

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»  
ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА**

**ГЕНЕТИКА**

**Часть 1**

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ  
ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ**

Методические указания к занятиям семинарского типа и самостоятельной  
работе студентов

**Смоленск  
ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА  
2021**

**УДК 575.1:581.162 (072)**  
**К 93**

Рецензент: Кашко Л. С., доцент кафедры биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, кандидат ветеринарных наук, доцент

**Курская Ю. А.**

**К 93** Генетика. Часть. 1. Закономерности наследования признаков при половом размножении: методические указания к занятиям семинарского типа и самостоятельной работе. /Ю. А. Курская, – Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2021. – 49 с.

Печатается по решению методического совета ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, протокол № \_\_ от \_\_.\_\_\_\_\_. 2021 года.

УДК 575.1:581.162 (072) 40.716 Р

© Курская Ю. А. 2021  
© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, 2021 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания включают: цель занятия, содержание, указания и примеры решения генетических задач, а также большое число задач для выполнения студентами во время занятий и индивидуальной самостоятельной работы под руководством преподавателя по темам:

- моногибридное скрещивание;
- ди-, полигибридное скрещивание;
- типы неаллельного взаимодействия генов: комплементарность, эпистаз, полимерия.

В конце данного издания представлены вопросы для самоконтроля и сдачи блока.

Решение задач, их анализ с соответствующими выводами ведется в рабочих тетрадях студентов по общепринятой форме с использованием генетических символов.

## 1. АЛЛЕЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ

### 1.1. Моногибридное скрещивание

**Цель занятия.** Изучить закономерности наследования признаков при моногибридном скрещивании. Научиться составлять и анализировать схемы скрещиваний, без которых невозможно понять законы наследования признаков, установленные Г. Менделем. Решать задачи на скрещивание родительских форм, при полном и неполном доминировании, кодоминировании, анализирующем скрещивании. Выяснить влияние на расщепление по фенотипу плейотропного действия гена.

**Материалы и оборудование:** схемы, таблицы, рисунки, методические пособия, индивидуальные задания.

**Содержание и методика проведения занятия.** *Моногибридное скрещивание* – это скрещивание двух организмов, различающихся по одной паре контрастных (альтернативных) признаков.

Для составления схем скрещивания используется общепринятая система генетических обозначений.

### **Генетическая символика**

*Доминантные признаки* – А, В, С, Д (заглавные буквы латинского алфавита).

*Рецессивные признаки* – а, в, с, d (строчные буквы латинского алфавита).

*Родители (parentes)* – Р.

*Женский пол* – ♀ (зеркало Венеры).

*Мужской пол* – ♂ (щит и копьё Марса).

*Типы гамет* – G.

*Знак скрещивания* – ×.

*Гибриды первого поколения* – F<sub>1</sub> (Filli – дети).

*Гибриды второго поколения* – F<sub>2</sub>.

При составлении схемы скрещивания генотип материнской особи пишут на первом месте, а отцовской – на втором.

Для понимания закономерностей наследования признаков необходимо иметь четкое представление об основных понятиях генетики.

### **Генетические термины**

*Генотип* – совокупность наследственных задатков (генов) конкретного организма.

*Фенотип* – совокупность всех признаков и свойств организма.

*Альтернативные признаки* – качественные признаки, имеющие два возможных взаимоисключающих состояния (пол мужской или женский; альбинизм – пигментированность и т.д.).

*Доминантный признак* – признак, проявившийся у гибридов первого поколения (*dominantis* – господствующий).

*Доминирование* – явление преобладания одного признака над другим.

*Рецессивный признак* – признак, не появившийся у гибридов первого поколения (*recessis* – отступление).

*Гибридизация* – скрещивание двух организмов, отличающихся альтернативными признаками.

*Аллельные гены* – пара генов (Aa), расположенных в одних и тех же локусах гомологичных хромосом и контролирующих развитие альтернативных признаков (доминантный ген – А, рецессивный ген – а).

*Гомозигота* – организм, содержащий одинаковые аллели одного гена (AA, aa) и дающий 1 тип гамет.

*Гетерозигота* – организм, содержащий разные аллели одного гена (Aa, Bb) и дающий несколько типов гамет.

*Моногибридное скрещивание* – скрещивание родительских форм, которые отличаются по одной паре альтернативных признаков.

*Дигибридное скрещивание* – это скрещивание родительских форм, отличающихся по двум парам альтернативных признаков.

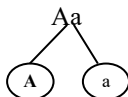
*Полигибридное скрещивание* – скрещивание родительских форм, которые отличаются по трем и более парам альтернативных признаков.

### Определение типов гамет

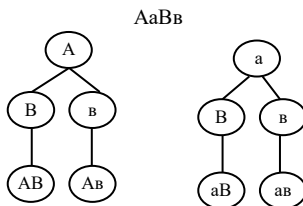
Обязательным условием составления схем моногибридного и полигибридного скрещивания является правильное определение типов гамет. Гаметы несут только по одной из гомологических хромосом, т.е. по одной аллели каждого гена. Исходя из этого гомозигота всегда образует один тип гамет.

Для определения типов гамет, образуемых гетерозиготами при независимом наследовании, используется формула:  $2^n$  (n – число гетерозигот в генотипе).

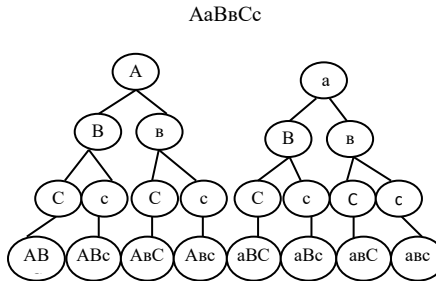
Пример: 1. *Моногетерозигота* Aa дает два типа гамет ( $2^1 = 2$ ):



2. *Дигетерозигота* AaBb дает гаметы четырех типов ( $2^2 = 4$ ) в равном соотношении:



3. Тригетерозигота AaBbCc дает гаметы восьми типов ( $2^3 = 8$ ) в равном соотношении:

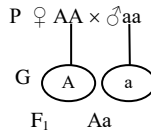


### 1.1.1. Реализация генетической информации при моногибридном скрещивании

#### Схемы законов Г. Менделя

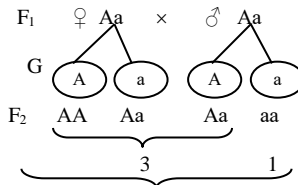
1-й закон.

AA и aa – родители гомозиготны.



Закон единообразия первого поколения

2-й закон. Aa × Aa – родители гетерозиготны, берутся из F<sub>1</sub>(из 1-го закона Г. Менделя):



Расщепление по фенотипу 3 : 1

Расщепление по генотипу 1AA : 2Aa : 1aa

Закон расщепления

Впоследствии было доказано, что законы Г. Менделя справедливы для растений, животных и человека.

## 1.2. Типы доминирования

*Полное доминирование* – явление преобладания одного признака над другими (доминантный аллель А подавляет рецессивный аллель а).

**Пример.** У крупного рогатого скота комолость доминирует над рогатостью. Скрещивали комолоую гомозиготную корову с рогатым быком. В F<sub>1</sub> было получено 2 теленка, а в F<sub>2</sub> – 8 телят. Сколько в потомстве F<sub>2</sub> будет рогатых телят?

### Методика решения задачи

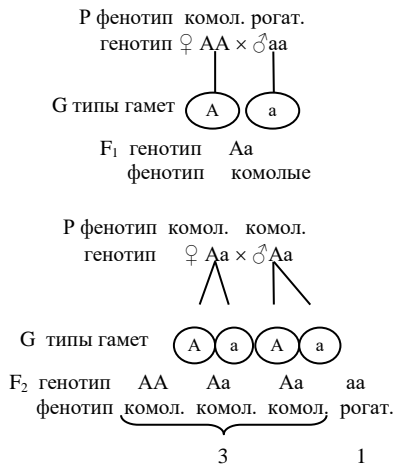
1. Дано:

Ген Признак  
А Комолость  
а Рогатость

F<sub>1</sub> = 2

F<sub>2</sub> = 8

3. Решение:



В F<sub>2</sub> получили расщепление по фенотипу 3 : 1. Так как всего в F<sub>2</sub> получено 8 телят, можно найти, сколько среди них будут рогатыми.

$$\begin{aligned} & 8 \text{ телят} - 4 \text{ части} \\ & x - 1 \text{ часть (рогатых)} \end{aligned}$$

$$x = \frac{8 \times 1}{4} = 2$$

Ответ. В потомстве F<sub>2</sub> будет 2 рогатых теленка.

*Неполное доминирование* – это форма наследования, при которой у гетерозиготных гибридов первого поколения формируется промежуточный фенотип по сравнению с родительскими организмами (признак у гетерозиготной формы выражен слабее, чем у гомозиготной).

**Пример.** У радужной форели ген А, определяющий золотой окрас, неполно доминирует над нормальной (серой) окраской (а). У гибридов F<sub>1</sub> – темно-желтая окраска (Аа). При скрещивании F<sub>1</sub> между собой в F<sub>2</sub> получено 2000 мальков. Сколько среди них будут иметь темно-желтую окраску?

### Методика решения задачи

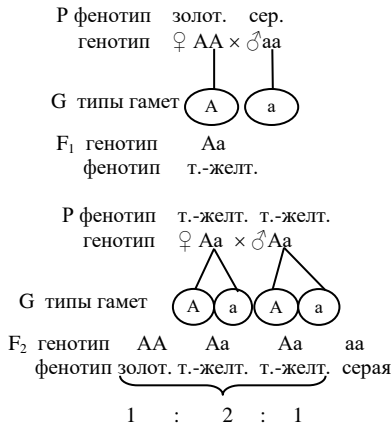
1. Дано:

Ген    Признак  
А    Золотой окрас  
а    Нормальный окрас  
Аа   Темно-желтый окрас  
F<sub>2</sub> = 2000.

2. Найти:

Количество мальков с темно-желтым окрасом (в F<sub>2</sub>) – ?

3. Решение:





В F<sub>2</sub> получено расщепление 1 : 2 : 1 как по генотипу, так и по фенотипу. Так как в F<sub>2</sub> получено 2000 мальков, можно определить количество мальков с темно-желтым окрасом.

$$\begin{aligned} & 2000 - 4 \text{ части} \\ & x - 2 \text{ части (темно-желтых)} \\ & x = \frac{2000 \times 2}{4} = 1000. \end{aligned}$$

Ответ. Количество мальков с темно-желтым окрасом в F<sub>2</sub> равно 1000.

**Кодоминирование** – такое взаимодействие аллельных генов, при котором у гибридного потомства (гетерозигот) проявляются признаки обоих родителей (новый признак). По типу кодоминирования наследуются такие признаки, как группы крови у человека и животных, различные белки и другие качественные признаки.

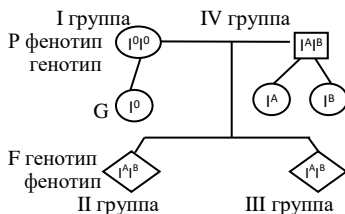
**Пример.** У человека система АВО групп крови обусловлена аллелями гена I. Аллель I<sup>o</sup> детерминирует I группу крови, аллели I<sup>A</sup>– II, I<sup>B</sup>– III. Аллели I<sup>A</sup> и I<sup>B</sup> доминируют над аллелью I<sup>o</sup>, а между собой кодоминантны, и их сочетание в генотипе обуславливает IV группу крови (I<sup>A</sup> I<sup>B</sup>).

У супругов с I и IV группами крови двое детей: родной и приемный. У одного из детей I группа крови, а у другого – II. Можно ли по этим данным определить, какой из детей родной, а какой приемный?

### Методика решения задачи

Ген	Генотип	Фенотип
I <sup>o</sup>	I <sup>o</sup> I <sup>o</sup>	I (O)
I <sup>A</sup>	I <sup>A</sup> I <sup>A</sup> ; I <sup>A</sup> I <sup>o</sup>	II (A)
I <sup>B</sup>	I <sup>B</sup> I <sup>B</sup> ; I <sup>B</sup> I <sup>o</sup>	III (B)
	I <sup>A</sup> I <sup>B</sup>	IV (AB).

Решение:



Ответ. Ребенок с I (I<sup>o</sup>) группой крови – приемный. Родные дети в этой семье могут иметь II или III группы крови.

**Анализирующее скрещивание** – скрещивание, проводящееся для определения неизвестного генотипа организма с доминантным признаком.

Линией-анализатором является рецессивная гомозигота по изучаемому признаку (aa).

**Пример.** У кошек длинная шерсть рецессивна по отношению к короткой. Необходимо выяснить генотип короткошерстной кошки.

