

Тема:
«Взаимодействие генов»

Задачи:

- *дать характеристику основным типам взаимодействия аллельных и неаллельных генов;*
- *научиться решать задачи на взаимодействие неаллельных генов.*

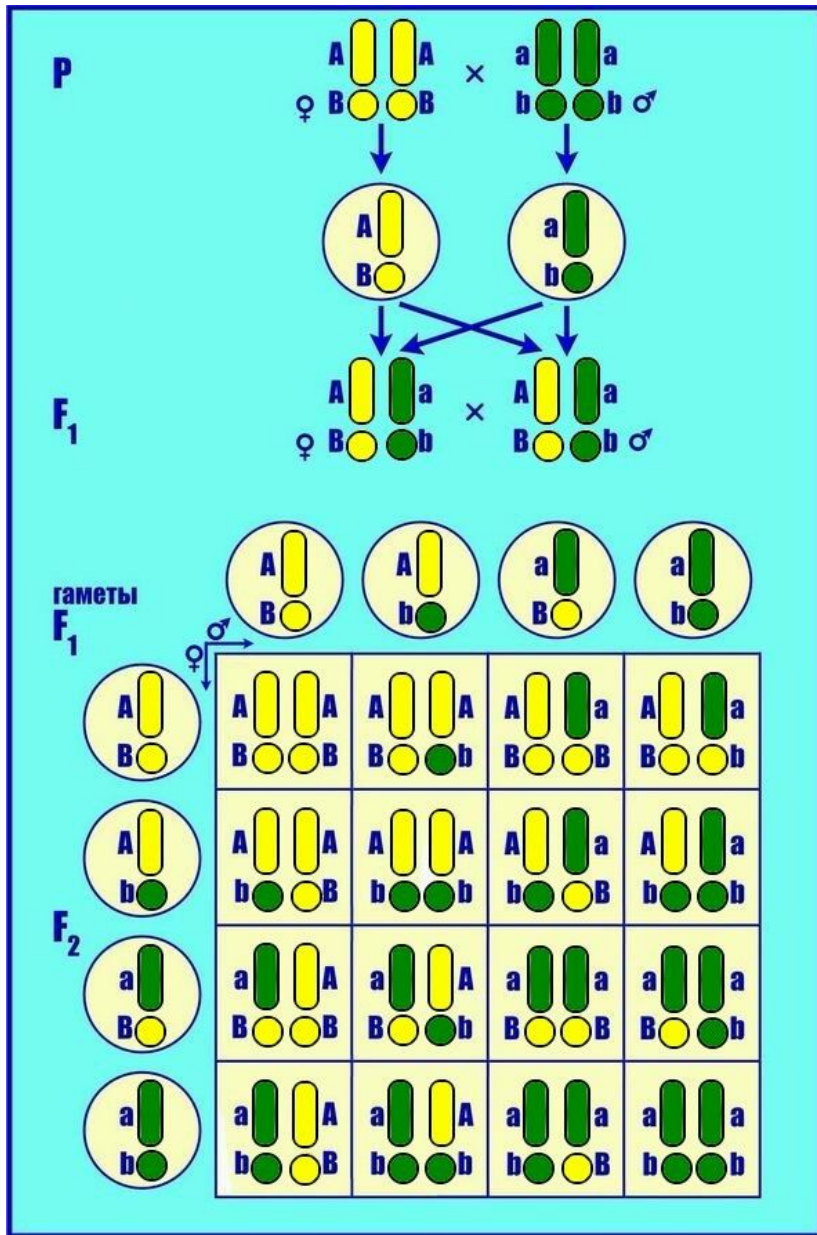
Пименов А.В.

Взаимодействие аллельных генов

Взаимодействовать друг с другом могут как аллельные, так и неаллельные гены.

Взаимодействие аллельных генов	
Полное доминирование	<i>У гетерозигот проявляется только один, доминантный признак родителей (наследование окраски семян у гороха).</i>
Неполное доминирование	<i>У гибридов наблюдается промежуточный характер наследования (наследование окраски у ночной красавицы).</i>
Кодоминирование	<i>У гибридов проявляются оба признака (четвертая группа имеет аллели $I^A I^B$).</i>
Сверхдоминирование	<i>У гибридов признак проявляется сильнее, чем у родителей.</i>
Градуальное действие генов	<i>У полиплоидов степень проявления признаков зависит от числа доминантных аллелей одного гена (AAA – AAa – Aaa – aaa).</i>

