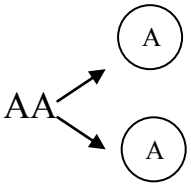
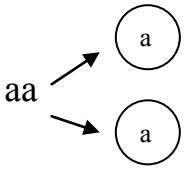
НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ

1. Моногибридное скрещивание.
2. Анализирующее и возвратное скрещивание.
3. Типы взаимодействия аллельных генов.
4. Дигибридное скрещивание.
5. Типы взаимодействия неаллельных генов.

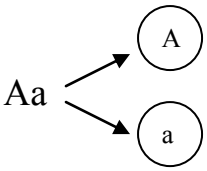
Первый вопрос. Основной метод генетики - гибридологический анализ. Суть этого метода в выборе родительских пар, их скрещивании, получении потомства и сравнении его с родителями. Сравнение потомства с родителями проводят по отдельным парам альтернативных (качественных, контрастных) признаков.

Каждой паре признаков соответствует пара аллельных генов. Аллельные гены (аллель) - это различные состояния одного и того же гена, находящиеся в одном и том же локусе гомологичных хромосом, контролирующие пару контрастных признаков. Ген может находиться, в основном, в 2-х состояниях: в доминантном и рецессивном. Доминантному признаку соответствует доминантный аллель (А), рецессивному - рецессивный аллель (а). Совокупность генов, присущих данному организму, называется генотипом. Генотип в схемах скрещивания изображается парами букв латинского алфавита. 0рганизмы с одинаковыми аллелями (АА, аа) называются гомозиготами, они образуют одного типа половые клетки (гаметы):



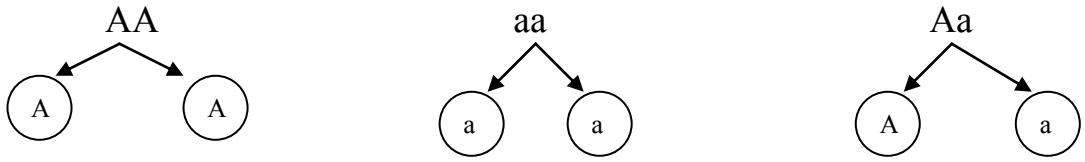


Организмы с разными аллелями называется гетерозиготными (Аа), образуют 2 типа гамет:



Образование половых клеток происходит в результате особого деления клеток – мейоза. Поскольку гены находятся в хромосомах, а в мейозе

происходит – редукция числа хромосом, поэтому в гаметах содержится только один из каждой пары аллельных генов. Обычно гаметы обозначаются кружками, внутри которого вписывают соответствующие обозначения генов. В половых клетках содержится только по одному гену каждой аллельной пары:

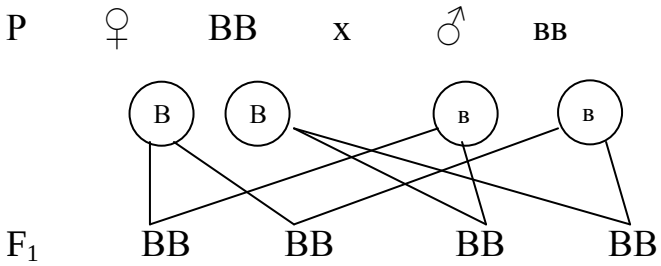


Потомство, полученное от скрещивания родительских форм, имеющих наследственные различия по изучаемым признакам, называют гибридами. При гибридологическом анализе для записи различных схем скрещивания используются условные обозначения. Скрещивание обозначается знаком умножения - х, родители - буквой Р (от лат. слова parent), гибридов, потомков - F с цифрой, соответствующей порядковому номеру поколения. На 1 место в схеме всегда ставят материнскую форму, обозначают значком ♀, на второе - отцовскую со значком ♂. Скрещивание гибридов F_1 с одной из родительской форм называется возвратным скрещиванием (беккроссом), а полученное потомство обозначается F_B или F_A. Фенотип - совокупность внешних признаков и свойств, которые можно наблюдать визуально или с помощью прибора, выражается словом или цифрой.