### Методика решения задачи

1. Дано:

Ген    Признак  
 А    Короткая шерсть  
 а    Длинная шерсть

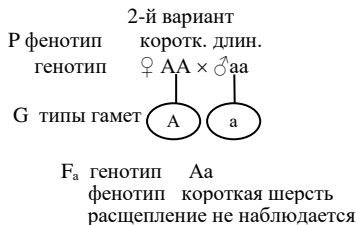
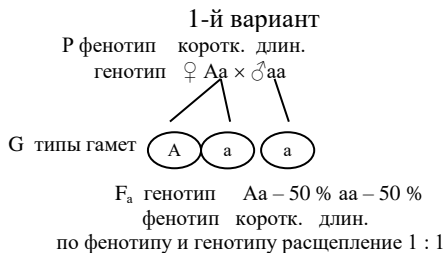
2. Найти:

Генотип короткошерстной кошки – ?

3. Решение:

Возможны два варианта генотипа подопытного животного: он может являться либо гетерозиготой (Aa), либо доминантной гомозиготой (AA).

Для установления его генотипа необходимо провести анализирующее скрещивание с рецессивным гомозиготным котом, у которого длинная шерсть.



Ответ. Таким образом, если в результате анализирующего скрещивания наблюдается расщепление в соотношении 1 : 1, то кошка была гетерозиготной (Aa); если расщепления не наблюдается и все котята F<sub>A</sub> проявляют доминантный признак, то генотип кошки гомозиготный (AA).

**Плейотропия** – множественное действие гена, т.е. заметное влияние одного гена на два или большее количество признаков.

**Пример.** У лисиц платиновая окраска преобладает над серебристо-черной. Однако платиновая окраска меха у лисиц в гомозиготном состоянии не встречается, так как доминантные гомозиготы (AA) гибнут в эмбриональный период индивидуального развития.

При скрещивании платиновых лисиц между собой в потомстве получено 480 щенков. Найти количество щенков с платиновой окраской.

### Методика решения задачи

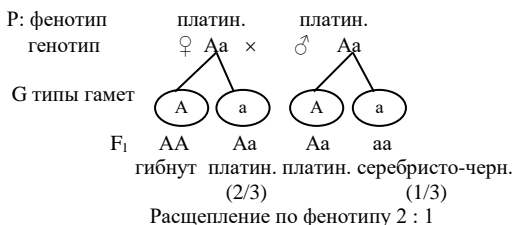
1. Дано:

Ген Признак  
 А Платиновая  
 а Серебристо-черная  
 AA Гибель

2. Найти:

Количество щенков с платиновой окраской – ?

1. Решение:



Так как в потомстве получено 480 щенков, из которых жизнеспособное потомство занимает  $\frac{3}{4}$  (75 %), то можно найти, сколько среди них имеют платиновую окраску:

$$\begin{aligned}
 &480 - 3 \text{ части} \\
 &x - 2 \text{ части} \\
 x &= \frac{480 \times 3}{3} = 320 \text{ щенков.}
 \end{aligned}$$

Ответ. Из общего количества щенков 320 имели платиновую окраску.

## 2. ДИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

**Цель занятия.** Научиться решать задачи при скрещивании родительских форм, различающихся по двум парам альтернативных признаков при полном и промежуточном наследовании. Ознакомиться с решеткой Пеннета. Научиться определять типы гамет.

**Материалы и оборудование:** рисунки, решетка Пеннета, таблицы, методические разработки, индивидуальные задания.

**Содержание и методика проведения занятия.** Дигибридное скрещивание – это скрещивание родительских форм, отличающихся по двум парам альтернативных признаков.

Г. Мендель, не ограничиваясь изучением моногибридного скрещивания, проводит дигибридное скрещивание, где принимались во внимание два альтернативных признака, определяемые двумя парами генов ААВВ у одного родителя и аавв – у другого. Первое поколение, отвечая первому закону Г. Менделя, оказалось *единообразным*. Во втором поколении каждый признак наследовался независимо друг от друга в отношении 3 : 1, т.е. 9 : 3 : 3 : 1 по фенотипу, что соответствует третьему закону Г. Менделя – *закону независимого наследования признаков*: признаки наследуются независимо, так как гены, отвечающие за данные признаки, находятся в разных парах хромосом.

### Схема дигибридного скрещивания

$$\begin{array}{rcc}
 & \text{ААВВ} & \times & \text{аавв} \\
 \text{Р} & \text{♀ } \frac{\text{А}}{\text{А}} \frac{\text{В}}{\text{В}} & \times & \text{♂ } \frac{\text{а}}{\text{а}} \frac{\text{в}}{\text{в}}
 \end{array}$$

Каждая родительская форма характеризуется двумя интересующими нас генами, причем гены, отвечающие за разные признаки, расположены в разных парах гомологических хромосом.

$$\text{Г} \quad \left( \frac{\text{А}}{\text{А}} \right) \quad \left( \frac{\text{а}}{\text{а}} \right)$$

В каждую гамету попадает один ген, отвечающий за один признак, и один ген, отвечающий за другой признак.

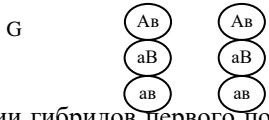
$$\text{F}_1 \quad \frac{\text{А}}{\text{а}} \frac{\text{В}}{\text{в}}$$

В F<sub>1</sub> образуется дигетерозиготный организм, у которого проявляется действие обоих доминантных генов.

$$\text{Р} \quad \text{♀ АаВв} \times \text{♂ АаВв}$$

В период образования половых клеток при мейозе из каждой пары гомологических хромосом в гамету идет только одна. У особей гетерозиготных по двум парам признаков АаВв образуется 4 типа гамет ( $2^n = 2^2 = 4$ ).

$$\left( \frac{\text{АаВв}}{\text{АВ}} \right) \times \left( \frac{\text{АаВв}}{\text{АВ}} \right)$$



При скрещивании гибридов первого поколения каждый из сперматозоидов может оплодотворять любую из яйцеклеток с одинаковой вероятностью. Получается 16 возможных сочетаний гамет отца и матери. Характер расщепления в F<sub>2</sub> удобно определить по решетке Пеннета: в верхней горизонтальной строке записываем типы гамет одного родителя, а слева горизонтально располагаем типы гамет другого родителя. В каждый квадрат на пересечении столбца и строки записываем генотип и фенотип потомка.

Отец \ Мать	АВ	Ав	аВ	ав
АВ	ААВВ	ААВв	АаВВ	АаВв
Ав	ААВв	ААвв	АаВв	Аавв
аВ	АаВВ	АаВв	ааВВ	ааВв
ав	АаВв	Аавв	ааВв	аавв

При анализе наследования признаков (расщепление по фенотипу) удобно пользоваться так называемым фенотипическим радикалом, т.е. той частью генотипа данного организма, которая определяет изучаемые признаки. Таким образом, расщепление по фенотипу будет следующим:

- 9 – А В<sub>-</sub>
- 3 – А вв
- 3 – ааВ<sub>-</sub>
- 1 – аавв

Расщепление по фенотипу образует 4 класса: 9 : 3 : 3 : 1. Расщепление гибридов F<sub>2</sub> по генотипу дает 9 классов в следующем соотношении:

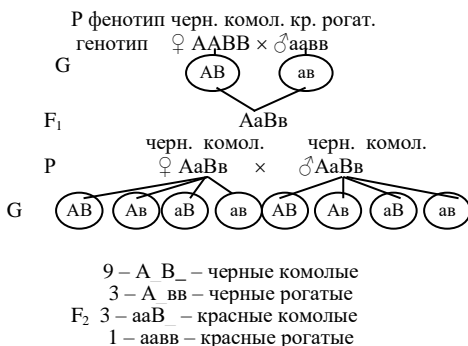
ААВВ	АаВВ	ААВв	АаВв	ААвв	Аавв	ааВВ	ааВв	аавв
1	2	2	4	1	2	1	2	1

**Пример.** У крупного рогатого скота черная масть доминирует над красной, а комолость над рогатостью. Гомозиготные черные комолые коровы были скрещены с красным рогатым быком. Какое потомство по фенотипу получится во втором поколении? Какова вероятность появления в F<sub>2</sub> потомков комолых с красной мастью?

### Методика решения задачи

- |          |                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------------|
| 1. Дано: | 2. Найти:                                                       |
| Ген      | Процент потомков (F <sub>2</sub> ) комолых с красной мастью – ? |
| Признак  |                                                                 |
| А        | Черная                                                          |
| а        | Красная                                                         |
| В        | Комолость                                                       |

в Рогатость  
3. Решение:



♀ \ ♂	AV	Av	aV	av
AV	ч. к.	ч. к.	ч. к.	ч. к.
Av	ч. к.	ч. рог.	ч. к.	ч. рог.
aV	ч. к.	ч. к.	aaBB	aaVv
av	ч. к.	ч. рог.	aaVv	красн. рог.

В F<sub>2</sub> получено расщепление по фенотипу 9 : 3 : 3 : 1. Рассчитываем вероятность появления потомков F<sub>2</sub> комолых с красной мастью:

$$16 \text{ частей} - 100\%$$

$$3 \text{ части} - x$$

$$F = \frac{3 \times 100}{16} = 18,8 \approx 19\%$$

Ответ. Вероятность появления особей комолых с красной мастью равна 19%.

### 3. ТРИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

**Цель занятия.** Научиться решать задачи на тригибридное скрещивание при полном доминировании. Ознакомиться с решеткой Пеннета. Научиться определять типы гамет.

**Материалы и оборудование:** решетка Пеннета, таблицы, методические разработки, индивидуальные задания.

**Содержание и методика проведения занятия.** Тригибридное скрещивание – это скрещивание родительских форм, отличающихся по трем парам альтернативных признаков.

#### Схема тригибридного скрещивания



$$P \quad \begin{array}{c} \text{♀} \quad \underline{A} \quad \underline{B} \quad \underline{C} \\ \text{A} \quad \text{B} \quad \text{C} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{♂} \quad \underline{a} \quad \underline{b} \quad \underline{c} \\ \text{a} \quad \text{b} \quad \text{c} \end{array}$$

Каждая родительская форма характеризуется тремя генами, причем гены, отвечающие за разные признаки, расположены в разных парах гомологических хромосом.



В каждую гамету попадает один ген, отвечающий за один признак, один ген – за другой признак и один ген – за третий признак.

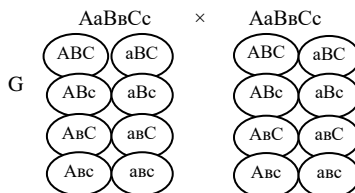
$$F_1 \quad \begin{array}{c} Aa \quad Bb \quad Cc \\ \underline{A} \quad \underline{B} \quad \underline{C} \\ \text{a} \quad \text{b} \quad \text{c} \end{array}$$

В  $F_1$  образуется тригетерозиготный организм, у которого проявляется действие всех трех доминантных генов.

$$Aa \quad Bb \quad Cc \quad Aa \quad Bb \quad Cc$$

$$P \quad \begin{array}{c} \text{♀} \quad \underline{A} \quad \underline{B} \quad \underline{C} \\ \text{a} \quad \text{b} \quad \text{c} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{♂} \quad \underline{A} \quad \underline{B} \quad \underline{C} \\ \text{a} \quad \text{b} \quad \text{c} \end{array}$$

При образовании половых клеток из каждой пары гомологических хромосом в гамету попадает только одна. У особей, гетерозиготных по трем парам признаков  $AaBbCc$ , образуется 8 типов гамет ( $2^n = 2^3 = 8$ ).



При скрещивании гибридов первого поколения каждый из сперматозоидов может оплодотворить любую яйцеклетку с одинаковой вероятностью.

Получается 64 возможных сочетания гамет отца и матери. Характер расщепления в  $F_2$  можно определить при анализе решетки Пеннета.

♀ \ ♂	ABC	ABc	AvC	Авс	aBC	aBc	авC	авс
ABC	AABBCC	AABBCc	AABvCC	AABVcC	AaBBCC	AaBBCc	AaBvCC	AaBVcC
ABc	AABBCC	AABBcc	AABvCc	AABVcc	AaBBCC	AaBBcc	AaBvCc	AaBVcc
AvC	AABvCC	AABvCc	AABvCC	AABvCc	AaBvCC	AaBvCc	AaBvCC	AaBvCc
Авс	AABvCc	AABvcc	AABvCc	AABvcc	AaBvCc	AaBvcc	AaBvCc	AaBvcc
aBC	AaBBCC	AaBBCc	AaBvCC	AaBVcC	aaBBCC	aaBBCc	aaBvCC	aaBVcC

aBc	AaBBcc	AaBBcc	AaBbCc	AaBbcc	aaBBcc	aaBBcc	aaBbCc	aaBbcc
avC	AaBbCC	AaBbCc	AabbCC	AabbCc	aaBbCC	aaBbCc	aabbCC	aabbCc
avc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	Aabbcc	aaBbCc	aaBbcc	aabbCc	aabbbc

Таким образом, расщепление по фенотипу будет следующим:

27	9	9	9	3	3	3	1
A B C	A B cc	A bbC	aaB C	A bbcc	aaB cc	aabbC	aabbbc

Количество фенотипов в F<sub>2</sub> будет равно 8.