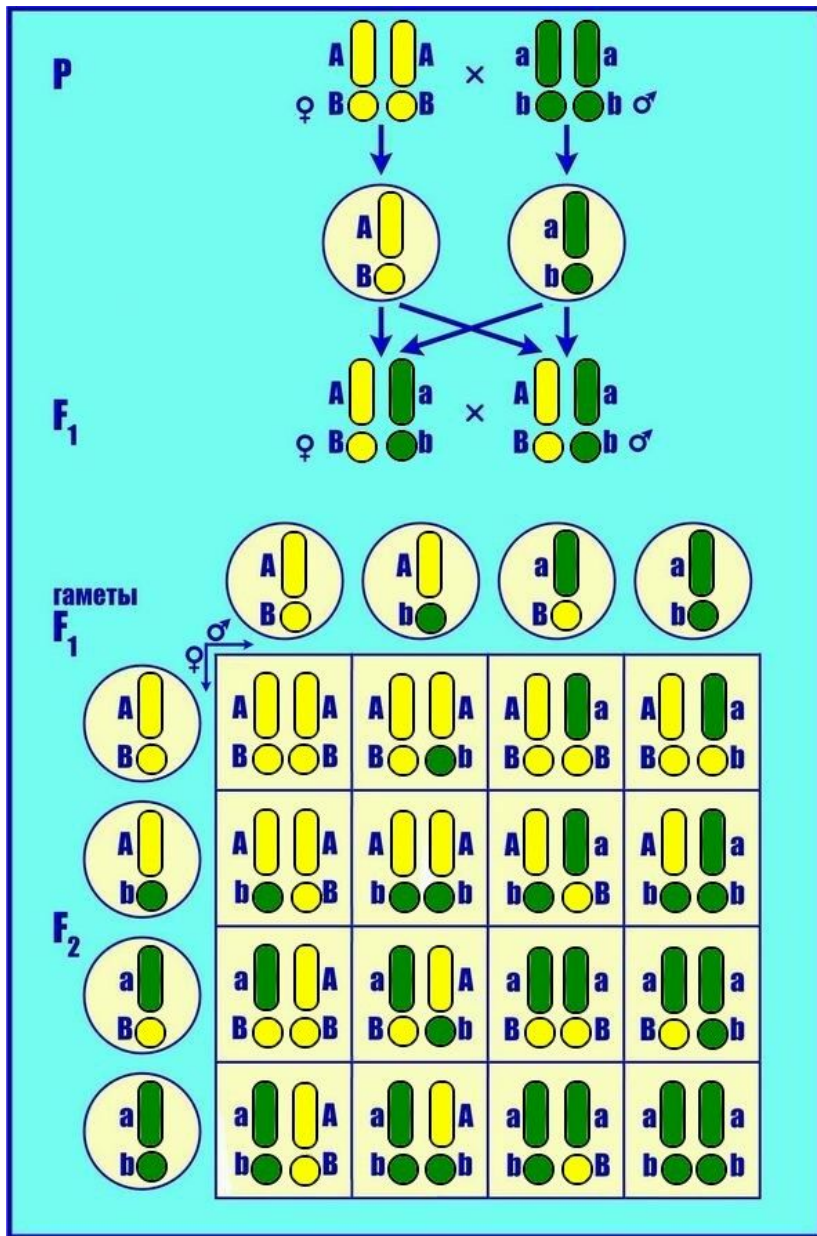
Взаимодействие аллельных генов



Изучая закономерности наследования, Г.Мендель исходил из предположения, что **один наследственный фактор отвечает за развитие только одного признака**. Например, ген, отвечающий за развитие окраски семян гороха, не влияет на форму семян.

Причем эти гены располагаются в разных хромосомах, и их наследование независимо друг от друга. Поэтому может сложиться впечатление, что **генотип представляет собой простую совокупность генов организма**.

Взаимодействие аллельных генов



Вместе с тем, постепенно накапливались и факты, показывающие, что взаимоотношения между генами и признаками носят более сложный характер.

Выяснилось, что один и тот же ген может оказывать влияние на развитие нескольких признаков;

один и тот же признак может развиваться под влиянием многих генов.

Известно несколько типов взаимодействия неаллельных генов:

Взаимодействие неаллельных генов

Взаимодействие неаллельных генов:

Комплементарность	<i>Взаимодействия неаллельных генов, доминантные аллели которых при совместном сочетании в генотипе обуславливают новое фенотипическое проявление признаков.</i>
Доминантный эпистаз	<i>Доминантные аллели одной пары генов подавляют проявление другой пары генов.</i>
Рецессивный эпистаз	<i>Рецессивные аллели одной пары генов подавляют проявление другой пары генов.</i>
Полимерия	<i>Взаимодействие неаллельных генов, при котором степень фенотипического проявления признака зависит от числа доминантных аллелей неаллельных генов.</i>
Плейотропия	<i>Множественное действие гена, при котором один ген влияет на проявление многих признаков.</i>

Взаимодействие неаллельных генов. Комплементарность



При скрещивании тыкв, имеющими округлую форму плодов, в первом гибридном поколении F₁ все плоды будут иметь дисковидную форму, а в поколении F₂ произойдёт расщепление по фенотипу: из каждых 16 растений 9 будут иметь дисковидные плоды, 6 – округлые и 1 – удлинённые.

Выводы:

1. Родители гомозиготы, так как первое поколение единообразно.
2. Первое поколение – двойные гетерозиготы, так как во втором поколении расщепление на 16 вариантов.
3. Дисковидную форму имеют тыквы с генотипами A₋B₋, удлиненную – с генотипами аавв.
4. Особи с генотипами A₋vv и aaB₋ имеют округлую форму плодов.
5. Родители имеют генотипы AAVv и aaBV.

Взаимодействие неаллельных генов. Комплементарность

Комплементарное (дополнительное) действие генов – это вид взаимодействия неаллельных генов, доминантные аллели которых при совместном сочетании в генотипе обуславливают новое фенотипическое проявление признаков. При скрещивании дигетерозигот расщепление гибридов в F_2 по фенотипу может происходить в соотношениях 9:6:1, 9:3:4, 9:7, 9:3:3:1.

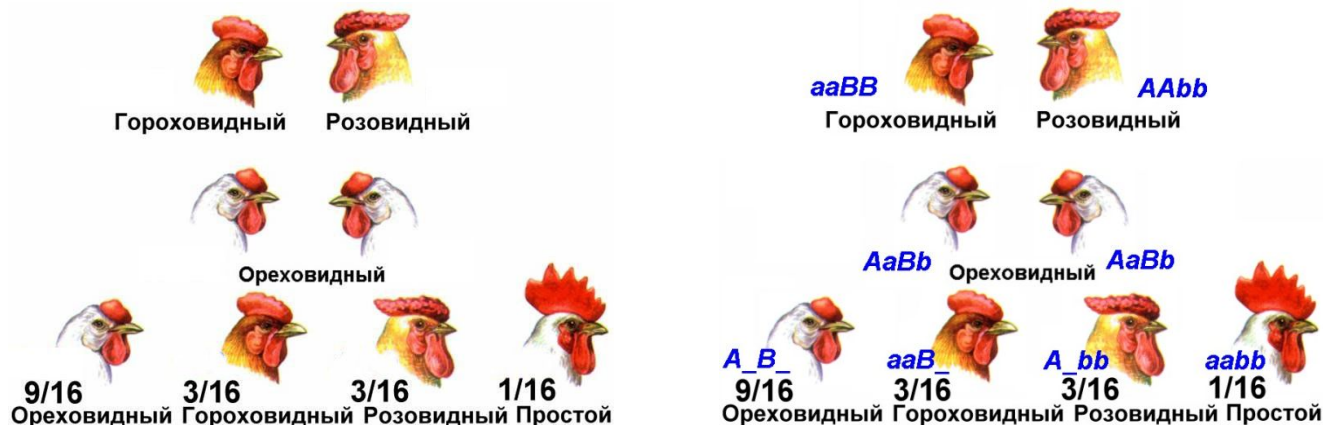


Примером комплементарности является наследование дисковидной формы плодов тыквы. Наличие в генотипе доминантных генов А или В обуславливает округлую форму плодов, а рецессивных – удлинённую. При наличии в генотипе одновременно доминантных генов А и В форма плода будет дисковидной.

При скрещивании чистых линий с сортами, имеющими округлую форму плодов, в первом гибридном поколении F_1 все плоды будут иметь дисковидную форму, а в поколении F_2 произойдёт расщепление по фенотипу: из каждых 16 растений 9 будут иметь дисковидные плоды, 6 – округлые и 1 – удлинённые.