Скрещивание, в котором родители отличаются по одной паре альтернативных признаков называется м о н о г и б р и д н ы м . Например, у крупного рогатого скота холмогорской породы породным признаком является масть черно-пестрая, у айрширской - красно-пестрая, При скрещивании коров холмогорской породы с быками айрширской породы (или наоборот) все гибриды F_1 окажутся черно-пестрыми. Следовательно, в данном случае доминантным признаком является черно-пестрая масть холмогорской породы, а рецессивным - красно-пестрая масть айрширской породы. При полном доминировании черно-пестрой масти над красно-пестрой все особи F_1 будут - иметь доминантный признак.

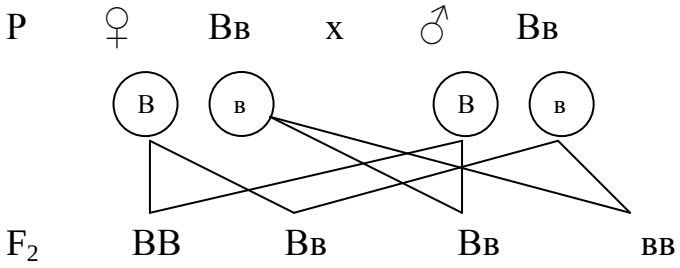
Если обозначить ген черно-пестрой масти буквой "В", то рецессивный ген красно-пестрой масти будет обозначен как "в". Тогда генотип коров холмогорской породы будет ВВ, а быков айрширской - вв.

Каждый родительский организм образует гаметы и при этом в них попадает только по 1 гену от каждой пары аллельных генов. У гомозиготных (чистопородных) холмогорских коров с генотипом ВВ в яйцеклетки попадает только ген В, а у айрширских быков с генотипом вв в спермии попадает ген в. Гомозиготы, таким образом, всегда производят гаметы только одного типа:



Образуя зиготу, гаметы сливаются и это приводит к формированию гетерозиготной особи с генотипом Вв. Все полученные телята F_1 - черно-пестрые. Приведенная схема проиллюстрировала 1 правило Менделя, правило "Единообразие", которое гласит: "При скрещивании гомозиготных особей все F_1 единообразно, т.е. одинаково по генотипу и фенотипу".

Если скрестить гибриды первого поколения между собой, то получим гибриды второго поколения F_2, дающее расщепление по масти среди телят на 3 части черно-пестрых и 1 часть красно-пестрых:



Генотипов среди потомков будет 3 в соотношении 1 ВВ : 2 Вв : 1 вв и фенотипов 2 в соотношении 3 : 1. Представленная схема иллюстрирует 2 правило Менделя - правило расщепления: "При скрещивании гетерозиготных особей в потомстве наблюдается расщепление по фенотипу и генотипу".

Второй вопрос. На примере моногибридного скрещивания осваиваются пути определения генотипа особи. Такое скрещивание называется **анализирующим.** Обычно неизвестен генотип особи с доминантным признаком. Она может быть либо гомозиготной, либо гетерозиготной. Особь с рецессивным признаком всегда в нормальных условиях гомозиготна. Генотип можно определить путем скрещивания особей с доминантным признаком, но лучше скрестить особь с неизвестным генотипом с особью, обладающей рецессивным признаком. В обоих случаях наличие расщепления в потомстве говорит о гетерозиготности, отсутствие расщепления - о гомозиготности изучаемого генотипа.

Третий вопрос. Но такое классическое соотношение по фенотипу (3 : 1) и генотипу (1: 2 : 1) возможно при 2-х условиях:

I) при полном доминировании одного признака над другим;

2) при полной жизнеспособности всех получаемых потомков. В других случаях могут быть другие соотношения.

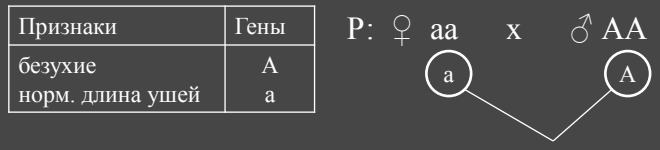
Один из таких случаев - **неполное доминирование**, когда доминантный ген проявляет себя не полностью в гетерозиготе. В этом случае

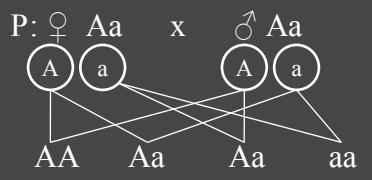
расщепление по фенотипу в F_2 оказывается равным 1:2:1, т.е. совпадает с расщеплением по генотипу.