Разных генотипов (количество генотипов) в F<sub>2</sub> будет 27 (найти по решетке Пеннета).

**Пример.** У свиней белая масть, курчавость и короткая шерсть доминируют над черной окраской, гладкой и длинной шерстью. Скрещивали гомозиготных с рецессивными признаками свинок с чистопородным самцом белой масти с курчавой короткой шерстью.

В F<sub>1</sub> получено 80 поросят, а в F<sub>2</sub> – 704 поросенка. Сколько из них были черной масти с гладкой длинной шерстью?

### Методика решения задачи

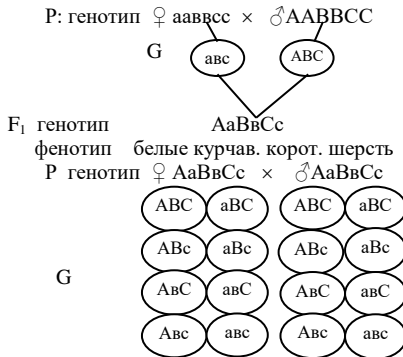
1. Дано:

- A Белая масть
- a Черная масть
- B Курчавая шерсть
- b Гладкая шерсть
- C Короткая шерсть
- c Длинная шерсть
- F<sub>1</sub> = 80 поросят
- F<sub>2</sub> = 704 поросенка

3. Решение:

2. Найти:

- Количество в F<sub>2</sub> поросят черной масти с гладкой короткой шерстью – ?





В F<sub>2</sub> анализ решетки Пеннета показал, что расщепление по фенотипу будет следующим:

27 – A<sub>-</sub>B<sub>-</sub>C<sub>-</sub> – бел. курч. короткая шерсть  
 9 – A<sub>-</sub>B<sub>-</sub>cc – бел. курч. длин. шерсть  
 9 – A<sub>-</sub>vvC<sub>-</sub> – бел. гладк. короткая шерсть  
 9 – aaB<sub>-</sub>C<sub>-</sub> – черн. курч. короткая шерсть  
 3 – A<sub>-</sub>vvcc – бел. гладк. длин. шерсть  
 3 – aaB<sub>-</sub>cc – черн. курч. длин. шерсть  
 3 – aavvC<sub>-</sub> – черн. гладк. короткая шерсть  
 1 – aavvcc – черн. гладк. длин. шерсть

Так как поросят в F<sub>2</sub> получили 704, можно найти, сколько из них будут по фенотипу черными с гладкой короткой шерстью.

$$\begin{aligned} 704 \text{ поросенка} &= 64 \text{ части} \\ x \text{ поросят} &= 3 \text{ части} \\ x &= \frac{704 \times 3}{64} = 33. \end{aligned}$$

Ответ. Количество поросят с черной гладкой и короткой шерстью равно 33.

#### 4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

**Цель занятия.** Научиться решать задачи при разных типах взаимодействия неаллельных генов.

**Материалы и оборудование:** рисунки, решетка Пеннета, методические указания для изучения данной темы, индивидуальные задания.

**Содержание и методика проведения занятия.** К типам взаимодействия неаллельных генов относятся: новообразование, комплементарность, эпистаз, полимерия.

**Новообразование** – такое взаимодействие неаллельных генов (А и В), которые действуют на признак по-разному, но не мешают проявлению друг друга (каждый из них в отдельности проявляется самостоятельно, а оба вместе дают новые качества). Такое взаимодействие генов не вызывает отклонения от типичного отклонения и типичного расщепления.

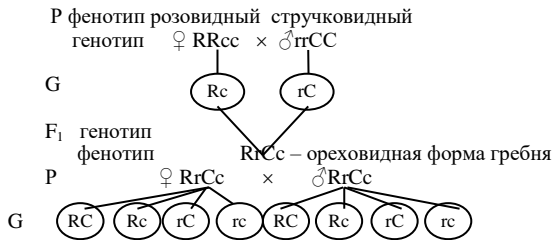
**Пример.** У кур ген розовидной формы гребня R доминирует над геном простого гребня r, а ген стручковидного гребня С – над геном простого гребня с. Взаимодействие генов розовидного гребня R и стручковидного гребня с приводит к возникновению новой формы гребня – ореховидного. При скрещивании кур с розовидным и стручковидным гребнем в F<sub>1</sub> появляются цыплята с ореховидным гребнем. При

разведении «в себе» F<sub>1</sub> в потомстве получено 1600 цыплят со всеми четырьмя фенотипами. Определить количество потомков F<sub>2</sub> с ореховидной формой гребня.

### Методика решения задачи

1. Дано: R<sub>2</sub>cc Розовидный гребень  
 rrC<sub>2</sub> Стручковидный гребень  
 R<sub>2</sub>C<sub>2</sub> Ореховидный гребень  
 rrcc Простой гребень  
 F<sub>1</sub> Ореховидный гребень  
 F<sub>2</sub> 1600 цыплят со всеми формами гребня
2. Найти: Количество цыплят с ореховидной формой гребня (F<sub>2</sub>) – ?

3. Решение:



F <sub>2</sub> ♀ \ ♂	RC	Rc	rC	rc
RC	RRCC орех.	RRCc орех.	RrCC орех.	RrCc орех.
Rc	RRCc орех.	роз.	RrCc орех.	роз.
rC	RrCC орех.	RrCc орех.	стр.	стр.
rc	RrCc орех.	роз.	стр.	прост.

В F<sub>2</sub> получено расщепление по фенотипу 9 : 3 : 3 : 1. Так как цыплят в F<sub>2</sub> получено 1600, можно найти, сколько из них будут иметь ореховидный гребень:

$$1600 \text{ цыплят} - 16 \text{ частей}$$

$$x \text{ цыплят} - 9 \text{ частей}$$

$$x = \frac{1600 \times 9}{16} = 900.$$

Ответ. Количество цыплят с ореховидным гребнем в F<sub>2</sub> равно 900.

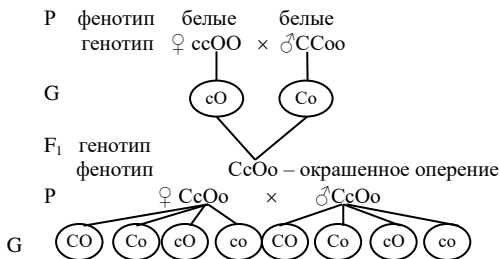
**Комплементарность** – взаимодействие неаллельных генов (А и В), не имеющих в отдельности собственного фенотипического проявления,

только присутствуя в генотипе вместе, гены А и В проявляются. Такое взаимодействие генов вызывает отклонение от типического расщепления.

**Пример.** При скрещивании чистопородных белых минорок с чистопородными белыми шелковистыми курами все F<sub>1</sub> оказались с окрашенным оперением. В F<sub>2</sub> получено 3200 цыплят. Определить количество цыплят F<sub>2</sub> с белым оперением.

### Методика решения задачи

- |                                                                                           |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Дано:                                                                                  | 2. Найти:                               |
| ссОО Белые минорки                                                                        | Количество цыплят                       |
| ССоо Белые шелковистые                                                                    | с белым оперением (F <sub>2</sub> ) – ? |
| С_О_ Окрашенное оперение                                                                  |                                         |
| F <sub>1</sub> Окрашенное оперение                                                        |                                         |
| F <sub>2</sub> 3200 цыплят (9 частей с окрашенным оперением и 7 частей с белым оперением) |                                         |
3. Решение:



F <sub>2</sub>		СО	Со	сО	со
♀	♂	СО	Со	сО	со
СО	окр.	окр.	окр.	окр.	окр.
Со	окр.	ССоо бел.	окр.	ССоо бел.	ССоо бел.
сО	окр.	окр.	ссОО бел.	окр.	ссОО бел.
со	окр.	Ссоо бел.	ссОо бел.	ссОо бел.	ссоо бел.

В F<sub>2</sub> получили расщепление 9 : 7. Так как получено в F<sub>2</sub> 3200 цыплят, можно найти, сколько из них имеют белое оперение:

3200 потомков – 16 частей  
 x потомков – 7 частей

$$x = \frac{3200 \times 7}{16} = 1400.$$

Ответ. Количество цыплят с белым оперением в F<sub>2</sub> равно 1400.

**Эпистаз** – взаимодействие неаллельных генов (А и В), при котором ген одной пары аллелей подавляет действие другого неаллельного ему гена.

При эпистазе наблюдается отклонение от типического расщепления.



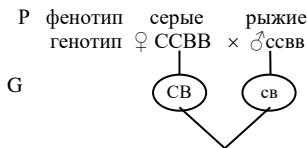
**Пример.** У лошадей серая масть (ген С), связанная с ранним поседением, доминирует над рыжей (ген с). Ген С эпистатичен по отношению к генам В и в. Все лошади, имеющие ген С, будут серыми. При скрещивании серой лошади с генотипом ССВВ с рыжей лошадью с генотипом ссвв в F<sub>1</sub> все жеребята имеют серую масть. Какое расщепление по фенотипу и сколько разных фенотипов в F<sub>2</sub>?

### Методика решения задачи

1. Дано:  
С Серая  
В Вороная  
ссвв Рыжая  
С > В, в

2. Найти:  
Расщепление по фенотипу в F<sub>2</sub> – ?  
Количество разных фенотипов – ?

3. Решение:



F<sub>1</sub> генотип  
                  фенотип

P                    ♀ CcBb × ♂ CcBb – серая масть

G                    ♂ CB   ♂ Cb   ♀ cB   ♀ cb   ♂ CB   ♂ Cb   ♀ cB   ♀ cb

♀ \ ♂	CB	Cb	cB	cb
CB	CCBB сер.	CCBb сер.	CcBB сер.	CcBb сер.
Cb	CCBb сер.	CCbb сер.	CcBb сер.	CcbB сер.
cB	CcBB сер.	CcBb сер.	ccBB вор.	ccBb вор.
cb	CcBb сер.	CcbB сер.	ccBb вор.	ccbb рыж.

В F<sub>2</sub> расщепление по фенотипу 12 : 3 : 1. Таким образом, жеребята могут иметь 3 разных фенотипа: серая масть – 12 частей; вороная масть – 3 части; рыжая масть – 1 часть. Расщепление 12 : 3 : 1.

Ответ. 3 фенотипа.

**Полимерия** – такое взаимодействие неаллельных генов, при котором проявление признака зависит от нескольких разных, но сходно действующих неаллельных генов.

### Полимерия (дигибридная)

#### Кумулятивная

Разные гены действуют на признак одинаково (сходно) и аддитивно (суммируются в действии).  
Расщепление по фенотипу  
1 : 4 : 6 : 4 : 1.

#### Некумулятивная

Разные гены действуют на признак однозначно, но не аддитивно.  
Расщепление по фенотипу  
15 : 1.

По типу кумулятивной полимерии наследуются многие количественные хозяйственно полезные признаки, такие, как живая масса, удои, настриг шерсти, масса яиц и др.

**Пример.** Кролики породы баран имеют висючие уши длиной около 28 см, а кролики других пород – около 12 см. Допустим, что различия в длине ушей зависят от двух пар генов с однозначным (аддитивным) действием. Генотип чистопородных кроликов породы баран – L<sub>1</sub>L<sub>1</sub>L<sub>2</sub>L<sub>2</sub>, а обычных – l<sub>1</sub>l<sub>1</sub>l<sub>2</sub>l<sub>2</sub>. Определить длину ушей кроликов F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub>.

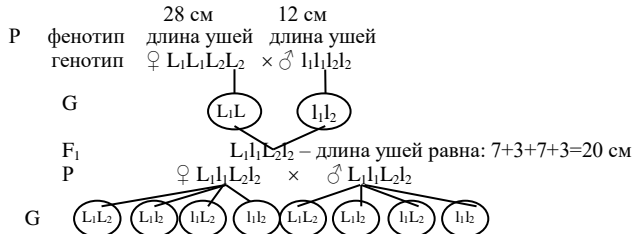
### Методика решения задачи

1. Дано:  
L<sub>1</sub>L<sub>1</sub>L<sub>2</sub>L<sub>2</sub> – 28 см

2. Найти:  
Длина ушей кроликов F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> – ?

