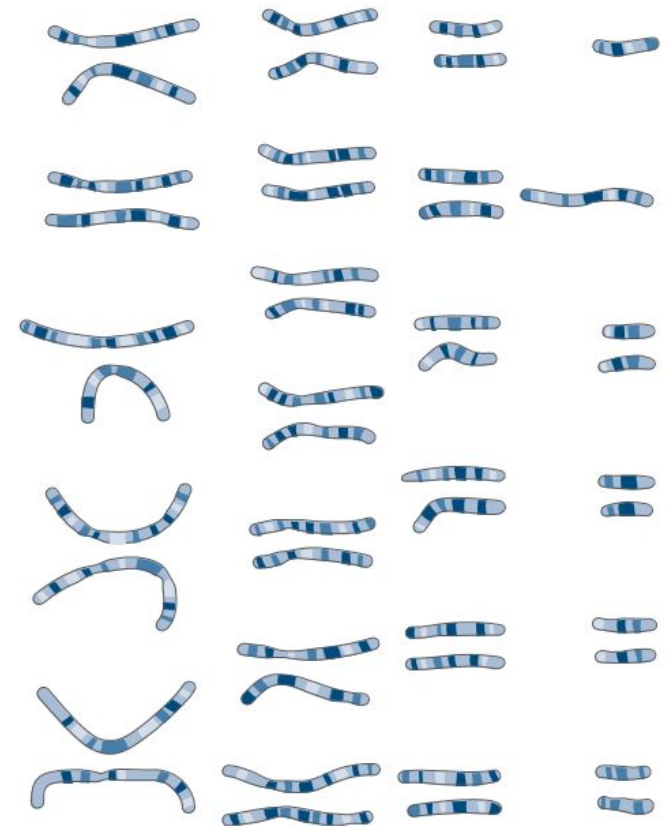
- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.
- Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.
- Каждая хромосома одержит десятки тысяч генов, которые располагаются в ней линейно.
- Различные хромосомы содержат неодинаковое число генов. Кроме того, набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален.
- Гены в одной хромосоме называются сцепленными и образуют группу сцепления, т. е. наследуются совместно. Число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом.
- Сцепление нарушается в результате независимого расхождения хромосом в мейозе и обмена между участками гомологичных хромосом (кроссинговера).



ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ:

- Носителями наследственности являются гены, находящиеся в хромосомах.
- Каждый ген имеет в хромосоме строго определенное место – локус.
- Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.
- Каждая хромосома одержит десятки тысяч генов, которые располагаются в ней линейно.
- Различные хромосомы содержат неодинаковое число генов. Кроме того, набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален.
- Гены в одной хромосоме называются сцепленными и образуют группу сцепления, т.е. наследуются совместно. Число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом.
- Сцепление нарушается в результате независимого расхождения хромосом в мейозе и обмена между участками гомологичных хромосом (кроссинговера).
- **Каждый биологический вид характеризуется определенным набором хромосом — кариотипом.**



ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

- исследование генотипа отдельных особей, групп особей и генетической структуры популяций, в том числе линий, штаммов, сортов, пород и т.д.

Задачи генетического анализа:

- установление признаков и генов, которые будут исследоваться
- локализация генов, составление генетической карты
- идентификация функции гена, установление природы мутации
- определение, чем регулируется признак.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

- исследование генотипа отдельных особей, групп особей и генетической структуры популяций, в том числе линий, штаммов, сортов, пород и т.д.

Уровни исследования:

- Молекулярный.
- Субклеточный.
- Клеточный.
- Организменный.
- Популяционный.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- ▣ **Гибридологический метод**
- ▣ Генеалогический
- ▣ Близнецовый метод
- ▣ Цитогенетический метод
- ▣ Мутационные методы
- ▣ Молекулярно-генетические
биохимические и физико-химические
- ▣ Популяционный
- ▣ Онтогенетический метод
- ▣ Математический метод
- ▣ Метод моделирования

- способ изучения наследственных свойств организма путём скрещивания его с родственной формой и последующим анализом признаков потомства.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- **Генеалогический**
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- Метод моделирования

— заключается в анализе родословных и позволяет определить тип наследования (доминантный, рецессивный, аутосомный или сцепленный с полом) признака, а также его моногенность или полигенность. На основе полученных сведений прогнозируют вероятность проявления изучаемого признака в потомстве, что имеет большое значение для предупреждения наследственных заболеваний.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- ▣ Гибридологический метод
- ▣ Генеалогический
- ▣ **Близнецовый метод**
- ▣ Цитогенетический метод
- ▣ Мутационные методы
- ▣ Молекулярно-генетические
биохимические и физико-химические
- ▣ Популяционный
- ▣ Онтогенетический метод
- ▣ Математический метод
- ▣ Метод моделирования

- заключается в анализе и сравнении изменчивости признаков в пределах различных групп близнецов, позволяет оценить относит, роль генотипа и внешних условий в наблюдаемой изменчивости. Особенно важен этот метод при работе с малоплодовитыми организмами, имеющими поздние сроки наступления половой зрелости (например, крупный рогатый скот), а также в генетике человека.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- **Цитогенетические методы**
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- Метод моделирования

это методы изучения хромосом: подсчет их числа, описание структуры, поведения при делении клетки, а также связь между изменением структуры хромосом с изменчивостью признаков.

Цитогенетические методы так же заключаются в цитологическом анализе генетических структур и явлений на основе гибридологического анализа с целью сопоставления генетических явлений со структурой и поведением хромосом и их участков (анализ хромосомных и геномных мутаций, построение цитологических карт хромосом, цитохимическое изучение активности генов и т. п.).

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- **Мутационные методы**
- Молекулярно-генетические
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- Метод моделирования

- позволяет установить особенности, закономерности и механизмы мутагенеза, помогает в изучении структуры и функции генов. Особое значение мутационный метод приобретает при работе с организмами, размножающимися бесполом путём, и в генетике человека, где возможности гибридологического анализа крайне затруднены.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- **Молекулярно-генетические**
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- Метод моделирования

— методы включают разнообразные, направленные на изучение структуры и функции генетического материала и направлены на выяснение этапов пути «ген — признак» и механизмов взаимодействия различных молекул на этом пути.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- ▣ Гибридологический метод
- ▣ Генеалогический
- ▣ Близнецовый метод
- ▣ Цитогенетический метод
- ▣ Мутационные методы
- ▣ Молекулярно-генетические
биохимические и физико-химические
- ▣ **Популяционный**
- ▣ Онтогенетический метод
- ▣ Математический метод
- ▣ Метод моделирования

- заключается в изучение генетической структуры популяций различных организмов: количественно оценивают распределение особей разных генотипов в популяции, анализируют динамику генетической структуры популяций под действием различных факторов (при этом используют создание модельных популяций).

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- **Онтогенетический метод**
- Математический метод
- Метод моделирования

Поскольку определенные генетические заболевания развиваются только в определенном возрасте, возникает необходимость изучить фенотипические проявления в течение индивидуального развития человека. С помощью этого метода определяется присутствие рецессивных аллелей у гетерозигот.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- **Математический метод**
- Метод моделирования

С помощью математического метода можно рассчитать результаты эксперимента. Незаменим при изучении гибридов, а так же при исследовании наследования количественных признаков и изменчивости.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. МЕТОДЫ.

- Гибридологический метод
- Генеалогический
- Близнецовый метод
- Цитогенетический метод
- Мутационные методы
- Молекулярно-генетические
биохимические и физико-химические
- Популяционный
- Онтогенетический метод
- Математический метод
- **Метод моделирования**

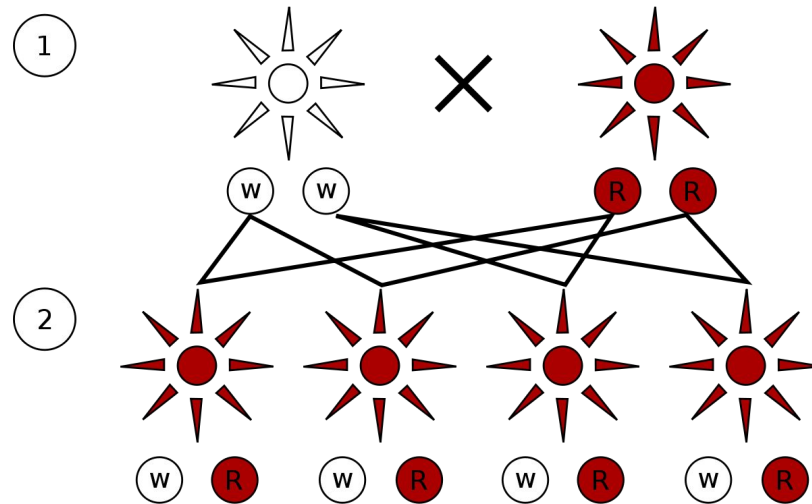
Общий смысл этого метода выражает закон гомологических рядов наследственной изменчивости, сформулированный великим отечественным генетиком Н.И.Вавиловым. Согласно этому закону, виды и роды генетически близких организмов в одинаковых условиях демонстрируют изменение признаков в сходном направлении. Зная ряды измененных признаков у одного вида, можно предвидеть такие же изменения у другого вида.

РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНОГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

Моногибридное скрещивание - скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре изучаемых альтернативных признаков, за которые отвечают аллели одного гена.

Закон единообразия гибридов первого поколения, или первый закон Менделя

При моногибридном скрещивании гомозиготных особей, имеющих разные значения альтернативных признаков, гибриды являются единообразными по генотипу и фенотипу.

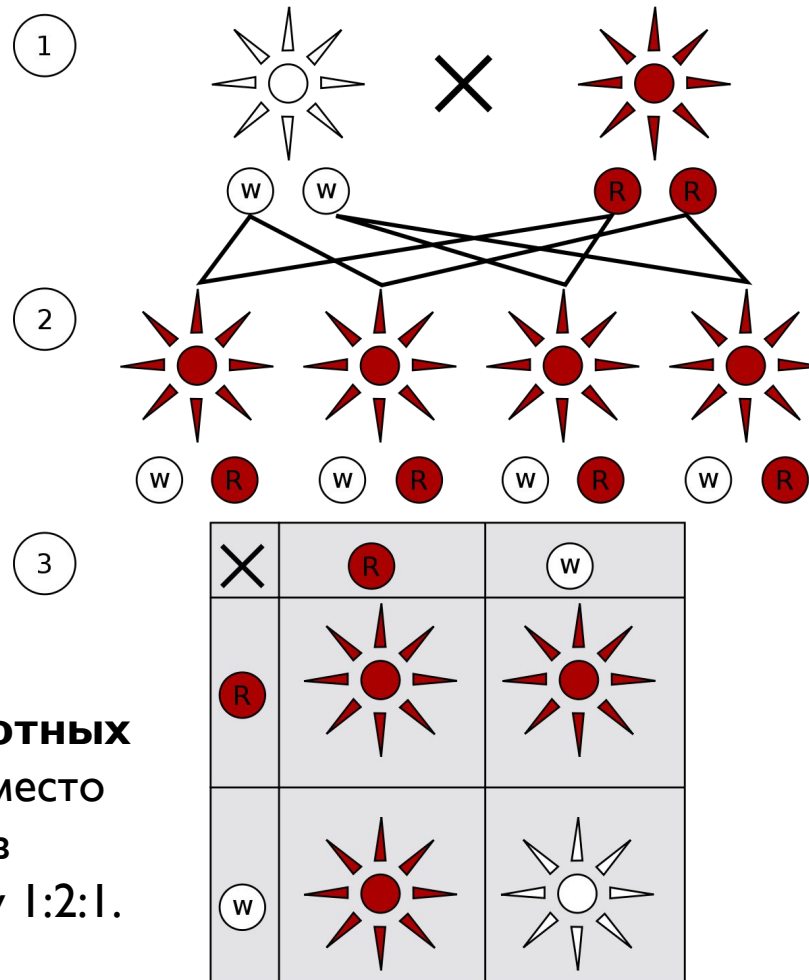


РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНОГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

Моногибридное скрещивание - скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре изучаемых альтернативных признаков, за которые отвечают аллели одного гена.

Закон расщепления, или второй закон Менделя

При моногибридном скрещивании гетерозиготных особей у гибридов имеет место расщепление по фенотипу в отношении 3:1, по генотипу 1:2:1.

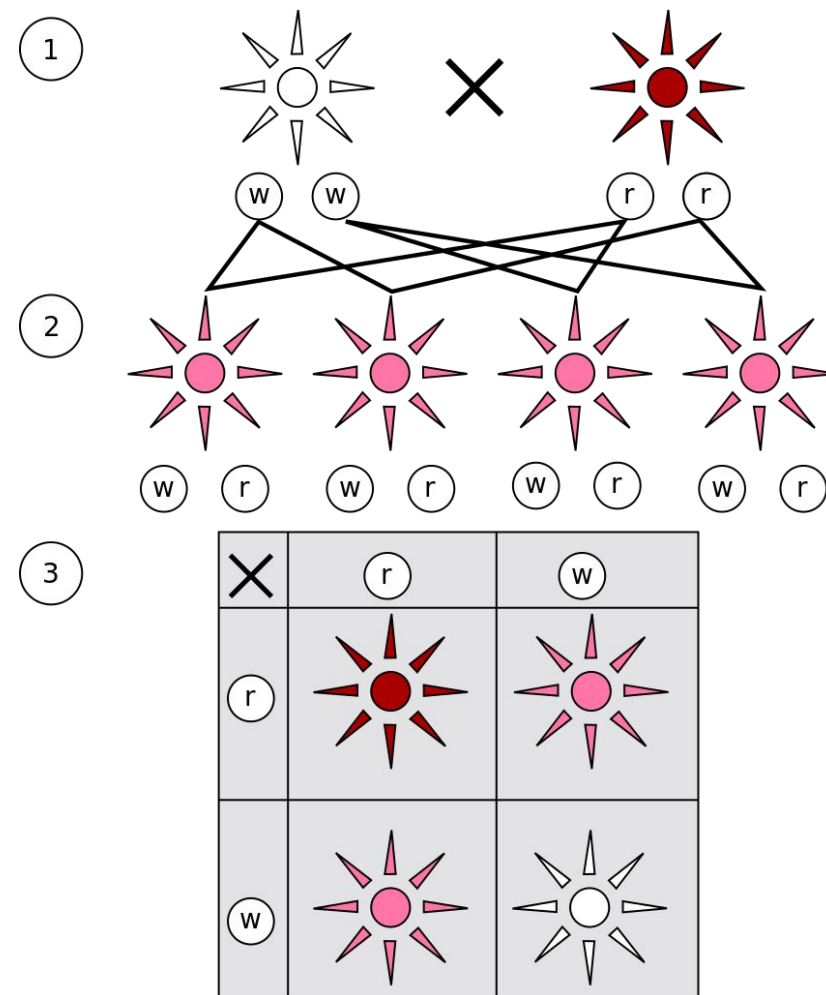
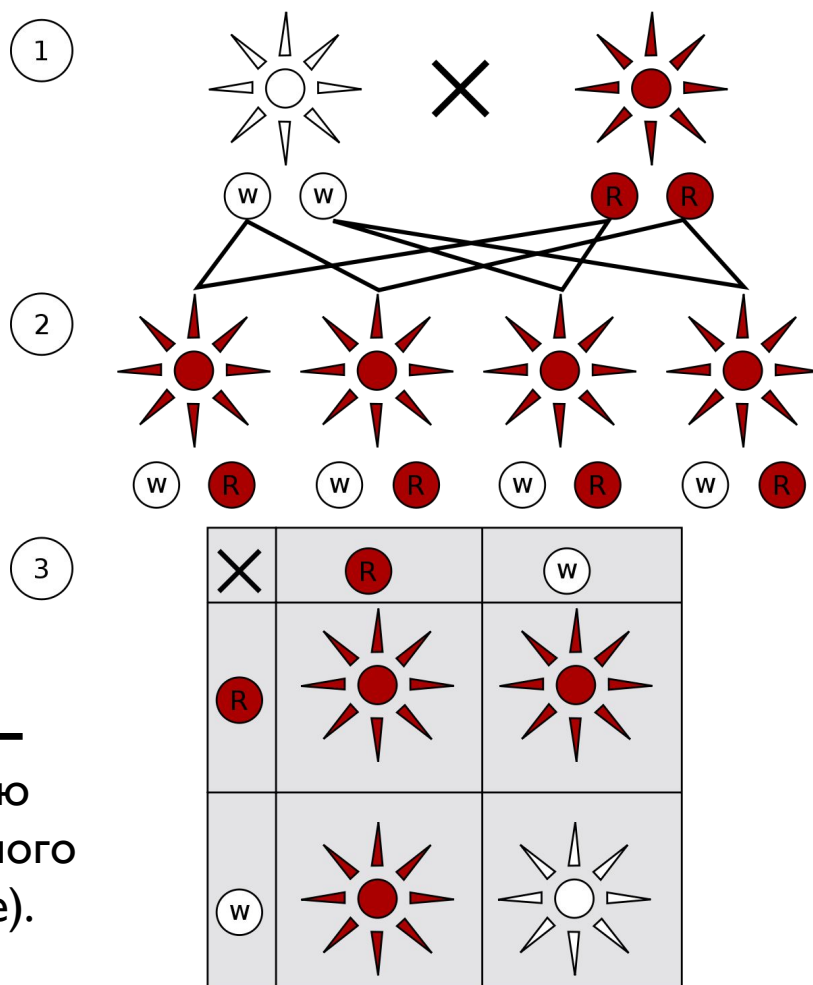


РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНОГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

Моногибридное скрещивание - скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре изучаемых альтернативных признаков, за которые отвечают аллели одного гена.