Например, если скрещивать между собой красную гомозиготную корову (АА) шортгорнской породы с белым гомозиготным быком (аа) этой же породы, телята F_1 рождаются чалыми (генотип Аа). Если скрестить между собой чалую корову и быка, то в F_2 1 теленок может быть красным (АА), 2 теленка - чалыми (Аа) и 1 - белым (аа). В этом случае белый цвет не полностью доминантный, красный рецессивный, взаимодействие генов А и а дает чалую окраску.

Промежуточное наследование – потомство F_1 сохраняет единообразие , но отличаются от родителей по фенотипу и во втором поколении наблюдается расщепление как по генотипу так и по фенотипу: 1 : 2 : 1.

Признаки	Гены
безухие норм. длина ушей	А а





Генотип: 1 : 2 : 1

Фенотип: 1 : 2 : 1

Фенотип: короткоухие

Генотип: гетерозигота

Кодоминирование - когда у потомков F_1 можно выявить признаки обоих родителей в равной степени. Так наследуются антигены групп крови, полиморфные системы белков.

Плейотропное действие генов - когда один и тот же ген отвечает одновременно за несколько признаков. Так наследуется синдром Марфана, определяющий признак «паучьи пальцы» (арахнодактилия). Одновременно определяет аномалии хрусталика глаза и порок сердца и т.д.

Четвертый вопрос. Дигибридное скрещивание

До сих пор мы рассматривали те случаи наследования, в которых учитывалась только одна пара аллельных генов. Дигибридным называют такое скрещивание, при котором учитывается уже 2 пары аллельных генов, при котором исходное животные отличаются одновременно двумя парами признаков.

Рассмотрим скрещивание двух пород крупного рогатого скота - абердин-ангусов с красными шортгорнами. Первая из них черной масти и комолая, вторая красной масти и рогатая. Черная масть доминирует над красной, комолость над рогатостью. Поэтому генотипы абердин-ангусов будут ААВВ, а красных шортгорнов - аавв. Абердин-ангусы образуют гаметы только с доминантными аллелями (АВ); красные шортгорны с рецессивными (ав). Потомки F_1 имеют генотип АаВв - дигетерозиготный и фенотип их черные комолые. В этом случае вновь повторяется первое правило Менделя - правило единообразия.

Когда дигибридов F_1 скрещивают между собой для получения F_2, то каждый из них образует гаметы четырех сортов: АВ, ав, Ав, аВ. Это происходит потому, что расхождение аллелей А и а по половым клеткам происходит независимо от расхождения аллелей В и в. Когда при образовании половых клеток происходит уменьшение числа хромосом, то каждая гамета получает из одной пары хромосом одну, несущую либо А, либо а, а из другой пары - тоже только одну хромосому, несущую В или в. Поэтому возможны 4 комбинации аллелей этих двух пар хромосом.

Поскольку каждое животное F_1 образует 4 разных типа гамет, то количество возможных комбинаций, получаемых в результате случайного соединения мужских и женских гамет, равно 16 (4 х 4). Для определения всех возможных генотипов и фенотипов, которые могут возникнуть в F_2, удобнее всего построить решетку Пеннета.