$L = 28 : 4 = 7 \text{ см}$   
 $l_1 l_1 l_2 l_2 = 12 \text{ см}$   
 $l = 12 : 4 = 3 \text{ см}$

3. Решение:



♀ \ ♂	$L_1 L_2$	$L_1 l_2$	$l_1 L_2$	$l_1 l_2$
$L_1 L_2$	$L_1 L_1 L_2 L_2$	$L_1 L_1 L_2 l_2$	$L_1 l_1 L_2 L_2$	$L_1 l_1 L_2 l_2$
$L_1 l_2$	$L_1 L_1 L_2 l_2$	$L_1 L_1 l_2 l_2$	$L_1 l_1 L_2 l_2$	$L_1 l_1 l_2 l_2$
$l_1 L_2$	$L_1 l_1 L_2 L_2$	$L_1 l_1 L_2 l_2$	$l_1 l_1 L_2 L_2$	$l_1 l_1 L_2 l_2$
$l_1 l_2$	$L_1 l_1 L_2 l_2$	$L_1 l_1 l_2 l_2$	$l_1 l_1 L_2 l_2$	$l_1 l_1 l_2 l_2$

В F<sub>2</sub> расщепление по фенотипу 1 : 4 : 6 : 4 : 1, т. е. 1 часть имеет длину ушей 28 см; 4 части – 24; 6 частей – 20; 4 части – 16; 1 часть – 12 см.

Ответ. В F<sub>1</sub> все кролики будут иметь длину ушей 20 см; в F<sub>2</sub> могут иметь длину ушей: 28; 24; 20; 16; 12 см.

## 5. ЗАДАЧИ

### 5.1. Моногибридное скрещивание

1. У дрозофилы ген V, отвечающий за развитие нормальных крыльев, доминирует над геном v – зачаточные крылья. При скрещивании мух с нормальными крыльями с особями с зачаточными крыльями гибриды F<sub>1</sub> имели нормальные крылья. В F<sub>2</sub> от скрещивания гибридов F<sub>1</sub> вылетело 1200 потомков с нормальными и 330 с зачаточными крыльями.

1. Укажите генотип одного из родителей, имеющего нормальные крылья.

2. Сколько гамет может дать любой из родителей?

3. Какое соотношение по генотипу может быть в F<sub>2</sub>?

4. Сколько в F<sub>2</sub> могло быть гомозиготных мух с нормальными крыльями?

5. Сколько в F<sub>2</sub> могло быть гетерозиготных мух с нормальными крыльями?

2. У собак породы пойнтер узкая грудная клетка доминирует над широкой. Гомозиготный узкогрудый кобель был скрещен с тремя гомозиготными широкогрудыми сучками. В  $F_1$  родилось 10 щенят, половина из которых были женского пола. В дальнейшем самок  $F_1$  скрестили с кобелем такого же генотипа. В  $F_2$  родилось 24 щенка.

1. Сколько щенят в  $F_1$  будут гетерозиготными?
2. Сколько разных генотипов будут иметь щенята  $F_2$ ?

3. Сколько разных фенотипов по строению грудной клетки было у щенят  $F_2$ ?

4. Сколько щенят в  $F_2$  могут быть гетерозиготными?
5. Сколько щенят в  $F_2$  могли быть широкогрудыми?

3. У собак короткая шерсть доминирует над длинной. Гомозиготная короткошерстная сучка была повязана (спарена) с кобелем, имеющим длинную шерсть. В  $F_2$  родилось 8 щенят женского пола, которых в дальнейшем скрестили с кобелем такого же генотипа, как у самок. В  $F_2$  родилось 32 щенка.

1. Сколько щенят в  $F_1$  будут гетерозиготными?
2. Сколько разных генотипов могут иметь щенята  $F_1$ ?
3. Сколько разных фенотипов по длине шерсти было в  $F_2$ ?
4. Сколько щенят в  $F_2$  могут быть гетерозиготными?
5. Сколько щенят в  $F_2$  могли иметь длинную шерсть?

4. У крупного рогатого скота мясного направления продуктивности обнаружена рецессивная мутация – двойная мускулатура (mh). Лocus этой мутации локализован во второй хромосоме. Общая живая масса у мутантов на 20 % выше, чем у нормальных по этому признаку животных.

Спермой быка с двойной мускулатурой (mhmh) было осеменено 100 гомозиготных коров с нормальной мускулатурой (MhMh). От них родилось 90 телят с нормальной мускулатурой. Через 18 месяцев телочек  $F_1$  осеменили спермой гетерозиготного быка с нормальной мускулатурой. Родилось 72 теленка.

1. Сколько телят в  $F_1$  будут гетерозиготными?
2. Сколько разных генотипов будут иметь телята  $F_2$ ?
3. Сколько разных фенотипов имелось в  $F_2$  по строению мускулатуры?

4. Сколько телят в  $F_2$  могут быть гетерозиготными?
5. Сколько телят в  $F_2$  могли иметь двойную мускулатуру?

5. У диких лисиц встречаются альбиносы. Их окраска рецессивная по отношению к окраске диких лисиц. От двух белых самок-альбиносов и рыжего самца родилось 6 рыжих щенят. После выращивания гибридных самок  $F_1$  спарили с самцом такого же генотипа, как самки. В  $F_2$  родилось 24 щенка.

1. Сколько щенят в  $F_1$  будут гетерозиготными?

2. Сколько разных генотипов будут иметь щенки  $F_1$ ?
3. Сколько разных фенотипов по окраске было у щенят  $F_2$ ?
4. Сколько щенят в  $F_2$  могут иметь рыжий окрас и быть гетерозиготными?

5. Сколько щенят в  $F_2$  могли быть альбиносами?

6. У тонкорунных овец однородная шерсть доминирует над неоднородной. От гетерозиготных родителей тонкорунных овец родилось 68 ягнят.

1. Сколько типов гамет мог иметь каждый из родителей?

2. Сколько ягнят будут иметь неоднородную шерсть?

3. Сколько генотипов может быть у ягнят?

4. Сколько фенотипов будет у ягнят?

5. Сколько ягнят могли иметь однородную шерсть?

7. У радужной форели имеется рецессивный аутосомный ген альбинизма – а, окрашенная форма – А.

В специальном опыте в США при оплодотворении икры окрашенной формы форели с самцом-альбиносом все потомство  $F_1$  имело окрашенное тело. При дальнейшем скрещивании гибридов  $F_1$  между собой появилось 2400 мальков.

1. Сколько типов гамет могут дать гибриды  $F_1$ ?

2. Сколько разных генотипов может быть у гибридов  $F_2$ ?

3. Сколько разных фенотипов будет в  $F_2$ ?

4. Сколько могло быть среди  $F_2$  альбиносов?

5. Сколько могло быть окрашенных гомозигот?

8. У карпа есть рецессивная мутация g – золотые особи, точнее, красные и оранжевые с черными глазами. Этот ген используют для маркировки линий при скрещивании.

Икру гомозиготного дикого карпа (сазана) оплодотворили спермой золотого карпа. В дальнейшем было проведено скрещивание между гибридами  $F_1$ . Появилось 2424 потомка в  $F_2$ .

1. Сколько типов гамет могли дать гибриды  $F_1$ ?

2. Какое расщепление по фенотипу было у карпов  $F_2$ ?

3. Сколько среди гибридов  $F_2$  было гомозиготных?

4. Сколько среди гибридов  $F_2$  было золотистых карпов?

5. Сколько в  $F_2$  было рыб дикого типа?

9. У английской породы овец дорсет выявлен доминантный мутантный ген D – суперразвитие мускулатуры. Локализован в 18-й хромосоме. У мутантов масса мускулатуры на 32 % выше, чем у нормальных (d). От гетерозиготных родителей с суперразвитой мускулатурой родилось 76 ягнят.

1. Сколько из них будут иметь суперразвитую мускулатуру?

2. Сколько ягнят с суперразвитой мускулатурой будут гетерозиготными?

3. Сколько типов гамет мог дать любой из родителей?



4. Сколько ягнят будут иметь нормальную мускулатуру?
5. Сколько типов гамет может быть у ягнят с нормальной мускулатурой?

**10.** У аляскинских и карельских лаек встречается карликовость – аутосомная рецессивная мутация (а). При скрещивании карликовых карельских лаек с самцом нормального роста (АА) в F<sub>1</sub> родились нормальные щенята. От спаривания гибридного потомства F<sub>1</sub> между собой родилось 16 щенят, из них 12 имели нормальный рост и 4 – карликовый.

1. Сколько типов гамет могут образовать гибриды F<sub>1</sub>?
2. Сколько типов гамет может дать карликовое потомство?
3. Сколько гибридов F<sub>1</sub> могут быть гетерозиготными?
4. Сколько гибридов F<sub>2</sub> могут быть гомозиготными?
5. Сколько щенят в F<sub>2</sub> могут быть доминантными гомозиготами?

**11.** У некоторых пород собак имеется аномальный прикус. Это рецессивно-аутосомный признак. Нормальный прикус доминирует над аномальным.

Сучка породы немецкая овчарка, имеющая аномальный прикус, была повязана (случена) с кобелем с нормальным прикусом. Родилось 5 щенят с нормальным прикусом. Гибридных сучек F<sub>1</sub> скрестили с кобелем такого же генотипа, как самки. Родилось 32 щенка.

1. Сколько типов гамет могли дать гибриды F<sub>1</sub>?
2. Какое расщепление по фенотипу могло быть в F<sub>2</sub>?
3. Сколько среди щенят F<sub>2</sub> могло быть гомозиготных?
4. Сколько среди гибридов F<sub>2</sub> могло быть щенят с аномальным прикусом?
5. Сколько щенят среди гибридов F<sub>2</sub> могли иметь нормальный прикус?

**12.** У некоторых пород собак встречается олигодонтия (недостаточное число зубов), которая наследуется по рецессивному типу. Нормальный зубной аппарат доминирует над олигодонтией.

Сучек породы доберман, имеющих олигодонтию, повязали (спарили) со здоровым кобелем по данному признаку. От этого спаривания родилось 16 здоровых щенят. Гибридных сучек F<sub>1</sub> скрестили с кобелем такого же генотипа, как сучки. Родилось 36 щенят.

1. Сколько типов гамет могут дать гибриды F<sub>1</sub>?
2. Какое расщепление по генотипу может быть в F<sub>2</sub>?
3. Сколько среди щенят F<sub>2</sub> могло быть гомозиготных?
4. Сколько среди гибридов F<sub>2</sub> могло быть щенят с олигодонтией?
5. Сколько щенят среди гибридов F<sub>2</sub> имели нормальное число зубов?

**13.** У свиней белая окраска доминирует над черной. При скрещивании черного хряка с белой самкой в F<sub>1</sub> получено 18 поросят, а в F<sub>2</sub> – 72 поросенка.

1. Сколько типов гамет может дать черный хряк?

2. Сколько в  $F_1$  получено белых поросят?
3. Сколько разных фенотипов в  $F_2$ ?
4. Сколько гетерозиготных поросят получено в  $F_2$ ?
5. Сколько поросят  $F_2$  имеют черную масть?

**14.** У лошадей встречается наследственное заболевание гортани, при котором во время бега больные животные издают хрип, испытывают удушье. При скрещивании гетерозиготных особей между собой было получено 17 жеребят, из которых 5 были здоровыми.

1. Каков характер наследования данного заболевания?
2. Сколько типов гамет дает гетерозигота?
3. У скольких жеребят проявится удушье?
4. У скольких особей в последующем поколении могут появиться здоровые потомки?
5. Сколько гетерозиготных особей получено в потомстве?

**15.** У кур породы гудан хохол контролируется неполностью доминантным аутосомным геном А, отсутствие хохла – а.

При скрещивании хохлатых петухов АА и кур без хохла (аа) в  $F_1$  вылупились цыплята с неполно выраженным хохлом. В дальнейшем гибриды  $F_1$  скрещивали между собой. В  $F_2$  вылупилось 200 цыплят.

1. Сколько гамет может дать гибрид  $F_1$ ?
2. Сколько цыплят в  $F_2$  были хохлатыми?
3. Сколько цыплят в  $F_2$  имели неполно выраженную хохлатость?
4. Сколько цыплят в  $F_2$  не имели хохла?
5. Сколько цыплят были гомозиготными в  $F_2$ ?

**16.** У норок есть мутация джет N (сплошная черная окраска), которая неполно доминирует над стандартным типом n. Окраска гетерозигот носит название «черный янтарь».

При скрещивании стандартных норок с самцами джет родилось гибридное потомство  $F_1$ , которое в дальнейшем спаривалось между собой. Родилось 124 щенка.