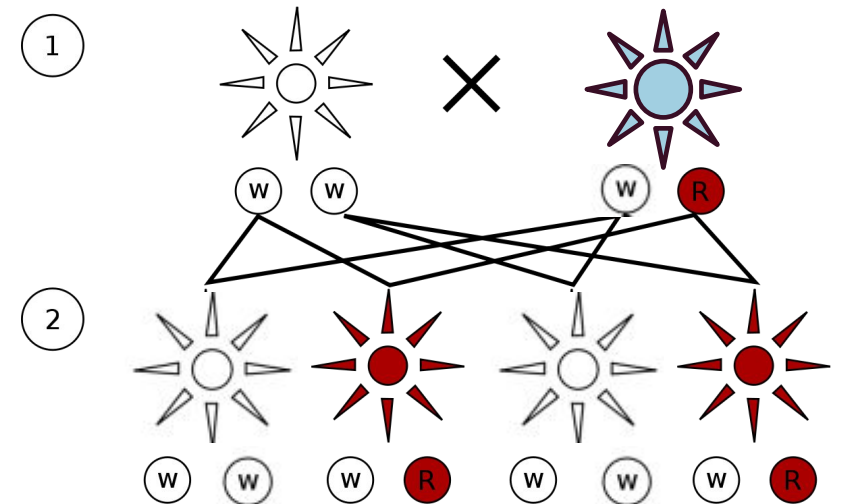
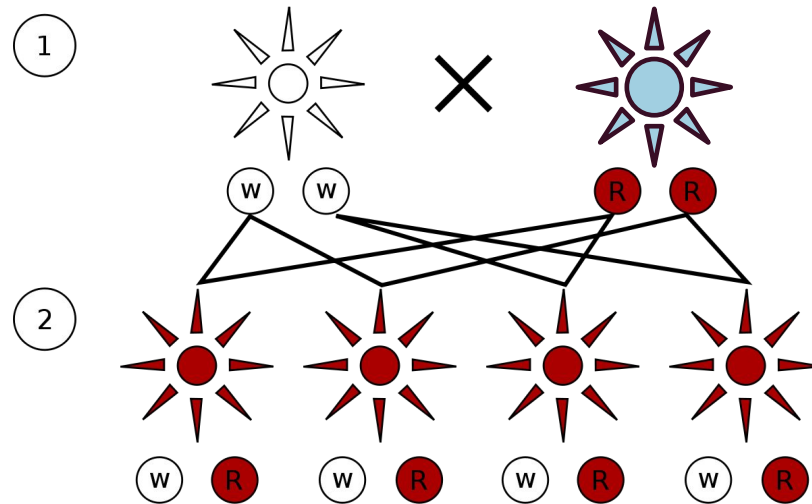
Полное доминирование – доминантный ген полностью подавляет действие рецессивного.

Неполное доминирование – доминантный ген не полностью подавляет действие рецессивного (промежуточное наследование).



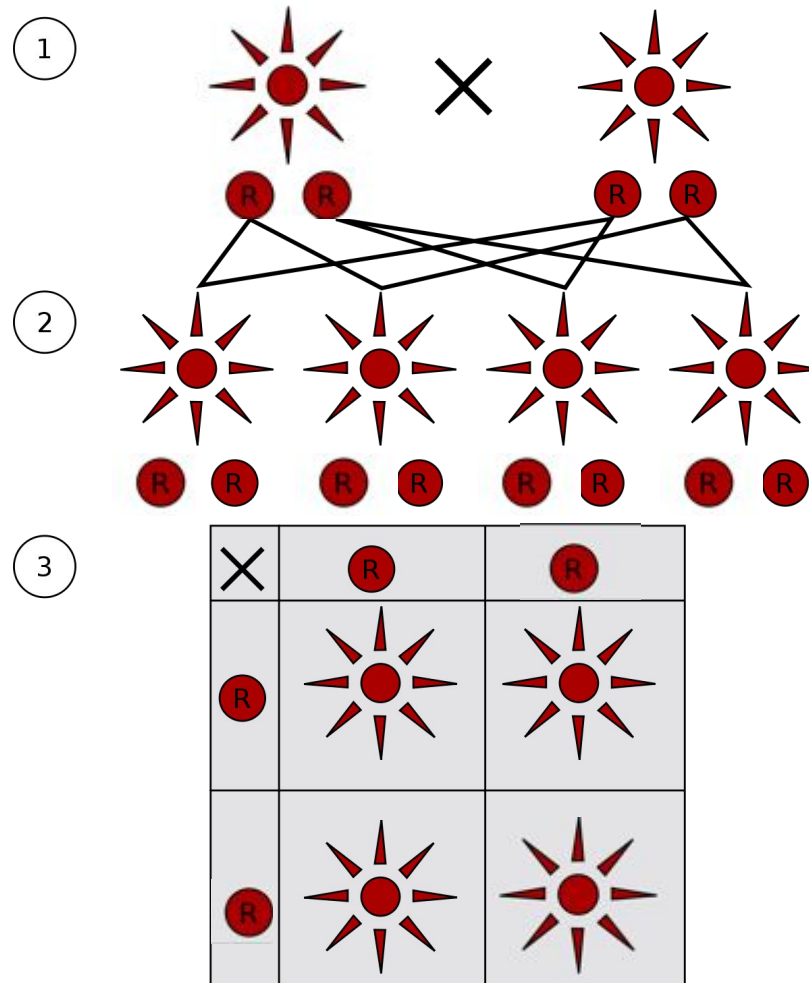
РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНОГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

Анализирующее скрещивание — скрещивание гибридной особи с особью, гомозиготной по рецессивным аллелям, то есть «анализатором».



РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ МОНОГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

Чистая линия — группа организмов, имеющих некоторые признаки, которые полностью передаются потомству в силу генетической однородности всех особей. В случае гена, имеющего несколько аллелей, все организмы, относящиеся к одной **чистой линии**, являются гомозиготными по одному и тому же аллелю данного гена.

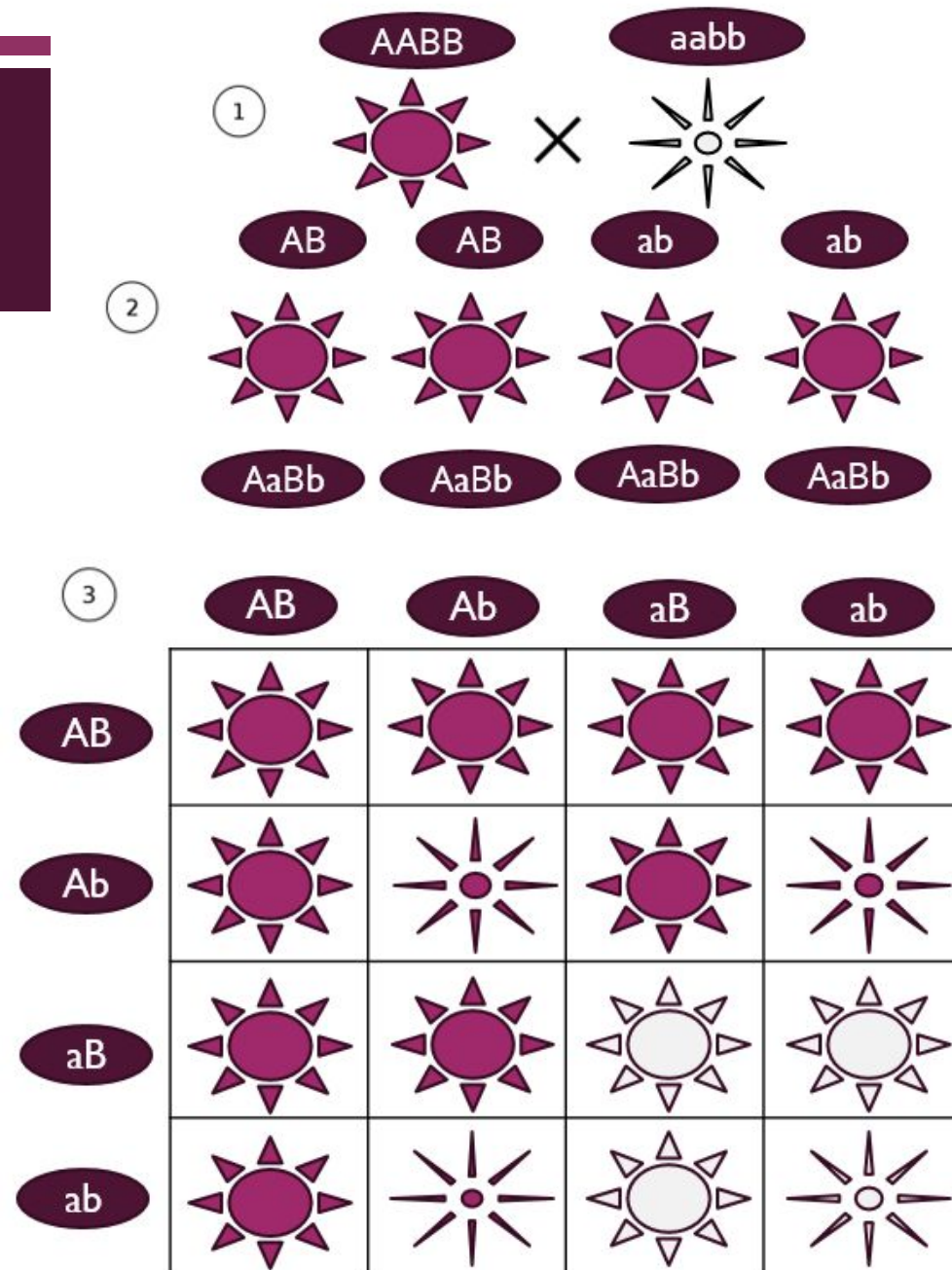


РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ ДИГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

Дигибридное скрещивание — скрещивание организмов, различающихся по двум парам альтернативных признаков.

Закон независимого комбинирования (наследования) признаков, или третий закон Менделя.

При дигибридном скрещивании дигетерозигот у гибридов имеет место расщепление по фенотипу в отношении 9:3:3:1, по генотипу в отношении 4:2:2:2:1:1:1:1, признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.



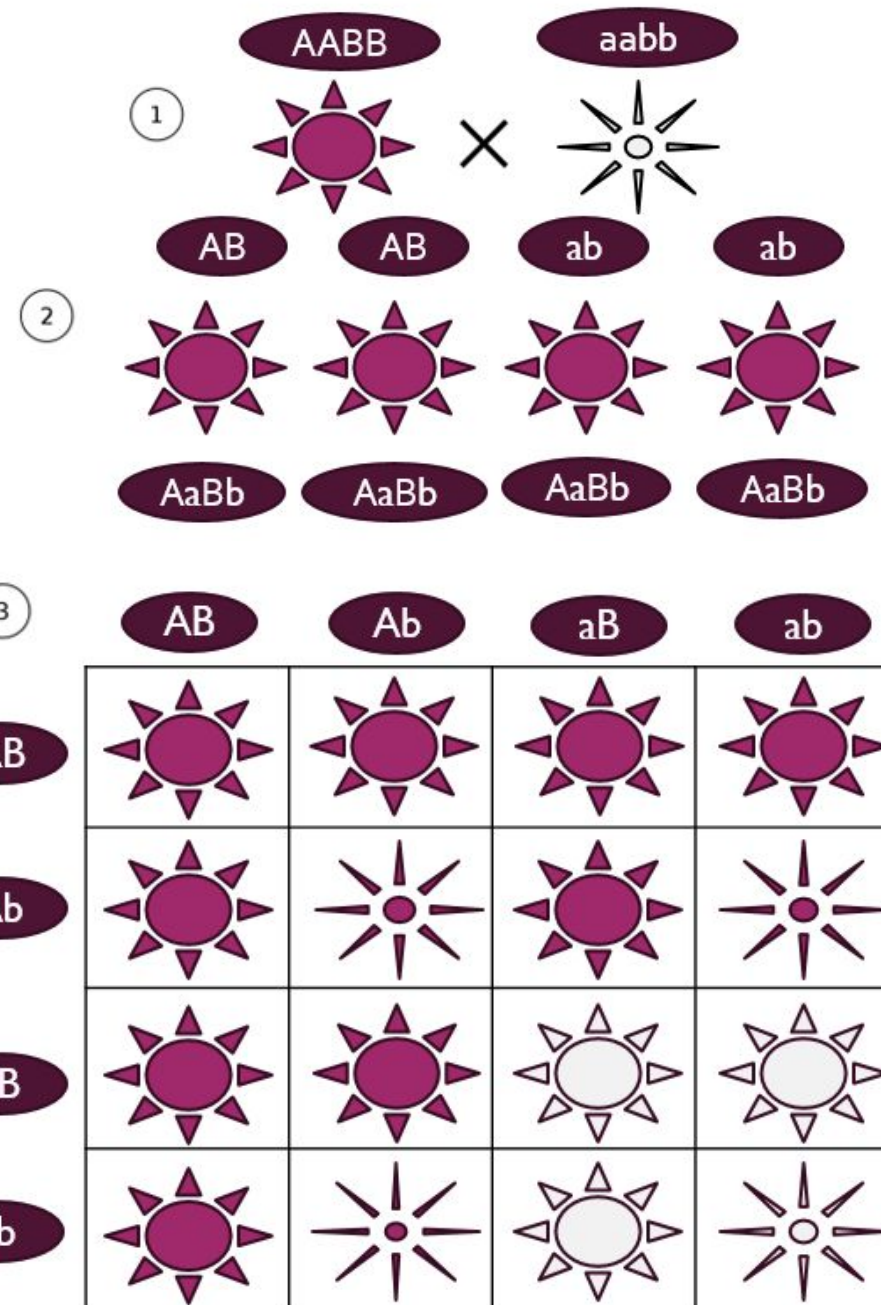
Решетка Пеннета

РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ ДИГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

Дигибридное скрещивание — скрещивание организмов, различающихся по двум парам альтернативных признаков.

Расщепления, характерные для независимого наследования при дигибридном скрещивании:

- 1) Расщепления нет — скрещивали двух гомозигот $AABB$ x $aabb$ (или $Aabb$ x $aaBB$).
- 2) Расщепление $9:3:3:1$ — скрещивали двух дигетерозигот $AaBb$ x $AaBb$ (третий закон Менделя).
- 3) Расщепление $1:1:1:1$ — скрещивали дигетерозиготу и рецессивную гомозиготу $AaBb$ x $aabb$ (анализирующее скрещивание).



Решетка Пеннета

РАСЩЕПЛЕНИЕ ПРИ ПОЛИГИБРИДНОМ СКРЕЩИВАНИИ.

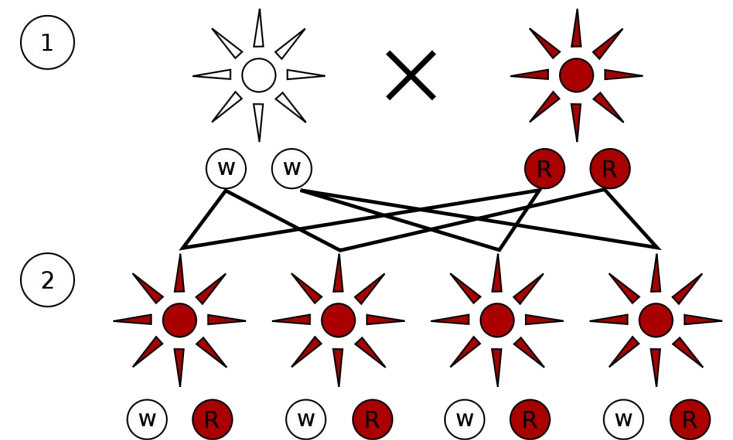
Число пар признаков	Число гамет, образуемых F_1	Число фенотипов в F_2	Число генотипов в F_2	Число клеток в решетке Пеннета
1	2	2	3	4
2	$2^2 = 4$	$2^2 = 4$	$3^2 = 9$	$4^2 = 16$
3	$2^3 = 8$	$2^3 = 8$	$3^3 = 27$	$4^3 = 64$
4	$2^4 = 16$	$2^4 = 16$	$3^4 = 81$	$4^4 = 256$
n	2^n	2^n	3^n	4^n

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- полное доминирование
- неполное доминирование
- сверхдоминирование
- кодоминирование
- множественный аллелизм

Полное доминирование – взаимодействие двух аллелей одного гена, при котором один из аллелей (доминантный) полностью маскирует действие другого (рецессивного).

Доминантные аллели обозначаются латинскими заглавными буквами, рецессивные – строчными. В том случае, когда существует много вариантов гена, доминирование аллелей друг относительно друга обозначают: $A > a_1 > a_2 > a_3$.

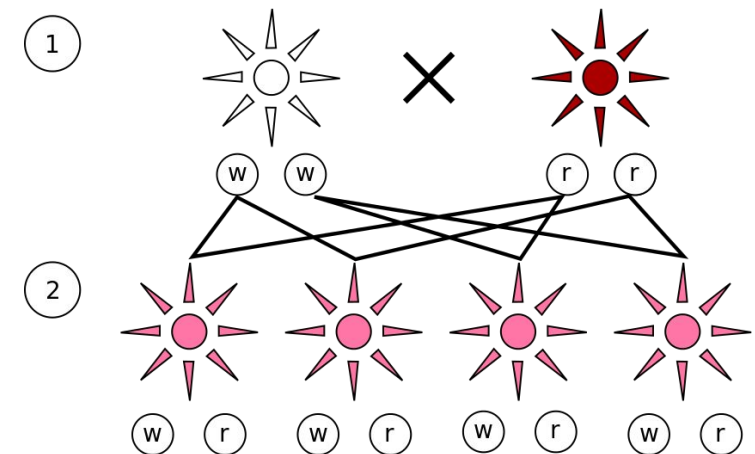


ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- полное доминирование
- **неполное доминирование**
- сверхдоминирование
- кодоминирование
- множественный аллелизм

Неполное доминирование – доминантный аллель в гетерозиготном состоянии Aa не полностью подавляет действие рецессивного аллеля. Гетерозиготы имеют промежуточный признак.

При скрещивании красноплодной земляники м/д собой всегда получаются красные ягоды (AA), а при скрещивании белой – белые (aa). В результате скрещивания обоих сортов м/д собой получаются розовые ягоды (Aa – промежуточный признак)



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- полное доминирование
- неполное доминирование
- **сверхдоминирование**
- кодоминирование
- множественный аллелизм

Сверхдоминирование – когда доминантный ген в гетерозиготном состоянии проявляется сильнее, чем в гомозиготном.

У дрозофил – AA – нормальная продолжительность жизни, Aa – удлиненная продолжит.жизни, aa – леталь.

Одним из характерных примеров сверхдоминирования является повышенная частота аллеля гена серповидноклеточной анемии в популяциях человека, живущих в условиях высокой вероятности заражения малярией. Мутантный аллель защищает организм от заболевания малярией. Гомозиготы по нормальному аллелю могут заболеть малярией и погибнуть, гомозиготы по мутантному аллелю — с высокой вероятностью гибнут от анемии. Гетрозиготы по этому гену не болеют серповидноклеточной анемией и устойчивы к малярии.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- полное доминирование
- неполное доминирование
- сверхдоминирование
- **кодоминирование**
- множественный аллелизм

Кодоминирование – проявление у гетерозигот Aa нового варианта признака. При этом, в отличие от неполного доминирования, оба аллеля проявляются в полной мере.

Наследование группы крови. Три гена J^O , J^A и J^B детерминируют наследование четырех групп крови человека по ABO системе антигенов.

		Группа крови отца				
		I (O)	II (A)	III (B)	IV (AB)	
Группа крови матери	I (O)	I (O)	II (A) I (O)	III (B) I (O)	II (A) III (B)	Группа крови ребенка
	II (A)	II (A) I (O)	II (A) I (O)	любая	II (A), III (B) IV (AB)	
	III (B)	III (B) I (O)	любая	III (B) I (O)	II (A), III (B) IV (AB)	
	IV (AB)	II (A) III (B)	II (A), III (B) IV (AB)	II (A), III (B) IV (AB)	II (A), III (B) IV (AB)	

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- полное доминирование
- неполное доминирование
- сверхдоминирование
- кодоминирование
- **множественный аллелизм**

Множественный аллелизм. Есть несколько аллелей. Один и тот же аллель может быть доминантным по отношению к одному, но рецессивным по отношению к другому.

У человека цвет глаз определяется серией из 4-х аллелей. Черный цвет глаз закодирован в аллеле A и доминирует над карим, определяющимся геном a_2 . Тот в свою очередь доминирует над аллелем a_3 , кодирующим голубые глаза. Аллель a_3 доминирует над аллелем a_4 , кодирующим серые глаза. То есть, $A > a_1 > a_2 > a_3 > a_4$.



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- **комплементарность**
- эпистаз
- полимерия
- плейотропия



Комплементарность – один доминантный ген дополняет действие другого доминантного гена и вместе они определяют признак, который отсутствовал родителей. Этот признак развивается только в присутствии обоих генов.

Например, развитие нормального слуха определяют два гена: A (ответственный за нормальное развитие улитки уха) и B (ответственный за нормальное развитие слухового нерва). Поэтому, если хотя бы один из этих признаков не появляется (находится в гомозиготном по рецессивному состоянию), человек рождается глухим: $AaBb$, $AABb$ и $AaBB$ — нормальный слух, $aaBb$, $aaBB$, $Aabb$, $AAbb$ — патология.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- комплементарность
- эпистаз
- полимерия
- плейотропия

– один ген подавляет действие другого неаллельного гена.

$A > B$. A – эпистатичный ген (ингибитор), B – гипостатичный ген. Типичные расщепления: 13:3, 12:3:1, 9:3:4.

Эпистаз может быть как **доминантным**, так и рецессивным.

У тыквы доминантный ген Y вызывает появление желтой окраски плодов, а его рецессив y — зеленой. Кроме того, имеется доминантный ген W , подавляющий проявление любой окраски, в то время как его рецессив w не мешает окраске проявляться. Поэтому растения, имеющие в своем генотипе хотя бы один доминантный ген W , будут образовывать белые плоды независимо от того, какие аллели гена Y будут присутствовать в их генотипах. Например, у растений с генотипами $YYWW$, $YyWw$, $yyWw$ плоды будут белые.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- комплементарность
- эпистаз
- полимерия
- плейотропия

– один ген подавляет действие другого неаллельного гена.

$A > B$. A – эпистатичный ген (ингибитор), B – гипостатичный ген. Типичные расщепления: 13:3, 12:3:1, 9:3:4.

Эпистаз может быть как доминантным, так и **рецессивным**.

Эпистатическое действие рецессивного гена иллюстрирует наследование окраски шерсти у домовых мышей. Окраска агутти (рыжевато-серая) определяется доминантным геном A , его рецессивный аллель a в гомозиготном состоянии определяет черную окраску. Доминантный ген другой пары C определяет развитие пигмента, а гомозиготы по его рецессивному аллелю c являются альбиносами (отсутствие пигмента в шерсти и радужной оболочке глаз). Особи, являющиеся доминантными гомозиготами по гену C или гетерозиготными по этому гену, будут иметь окраску шерсти в соответствии со своим генотипом по гену A (например, $AACC$ и $AACc$ будут рыжевато-серые агутти, $aaCC$ и $aaCc$ – черные). Но все особи, гомозиготные по рецессивному гену-супрессору ($AAcc$, $Aacc$ и $aacc$), будут альбиносами.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- комплементарность
- эпистаз
- полимерия
- плейотропия

Полимерия – взаимодействие множественных генов, одновременно влияющих на развитие одного и того же признака. Степень проявления зависит от количества генов. Гены дублируют действие друг друга.

Полимерное взаимодействие неаллельных генов может быть кумулятивным и некумулятивным. При кумулятивной (накопительной) полимерии степень проявления признака зависит от суммарного действия нескольких генов. Чем больше доминантных аллелей генов, тем сильнее выражен тот или иной признак. Расщепление в F₂ по фенотипу при дигибридном скрещивании происходит в соотношении 1:4:6:4:1.

При некумулятивной полимерии признак проявляется при наличии хотя бы одного из доминантных аллелей полимерных генов. Количество доминантных аллелей не влияет на степень выраженности признака. Расщепление в F₂ по фенотипу при дигибридном скрещивании — 15:1.

Пример полимерии — наследование цвета кожи у людей, который зависит (в первом приближении) от четырёх генов с кумулятивным эффектом.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- комплементарность
- эпистаз
- полимерия
- **плейотропия**

Плейотропия – способность одного гена влиять на несколько фенотипических признаков.

Синдром Марфана: аномалии хрусталика и арахнодактилия.

ОТКЛОНЕНИЕ ОТ РАСЩЕПЛЕНИЯ. ПРИЧИНЫ.

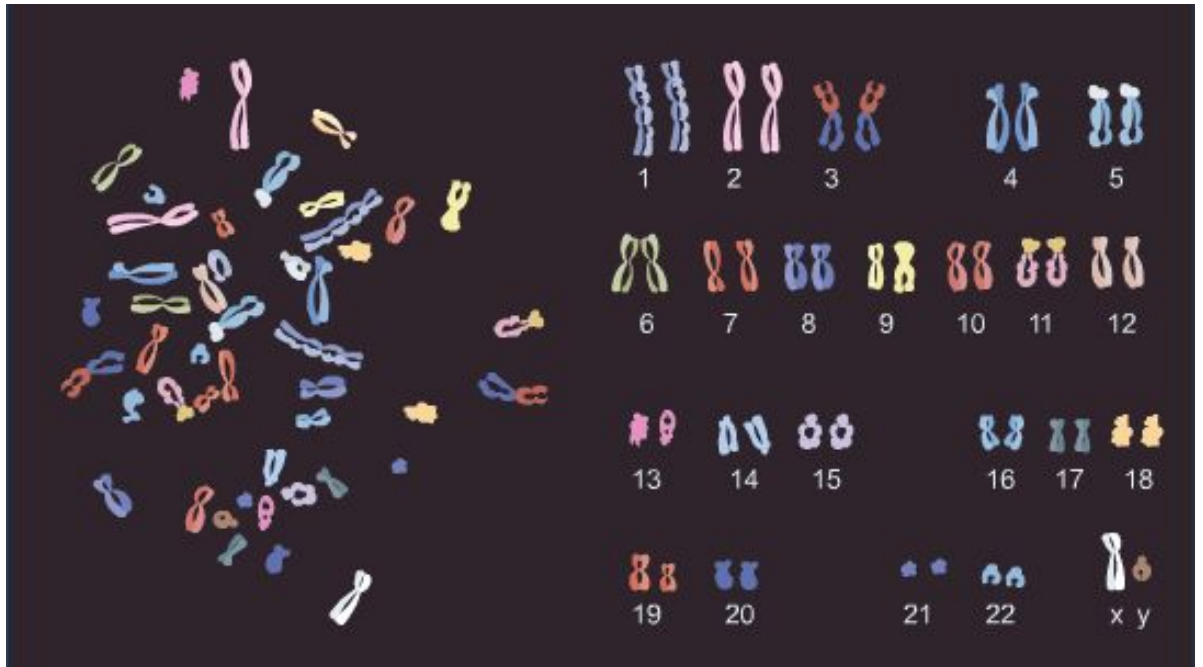
- неодинаковая жизнеспособность зигот;
- случайное нерасхождение гамет;
- неравная вероятность образования всех типов гамет;
- неравная вероятность встречи различных типов гамет;
- сцепление генов;
- сцепленное с полом наследование;
- различные типы взаимодействия генов;
- внеядерная наследственность и др.

НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ.

Диплоидный набор хромосом можно разделить на аутосомы и половые хромосомы. Половые отвечают за формирование мужского или женского пола.

Наследование признаков, гены которых находятся в X и Y хромосомах, называется наследованием, сцепленным с полом.

У человека известно около 150 признаков, сцепленных с полом.



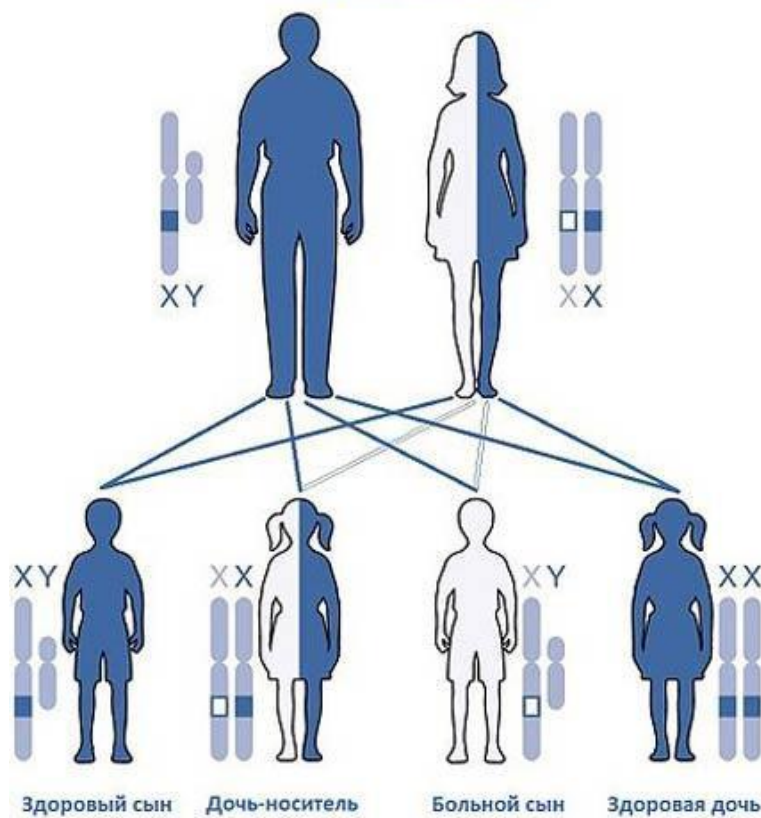
НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ.

Особь женского пола может быть как гомо-, так и гетерозиготной по генам, локализованным в X-хромосоме.

Самцов называются гемизиготными по генам, расположенным в X-хромосоме.

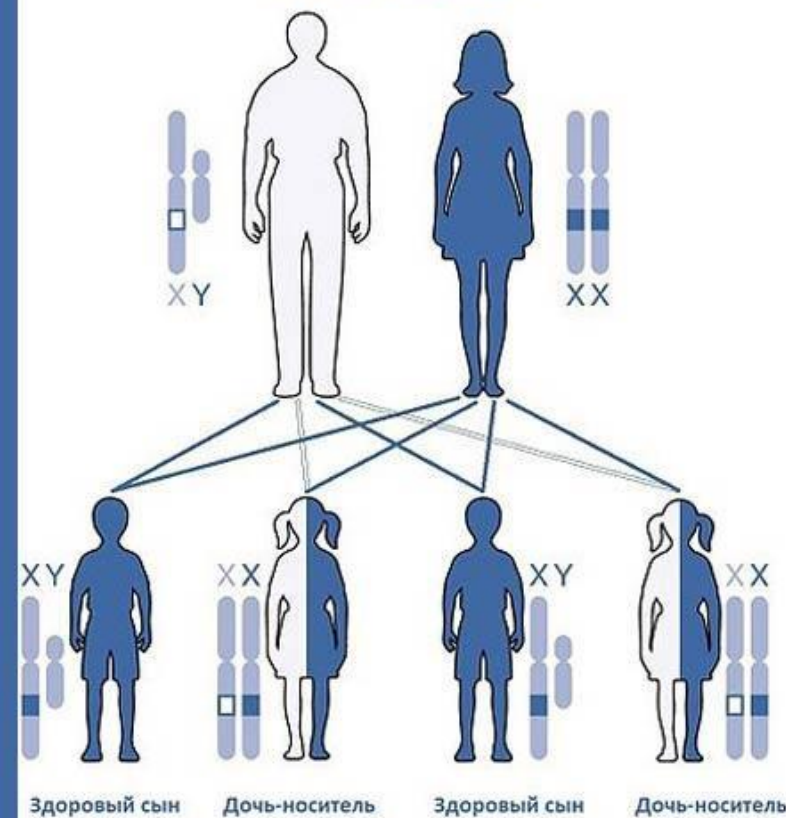
Х-сцепленное рецессивное наследование

Отец: здоров
Мать: носитель

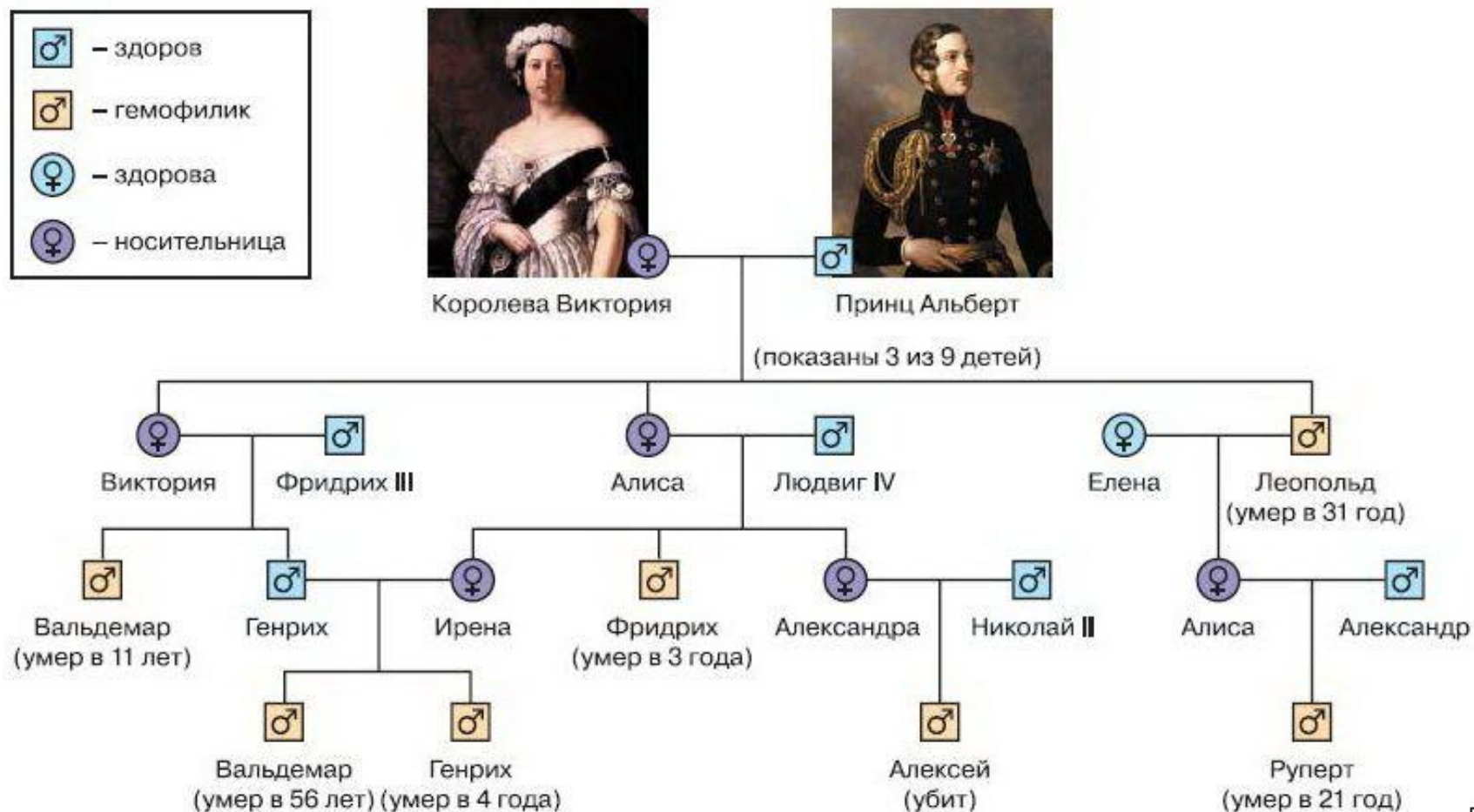


Х-сцепленное рецессивное наследование

Отец: болен
Мать: здоровая



НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ.



НЕЗАВИСИМОЕ И СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ.

Наследование признаков, которые кодируются генами, локализованными в разных парах хромосом, осуществляется **независимо** друг от друга.

Сцепленное наследование — феномен скоррелированного **наследования** определённых состояний генов, расположенных в одной хромосоме. Полной корреляции не бывает из-за мейотического кроссинговера, так как **сцепленные** гены могут разойтись по разным гаметам.

Правила Моргана: *гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются сцепленно, причём сила сцепления зависит от расстояния между генами.*

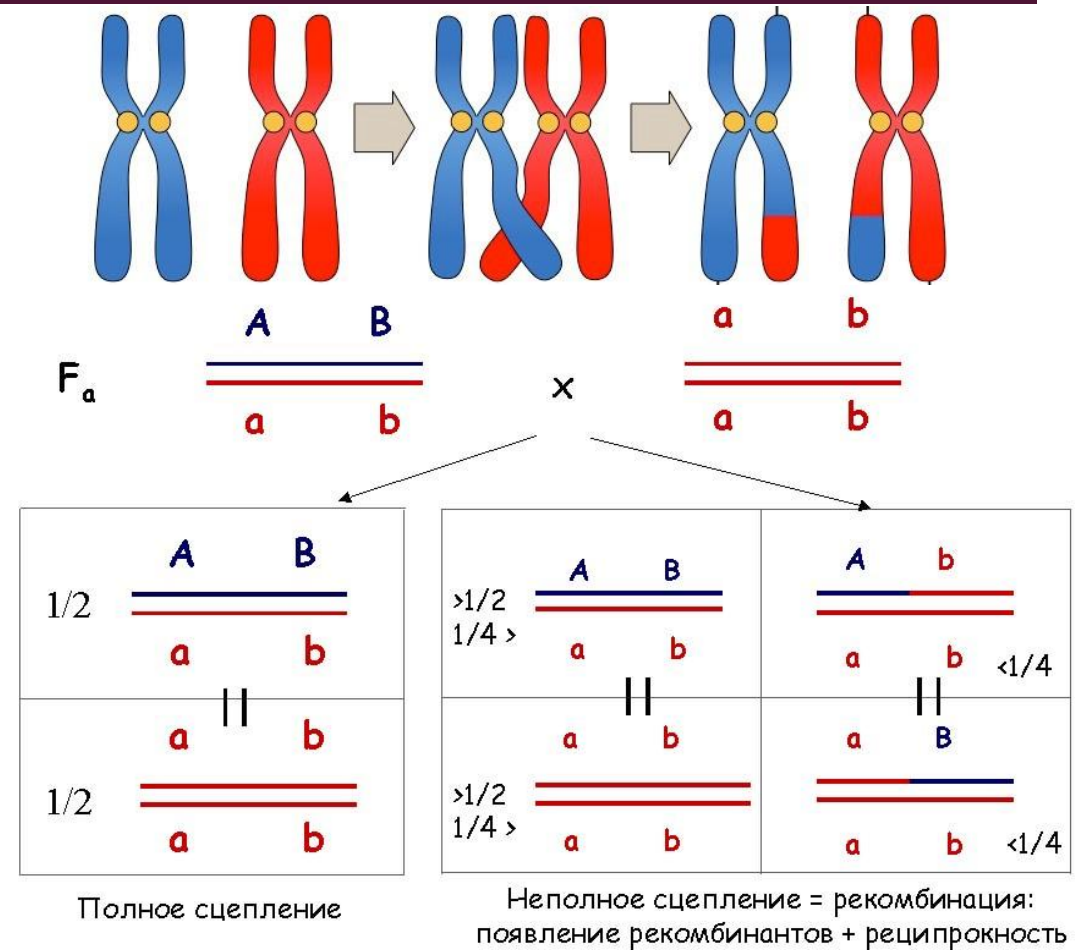
КРОССИНГОВЕР.

Кроссинговер - процесс обмена участками гомологичных хромосом во время конъюгации в профазе I мейоза.

Процент кроссинговера равен :
число кроссоверов/число всех особей.

Частота кроссинговера показывает относительное расстояние между генами: чем чаще осуществляется кроссинговер, тем дальше отстоят гены друг от друга в хромосоме. Чем реже кроссинговер, тем они ближе.

На этом принципе основан процесс построения генетических карт.



$$\text{Частота кроссинговера} = f(AB) = f_{AB} = \frac{\sum Ab, aB}{\sum AB, ab, Ab, aB}$$

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ.

Кроссоверные события влияют друг на друга. Это влияние называется интерференцией.

Величину интерференции можно выразить с помощью так называемого **коэффициента коинциденции С**, который отражает отклонение наблюдаемой частоты двойных кроссоверов от той, которая ожидалась бы в случае их независимости друг от друга (мера интерференции, представляющая собой отношение фактической частоты двойных кроссинговеров к теоретически ожидаемой при отсутствии интерференции).

Рекомбинации между тремя локусами, расположенными в порядке $a - b - c$ для одного скрещивания:

$$C = r_{double} / r_{ab} * r_{bc}.$$

Так, если частота рекомбинации между генами А и В составляет 10%, между В и С - 15%, а число двойных рекомбинантов (AbC и aBc) — 0,045%, то коэффициент коинциденции составляет: $C = 0,00045 / (0,1 \times 0,15) = 0,03$.

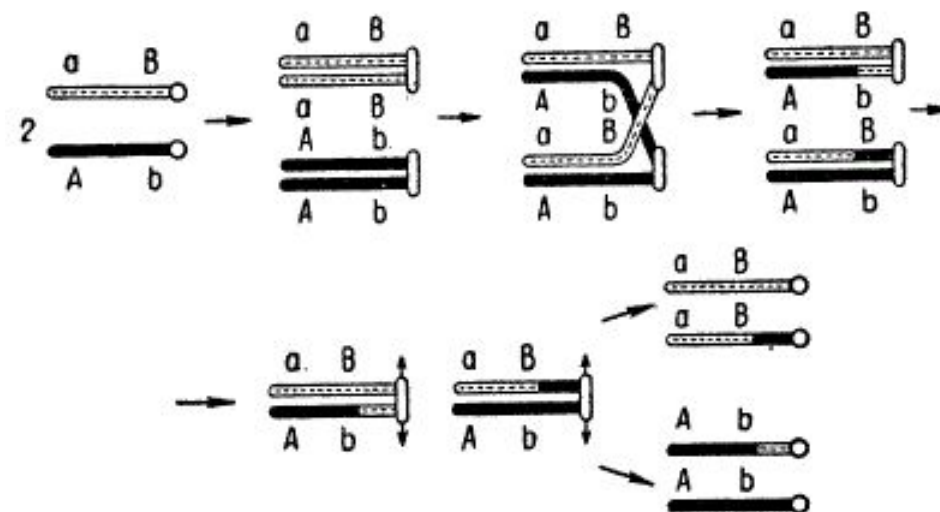
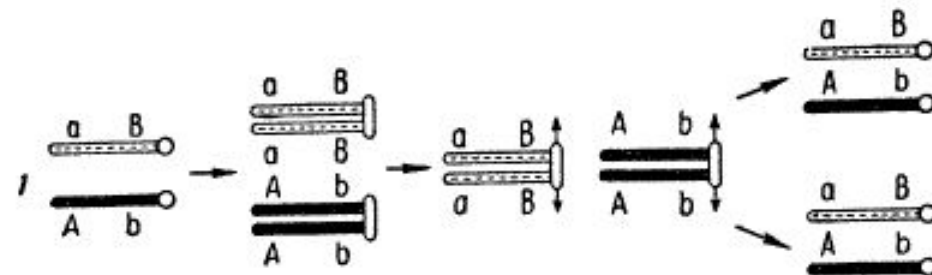
Интерференция считается **положительной**, если коэффициент коинциденции меньше единицы.

В реальности интерференция почти всегда положительна (кроссинговер, произошедший в одном месте хромосомы, подавляет кроссинговер в близлежащих районах).

СОМАТИЧЕСКИЙ КРОССИНГОВЕР.

Кроссинговер может происходить не только в мейозе, но и в соматических клетках в ходе митоза. Гомологичные хромосомы в интерфазе конъюгируют и входят в митотическое деление спаренными.

Разница в том, что в мейозе инвазия в основном происходит в молекулу ДНК гомолога, а не сестринской хроматиды (так как инвазии в сестринскую хроматиду чисто механически мешает уже сформировавшийся к тому времени осевой элемент синаптонемного комплекса).



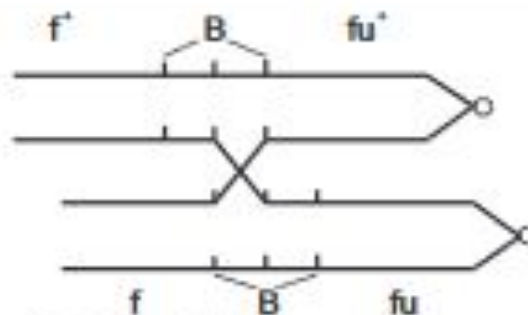
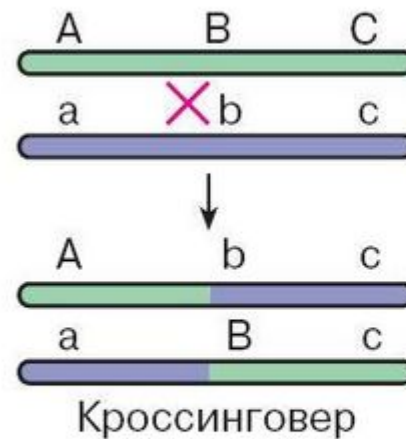
1 — поведение пары гомологичных хромосом в митозе в отсутствии соматического кроссинговера, генотипы образовавшихся клеток одинаковы (*AaBb*); 2 — при наличии соматического кроссинговера, генотипы образовавшихся клеток различаются (*aaBB*, *AAbb*).

НЕРАВНЫЙ КРОССИНГОВЕР.

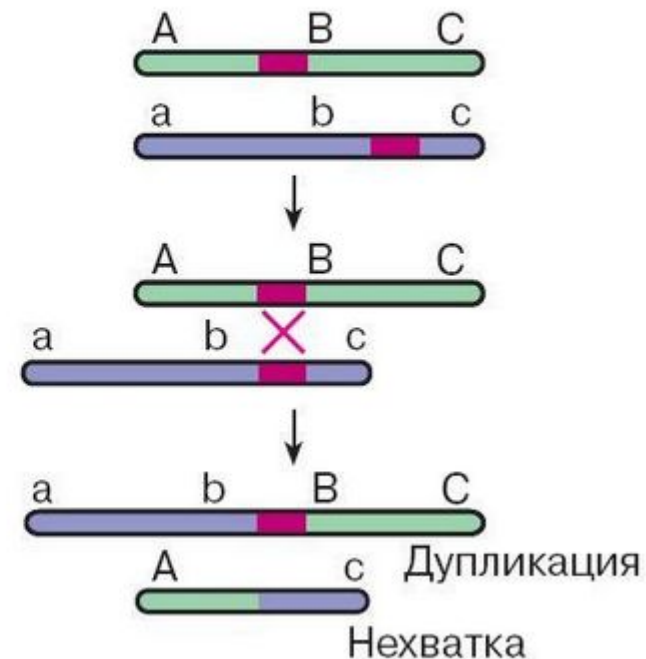
Неравный кроссинговер — кроссинговер, в результате которого образуются сестринские кроссоверные хроматиды, различающиеся по количеству заключенного в них генетического материала.

В основе неравного кроссинговера лежит неправильное спаривание дублированных сегментов рекомбинирующих хроматид, в результате которого в одной хроматиде остается 1 копия, а в другой — 3 копии данного сегмента.

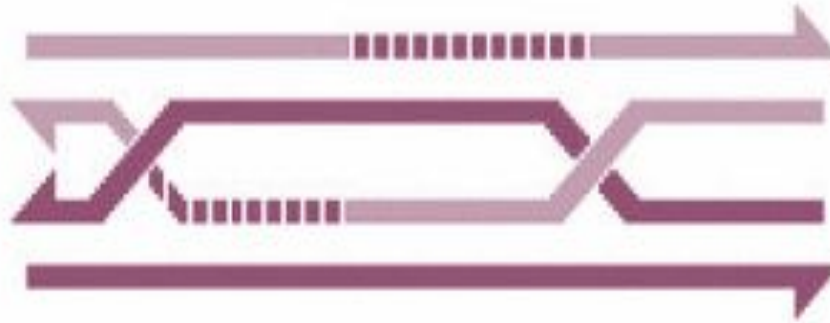
Равный кроссинговер



Неравный кроссинговер



КОНВЕРСИЯ.



Разрешение структур Холлидея состоит в разрезании перекрещивающихся цепей и сшивании их таким образом, что перекрест между хроматидами исчезает. Это может происходить по одному из двух вариантов – либо по *конверсионному* пути, либо по *рекомбинационному* пути.

Если и левая, и правая полухиазмы разрешились по конверсионному пути, то обе участвовавшие в обмене хроматиды в конечном счете получают обратно свои цепи ДНК, которые могут нести изменения только в области, побывавшей в составе D-петли – это конверсия.

Но если одна полухиазма разрешилась по конверсионному, а вторая по рекомбинационному пути, то получается настоящий обмен участками (а не только в области D-петли) – это кроссинговер.

НАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ.

Изменчивость - один из основных факторов эволюции, является источником для искусственного и естественного отборов.

Наследственная изменчивость - изменения признаков организма, которые определяются генотипом и передаются в ряду поколений. **Все эти типы наследственных изменений составляют материал эволюционного процесса.**

Наследственная изменчивость может быть **комбинативной и мутационной.**

Причины **комбинативной изменчивости**:

- Независимое расхождения хромосом в мейозе
- Случайная встреча гамет во время оплодотворения
- Кроссинговер

Мутационная изменчивость является результатом спонтанных и индуцированных мутаций.

НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ.

Ненаследственная (модификационная изменчивость) — это результат не изменений генотипа, а его реакции на условия окружающей среды. При модификационной изменчивости наследственный материал не изменяется, — изменяется проявление генов.

Характеристика модификационной изменчивости

- обратимость — изменения исчезают при смене специфических условий окружающей среды, спровоцировавших их
- групповой характер
- изменения в фенотипе не наследуются, наследуется норма реакции генотипа
- статистическая закономерность вариационных рядов
- затрагивает фенотип, при этом не затрагивая сам генотип.

НОРМА РЕАКЦИИ ПРИЗНАКА.

Норма реакции — спектр возможных уровней экспрессии генов, из которого выбирается уровень экспрессии, наиболее подходящий для данных условий окружающей среды. Норма реакции имеет пределы или границы для каждого биологического вида (нижний и верхний) — например, усиленное кормление приведёт к увеличению массы животного, однако она будет находиться в пределах нормы реакции, характерной для данного вида или породы. Норма реакции генетически детерминирована и наследуется. Для разных признаков пределы нормы реакции сильно различаются. Например, широкие пределы нормы реакции имеют величина удоя, продуктивность злаков и многие другие количественные признаки, узкие пределы — интенсивность окраски большинства животных и многие другие качественные признаки.

Тем не менее, для некоторых количественных признаков характерна узкая норма реакции (жирность молока, число пальцев на ногах у морских свинок), а для некоторых качественных признаков — широкая (например, сезонные изменения окраски у многих видов животных северных широт). Кроме того, граница между количественными и качественными признаками иногда весьма условна.

НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ. КЛАССИФИКАЦИЯ.

По изменяющимся признакам организма:

- морфологические изменения
- физиологические и биохимические адаптации

По размаху нормы реакции

- узкая (более характерна для качественных признаков)
- широкая (более характерна для количественных признаков)

По значению:

- **модификации** (полезные для организма — проявляются как приспособительная реакция на условия окружающей среды)
- **морфозы** (ненаследственные изменения фенотипа под влиянием экстремальных факторов окружающей среды или модификации, возникающие как выражение вновь возникших мутаций, не имеющие приспособительного характера)
- фенокопии (различные ненаследственные изменения, копирующие проявление различных мутаций) — разновидность морфозов

По длительности:

- есть лишь у особи или группы особей, которые подверглись влиянию окружающей среды (не наследуются)
- длительные модификации — сохраняются на два-три поколения