Схематично выполнение данного задания будет выглядеть следующим образом:

Признаки	Гены
Черная масть	В
Красная масть	в
Комолость ,	А
Рогатость	а

Р: ♀ аавв х ♂ ААВВ

ав АВ

F_1 АаВв

P: ♀ АаВв x ♂ АаВв



Яйцеклетки	Сперматозоиды				
		АВ	Ав	аВ	ав
	АВ	ААВВ	ААВв	АаВВ	АаВв
	Ав	ААВв	ААвв	АаВв	Аавв
	аВ	АаВВ	АаВв	ааВВ	ааВв
	ав	АаВв	Аавв	ааВв	аавв

Чтобы ответить на вопрос о возможном числе генотипов и фенотипов, выпишем из решетки Пеннета разные генотипы и их возможное соотношение:

ААВВ - 1
ААВв - 2
АаВВ - 2
ААвв - 1
АаВв - 4
ааВВ - 1
Аавв - 2
ааВв - 2
аавв - 1

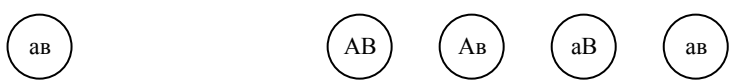
Отсюда вытекает, что в этом случае у потомков возможно 9 разных генотипов и 4 разных фенотипа в соотношении: 9 черных комолых, 3 черные рогатые, 3 красные комолые и 1 красные рогатые.

Рассмотренный пример иллюстрирует также 3 правило Менделя, которое сводится к тому, что расщепление каждой; пары аллелей происходит независимо от расщепления других пар, такие признаки как масть (черная или красная) наследуются независимо от наличия или отсутствия рогов.

Когда дигибридного быка F_1 (АаВв) скрещивают с коровами двойными рецессивными (аавв), то в потомстве от этого возвратного скрещивания получают те же фенотипы, что и в F_2, но в другом соотношении. У быка образуются гаметы четырех сортов, у коров же, поскольку они гомозиготы по генам "а" и "в", - все гаметы будут одного и того же типа.

P: ♀ аавв x ♂ АаВв

Гаметы



Генотипы:	АаВв	Аавв	ааВв	аавв
Фенотип:	черный комолый	красный комолый	черный рогатый	красный рогатый

Так как гаметы коров двойной рецессив и не содержит доминантных генов, то потомство от этого возвратного скрещивания отражает не только типы гамет быка, но и соотношение последних. Это соотношение, в свою очередь, определяется генотипом быка; поэтому в длинном случае возвратное скрещивание будет в тоже время и анализирующим, в результате которого мы получаем доказательства, что генотип быка АаВв. Кроме того, результаты возвратного скрещивания указывают на независимость рассматриваемых нами двух пар генов (А и В). В то время как для одной пары генов соотношение при анализирующем скрещивании равно 1:1, при двух независимо расщепляющихся парах генов оно ровно 1:1:1:1.

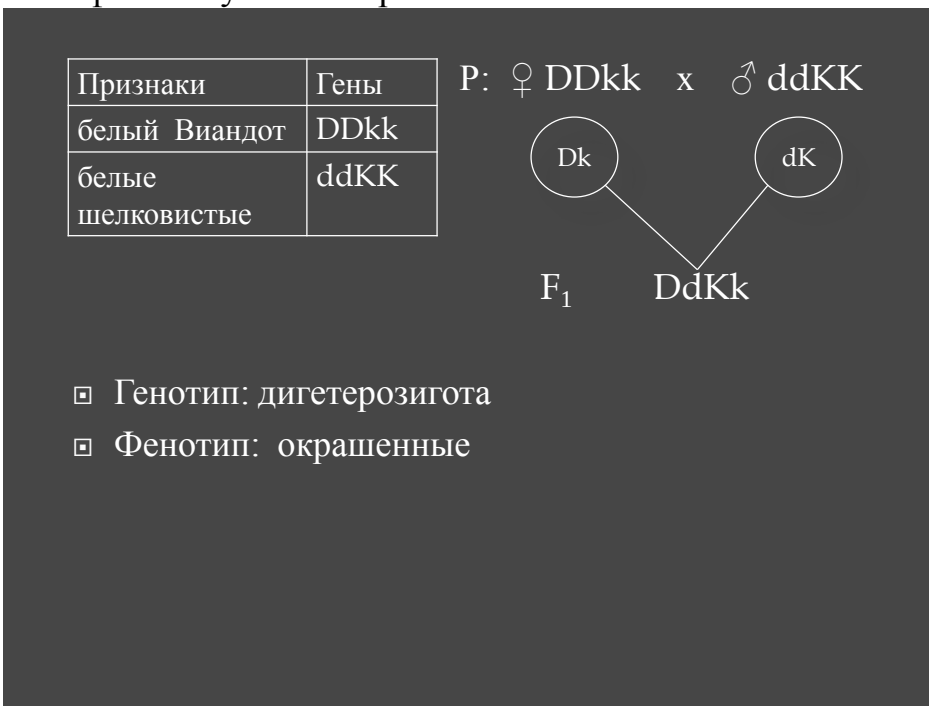
Пятый вопрос. Типы взаимодействия неаллельных генов

Гены, находящиеся в разных парах хромосом или в разных локусах одной и той же пары называются неаллельными. Эти гены также взаимодействуют друг с другом, в результате чего возможно появление необычных соотношений по фенотипу.

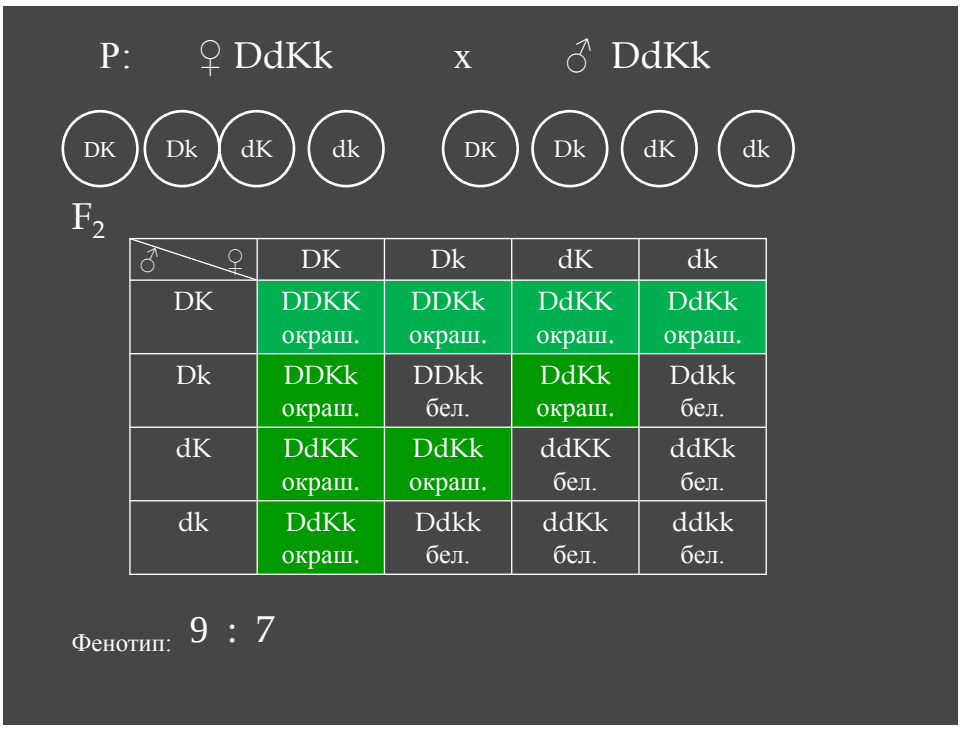
Выявлены следующие основные типы взаимодействия неаллельных генов: комплементарность, эпистаз, полимерия, модифицирующее действие генов и т.д.

Комплементарность – это такое взаимодействие неаллельных генов, при котором встреча в генотипе двух неаллельных генов в гомо- или гетерозиготном состояниях (А_В_) приводят к появлению нового признака, если в генотипе присутствует только один из неаллельных генов в гомо- или гетерозиготном состоянии (А_вв или ааВ_) не приводит к появлению нового признака.

Например, при скрещивании двух пород кур: белый виандот (DDkk) и белые шелковистые (ddKK) в первом поколении получается птица генотипа DdKk и по фенотипу вся пестрая.



Во втором же поколении наблюдается расщеплении в соотношении 9 : пестрых (D-K-) и 7 белых (D-kk, ddK-, ddkk).



Эпистаз – это такое взаимодействие неаллельных генов, когда доминантный ген одной аллельной пары подавляет действие доминантного гена другой аллельной пары.