1. Сколько типов гамет могли дать гибриды  $F_1$ ?
2. Какое расщепление по фенотипу могло быть у щенят?
3. Сколько среди гибридов  $F_2$  могло быть гомозиготных щенят?
4. Сколько щенят  $F_2$  могли иметь окраску «черный янтарь»?
5. Сколько среди гибридов  $F_2$  было щенят стандартного типа?

**17.** У кур есть мутация голошейка Na. Они не имеют пера и пуха на шее. В некоторых странах голошейки используются в мясном птицеводстве. Мутация неполно доминантная: гетерозиготы имеют на шее пучки коротких перьев.

Скрещивали нормальных кур папа с петухами породы голошейка NaNa. Затем гибридов  $F_1$  скрестили между собой. В  $F_2$  вылупилось 160 цыплят.

1. Сколько типов гамет могли дать гибриды  $F_1$ ?
2. Какое расщепление по фенотипу было у цыплят в  $F_2$ ?
3. Сколько среди гибридов  $F_2$  было гомозиготных цыплят?

4. Сколько цыплят в  $F_2$  имели на шее пучки коротких перьев?

5. Сколько в  $F_2$  было цыплят с нормальным оперением?

**18.** У собак прямая шерсть доминирует над курчавой. У гибридов  $F_1$  шерсть волнистая (неполное доминирование). Курчавая самка, родители которой имели волнистую шерсть, несколько раз спаривалась с самцом, имеющим волнистую шерсть. В результате родилось 22 щенка.

1. Сколько типов гамет может образовать курчавая самка?

2. Сколько щенят из 22 могли иметь курчавую шерсть?

3. Сколько типов гамет могут иметь щенята с волнистой шерстью?

4. Сколько щенят имели волнистую шерсть?

5. Сколько щенят имели прямую шерсть?

**19.** Для кур породы брама характерно медленное оперение (К), которое неполно доминирует над быстрым оперением (к). Последнее проявляется у яичных пород (белый леггорн).

Гомозиготных кур породы брама скрестили с гомозиготными петухами породы леггорн. Потомство  $F_1$  в дальнейшем спаривалось между собой. Вылупилось 840 цыплят  $F_2$ .

1. Сколько типов гамет могли дать гибриды  $F_1$ ?

2. Какое расщепление по фенотипу было у цыплят  $F_2$ ?

3. Сколько среди гибридов  $F_2$  было гомозиготных цыплят?

4. Сколько цыплят  $F_2$  имели промежуточную скорость роста перьев?

**20.** У радужной форели ген А, определяющий золотой окрас, неполно доминирует над нормальной окраской (а). У гибридов  $F_1$  – темно-желтая масть.

Самки темно-желтого окраса были скрещены с нормальным самцом. В  $F_1$  получено 118 темно-желтых потомков и 108 нормальной окраски. В родословной нормальных по окрасу рыб не встречались потомки с золотой окраской. При скрещивании гибридов  $F_1$  между собой появились потомки трех типов.

1. Какой генотип был у самок темно-желтого окраса?

2. Какой генотип был у самца с нормальным окрасом?

3. Сколько типов гамет мог дать гибрид  $F_1$ ?

4. Сколько типов генотипов может быть у потомков  $F_2$ ?

5. Какое расщепление по фенотипу могло быть в  $F_2$ ?

**21.** У рыб известна мутация голубой карп – b, которая рецессивна по отношению к неголубому карпу – B.

Неголубые матки были оплодотворены спермой голубого самца. От скрещивания получили 1800 голубых и 1680 неголубых потомков.

1. Каков генотип голубого самца?

2. Каков генотип неголубой самки?

3. Сколько типов гамет могут дать неголубые самки в  $F_1$ ?

4. Сколько генотипов могли иметь потомки от данного скрещивания?

5. Какое расщепление по фенотипу будет от разведения потомков между собой?

**22.** У собак жесткая шерсть А доминирует над нормальной а. Самка с нормальной шерстью, оба родителя которой имели жесткую шерсть, несколько раз спаривалась с гетерозиготным жесткошерстным самцом, в результате получили 26 щенят.

1. Сколько типов гамет могут образовывать самки с нормальной шерстью?

2. Сколько типов гамет могли дать родители нормальношерстной самки?

3. Сколько щенят из 26 могли иметь жесткую шерсть?

4. Сколько щенят могли иметь нормальную шерсть?

5. Сколько жесткошерстных щенят были гомозиготными?

**23.** В США выведены бесхвостые овцы – рецессивная мутация (aa). Бесхвостые матки спаривались с хвостатым самцом. В F<sub>1</sub> родилось 28 хвостатых ягнят и 32 бесхвостых. В родословной маток хвостатых предков не было.

1. Сколько типов гамет могут дать матери потомков F<sub>1</sub>?

2. Сколько типов гамет могло быть у отца?

3. Сколько ягнят, имеющих хвост, были гетерозиготными?

4. Сколько бесхвостых ягнят были гетерозиготными?

5. Могут ли появиться у бесхвостых овец в дальнейшем хвостатые?

**24.** Норки тень имеют сильно осветленную подпушь. Верхний более темный ярус волос, располагаясь над светлой подпушью, создает вуаль. Мутация определяется геном S. В гомозиготном состоянии ген S летален, ss – стандартный тип.

При скрещивании норок тень Ss между собой родилось 24 щенка.

1. Сколько типов гамет могли дать норки тень?

2. Какое расщепление по фенотипу могло быть у щенят F<sub>1</sub>?

3. Сколько среди гибридов F<sub>1</sub> могло быть гомозиготных щенят?

4. Сколько щенят F<sub>1</sub> имели окраску тень?

5. Сколько щенят погибает в период эмбриогенеза?

**25.** Среди многообразия окрасов у нутрий встречаются зверьки с желтой окраской волосяного покрова – золотистые нутрии. Это доминантная мутация V, в гомозиготном состоянии ген летален. У диких нутрий коричневая окраска детерминирована геном v.

От скрещивания 320 желтых нутрий с самцами такого же генотипа родилось 1260 щенят, из них желтых было в два раза больше, чем коричневых.

1. Какой генотип был у желтых маток?

2. Сколько желтых щенков были гомозиготными?

3. Какой генотип был у коричневых щенков?

4. Сколько коричневых щенков от данного скрещивания были гомозиготными?

5. Сколько получено желтых щенят?
6. Сколько желтых щенят были гетерозиготными?

**26.** Окрас серебристо-соболиной норки  $F$  доминирует над коричневой  $f$  (стандарт). Гомозиготность по гену  $F$  приводит к гибели щенят. Серебристо-соболиная норка имеет резкую контрастность в окраске пушковых и кроющих волос.

При скрещивании серебристо-соболиных норок между собой родилось 93 щенка.

1. Сколько типов гамет может быть у материнской особи?
2. Сколько генотипов было у щенят  $F_1$ ?
3. Сколько фенотипов было у щенят  $F_1$ ?
4. Какое расщепление по фенотипу наблюдается у щенят  $F_1$ ?
5. Сколько родилось диких (стандартных) щенят?

### **5.2. Дигибридное скрещивание**

**1.** У крупного рогатого скота комолость (отсутствие рогов)  $P$  доминирует над рогатостью  $p$ , черная масть  $B$  – над красной  $b$ . Оба гена наследуются независимо.

От осеменения 260 красных рогатых коров спермой гомозиготного комолого черного быка родилось 136 телочек. Этим телкам в возрасте полутора лет осеменили спермой комолого черного быка такого же генотипа, как у телок. В  $F_2$  родилось 64 теленка.

1. Сколько телок  $F_1$  могли быть гетерозиготными?
2. Сколько появилось телят в  $F_2$  с новым сочетанием признаков?
3. Сколько телят были гомозиготными по обоим признакам?
4. Сколько телят были дигетерозиготными в  $F_2$ ?
5. Сколько телят были рецессивными гомозиготами по двум признакам в  $F_2$ ?

**2.** У крупного рогатого скота комолость  $P$  (отсутствие рогов) доминирует над рогатостью  $p$ , черная масть  $B$  – над красной  $b$ . Признаки наследуются независимо.

Бык и коровы черные комолые. От них получено 48 телят: 27 черных комолых, 9 красных комолых, 9 черных рогатых, 3 красных рогатых.

1. Сколько типов гамет могут дать матери телят?
2. Сколько типов гамет может дать отец телят?
3. Сколько телят были гомозиготными по двум генам?
4. Сколько телят были гомозиготными по гену  $B$ ?
5. Сколько телят были гетерозиготными по двум генам?

**3.** Среди европейских пород крупного рогатого скота мясного направления продуктивности встречается рецессивная мутация «двойная мускулатура». У этих животных выход мясной продукции на 20 % выше, чем у обычного скота. Лocus «двойной мускулатуры» локализован во 2-й хромосоме. Комолость  $P$  доминирует над рогатостью, locus  $P$  локализован в 1-й хромосоме.

Спермой рогатого быка с нормальной мускулатурой было осеменено 58 комолых коров с «двойной мускулатурой». Родилось 56 телят, из них: 15 комолых нормальных, 14 рогатых нормальных, 14 комолых с «двойной мускулатурой», 13 рогатых с «двойной мускулатурой».

1. Сколько типов гамет могли дать матери телят?
2. Сколько типов гамет могло быть у отца?
3. Сколько телят были гомозиготными по двум генам?
4. Сколько было дигетерозиготных телят?
5. Сколько телят были гомозиготными по одному гену Р?

**4.** У морских свинок черная окраска шерсти В доминирует над белой b, грубошерстность R – над гладкой шерстью r. Гены R и B наследуются независимо.

Множественно скрещивали гомозиготных морских свинок черной окраски, имеющих грубую шерсть, с гомозиготными гладкошерстными белыми самцами. Гибридов F<sub>1</sub> скрестили с такими же самцами. Родилось 320 потомков.

1. Сколько разных генотипов могло быть у гибридов F<sub>1</sub> от этого скрещивания?

2. Сколько разных типов гамет могут дать гибриды F<sub>1</sub>?
3. Какое расщепление по фенотипу было в F<sub>2</sub>?
4. Сколько гибридов F<sub>2</sub> могут иметь белую гладкую шерсть?
5. Сколько гибридов F<sub>2</sub> могут иметь черную гладкую шерсть?

**5.** Черную грубошерстную морскую свинку скрещивали с грубошерстным альбиносом (см. условия предыдущей задачи). В потомстве оказалось 13 черных грубошерстных, 15 грубошерстных альбиносов, 5 черных гладкошерстных и 5 гладкошерстных альбиносов.

1. Какое расщепление по фенотипу будет в потомстве?
2. Сколько типов гамет может дать самка?
3. Сколько типов гамет может дать самец?
4. Могут ли дать расщепление при дальнейшем скрещивании гладкошерстные альбиносы?
5. Сколько типов гамет могут дать черные гладкошерстные морские свинки?

**6.** У собак короткая шерсть определяется геном L, длинная – l; укороченная нижняя челюсть t рецессивна к нормальной T. Оба признака наследуются независимо.

Гомозиготный короткошерстный кобель с нормальной челюстью был спарен с тремя гомозиготными сучками, у которых длинная шерсть и укороченная челюсть. Родилось 10 щенят, из которых 6 сучек. Все они были короткошерстными с нормальной челюстью. В дальнейшем гибридных сучек F<sub>1</sub> скрестили с кобелем такого же генотипа. Родилось 32 щенка.

1. Сколько потомков F<sub>1</sub> были дигетерозиготными?
2. Сколько типов гамет могут дать щенки F<sub>1</sub>?

3. Сколько щенков  $F_2$  были гомозиготными?  
4. Сколько щенят  $F_2$  были длинношерстными и имели укороченную челюсть?

5. Сколько щенят  $F_2$  были короткошерстными и имели нормальную челюсть?

7. У собак коротконогость  $N$  доминирует над высоконогостью  $n$ , нормальное число зубов  $P$  над частично редуцированной зубной системой  $p$ .

Высоконогая самка с нормальной зубной системой и коротконогий самец с редукцией зубов имеют 5 щенков: 1 – высоконогий с нормальными зубами, 1 – коротконогий с нормальными зубами, 1 – коротконогий с редуцированными зубами, 2 – высоконогих с редуцированными зубами.

1. Сколько типов гамет может иметь самка?

2. Сколько типов гамет может быть у самца?

3. Сколько типов гамет могут дать высоконогие потомки с частично редуцированными зубами?

4. Сколько типов гамет может дать коротконогое потомство с нормальными зубами?

5. Какой генотип может иметь высоконогое потомство с нормальными зубами?

8. Гернсейская порода крупного рогатого скота молочного направления продуктивности – масть желтая ( $bb$ ), белые живот, ноги и вымя ( $Ss$ ). Черно-пестрая порода – масть черная с белыми полосами и отметинами на теле ( $BBSs$ ). Гены локализованы в разных хромосомах. Коровы ( $230$ ) гернсейской породы ( $bbSs$ ) были осеменены спермой черно-пестрого быка. Родилось 208 телят.

1. Сколько потомков  $F_1$  могут быть дигетерозиготными?

2. Сколько потомков  $F_1$  могут быть моногетерозиготными?

3. Сколько типов гамет могли дать дигетерозиготные телки  $F_1$ ?

4. Сколько типов гамет могли дать моногетерозиготные телята  $F_1$ ?

5. Сколько телят в  $F_1$  могли иметь черную масть с белыми полосами и отметинами на теле?

9. У некоторых пород свиней встречается однопалость  $B$  – синдактилия, которая доминирует над двупалостью  $b$  – нормой. Белая масть крупной белой породы  $I$  доминирует над черной  $i$ , типичной для крупной черной породы свиней.

Белый однопалый хряк был спарен с черными нормальными свиньями. Родилось в  $F_1$  30 белых однопалых поросят. В дальнейшем потомство  $F_1$  скрещивали с черным двупалым хряком. В  $F_2$  родилось 144 потомка.

1. Сколько разных генотипов могло быть у гибридов  $F_1$ ?

2. Сколько типов гамет могло быть у гибридов  $F_1$ ?

3. Сколько разных фенотипов могло быть у поросят  $F_2$ ?

4. Сколько потомков  $F_2$  могли быть черными однопальцами?
5. Сколько поросят в  $F_2$  были гомозиготными по двум генам?

**10.** У кур коротконогость А доминирует над нормальными ногами. В гомозиготном состоянии ген А летален. Окраска оперения определяется геном С, рецессивный ген с вызывает белую окраску оперения.

Коротконогих кур с коричневым (СС) оперением спаривали с белыми коротконогими петухами. Вывелось 666 цыплят.

1. Сколько типов гамет могли дать матери цыплят  $F_1$ ?
2. Сколько генотипов могли иметь гибриды  $F_1$ ?
3. Сколько разных фенотипов имели гибриды  $F_1$ ?
4. Сколько цыплят имели коричневое оперение?
5. Сколько цыплят имели нормальные ноги и коричневое оперение?

**11.** У человека праворукость доминирует над леворукостью, кареглазость – над голубоглазостью.

Голубоглазый правша, отец которого был левшой, женится на кареглазой правше из семейства, все члены которого в течение нескольких поколений имели карие глаза.

1. Укажите генотип отца детей.
2. Сколько типов гамет может быть у отца?
3. Сколько типов гамет может быть у матери детей?
4. Каков фенотип у их детей?
5. Сколько разных генотипов было у их детей?

**12.** У человека курчавые волосы доминируют над прямыми, наличие веснушек – над их отсутствием.

Отец с курчавыми волосами и без веснушек и мать с прямыми волосами и с веснушками имеют троих детей. Все дети имеют веснушки и курчавые волосы.

1. Указать генотип отца.
2. Указать генотип матери.
3. Указать генотип их детей.
4. Сколько разных генотипов может быть у их детей?
5. Когда дети вырастут, сколько типов гамет может у них быть?

**13.** У человека кареглазость доминирует над голубоглазостью, а большой нос – над нормальным размером носа.

Женщина, имеющая нос нормального размера и карие глаза, выходит замуж за голубоглазого мужчину с большим носом (гетерозиготный по данному признаку). У них родилось четыре ребенка. Первый сын был голубоглазым и с большим носом.

1. Сколько типов гамет может быть у матери этих детей?
2. Сколько типов гамет может быть у отца?
3. Может ли в этой семье родиться кареглазый ребенок с нормальным носом?
4. Может ли в этой семье родиться голубоглазый ребенок с нормальным носом?



5. Может ли родиться ребенок, имеющий фенотипические и генетические признаки отца?

**14.** Впервые снежные нутрии (генотип  $ttVv$ ) были получены при скрещивании лимонных нутрий ( $TtVv$ ) между собой. В потомстве появились щенята разных окрасов и генотипов:  $TTvv$  – коричневые стандартные,  $TTVv$  – золотистые,  $Ttvv$  – серебристые,  $ttvv$  – белые итальянские. При гомозиготе  $VV$  – летальный исход.

От скрещивания между самцами и самками лимонных нутрий родилось 216 щенков.

1. Сколько типов гамет могли дать родители?

2. Сколько щенков от этого скрещивания имели новую окраску – снежные нутрии?

3. При дальнейшем разведении снежных нутрий будет ли идти расщепление?

4. Сколько щенков в  $F_2$  имели окрас лимонных нутрий?

5. Сколько щенков в  $F_2$  имели стандартную окраску меха?

**15.** Среди многообразия окрасов у нутрий встречаются белые зверьки – снежные нутрии. Их генотип  $ttVv$ . Они получены в Славском зверсовхозе Калининградской области (см. задачу 14).

От скрещивания 32 лимонных самок (светло-желтая окраска) с такими же лимонными самцами (генотип  $TtVv$ ) родилось 84 щенка разных окрасок, в том числе и снежные нутрии. При гомозиготном  $VV$  – летальный исход. Могут быть и другие щенята:  $TTvv$  – коричневые стандартные;  $TTVv$  – золотистые;  $Ttvv$  – серебристые;  $ttvv$  – белые итальянские.

1. Сколько типов гамет могут давать снежные нутрии?

2. Сколько типов гамет могут давать лимонные нутрии?

3. Сколько может быть особей снежного типа из 84 щенят?

4. Сколько в  $F_1$  родилось коричневых (стандартных) щенят?

5. Сколько лимонных щенят родилось в  $F_1$ ?

**16.** Гены линейного зеркального карпа доминируют над голым. Генотип линейного зеркального карпа –  $SSNn$ , у гибридов  $F_1$  –  $SsNn$ ; генотип голого карпа –  $ssNn$ , чешуйчатого карпа –  $SSnn$  и разбросанного зеркального –  $ssnn$ . Карпы, имеющие ген  $N$  в гомозиготе, погибают на стадии выклеывания или вскоре после выхода личинки из оболочки.

При оплодотворении икры дигетерозиготной самки линейного зеркального карпа спермой самца такого же генотипа появилось 16000 потомков.

1. Сколько типов гамет может дать дигибридный линейный зеркальный карп?

2. Сколько разных генотипов может быть у гибридов  $F_1$ ?

3. Сколько рыб имели генотип линейного зеркального карпа?

4. Сколько рыб имели фенотип голого карпа?

5. Сколько рыб имели фенотип разбросанного зеркального карпа?

**17.** Икру дигетерозиготной самки линейного зеркального карпа осеменовали спермой разбросанного зеркального карпа. Появилось 504 особи (см. задачу 16).

1. Сколько типов гамет может дать мать?
2. Сколько генотипов может быть у гибридов  $F_A$ ?
3. Сколько потомков  $F_A$  имели фенотип линейного зеркального карпа?
4. Сколько потомков  $F_A$  имели фенотип разбросанного зеркального карпа?
5. Сколько потомков  $F_A$  имели сплошной чешуйчатый покров?

**18.** Серебристо-черная лисица имеет генотип  $NNww$ . В некоторых странах при разведении серебристо-черных лисиц появлялись более осветленные звери, которых стали называть платиновыми. Осветление окраса определяется геном  $W$ , генотип платиновой лисицы –  $NNWw$ . При гомозиготном генотипе  $WW$  – летальный исход. Гены  $n$  и  $w$  локализованы в разных хромосомах.

При скрещивании платиновых лисиц между собой родилось 108 щенят.

1. Сколько типов гамет может производить каждый из родителей?
2. Какое расщепление по фенотипу может быть у щенят  $F_1$ ?
3. Какое расщепление по генотипу может быть у щенят  $F_1$ ?
4. Сколько щенят в  $F_1$  имели серебристо-черную окраску?
5. Сколько щенят в  $F_1$  имели платиновую окраску?

**19.** У коров комолость  $P$  доминирует над рогатостью  $p$ , а красная масть  $R$  над белой  $r$ . У шортгорнской породы гетерозиготные по красной и белой окраске животные имеют чалый цвет шерсти.

Гомозиготные комолые белые коровы скрещивались с гомозиготными рогатыми красными быками. Животные  $F_1$  скрещивались между собой. В  $F_2$  было получено 64 животных.

1. Сколько разных типов гамет могла образовать корова  $F_1$ ?
2. Сколько разных генотипов было в  $F_2$ ?
3. Сколько разных фенотипов имели животные в  $F_2$ ?
4. Сколько животных были комолыми красными?
5. Сколько животных были рогатыми чалыми?

**20.** У карпа обычная (темно-серая) окраска преобладает над голубой, а наличие орнамента (светло-желтые полосы на голове и вдоль плавников) - над его отсутствием. Проведено анализирующее скрещивание, в результате которого получено 480 мальков.

1. Сколько типов гамет образуют гетерозиготные особи?
2. Сколько разных фенотипов образуется в  $F_A$ ?
3. Сколько разных генотипов образуется в  $F_A$ ?
4. Сколько мальков имеют обычную окраску и орнамент?
5. Сколько гомозиготных особей получено в  $F_A$ ?

### 5.3. Тригибридное скрещивание

1. У крупного рогатого скота нормальная шерсть  $L$  доминирует над длинной  $l$ , курчавая шерсть  $R$  над гладкой  $r$ , комолость  $P$  над рогатостью  $p$ . Все три гена локализованы в разных хромосомах.

Комолых коров галловейской породы с длинной и курчавой шерстью осеменили спермой рогатого быка герефордской породы с нормальной и гладкой шерстью. Всего родилось 80 телят, из них 32 комолых теленка с нормальной курчавой шерстью, 30 комолых телят с курчавой длинной шерстью, 10 комолых с гладкой нормальной шерстью и 8 комолых с гладкой длинной шерстью.

1. Сколько типов гамет могут дать коровы?
2. Сколько типов гамет может дать отец?
3. Сколько телят были дигетерозиготными?
4. Сколько телят были тригетерозиготными?
5. Сколько телят при дальнейшем разведении не дадут расщепления?

2. Среди потомства можно выделить 8 различных типов особей в соотношении  $1:1:1:1:1:1:1:1$  (можно использовать любые символы).

1. Указать генотип материнской формы.
2. Указать генотип отцовской формы.
3. Сколько типов гамет может дать материнская форма?
4. Сколько типов гамет может дать отцовская форма?
5. Сколько среди потомков  $F_A$  может быть гомозиготных по трем генам?

3. У собак короткая шерсть определяется геном  $L$ , длинная –  $l$ , курчавая шерсть –  $R$ , гладкая –  $r$ , черная масть –  $B$ , белая –  $b$ . Гены наследуются независимо.

Самка, имеющая курчавую длинную черную шерсть, многократно была спарена с черным короткошерстным курчавым самцом. В нескольких пометах этой пары родилось 16 курчавых короткошерстных черных щенят, 15 курчавых длинношерстных черных, 5 гладких короткошерстных черных и 4 гладких длинношерстных черных.

1. Сколько типов гамет может дать мать этого потомства?
2. Сколько типов гамет может дать отец?
3. Сколько щенков были гомозиготными по трем генам?
4. Сколько щенков были дигетерозиготными?
5. Сколько щенков были моногетерозиготными?

4. У собак короткая шерсть  $L$  доминирует над длинной –  $l$ , прямой хвост  $r$  рецессивен по отношению к кривохвостости  $R$ , черная масть  $B$  доминирует над белой  $b$ .

Гетерозиготный черный кобель с длинной шерстью и прямым хвостом многократно спаривался с белой сучкой, гетерозиготной по короткой шерсти и с кривым хвостом  $Rr$ . Родилось 24 щенка.

1. Сколько типов гамет может дать мать этих щенков?
2. Сколько типов гамет может дать отец?

3. Сколько щенков были дигетерозиготными?
4. Сколько щенков были гомозиготными по трем генам?
5. Сколько щенков были гетерозиготными по трем генам?

5. У немецких овчарок короткая лапа  $F$  (кошачья) доминирует над длинной  $f$ , жесткая шерсть  $D$  – над нормальной  $d$ , прямая  $A$  – над волнистой  $a$ . Все гены локализованы в разных хромосомах.

Самец с жесткой прямой шерстью и короткой лапой был спарен с самкой, имеющей нормальную волнистую шерсть и короткую лапу. В нескольких пометах этой пары родилось 9 щенят с жесткой прямой шерстью и короткой лапой, 10 – с жесткой волнистой шерстью и короткой лапой, 3 щенка с жесткой волнистой шерстью и длинной лапой и 2 – с жесткой прямой шерстью и длинной лапой.

1. Сколько типов гамет может дать мать этого потомства?
2. Сколько типов гамет может дать отец этих щенят?
3. Сколько щенков были гомозиготными по трем генам?
4. Сколько щенков были моногетерозиготными?
5. Сколько щенков были дигетерозиготными?

6. У человека некоторые формы близорукости доминируют над нормальным зрением, праворукость – над леворукостью, фенилкетонурия рецессивна к нормальному состоянию. Все гены наследуются независимо. Фенилкетонурия – это синдром, при котором фенилаланин накапливается в плазме крови, моче и у ребенка нарушается умственное развитие.

Близорукий левша вступает в брак с женщиной, нормальной по обоим признакам. Известно, что у обоих супругов были братья и сестры, страдающие фенилкетонурией, но сами они нормальны по этому признаку. В их семье первый ребенок был нормален в отношении всех трех признаков, второй был близоруким левшой, третий оказался больным фенилкетонурией.

1. Определить генотип отца троих детей.
2. Определить генотип матери троих детей.
3. Сколько типов гамет может быть у отца детей?
4. Сколько типов гамет может быть у матери детей?
5. Каковы генотипы всех детей?

7. У морских свинок розеточная шерсть  $R$  доминирует над гладкой  $r$ , черная окраска  $B$  над белой  $b$  и короткая шерсть  $L$  над длинной  $l$ . Скрещивали гомозиготную морскую свинку, имеющую все три признака в доминантном состоянии, с самцами, имеющими рецессивные признаки. В  $F_1$  было получено 32 потомка, от скрещивания их между собой было получено 64 потомка  $F_2$ .

1. Сколько разных генотипов было в  $F_1$ ?
2. Сколько животных  $F_1$  имели доминантные признаки?
3. Сколько разных генотипов было в  $F_2$ ?

4. Сколько в  $F_2$  было животных с белой длинной розеточной шерстью?

5. Сколько в  $F_2$  было животных с черной короткой гладкой шерстью?

8. У кур оперенные ноги  $A$  доминируют над голыми  $a$ , розовидный гребень  $R$  - над простым, а белое оперение  $I$  - над окрашенным  $i$ . Скрещивали гомозиготную курицу с оперенными ногами, розовидным гребнем и белым оперением с петухом, у которого все признаки в рецессивном состоянии. От этого скрещивания в  $F_1$  получено 120 цыплят, а в  $F_2$  - 3200 цыплят.

1. Сколько гибридов  $F_1$  имели все доминантные признаки?

2. Сколько типов гамет могла образовать курица в  $F_1$ ?

3. Сколько разных фенотипов имели цыплята в  $F_2$ ?

4. Сколько гибридов  $F_2$  имели все рецессивные признаки?

5. Сколько в  $F_2$  могло быть гомозиготных генотипов по двум генам?

9. У кур оперенные ноги  $A$  доминируют над голыми  $a$ , розовидный гребень  $R$  - над простым, а белое оперение  $I$  - над окрашенным  $i$ . Скрещивали курицу с рецессивными признаками с тригетерозиготным петухом, в результате было получено 400 цыплят.

1. Сколько разных генотипов могло быть при таком скрещивании?

2. Сколько разных фенотипов проявится у цыплят?

3. Сколько цыплят будут иметь голые ноги, розовидный гребень и белое оперение?

4. Сколько гомозиготных генотипов могло быть в  $F_2$ ?

5. У скольких цыплят все признаки в рецессивном состоянии?

#### 5.4. Комплементарность

1. Норки мойл ( $mm$ ) светло-бежевой окраски были спарены с алеутскими самцами черно-голубого окраса ( $aa$ ). В  $F_1$  родились коричневые щенята (стандартного типа). В дальнейшем их спаривали между собой. В  $F_2$  родилось 128 потомков, из них 70 коричневых, 26 мойл, 24 алеутских. Могли появиться также норки новой окраски - лавандовой ( $mmaa$ ).

1. Указать тип наследования окраса. Сколько типов гамет могли дать гибриды  $F_1$ ?

2. Сколько разных генотипов могло быть в  $F_2$ ?

3. Сколько разных фенотипов было у гибридов  $F_2$ ?

4. Сколько в  $F_2$  могло появиться гомозиготных норок мойл?

5. Сколько в  $F_2$  было гомозиготных норок алеутской окраски?

2. Норки породы пастель ( $bb$ ) имеют опущение от светло-коричневого до коричневого цвета, несколько светлее по окрасу норки соклот ( $tt$ ). При их скрещивании в  $F_1$  рождаются коричневые щенки стандартного типа.

От скрещивания  $F_1$  между собой родилось в  $F_2$  254 коричневых щенка стандартного типа, 82 типа пастель, 87 соклот и 27 новой светло-бежевой окраски соклот-пастель.

1. Сколько типов гамет могли дать гибриды  $F_1$ ?
2. Сколько разных генотипов могло быть в  $F_2$ ?
3. Сколько фенотипов было у гибридов  $F_2$ ? Какой тип наследования?
4. Сколько в  $F_2$  было полностью гомозиготных генотипов?
5. Сколько среди  $F_2$  было доминантных генотипов по двум генам?

**3.** Для получения норки сапфир (нежно-голубая окраска) проведено скрещивание между алеутской (aa) и серебристо-голубой (pp) норками.

В  $F_1$  родились коричневые щенки. Затем гибридов  $F_1$  скрестили между собой. Родилось 480 щенков, из них 30 новой окраски сапфир (aapp).

1. Сколько типов гамет могли дать гибриды  $F_1$ ?
2. Сколько разных генотипов могло быть в  $F_2$ ?
3. Сколько фенотипов было у гибридов  $F_2$ ?
4. Сколько в  $F_2$  могло быть норок алеутской окраски?
5. Сколько в  $F_2$  могло быть серебристо-голубых норок?

**4.** У рыбок гуппи известны два неаллельных аутосомных гена, ответственных за окрас: b (бледные) и r (голубые).

При скрещивании бледных (RRbb) гуппи с голубыми (rrBB) в  $F_1$  все рыбки были серыми. В дальнейшем при скрещивании  $F_1$  между собой было получено 640 потомков в  $F_2$ .

1. Сколько типов гамет могли дать гибриды  $F_1$ ?
2. Сколько разных генотипов могло быть у гибридов  $F_2$ ?
3. Сколько фенотипов могло быть у гибридов  $F_2$ ?
4. Сколько в  $F_2$  было рыбок, гомозиготных по двум генам?
5. Сколько в  $F_2$  было серых гуппий?

**5.** У кур ген R отвечает за розовидный гребень, ген P – за гороховидный. Если эти гены одновременно присутствуют в генотипе, то развивается ореховидный гребень. Простой гребень может быть при генотипе гррр.

Ореховидная особь, скрещенная с розовидной, дает 3/8 потомства ореховидных, 3/8 розовидных, 1/8 гороховидных и 1/8 простых. Вывелось 1240 цыплят.

1. Сколько типов гамет может дать данная ореховидная особь?
2. Сколько типов гамет может дать розовидная особь?
3. Сколько от этого скрещивания было цыплят с ореховидным гребнем?
4. Сколько цыплят имели розовидный гребень?
5. Сколько цыплят имели простой гребень?

**6.** У кроликов короткая шерсть (порода рекс) в разных линиях определяется двумя неаллельными генами: в одной – геном C, в другой – D.

При скрещивании гомозиготных кроликов разных линий родились крольчата с нормальной длиной шерстью. В  $F_2$  получено 128 крольчат, из них 72 с нормальной шерстью и 56 рексов.

1. Какой тип наследования в данном скрещивании?
2. Сколько типов гамет могут дать гибриды  $F_1$ ?
3. Сколько разных генотипов может быть в  $F_2$ ?
4. Сколько крольчат-рексов в  $F_2$  могут иметь дирексисивный генотип?
5. Сколько в  $F_2$  крольчат с нормальной шерстью будут иметь гомозиготный генотип по двум доминантным генам?

7. У кур розовидная форма гребня определяется геном R и гороховидная – R, которые доминируют над простой – rrr. При одновременном присутствии в генотипе особей генов розовидного и гороховидного гребня R\_P\_ у потомства образуется новый гребень ореховидной формы.

От скрещивания кур с розовидной формой гребня с петухами, имеющими гороховидный гребень, в  $F_1$  было получено 120 цыплят, в  $F_2$  – 1600 цыплят.

1. Сколько типов гамет дает гибрид  $F_1$ ?
2. Сколько цыплят  $F_1$  имели ореховидный гребень?
3. Сколько фенотипов имели потомки в  $F_2$ ?
4. Сколько цыплят  $F_2$  имели розовидный гребень?
5. Сколько цыплят  $F_2$  имели простой гребень?

8. У кур розовидная форма гребня определяется геном R и гороховидная – R, которые доминируют над простой – rrr. При одновременном присутствии в генотипе особей генов розовидного и гороховидного гребня R\_P\_ у потомства образуется новый гребень ореховидной формы.

Куры, имеющие простой гребень, были спарены с петухами, имеющими ореховидный гребень. Было получено 480 цыплят, у которых проявились все формы гребня.

1. Сколько типов гамет дает курица?
2. Сколько типов гамет дает петух?
3. Сколько цыплят будут иметь ореховидный гребень?
4. Сколько дигомозиготных цыплят в потомстве?
5. Сколько разных генотипов имели цыплята?

9. Окраска шерсти у мышей определяется двумя парами неаллельных генов. Ген С определяет черную окраску шерсти и является доминантным по отношению к с, обуславливающему белую окраску шерсти. Ген А в присутствии гена С обуславливает серовато-бурую окраску «агути». Особи, гомозиготные по рецессивному аллелю а, всегда являются альбиносами.

Скрестили черную линию генотипа ССаа с мышью альбиносом генотипа ссАА. В  $F_1$  было получено 16 мышат с окраской типа «агути», а в  $F_2$  – 80 мышат.

1. Сколько типов гамет образует мышь типа «агути»?
2. Сколько потомков  $F_2$  будут иметь черную окраску?
3. Сколько белых мышат будет в  $F_2$ ?
4. Сколько мышат типа «агути» будут двойными гомозиготами?
5. Сколько разных фенотипов имеют мышата  $F_2$ ?

**10.** Форма плода у тыквы определяется взаимодействием двух пар неаллельных генов. Дисквидная форма плода возникает в результате взаимодействия двух доминантных генов, а удлинённая форма плода – вследствие сочетания их рецессивных аллелей. При наличии одного из доминантных генов плоды имеют сферическую форму.

При скрещивании чистосортных растений, имеющих плоды сферической формы, в  $F_1$  было получено 112 растений с дисквидной формой, которые скрестили между собой и получили 1280 растений  $F_2$ .

1. Сколько типов гамет образует родительская особь?
2. Сколько разных генотипов имеют гибриды  $F_1$ ?
3. Сколько разных фенотипов у растений  $F_2$ ?
4. Сколько растений  $F_2$  имеют сферическую форму?
5. Сколько растений  $F_2$  имеют удлинённую форму плода?

### 5.5. Эпистаз

**1.** У золотых рыбок гены  $S$  и  $s$  определяют светлую окраску тела, ген  $M$  – темную, и он эпистатичен к генам  $S$  и  $s$ . Взаимодействие двух неаллельных рецессивных генов  $m$  и  $s$  обуславливает альбинизм.

При скрещивании гомозиготных темных ( $MMss$ ) и светлых ( $mmSS$ ) по окраске рыбок появилось темное потомство  $F_1$ . В дальнейшем при скрещивании  $F_1$  между собой в  $F_2$  появилось 320 особей.

1. Сколько типов гамет дают гибриды  $F_1$ ?
2. Сколько разных генотипов могло быть у гибридов  $F_2$ ?
3. Сколько фенотипов могло быть у гибридов  $F_2$ ?
4. Сколько особей в  $F_2$  имели темную окраску тела?
5. Сколько особей в  $F_2$  были альбиносами?

**2.** У диких свиней ген  $A$  определяет окрашенность по волосу, ген  $I$ , находящийся в 8-й хромосоме, подавляет проявление локуса  $A$ , и свиные будут белыми.

При скрещивании белых свиноматок ( $aaII$ ) с окрашенными хряками ( $AAii$ ) родились белые поросята. В дальнейшем при скрещивании гибридов  $F_1$  между собой родилось 560 поросят.

1. Сколько типов гамет могло быть у хряка, отца гибридов  $F_1$ ?
2. Сколько типов гамет могли дать гибриды  $F_1$ ?
3. Сколько родилось белых поросят?
4. Сколько родилось окрашенных поросят?
5. Сколько было в  $F_2$  среди белых поросят гомозиготных по двум генам?



3. У лошадей вороная масть определяется геном В, рыжая – в. Ген С обуславливает серую масть и является эпистатичным по отношению к генам В и в. Рецессивная аллель с не влияет на проявление масти у лошадей.

Скрещивали серых лошадей, имеющих генотип ССВВ, с рыжими (ссbb). Получили 12 гибридов F<sub>1</sub>. От спаривания маток F<sub>1</sub> с жеребцами такого же генотипа в разные годы было получено 32 потомка.

1. Сколько гибридов F<sub>1</sub> могли иметь серую масть?
2. Сколько фенотипических классов могло быть в F<sub>2</sub>?
3. Сколько гибридов F<sub>2</sub> могли иметь серую масть?
4. Сколько в F<sub>2</sub> могло быть гомозиготных генотипов по двум генам?
5. Сколько гибридов F<sub>2</sub> могли иметь рыжую масть?

4. У собак имеется локус D – ослабитель окраски. Он представлен двумя аллелями: D и d. Ген D не влияет на основной окрас, d – ослабляет основную окраску. Под его влиянием вместо черной окраски проявляется голубая, вместо коричневой – кремовая.

При скрещивании самки черной масти (BBDD) с кремовым самцом (bbdd) от нескольких спариваний родилось 18 щенков. В дальнейшем сучек F<sub>1</sub> скрещивали с самцами такого же генотипа. Родилось 48 щенят.

1. Сколько типов гамет могут дать гибриды F<sub>1</sub>?
2. Сколько могло быть черных щенят в F<sub>2</sub>?
3. Сколько могло быть коричневых щенят в F<sub>2</sub>?
4. Сколько могло быть голубых щенят в F<sub>2</sub>?
5. Сколько могло быть кремовых щенят в F<sub>2</sub>?

5. У домашних свиней (крупная белая порода, ландрас) наиболее желательна белая окраска ПАА. Ген I подавляет черную масть А. Аллель i не проявляет эпистатического действия к гену А.

Гомозиготные свиньи крупной белой породы были скрещены с гомозиготными хряками крупной черной породы (iiAA). Гибридов F<sub>1</sub> скрестили между собой. Родилось 720 поросят в F<sub>2</sub>.

1. Сколько типов гамет могут иметь гибриды F<sub>1</sub>?
2. Сколько поросят в F<sub>2</sub> будут иметь белую масть?
3. Сколько поросят в F<sub>2</sub> будут иметь черную масть?
4. Сколько генотипов было в F<sub>2</sub>?
5. Сколько поросят были гомозиготными по обоим генам?

6. При скрещивании двух форм льна, имеющих гофрированные (iiAA) и нормальные лепестки (IIaa), в F<sub>1</sub> все растения имели нормальные лепестки. В F<sub>2</sub> выросло 1440 растения в соотношении 13 : 3. Оба гена локализованы в разных хромосомах.

1. Сколько типов гамет могут дать гибриды F<sub>1</sub>?
2. Сколько разных генотипов могло быть в F<sub>2</sub>?
3. Сколько растений в F<sub>2</sub> могли иметь гофрированные лепестки?

4. Сколько растений с нормальными лепестками венчика в  $F_2$  могли быть гомозиготными по двум рецессивным генам?

5. Сколько гибридов  $F_2$  с нормальными лепестками венчика могли быть дигетерозиготными?

7. У золотых рыбок альбинизм определяется взаимодействием двух неаллельных рецессивных генов  $m$  и  $s$ . Ген  $M$  эпистатичен к генам  $S$  и  $s$  и обуславливает темную окраску. Гены  $S$  и  $s$  определяют светлую окраску.

При скрещивании темных ( $MmSs$ ) и светлых ( $mmSs$ ) рыбок в потомстве появилось 312 темных, 244 светлых и 76 альбиносов.

1. Сколько типов гамет могли дать темные материнские особи?

2. Сколько типов гамет могли дать светлые отцы?

3. Сколько генотипов могли иметь рыбки темной окраски?

4. Сколько генотипов могли иметь рыбки светлой окраски?

5. Сколько генотипов было у альбиносов?

8. У пещерных рыб имеются две аутосомные неаллельные мутации, влияющие на окрас тела:  $a$  – светлый,  $b$  – коричневый.  $V$  определяет темную окраску. Ген  $a$  эпистатичен к генам  $b$  и  $B$ , при его действии окраска тела становится светлой. Ген  $A$  способствует проявлению окраски.

При скрещивании гомозиготных темных ( $BBAa$ ) и светлых ( $bbaa$ ) пещерных рыб все потомки были темные, а в  $F_2$  появились темные, коричневые и светлые потомки. Всего в  $F_2$  было 1680 штук.

1. Сколько типов гамет дают гибриды  $F_1$ ?

2. Сколько разных генотипов могло быть в  $F_2$ ?

3. Сколько пещерных рыб имели темную окраску?

4. Сколько пещерных рыб имели коричневую окраску?

5. Сколько рыб имели светлую окраску?

9. У мышей ген  $B$  детерминирует формирование серой окраски шерсти, ген  $b$  – черную окраску шерсти. Однако пигмент образуется только при наличии в генотипе доминантного аллеля  $C$ ,  $c$  подавляет образование пигмента.

От скрещивания гомозиготных серых мышей с белыми было получено в  $F_1$  28 мышат, а в  $F_2$  – 192 мышонка.

1. Сколько типов гамет образует гибрид  $F_1$ ?

2. Сколько в  $F_1$  было получено серых мышат?

3. Сколько серых мышей получено в  $F_2$ ?

4. Сколько разных генотипов было в  $F_2$ ?

5. Каково расщепление по фенотипу в  $F_2$ ?

10. У кур породы леггорн окраска оперения наследуется по типу эпистаза. Ген  $C$  обуславливает развитие окрашенного оперения, ген  $c$  – белого. Ген  $I$  подавляет развитие пигмента, ген  $i$  не оказывает влияния на окраску.

Скрещивали гетерозиготных кур с петухами генотипа  $Ssii$ . Было получено 960 цыплят.

1. Сколько разных генотипов будет получено при таком скрещивании?
2. Сколько разных фенотипов будут иметь цыплята?
3. Сколько цыплят будут иметь белую окраску?
4. Сколько из них будут гомозиготными по обоим признакам?
5. Сколько цыплят, имеющих черную окраску, дадут нерасщепляющееся потомство при скрещивании с особями, имеющими одинаковый с ними генотип?

## 5.6. Полимерия

1. Среди овец встречаются длиннохвостые (24 позвонка) и короткохвостые (10 позвонков). Допустим, различия в длине хвоста зависят от двух пар генов с однозначным действием. Генотип длиннохвостых овец –  $V_1V_1V_2V_2$ , короткохвостых –  $b_1b_1b_2b_2$ . Спаривали гомозиготных длиннохвостых овец с гомозиготными короткохвостыми. В  $F_1$  получено 32 ягненка, а в  $F_2$  – 96 ягнят.

1. Определить дозу гена  $V$  у длиннохвостых овец.
2. Определить дозу гена  $b$  у короткохвостых овец.
3. Определить число позвонков у ягнят в  $F_1$ .
4. Сколько ягнят  $F_2$  будут короткохвостыми?
5. Сколько позвонков будет у гибрида  $F_2$  при генотипе  $V_1b_1b_2b_2$ ?

2. Золотая рыбка является домашней разновидностью серебристого караса. У личинок черный пигмент развивается нормально. В возрасте 2 – 3 месяцев происходит депигментация и мальки приобретают золотистую окраску. Процесс депигментации контролируется двумя доминантными неаллельными генами, локализованными в разных хромосомах, –  $D_1$  и  $D_2$ . Рecessивные гены  $d_1$  и  $d_2$  определяют черную окраску, их называют «черными маврами». Наличие в генотипе рыбок любого из генов  $D$  определяет золотую окраску.

При скрещивании золотой рыбки ( $D_1D_1D_2D_2$ ) с «черным мавром» ( $d_1d_1d_2d_2$ ) все потомство золотое. При скрещивании  $F_1$  между собой в  $F_2$  вывелось 240 золотых и 15 пигментированных рыбок.

1. Сколько типов гамет дают гибриды  $F_1$ ?
2. Сколько разных генотипов могло быть в  $F_2$ ?
3. Сколько разных фенотипов могло быть в  $F_2$ ?
4. Сколько в  $F_2$  могло быть гомозиготных генотипов по двум recessивным генам?
5. Сколько в  $F_2$  было рыбок с золотой окраской, имеющих доминантные гены в гомозиготном состоянии?

3. У кукурузы длина початка обусловлена двумя парами кумулятивных генов. Предположим, что доминантный ген обуславливает 5 см а recessивный ген – 2 см длины початка.

Скрещивали две гомозиготные линии кукурузы, из которых одна имела длину початка 8 см, а другая – 20 см. В  $F_1$  получили 160 растений, которые от самоопыления дали 960 гибридов  $F_2$ .

1. Какую длину початка могли иметь растения  $F_1$ ?
2. Сколько разных фенотипов может быть в  $F_2$ ?
3. Какую длину початка могут иметь растения, в генотипе которых содержится три доминантных гена?
4. Сколько таких растений может быть в  $F_2$ ?
5. Какую длину початка могут иметь растения с одним доминантным геном?

**4.** По типу кумулятивной полимерии наследуется цвет кожи человека. Цвет кожи тем темнее, чем больше доминантных генов в генотипе. Если в генотипе  $4A$  – черная окраска,  $3A + 1a$  – темная,  $2A + 2a$  – смуглая,  $1A + 3a$  – светлая,  $4a$  – белая.

Два мулата ( $A_1a_1A_2a_2$ ) вступают в брак. У них родилось несколько детей.

1. Сколько типов гамет может дать мулат?
2. Может ли от этого брака появиться белый ребенок? Указать его генотип.
3. Может ли от этого брака появиться негр? Указать его генотип.
4. Ребенок какого генотипа будет очень близок по цвету кожи к белому?
5. Какой цвет кожи будут в основном иметь дети от этого брака?

**5.** В природных популяциях рыбки молли имеют однотипную серую окраску и лишены черных пятен. Аквариумные рыбки имеют черный рисунок, который определяется генами  $N$  и  $M$  с аддитивным действием. Увеличение числа этих генов усиливает черную пигментацию, которая обязана большому количеству свободных аминокислот в тканях.

Скрещивали дигетерозиготных самок и самцов  $NnMm$  между собой. Родилось 176 потомков.

1. Сколько гибридных потомков будут иметь 3 – 4 аддитивных доминантных гена (дать в %) и наиболее темную пигментацию?
2. Сколько гибридных потомков будут иметь два аддитивных гена и менее темную окраску?
3. Сколько потомков от данного скрещивания будут иметь в генотипе один аддитивный ген (%)?
4. Сколько потомков от данного скрещивания не будут иметь черной пигментации (%)?
5. Потомки каких генотипов имеют наибольшее количество свободных аминокислот в тканях?

**6.** У растений пастушьей сумки встречаются две формы стручка: треугольная и округлая. При скрещивании растений с гомозиготной треугольной формой стручка с растением, имеющим округлую форму, гибриды  $F_1$  имеют треугольную форму. В  $F_2$  расщепление 15 : 1. При этом

наследовании доза доминантного гена не влияет на проявление треугольной формы стручка. Такой тип взаимодействия В. Шелл назвал некумулятивной полимерией.

При скрещивании растений  $A_1A_1A_2A_2$ , имеющих треугольную форму стручка, с растением с округлой формой плода ( $a_1a_1a_2a_2$ ) выросло 80 гибридов  $F_1$  и 192 растения  $F_2$ .

1. Какая форма стручка будет у растений  $F_1$ ?
2. Сколько типов гамет может дать растение  $F_1$ ?
3. Какая форма стручка будет в  $F_2$  у гомозиготного растения по двум рецессивным генам?
4. Сколько растений в  $F_2$  будут иметь округлую форму стручка?
5. Укажите генотипы растений, от скрещивания которых у потомков будет расщепление: три треугольных и один округлый тип стручка.

7. У подсолнечника устойчивость к ржавчине определяется неаллельными генами  $R_1$  и  $R_2$ . Она доминирует над восприимчивостью к ржавчине ( $r_1$  и  $r_2$ ).

Скрещивали устойчивый к ржавчине сорт ( $R_1R_1R_2R_2$ ) с сортом, восприимчивым к заболеванию ( $r_1r_1r_2r_2$ ). Были получены гибриды  $F_1$ , устойчивые к болезни, которые в дальнейшем скрестили между собой. Получили 236 потомков.

1. Сколько типов гамет может дать растение  $F_1$ ?
2. Сколько генотипов может быть в  $F_2$ ?
3. Сколько фенотипов может быть в  $F_2$ ?
4. Сколько растений будут обладать восприимчивостью к ржавчине?
5. