

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Кафедра молекулярной биологии и генетики

Тема: Анализ совместного наследования
нескольких признаков.

ПОДГОТОВИЛ:

СТУДЕНТ 3 КУРСА 301 ГРУППЫ

ПО НАПРАВЛЕНИЮ «БИОЛОГИЯ»

СОКОЛОВА АНАСТАСИЯ ВИТАЛЬЕВНА

Взаимодействие аллельных генов

- ▶ Основная форма взаимодействия - полное доминирование, при котором в гетерозиготном организме проявление одной из аллелей доминирует над проявлением другой. При полном доминировании расщепления по генотипу 1:2:1 не совпадает с расщеплением по фенотипу - 3:1.
- ▶ Неполное доминирование - форма взаимодействия, при которой у гетерозиготного организма (Aa) доминантный ген (A) не полностью подавляет рецессивный ген (a), вследствие чего проявляется промежуточный между родительскими признак. Здесь расщепление по генотипу и фенотипу совпадает и составляет 1:2:1.

Взаимодействие аллельных генов

- ▶ При кодоминировании в гетерозиготных организмах каждый из аллельных генов вызывает формирование зависимого от него продукта, то есть оказываются продукты обеих аллелей.
- ▶ Сверхдоминирование - когда доминантный ген в гетерозиготном состоянии проявляется сильнее, чем в гомозиготном.

Множественный алелизм

- ▶ У каждого организма есть только по два аллельных гена. Вместе с тем нередко в природе количество аллелей может быть более двух, если какой-то локус может находиться в разных состояниях. В таких случаях говорят о множественные аллели или множественный аллеломорфизм.
- ▶ Для множественных аллелей характерное влияние всех аллелей на один и тот же признак. Отличие между ними заключается лишь в степени развития признака.
- ▶ В соматических клетках или в клетках диплоидных организмов содержится максимум по две аллели из нескольких, поскольку они расположены в одном и том же локусе хромосомы.

Множественный алелизм

- ▶ По характеру доминирования аллеломорфные признаки размещаются в последовательном ряду: чаще нормальный, неизменный признак доминирует над другими, второй ген ряда рецессивный относительно первого, однако доминирует над следующими и т.д.
- ▶ Множественный алелизм имеет важное биологическое и практическое значение, поскольку усиливает комбинативную изменчивость, особенно генотипического.

Взаимодействие неаллельных генов

- ▶ Комплементарность это такой тип взаимодействия неаллельных генов, когда один доминантный ген дополняет действие другого неаллельного доминантного гена, и они вместе определяют новый признак, который отсутствует у родителей. Причем соответственный признак развивается только в присутствии обоих неаллельных генов.
- ▶ Числовые соотношения при комплементарном взаимодействии могут быть как 9:7, так и 9:6:1.