Например, у лошадей серая масть доминантный признак и обусловлен геном «С», вороная масть также доминантный признак и обусловлен геном «В», но в присутствии гена С в генотипах С-В- масть будет серая, так как ген С подавляет действие гена В. Поэтому ген С называется эпистатическим (подавляющим), а ген В гипостатическим (подавляемым). Рецессивный ген обусловливает рыжую масть (генотип ссвв). Таким образом, вороная масть фенотипически проявляется только при генотипе – ссВ_. Если скрещивается серая кобыла с генотипом ССВВ с рыжим жеребцом или серая кобыла генотипа ССвв с жеребцом вороным ссВВ все первое поколение будет серым по фенотипу и имеет генотип СсВв.

Признаки	Гены
серые	С_В_, С_вв
вороные	ссВ_
рыжие	ссвв

P: ♀ ССВВ x ♂ ССВВ

СВ св

F_1 СсВв

- Генотип: дигетерозигота
- Фенотип: серые

Во втором поколении среди потомков наблюдается расщепление по фенотипу 12 серых (С_В_, С_вв) : 3 вороных (ссВ_) и : 1 рыжие (ссвв).

P: ♀ СсВв x ♂ СсВв

СВ Св сВ св СВ Св сВ св

F_2

♂ \ ♀	СВ	Св	сВ	св
СВ	ССВВ серые	ССВв серые	СсВВ серые	СсВв серые
Св	ССВв серые	ССвв серые	СсВв серые	Ссвв серые
сВ	СсВВ серые	СсВв серые	ссВВ вороные	ссВв вороные
св	СсВв серые	Ссвв серые	ссВв вороные	ссвв рыжие

Фенотип: 12 : 3 : 1

Полимерия – это такое взаимодействие неаллельных генов, когда за один признак отвечает много генов. По этому типу наследуются все хозяйственно полезные признаки, окраска зерновки у пшеницы, окраска кожи человека и др.

Фенотипическое проявление признака зависит от количества доминантных неаллельных генов. Максимальное проявление признака при генотипе ААВВ, минимальное при генотипе аавв. Действие генов А и В равны, поэтому в присутствии или гена А или гена В (ААвв или ааВВ) признак проявляется одинаково. Соотношение по фенотипу будет 1 ААВВ: 4

ААВв и АаВВ :6 АаВв и ААвв и ааВВ : 4 Аавв и ааВв : 1 аавв.

Признаки	Гены
темно-красные	$A_1A_1A_2A_2$
красные	$A_1a_1A_2A_2$, $A_1A_1A_2a_2$
Светло-красные	$A_1a_1A_2a_2$ $a_1a_1A_2A_2$ $A_1A_1a_2a_2$
Бледно-красные	$A_1a_1a_2a_2$ $a_1a_1A_2a_2$
белые	$a_1a_1a_2a_2$

P: ♀ $A_1A_1A_2A_2$ x ♂ $a_1a_1a_2a_2$



F_1 $A_1a_1A_2a_2$

Генотип: дигетерозигота

Фенотип: светло-красные

P: ♀ $A_1a_1A_2a_2$ x ♂ $A_1a_1A_2a_2$



F_2

♂ \ ♀	A_1A_2	A_1a_2	a_1A_2	a_1a_2
A_1A_2	$A_1A_1A_2A_2$ темно-красные	$A_1A_1A_2a_2$ красные	$A_1a_1A_2A_2$ красные	$A_1a_1A_2a_2$ светло-красные
A_1a_2	$A_1A_1A_2a_2$ красные	$A_1A_1a_2a_2$ светло-красные	$A_1a_1A_2a_2$ светло-красные	$A_1a_1a_2a_2$ бледно-красные
a_1A_2	$A_1a_1A_2A_2$ красные	$A_1a_1A_2a_2$ светло-красные	$a_1a_1A_2A_2$ светло-красные	$a_1a_1A_2a_2$ бледно-красные
a_1a_2	$A_1a_1A_2a_2$ светло-красные	$A_1a_1a_2a_2$ бледно-красные	$a_1a_1A_2a_2$ бледно-красные	$a_1a_1a_2a_2$ белые

Фенотип: 1 : 4 : 6 : 4 : 1