Взаимодействие неаллельных генов. Комплементарность

Рассмотрим еще два случая: **1 случай**. От скрещивания кур с гороховидным и розовидным гребнем все первое поколение с ореховидным гребнем, а во втором расщепление в соотношении 9:3:3:1. Какие выводы можно сделать на основании данных результатов?



Выводы из скрещивания:

1. Если первое поколение единообразно, значит родители – гомозиготы.
2. Если во втором поколении расщепление в соотношении 9:3:3:1, значит первое поколение – двойные гетерозиготы и гены расположены в разных парах гомологичных хромосом и имеют генотип AaBb.
3. 9/16 с ореховидным имеют генотип A_B_, 3/16 с гороховидным и 3/16 с розовидным могут иметь генотипы A_bb и aaB_; особи с листовидным гребнем имеют генотип aabb.
4. Родители имеют генотипы aaBB и AAbb.

Взаимодействие неаллельных генов. Комплементарность

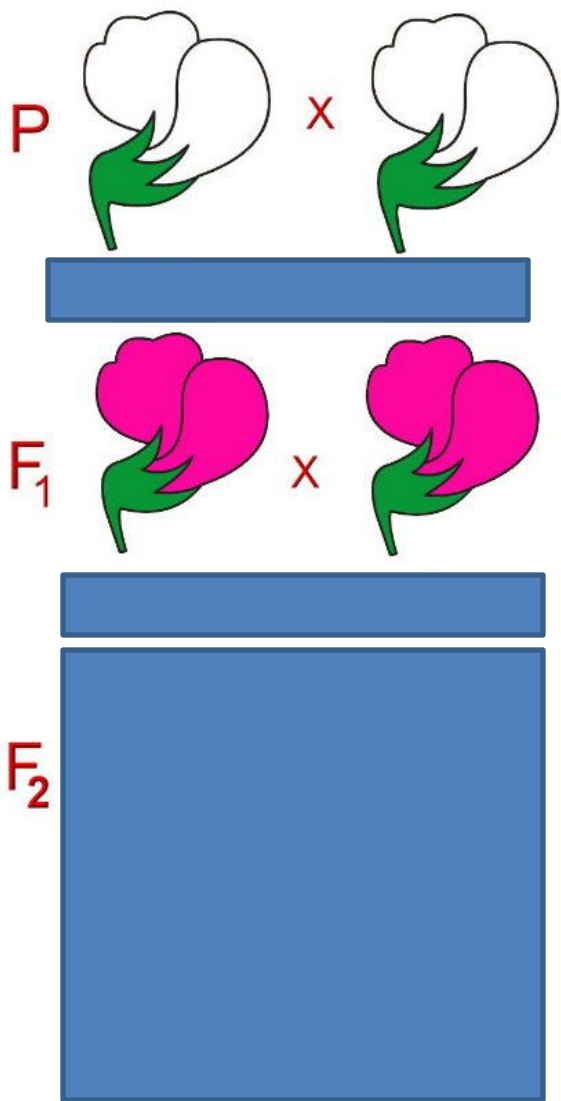
Итак, если доминантные аллели двух генов обуславливают новый фенотип, то в F_1 , наблюдается расщепление 9:3:3:1, или 9:6:1, или 9:3:4.

При другом варианте комплементарности доминантные аллели двух взаимодействующих генов не имеют собственного фенотипического проявления: новый фенотип у гибридов определяется одновременным присутствием в генотипе двух неаллельных доминантных генов.

Так, у тутового шелкопряда желтая окраска кокона определяется наличием в генотипе двух доминантных генов А и В, при наличии в генотипе только одного из этих генов, а также у двойных гомозигот $aabb$ - окраска кокона белая. Какое расщепление ожидается в F_2 ?

P	AAbb	x	aaBB
	белые коконы		белые коконы
F_1	AaBb		
	желтые коконы		
F_2	9/16 A_B_ : 3/16 A_bb : 3/16 aa B_ : 1/16 aa bb		
	желтые коконы (9) белые коконы (7)		

Взаимодействие неаллельных генов. Комплементарность



Задача. У душистого горошка ген C обуславливает синтез бесцветного предшественника пигмента – пропигмента, если аллель c – пропигмент не образуется. Ген P определяет синтез фермента, под действием которого пропигмент превращается в пурпурный пигмент. Если аллель p – фермент не синтезируется.

При скрещивании двух сортов с белыми цветами все F_1 имеет пурпурные цветы. Какие цветы будут в F_2 ? Запишите генотипы родителей и F_1 .

Выводы из анализа родителей и потомства:

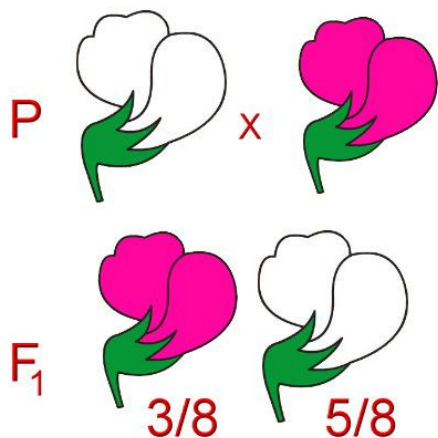
Если F_1 имеет красные цветы, значит их генотип $C_P_$.

Если F_1 единообразно, значит родители гомозиготны и имеют генотипы $CCpp$ и $ccPP$.

В F_2 при скрещивании двойных гетерозигот ожидается расщепление по фенотипу:

$9/16 C_P_$ – красноцветковые,
 $3/16 C_pp + 3/16 ccP_ + 1/16 ccpp$ – белоцветковые.
Расщепление $9/16 : 7/16$.

Взаимодействие неаллельных генов. Комплементарность



Выводы из анализа родителей и потомства:

Так как расщепление в F₁ на 8 вариантов, то один из родителей – двойная гетерозигота ($CcPp$) и образует 4 типа гамет; Второй родитель образует два типа гамет, т.е. гетерозиготен только по одной паре генов ($Cspp$ или $ccPp$).

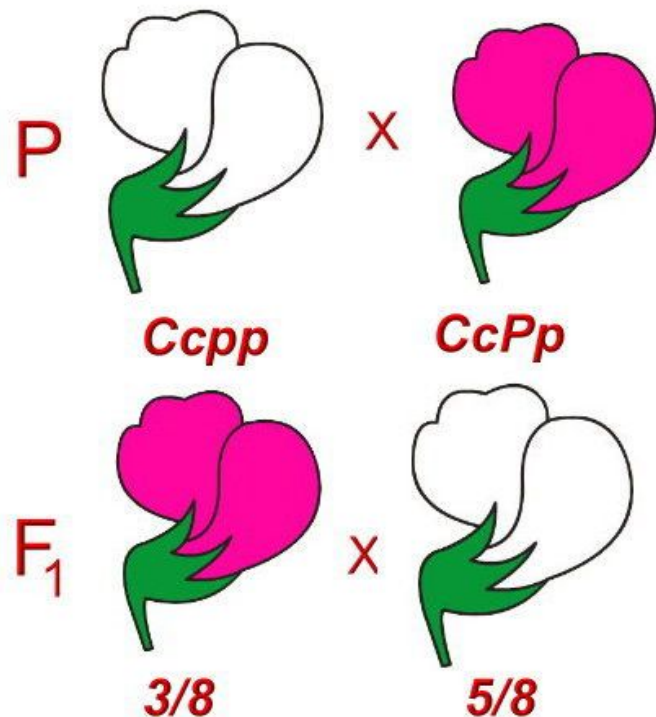
Задача:

У душистого горошка ген C обуславливает синтез бесцветного предшественника пигмента – пропигмента, если аллель c – пропигмент не образуется. Ген P определяет синтез фермента, под действием которого пропигмент превращается в пурпурный пигмент. Если аллель p – фермент не синтезируется.

При скрещивании растения душистого горошка с белыми цветками с растением, имеющим пурпурные цветки, в F₁ 3/8 имеют пурпурные цветки, 5/8 – белые.

Определите генотипы родителей и F₁.

Взаимодействие неаллельных генов. Комплементарность



	<i>CP</i>	<i>Cp</i>	<i>cP</i>	<i>cp</i>
<i>Cp</i>	 <i>CCPp</i>	 <i>CCpp</i>	 <i>CcPp</i>	 <i>Ccrr</i>
<i>cp</i>	 <i>CcPp</i>	 <i>Ccrr</i>	 <i>ccPp</i>	 <i>ccrr</i>

Задача:

У душистого горошка ген **C** обуславливает синтез бесцветного предшественника пигмента – пропигмента, если аллель **c** – пропигмент не образуется. Ген **P** определяет синтез фермента, под действием которого пропигмент превращается в пурпурный пигмент. Если аллель **p** – фермент не синтезируется.

При скрещивании растения душистого горошка с белыми цветками с растением, имеющим пурпурные цветки, в F₁ 3/8 имеют пурпурные цветки, 5/8 – белые.

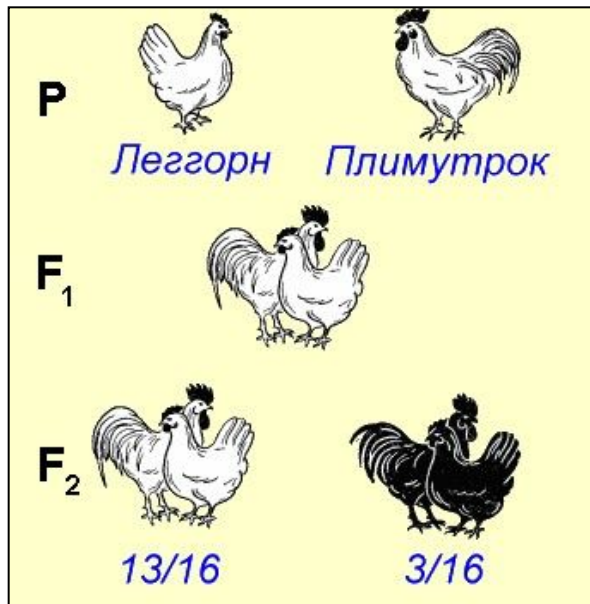
Определите генотипы родителей и F₁.

Взаимодействие неаллельных генов. Эпистаз

Эпистатичным называют такое взаимодействие генов, при котором аллель одного гена подавляет действие аллелей другого гена. Ген подавитель называется эпистатичным, подавляемый – гипостатичным.

При доминантном эпистазе – доминантная аллель гена является эпистатичной, при рецессивном – рецессивная. Расщепление по фенотипу при доминантном эпистазе может происходить в соотношении 12:3:1, 13:3.

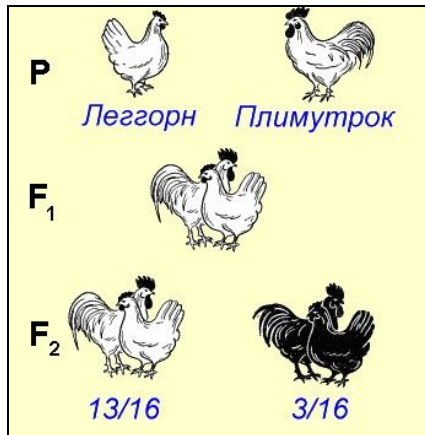
Рецессивный эпистаз – это подавление рецессивным аллелем эпистатичного гена аллелей гипостатичного гена ($i > B, b$). Расщепление по фенотипу может идти в соотношении 9:3:4, 9:7, 13:3.



Задача.

При скрещивании двух пород кур белого цвета – леггорнов с плимутроками, все потомство F_1 имеет белую окраску. Если же гибридов F_1 скрестить между собой, то во втором поколении происходит расщепление по окраске в отношении 13/16 белых: 3/16 окрашенных. Запишите генетическую схему скрещиваний и объясните полученное расщепление.

Взаимодействие неаллельных генов. Эпистаз



Выводы из анализа родителей и потомства:

Родители гомозиготы, т.к. F₁ единообразно.

Если во втором поколении расщепление на 16 вариантов, то F₁ – двойные гетерозиготы и гены расположены в разных парах хромосом.

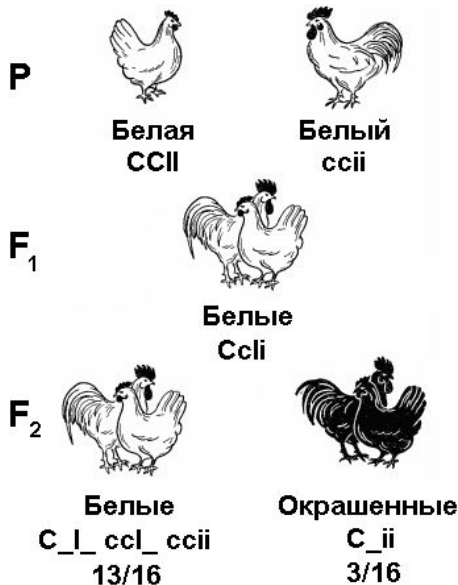
Генотипы F₁ – *Ccli*.

Окрашенными могут быть только особи 3/16 с генотипами *C₁ii* или 3/16 с генотипами *ccl₁*.
9/16 с генотипом *C₁I₁* белые (из-за гена подавителя).

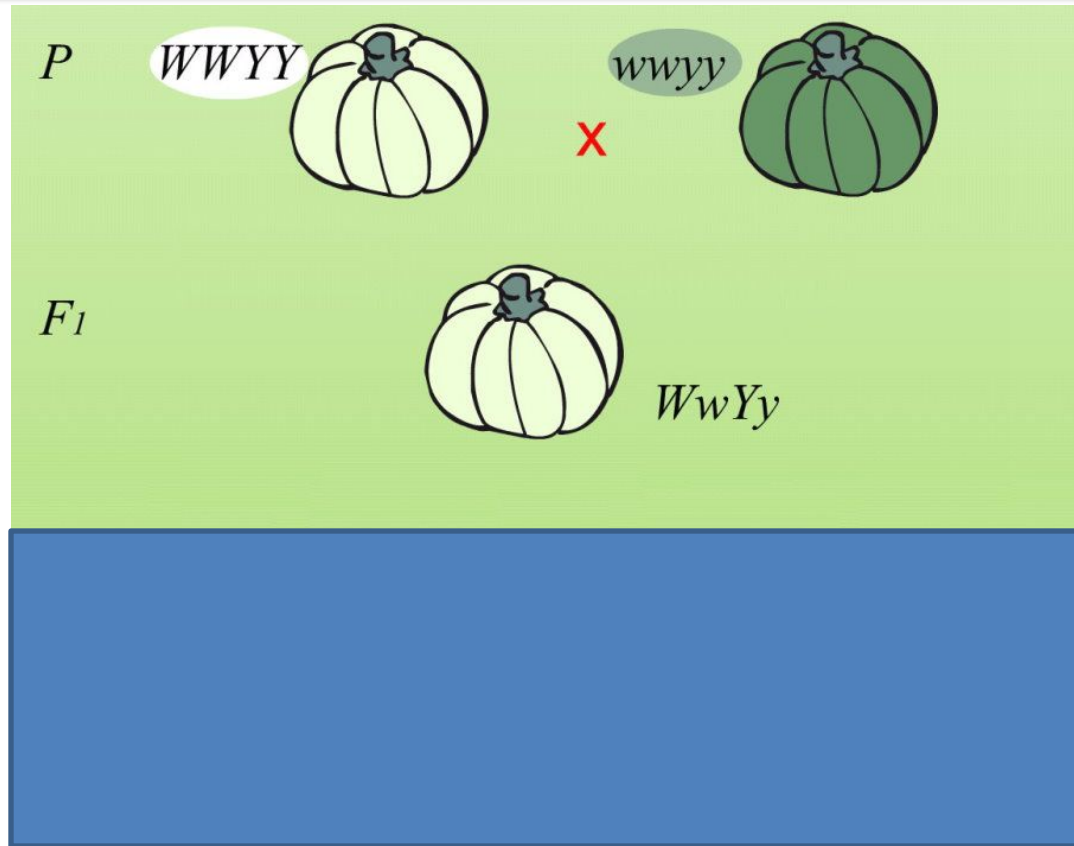
1/16 *ccii* белые.

F₁ белые, так как имеют генотип *Ccli*.

Генотипы родителей: *CCII* и *ccii*.

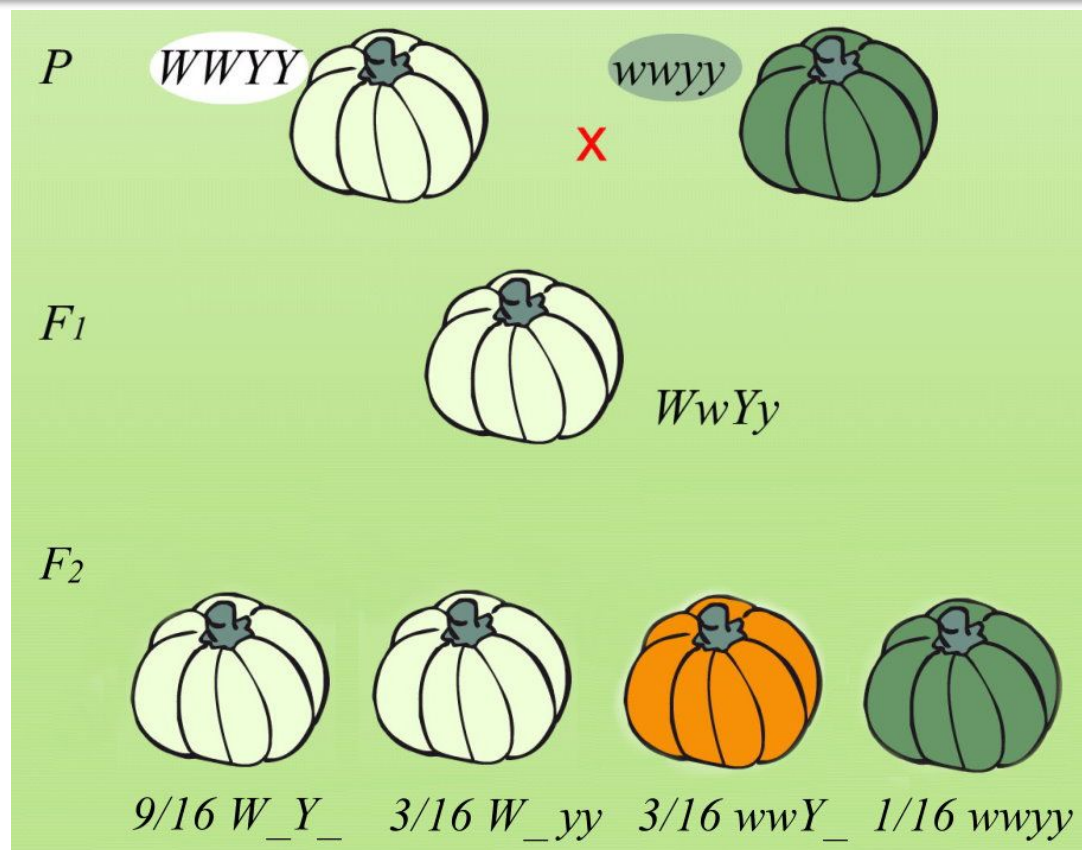


Взаимодействие неаллельных генов. Эпистаз



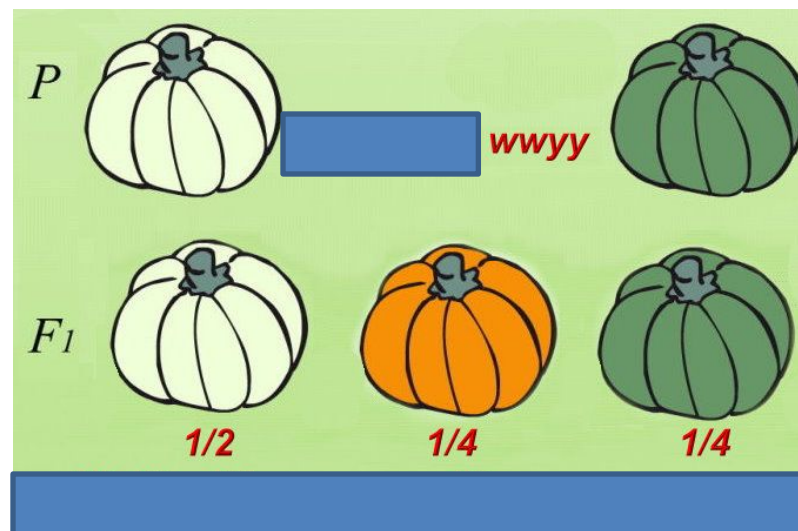
Ген W обуславливает белый цвет плодов тыквы, причем при его наличии гены Y и y не проявляются. При генотипе $wwYY$ или $wwYy$ плоды имеют желтый цвет. Наконец, если оба гена рецессивны, то плоды зеленые. Каково будет расщепление по фенотипу в F₂ при скрещивании тыкв с генотипами $WWYY$ (белых) и $wwyy$ (зеленых)?

Взаимодействие неаллельных генов. Эпистаз



Во втором поколении $9/16$ будут иметь генотип $W_Y_$ и белую окраску, $3/16$ с генотипом W_yy – белую окраску плодов, $3/16$ с генотипом $wwY_$ - желтые плоды и $1/16$ с генотипом $wwyy$ – зеленые плоды. Расщепление в F_2 по фенотипу 12:3:1

Взаимодействие неаллельных генов. Эпистаз



От скрещивания тыквы с белыми плодами с тыквой, имеющей зеленые плоды с генотипом $wwyy$, в F₁ 1/2 плодов имеют белую окраску, 1/4 желтую и 1/4 - зеленую. Каковы генотипы родителей и гибридов? Объясните полученное расщепление.

Выводы из анализа фенотипов родителей и потомства:

Это анализирующее скрещивание и второй из родителей двойная гетерозигота с генотипом $WwYy$ и образует 4 типа гамет, т.к. в F₁ четыре варианта генотипов.

Особи с генотипами $WwYy$ и $Wwyy$ имеют белые плоды, особи с генотипом $wwyy$ – зеленые, особи с генотипами $wwYy$ – желтые плоды.

Следовательно, ген W – подавитель, ген Y – отвечает за желтую окраску, а ген y – за зеленую.

Взаимодействие неаллельных генов. Эпистаз

При рецессивном эпистазе рецессивный аллель одного гена aa подавляет действие неаллельного доминантного гена B и b .

Задача. У льна аллель A определяет окрашенный венчик, aa – неокрашенный (белый), B - голубой, bb - розовый. Ген A необходим для синтеза предшественника пигмента, без которого ни голубой, ни розовый пигменты не образуются. От скрещивания растений с розовыми и белыми цветами все потомство с голубыми цветами. Определить генотипы родителей, F_1 и F_2 .

P $AAbb$ \times $aaBB$
 розовый белый

F_1 $AaBb$
 голубой

F_2 : $9/16 A_B_;$ $3/16 A_bb;$ $3/16 aa B_;$ $1/16 aa bb$
 голубые розовые белые белые

Олимпиадникам

Соотнесите скрещивание (1 – 6) и вероятное расщепление по фенотипу в полученном потомстве (А – Е).

1. $AaBb \times aabb$ для доминантного эпистаза **A** над **B**.
2. $aaBB \times AAbb$ для комплементарного действия генов.
3. $AaBb \times AaBb$ для рецессивного эпистаза **a** над **B**.
4. $AaBb \times aabb$ для рецессивного эпистаза **a** над **B**.
5. $AABb \times aaBb$ для полностью сцепленных генов **A** и **B**.
6. $AABb \times aaBb$ для неполного доминирования у гена **B**.

А. Потомство единообразно.

Б. 3:1

В. 2:1:1

Г. 9:3:3:1

Д. 9:4:3

Е. 12:3:1

Скрещивание	1	2	3	4	5	6
Расщепление	В	А	Д	В	Б	В

Взаимодействие неаллельных генов. Полимерия



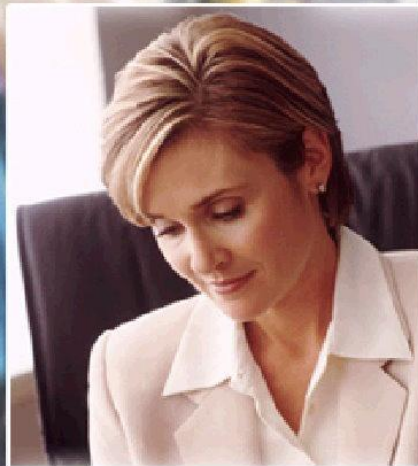
черная $A_1A_1A_2A_2$



темная $A_1A_1A_2a_2$



смуглая $A_1a_1A_2a_2$



светлая $A_1a_1a_2a_2$



белая $a_1a_1a_2a_2$

Возможные генотипы цвета кожи.

Цвет кожи у людей зависит от 4 генов.

Взаимодействие неаллельных генов. Полимерия



Явление полимерии было открыто в 1908 г. при изучении окраски зерновки у пшеницы Нельсоном-Эле. Он предположил, что наследование окраски у зерновки пшеницы обусловлено двумя или тремя парами полимерных генов.

При скрещивании красной и белой пшеницы в F_1 наблюдалось промежуточное наследование признака: все гибриды первого поколения имели светло-красное зерно.

В F_2 происходило расщепление в отношении 1:4:6:4:1 – 1/16 темно-красных, 4/16 ярко-красных, 6/16 средне-красных, 4/16 светло-красных и 1/16 белых.

У человека по типу полимерии наследуется, например, окраска кожи.

Взаимодействие неаллельных генов. Полимерия



Взаимодействие неаллельных генов, при котором степень фенотипического проявления признака зависит от числа доминантных аллелей неаллельных генов.

Полимерное действие генов может быть кумулятивным и некумулятивным.

При **кумулятивной полимерии** степень проявления признака зависит от суммирующего действия генов. Чем больше доминантных аллелей генов, тем больше степень выраженности признака. Расщепление при скрещивании дигетерозигот **1:4:6:4:1**.

При **некумулятивной полимерии** признак проявляется при наличии хотя бы одного из доминантных аллелей полимерных генов и количество доминантных аллелей не влияет на степень выраженности признака. Расщепление при скрещивании дигетерозигот **15:1**.

Взаимодействие неаллельных генов. Полимерия

При некумулятивной полимерии признак проявляется при наличии хотя бы одного из доминантных аллелей полимерных генов и количество доминантных аллелей не влияет на степень выраженности признака. Расщепление при скрещивании дигетерозигот 15:1.

Так у кур оперенность ног определяется доминантными аллелями двух генов A_1 и A_2 :

P $A_1A_1A_2A_2$ x $a_1a_1a_2a_2$
оперенная неоперенная

F_1 $A_1a_1A_2a_2$
оперенные

F_2 9 $A_1_A_2_;$ 3 $A_1_a_2a_2;$ 3 $a_1a_1A_2_;$ 1 $a_1a_1a_2a_2$
оперенные (15) неоперенные (1)

В F_2 среди 15/16 гибридов с оперенными ногами есть такие, которые имеют четыре доминантных аллеля ($A_1A_1A_2A_2$), три ($A_1A_1A_2a_2$), два ($A_1a_1A_2a_2$) или всего один ($A_1a_1a_2a_2$), характер оперенности ног в этих случаях один и тот же.

15:1

Взаимодействие неаллельных генов. Плейотропия



Плейотропия – множественное действие гена. Иногда один ген, кодируя структуру белка, необходимого для нормального обмена веществ во многих видах клеток организма, влияет сразу на несколько признаков. Например, патология одного определенного гена приводит у человека к развитию синдрома Марфана. У таких людей очень длинные и тонкие («паучьи») пальцы, вывих хрусталика глаза, пороки клапанов сердца, страдают сосуды.

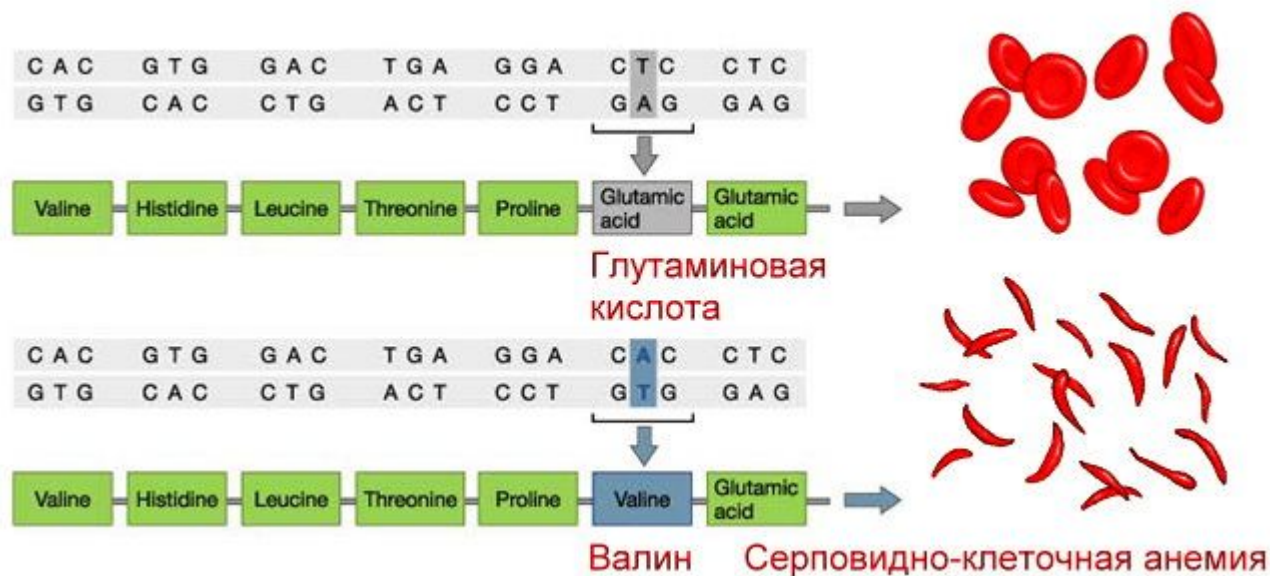
Заболевание называется арахнодактилия. Они необычайно худы, высоки из-за длинных рук и ног. **У таких людей повышенное содержание адреналина в крови, необычайная работоспособность. Такими были Авраам Линкольн, Ганс Христиан Андерсен, Николо Паганини, Корней Иванович Чуковский.**

Взаимодействие неаллельных генов. Плейотропия



У мухи дрозофиллы один и тот же ген влияет на проявление нескольких признаков: белый цвет глаз, низкая плодовитость, короткий срок жизни.

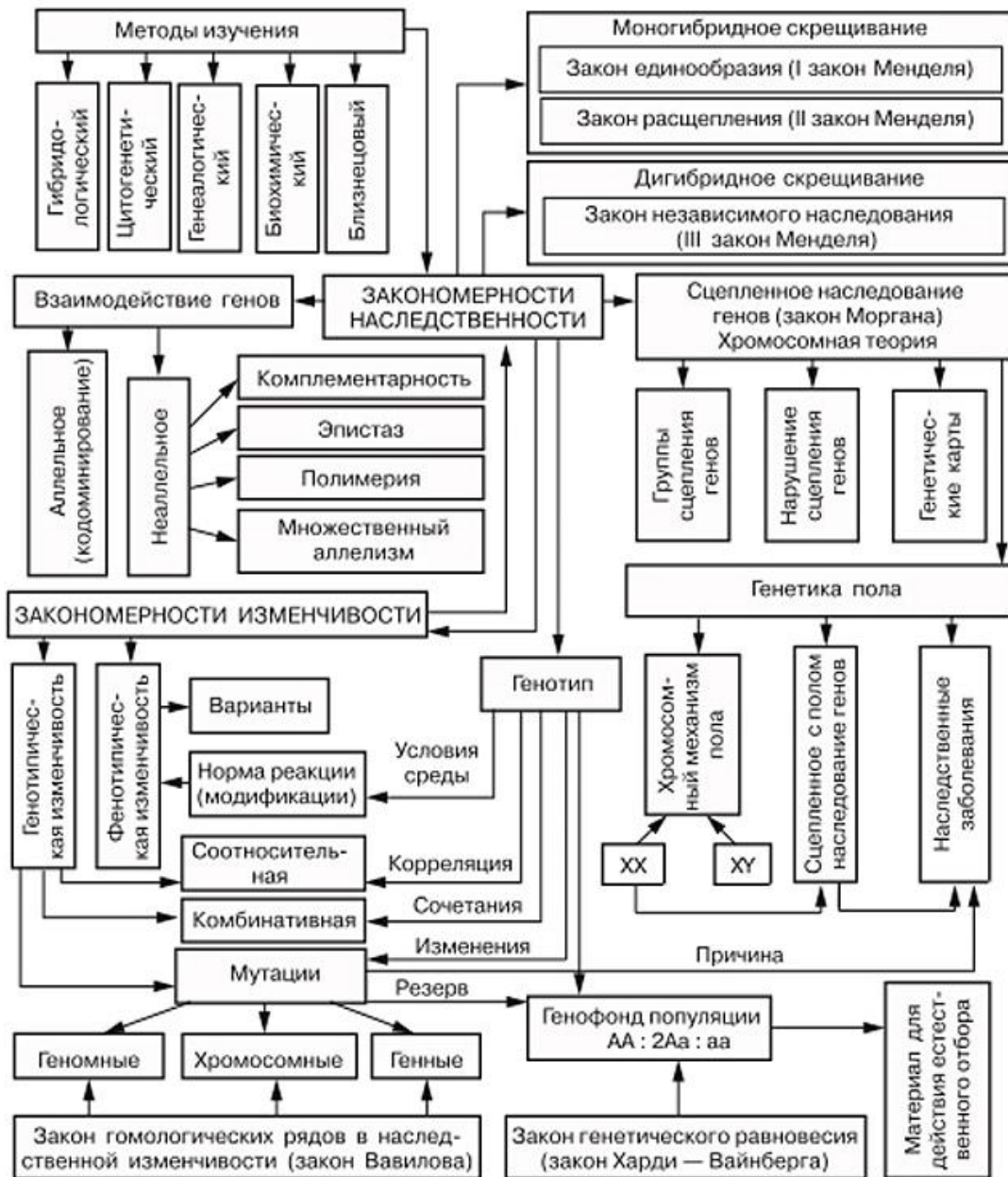
Взаимодействие неаллельных генов. Плейотропия



У человека рецессивная наследственная болезнь – серповидно-клеточная анемия. Первичным дефектом этой болезни является замена одной из аминокислот в молекуле гемоглобина, что приводит к изменению формы эритроцитов. Одновременно с этим возникают глубокие нарушения в сердечно-сосудистой, нервной, пищеварительной, выделительной системах. Это приводит к тому, что гомозиготный по этому заболеванию погибает в детстве.

Плейотропия широко распространена. Изучение действия генов показало, что плейотропным эффектом, очевидно, обладают многие, если не все, гены.

**Структурно-логическая схема
«Закономерности наследственности и изменчивости»**



Подводим итоги:

Один ген может отвечать за один признак;

Несколько генов могут отвечать за один признак;

Один ген может влиять на несколько признаков.

Следовательно, генотип является системой взаимодействующих генов.

Подведем итоги:

Перечислите типы взаимодействия аллельных генов.

Полное доминирование, неполное доминирование, кодоминирование.

Перечислите типы взаимодействия неаллельных генов.

Комплементарность, эпистаз (доминантный и рецессивный), полимерия, плейотропия.

Приведите пример полного доминирования генов.

Желтая окраска семян гороха доминирует над зеленой.

Приведите пример неполного доминирования генов.

Промежуточная окраска оцветов ночной красавицы при скрещивании растений с красными и белыми цветками.

Приведите пример кодоминирования генов.

Четвертая группа крови, проявляются оба аллеля гена - $I^A I^B$.

Приведите пример комплементарного взаимодействия генов.

Развитие ореховидного гребня у кур, имеющих генотипы $A_B_$.

Приведите пример эпистатического взаимодействия генов.

При скрещивании леггорнов с плимутроками, все потомство F_1 имеет белую окраску. Если же гибридов F_1 скрестить между собой, то в F_2 13/16 белых: 3/16 окрашенных.

Приведите пример полимерии.

Цвет кожи негров, например, определяется четырьмя доминантными аллелями – $AABB$, у белого человека – $aabb$.

Подведем итоги:

Какие гены называют комплементарными?

Доминантные аллели которых обуславливают при совместном сочетании в генотипе новое фенотипическое проявление признака.

Какое взаимодействие неаллельных генов называют эпистатическим?

Эпистатическим называют такое взаимодействие генов, при котором аллель одного гена подавляет действие аллелей других генов.

Какое взаимодействие неаллельных генов называют полимерией?

Взаимодействие неаллельных генов, при котором степень фенотипического проявления признака зависит от числа доминантных аллелей неаллельных генов.

Что такое кумулятивная полимерия?

При кумулятивной полимерии степень проявления признака зависит от суммирующего действия генов. Чем больше доминантных аллелей генов, тем больше степень выраженности признака. Расщепление при скрещивании дигетерозигот 1:4:6:4:1.

Что такое плейотропия?

Плейотропией называют множественное действие генов, когда один ген влияет на развитие многих признаков.

Приведите пример плейотропного действия гена.

Серповидно-клеточная анемия. Замена одной из аминокислот в молекуле гемоглобина приводит к изменению формы эритроцитов.

Подведем итоги:

М.Б.Беркинблит, почти 200 задач по генетике.

Аллель A у бракозявров обуславливает синтез фермента, превращающего зеленое вещество предшественник № 1 в желтое вещество № 2. Аллель B кодирует фермент, превращающий вещество № 2 в коричневое вещество № 3. Рецессивные аллели соответствуют неактивным формам этих ферментов.

А). Определите возможные окраски всех возможных генотипов.

Б). Охарактеризуйте фенотипы F_1 и F_2 при скрещивании $AAbb$ x $aaBB$.

А). Если особи гомозиготны по рецессивному аллелю aa , то их окраска может быть только зеленой $aa_ _$.

Если особи имеют доминантный аллель A , то при двух рецессивных аллелях bb особи будут желтого цвета A_bb , а если присутствует доминантный аллель B – особи будут коричневого цвета $A_B_$.

Б) P $AAbb$ x $aaBB$

Желт. Зел.

F_1 $AaBb$ x $AaBb$

Кор. Кор.

F_2 9/16 $A_B_$ – коричневые

3/16 A_bb – желтые

3/16 $aaB_$ – зеленые

1/16 $aabb$ – зеленые