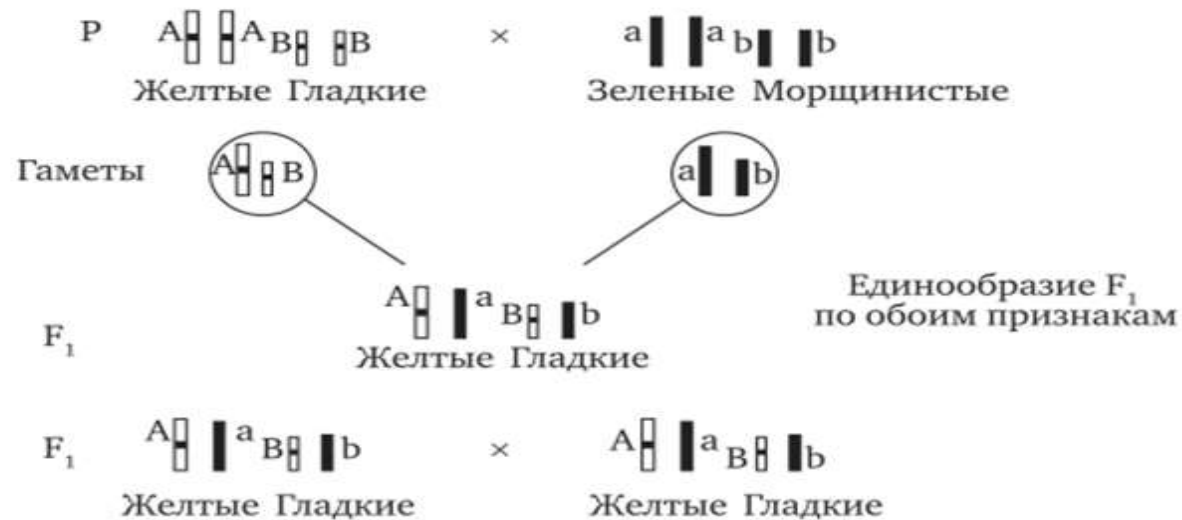
Взаимодействие неаллельных генов

- ▶ Эпистаз -это такое взаимодействие неаллельных генов, при котором один ген подавляет действие другого неаллельного гена. Угнетение могут вызывать как доминантные, так и рецессивные гены, и в зависимости от этого различают эпистаз доминантный и рецессивный. Подавляющий ген получил название ингибитора или супрессора. Гены-ингибиторы в основном не детерминируют развитие определенного признака, а лишь подавляют действие другого гена.
- ▶ Ген, эффект которого подавляется, получил название гипостатического. При эпистатическом взаимодействии генов расщепление по фенотипу в F₂ составляет 13:3; 12:3:1 или 9:3:4 и др.

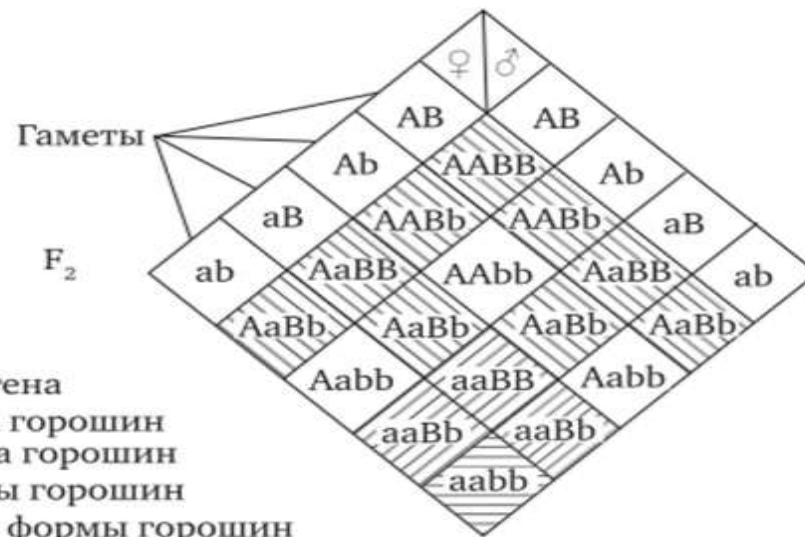
Закон независимого наследования признаков

- ▶ Независимое наследование признаков впервые было описано Г. Менделем в опытах на горохе, когда одновременно анализировалось наследование в ряду поколений нескольких признаков, например, цвета и формы горошин.
- ▶ «Разные пары признаков, определяемые неаллельными генами, передаются потомкам независимо друг от друга и комбинируются у них во всех возможных сочетаниях».

- ▶ Разнообразие типов гамет, образуемых организмом, определяется степенью его гетерозиготности и выражается формулой 2^n , где n — число локусов в гетерозиготном состоянии. В связи с этим дигетерозиготные гибриды F_1 образуют четыре типа гамет с одинаковой вероятностью.
- ▶ Реализация всех возможных встреч этих гамет при оплодотворении приводит к появлению в F_2 четырех фенотипических групп потомков в соотношении $9 : 3 : 3 : 1$. Анализ потомков F_2 по каждой паре альтернативных признаков в отдельности выявляет расщепление в соотношении $3 : 1$.



- \square Хромосома, несущая доминантный аллель гена
- \blacksquare Хромосома, несущая рецессивный аллель гена
- A Аллель желтого цвета горошин
- a Аллель зеленого цвета горошин
- B Аллель гладкой формы горошин
- b Аллель морщинистой формы горошин

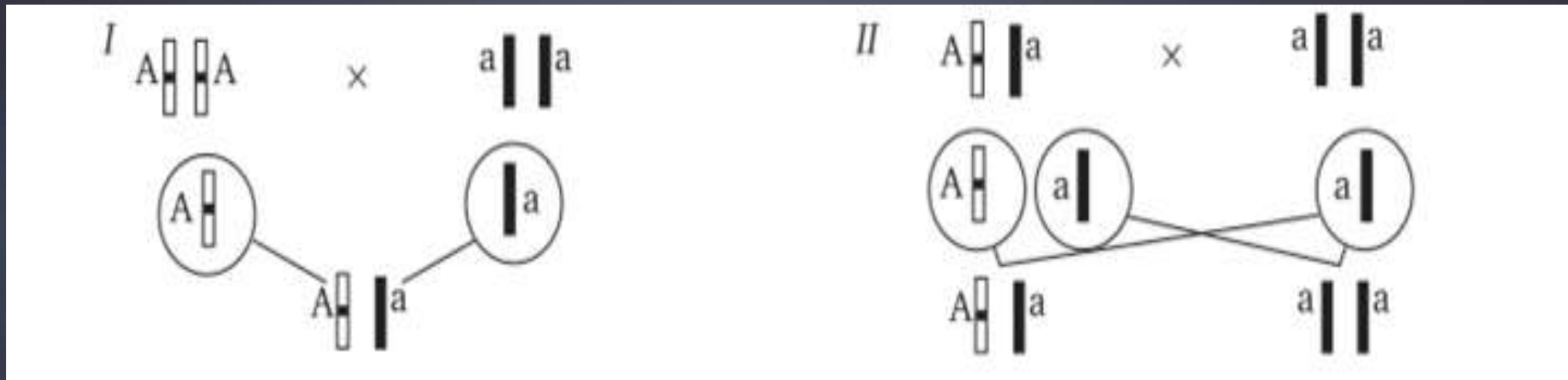


Расщепление в F₂ по обоим признакам 9 : 3 : 3 : 1 (комбинирование вариантов признаков во всех возможных сочетаниях)

Расщепление в F₂ по цвету 12 желтых: 4 зеленых = 3 : 1 по форме 12 гладких: 4 морщинистых = 3 : 1

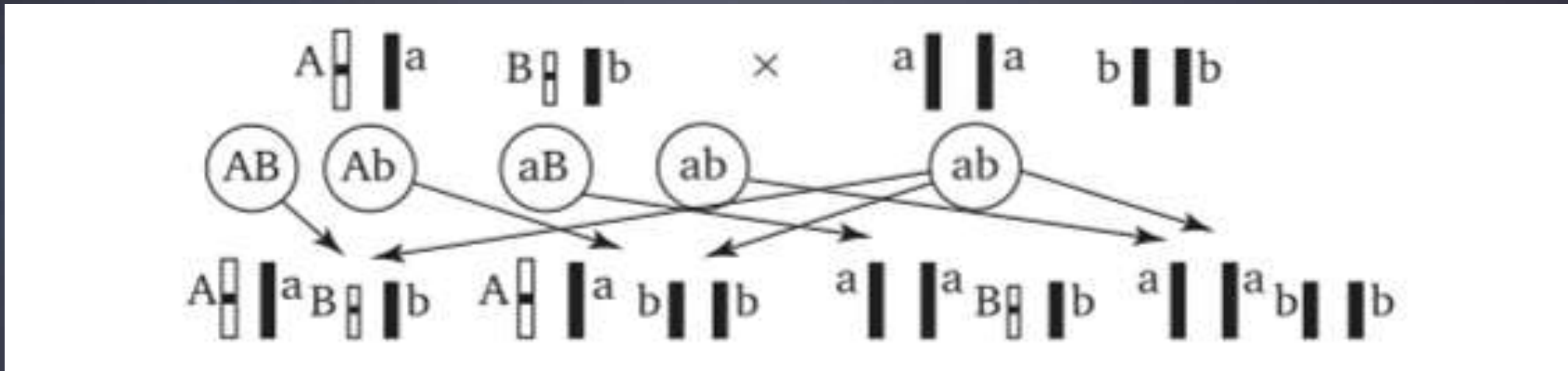
- \square Желтые гладкие
- \blacksquare Желтые морщинистые
- \square Зеленые гладкие
- \blacksquare Зеленые морщинистые

- ▶ Если анализируемый организм гетерозиготен по одному гену, он образует два типа гамет и при анализирующем скрещивании появляются потомки двух разных фенотипов с доминантным или рецессивным признаком.




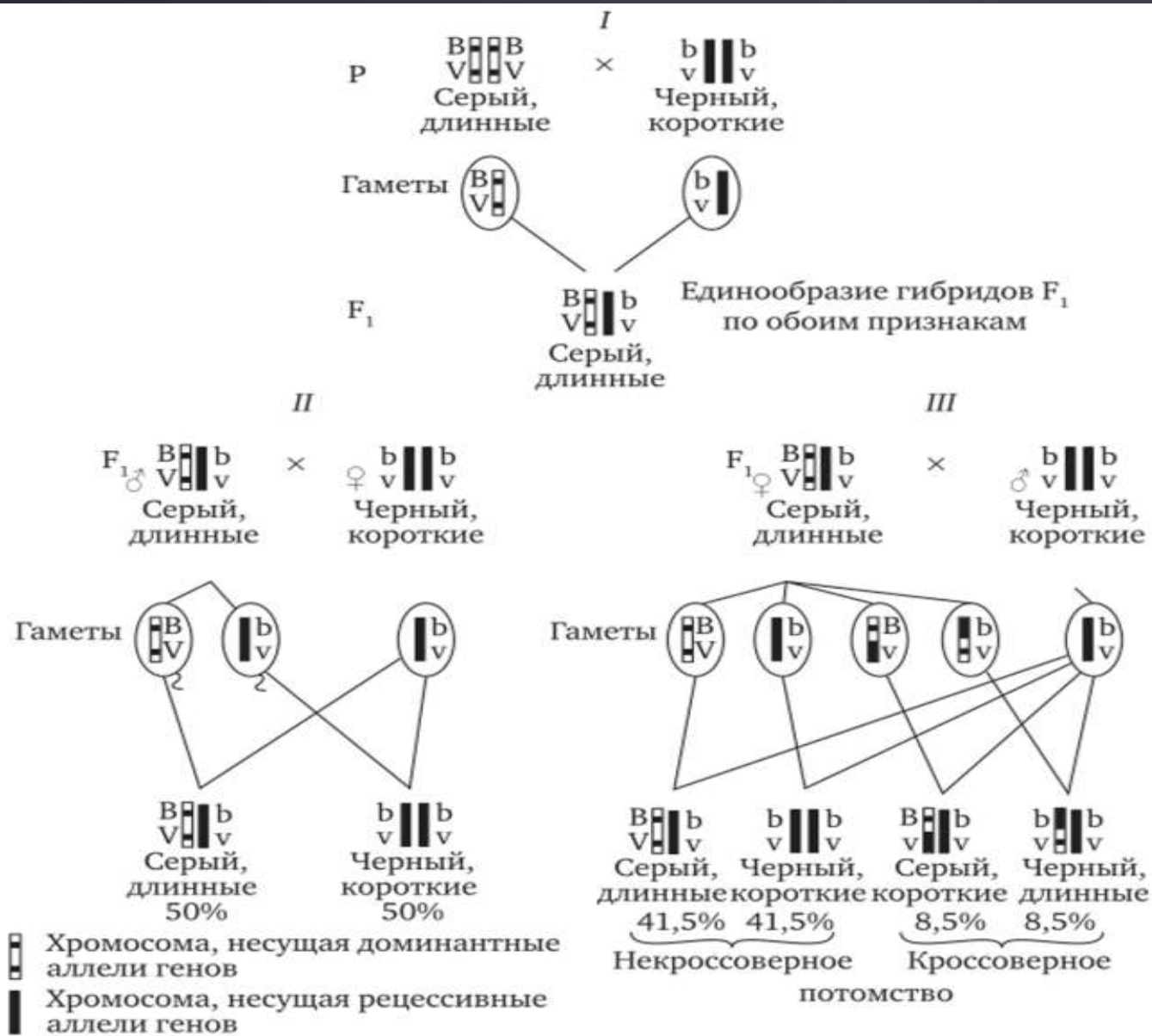
Анализирующее (моногибридное) скрещивание

- ▶ Дигетерозиготный организм при анализирующем скрещивании дает четыре вида потомков.



Анализирующее (дигибридное) скрещивание.

- 
- ▶ Анализ наследования одновременно нескольких признаков у дрозофилы, проведенный Т. Морганом, показал, что результаты анализирующего скрещивания гибридов F₁ иногда отличаются от ожидаемых при независимом наследовании. У потомков такого скрещивания вместо свободного комбинирования признаков разных пар наблюдали тенденцию к наследованию преимущественно родительских сочетаний признаков. Такое наследование признаков было названо *сцепленным*.
 - ▶ Сцепленное наследование объясняется расположением соответствующих генов в одной и той же хромосоме. В составе последней они передаются из поколения в поколение клеток и организмов, сохраняя сочетание аллелей родителей.





\blacksquare Хромосома, несущая доминантные аллели генов
 \blacksquare Хромосома, несущая рецессивные аллели генов


B Аллель серого цвета тела
 b Аллель черного цвета тела
 V Аллель нормальной длины крыльев
 v Аллель коротких крыльев

► Сцепленное наследование признаков (цвета тела и длины крыльев у дрозофилы).


- ▶ При анализирующем скрещивании самцов из F_1 появлялось всего два вида потомков, сходных с родителями по сочетанию вариантов анализируемых признаков (серая окраска тела и нормальные крылья или черная окраска тела и короткие крылья) в соотношении 1:1. Это указывает на образование самцами F_1 всего двух типов гамет с одинаковой вероятностью, в которые попадают исходные родительские сочетания аллелей генов, контролирующих названные признаки (BV или bv).

- 
- ▶ При анализирующем скрещивании самок F_2 появлялось четыре вида потомков со всеми возможными сочетаниями признаков. При этом потомки с родительскими сочетаниями признаков встречались в 83%. У 17% потомков имелись новые комбинации признаков (серая окраска тела и короткие крылья или черная окраска тела и нормальные крылья). Видно, что и в этих скрещиваниях проявляется склонность к сцепленному наследованию либо доминантных признаков, либо рецессивных (83%). Частичное нарушение сцепления (17% потомков) было объяснено процессом кроссинговера — обменом соответствующими участками гомологичных хромосом в профазе I мейоза.

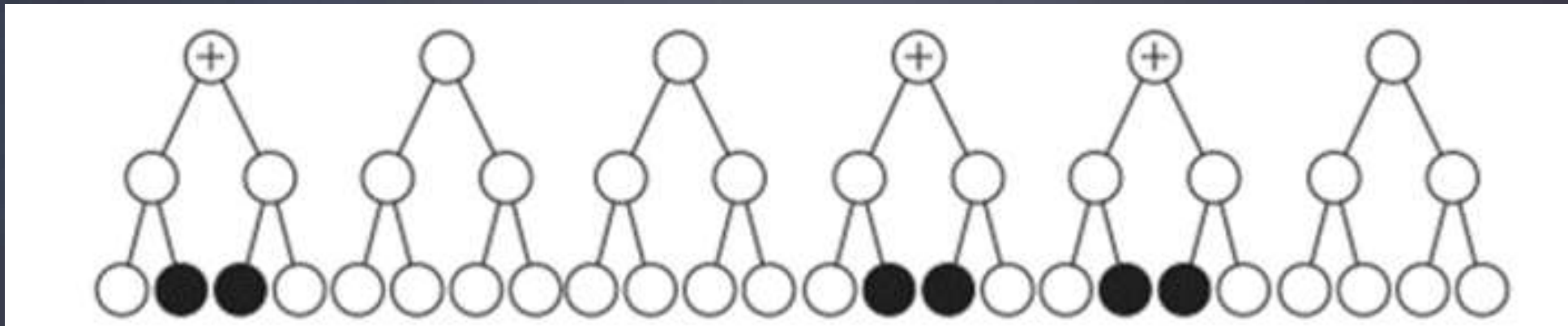
- 
- ▶ В итоге самцы-дигетерозиготы по генам, расположенным в одной хромосоме, образуют два типа гамет. У самок кроссинговер имеет место и приводит к образованию некроссоверных и кроссоверных гамет, по два типа каждой. Поэтому в потомстве от анализирующего скрещивания появляется четыре фенотипа, два из которых обладают новыми по сравнению с родителями сочетаниями признаков.

- 
- ▶ Изучение наследования других сочетаний признаков показало, что процент кроссоверного потомства для каждой пары признаков всегда один и тот же, но он различается для разных пар. Это наблюдение стало основанием для заключения, что гены в хромосомах расположены в линейном порядке.

- ▶ Гомологичные хромосомы — это одинаковые группы сцепления, которые отличаются друг от друга лишь аллелями отдельных генов. При конъюгации гомологи сближаются своими аллельными генами, а при кроссинговере они обмениваются соответствующими участками. В результате появляются кроссоверные хромосомы с новым набором аллелей.
- ▶ Частота, с которой происходит обмен на участке между двумя данными генами, зависит от расстояния между ними (правило Т. Моргана). Процент кроссоверных гамет, несущих кроссоверные хромосомы, косвенно отражает расстояние между генами. Это расстояние принято выражать в сантиморганидах. За одну сантиморганиду принимают расстояние между генами, при котором образуется 1% кроссоверных гамет.

- 
- ▶ При увеличении расстояния между генами увеличивается вероятность кроссинговера на участке между ними в клетках — предшественницах гамет. Так как в акте кроссинговера участвуют две хроматиды из четырех, присутствующих в биваленте, то даже в случае осуществления обмена между генами данной пары во всех клетках — предшественницах гамет процент кроссоверных половых клеток не может превысить 50.
 - ▶ Однако такая ситуация возможна лишь теоретически. Практически с увеличением расстояния между генами возрастает возможность прохождения одновременно нескольких кроссинговеров на данном участке.

- ▶ Нарушение сцепленного наследования родительских аллелей в результате кроссинговера позволяет говорить о неполном сцеплении в отличие от полного сцепления, наблюдаемого, например, у самцов дрозофилы.
- ▶ Plusом обозначены клетки — предшественницы гамет, в которых кроссинговер прошел на участке между двумя данными генами; зачернены кроссоверные гаметы



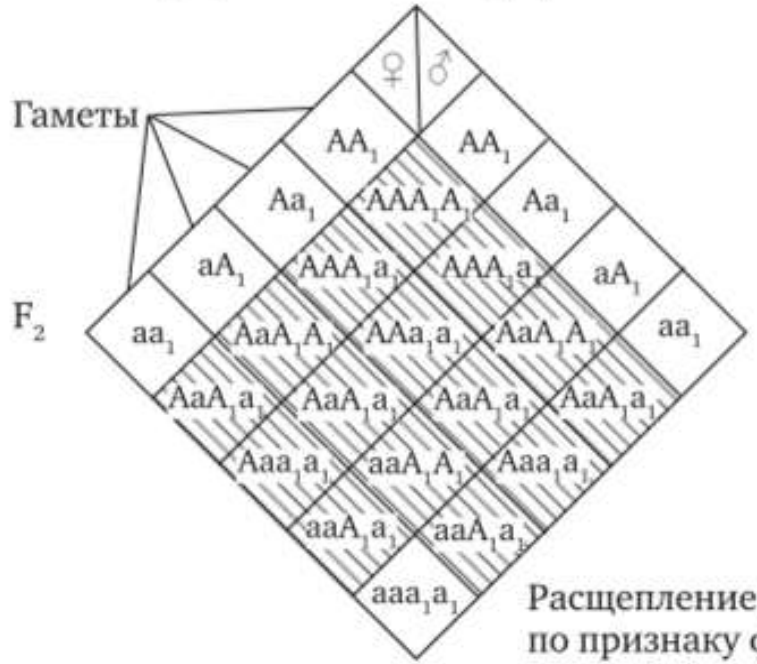
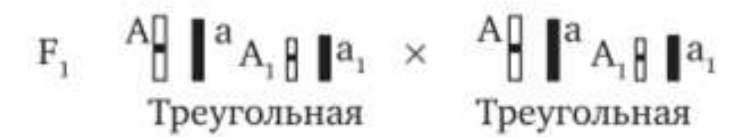
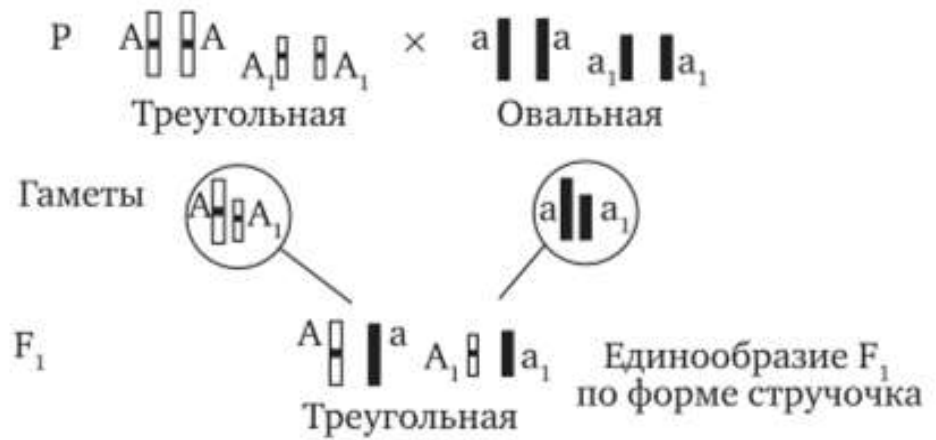
Схема, поясняющая низкий процент кроссоверных гамет (по отношению к двум данным генам).

Наследование признаков, обусловленных взаимодействием неаллельных генов

- ▶ На характер наследования в ряду поколений сложных признаков определенное влияние оказывает тип взаимодействия неаллельных генов. Различные комбинации их аллелей могут обеспечивать появление нового признака или его варианта, исчезновение признака, изменение характера его проявления у потомков.
- ▶ В том случае, когда сложный признак определяется несколькими парами генов в генотипе и их взаимодействие сводится к накоплению эффекта действия определенных аллелей этих генов, в потомстве гетерозигот наблюдается разная степень выраженности признака, зависящая от суммарной дозы соответствующих аллелей.



- ▶ В некоторых случаях доминантные и рецессивные аллели полигенов могут обеспечивать развитие разных вариантов признаков.
- ▶ Например, у растения пастушьей сумки два гена одинаково влияют на определение формы стручка. Их доминантные аллели образуют одну, а рецессивные — другую форму стручков. При скрещивании двух дигетерозигот по этим генам в потомстве наблюдается расщепление 15 : 1, где 15/16 потомков имеют от 1 до 4 доминантных аллелей, а 1/16 не имеет доминантных аллелей в генотипе.



- \square Хромосома, несущая доминантный аллель гена
- \blacksquare Хромосома, несущая рецессивный аллель гена
- AA₁ Аллели треугольной формы стручочка
- aa₁ Аллели овальной формы стручочка
- ◊ Треугольная форма
- ◇ Овальная форма

Расщепление в F₂ по признаку формы стручочка 15 : 1

► Полимерное наследование формы стручочка у пастушьей сумки

Наследование при комплементарном взаимодействии генов.

- ▶ Если сложный признак формируется в результате взаимодополняющего действия определенных аллелей неаллельных генов, то, очевидно, он будет появляться лишь у тех организмов, которые имеют в генотипе именно такую комбинацию аллелей.

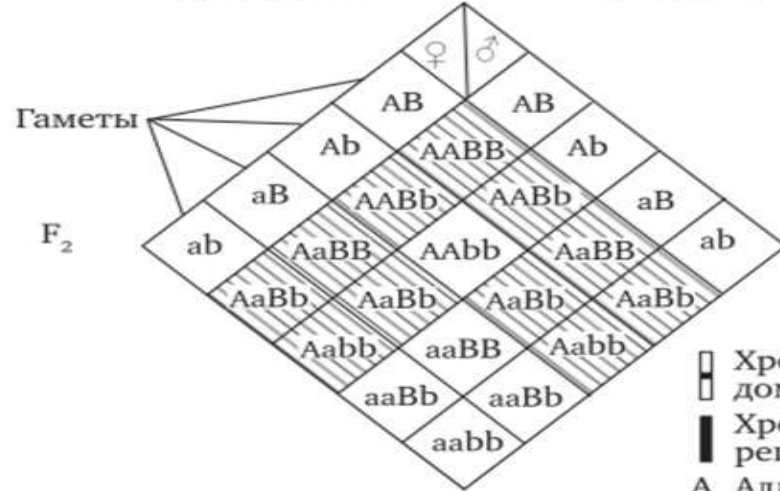
- ▶ Присутствие в генотипе доминантных аллелей обоих неаллельных генов обеспечивает развитие сложного признака, чего не происходит при отсутствии одного из них в доминантном состоянии. В этом случае при скрещивании двух дигетерозиготных организмов, имеющих данный признак, лишь у определенной части потомства ($9/16$) будет формироваться такой признак, а у остальных ($7/16$) он не разовьется.

Р $A \square \square A b \blacksquare \blacksquare$ × $a \blacksquare \blacksquare a B \square \square B$ Отсутствие окраски лепестков
 Белые Белые

Гаметы $A \square \blacksquare b$ $a \blacksquare \square B$

F₁ $A \square \blacksquare a B \square \blacksquare b$ Пурпурные
 Появление окраски — результат комплементарного взаимодействия доминантных аллелей генов А и В

F₁ $A \square \blacksquare a B \square \blacksquare b$ × $A \square \blacksquare a B \square \blacksquare b$ Пурпурные Пурпурные




Расщепление в F₂ по признаку цвета лепестков 9 : 7

- \square Хромосома, несущая доминантный аллель
- \blacksquare Хромосома, несущая рецессивный аллель
- A Аллель, отвечающий за синтез пропигмента (неактивной формы пигмента)
- a Аллель, не обеспечивающий синтез пропигмента
- B Аллель, отвечающий за синтез фермента, который превращает пропигмент в пурпурный пигмент
- b Аллель, не обеспечивающий синтез фермента
- ◊ Пурпурные цветки
- ◇ Белые цветки

► Комплементарное взаимодействие генов (наследование признака окраски лепестков у душистого горошка)

- ▶ Комплементарное взаимодействие генов (наследование ореховидной формы гребня у кур).
- ▶ I — $AAbb$ — розовидная; II — $aaBB$ — гороховидная; III — $AaBb$ — ореховидная; IV — $aabb$ — листовидная



- 
- ▶ Рассмотренные расщепления по фенотипу в потомстве от скрещивания гетерозиготных родителей или анализирующего скрещивания как при моногенном типе наследования признаков, так и в случае взаимодействия неаллельных генов носят вероятностный характер. Такие расщепления наблюдаются лишь в том случае, если реализуются все возможные встречи разнообразных гамет при оплодотворении, и все потомки оказываются жизнеспособными.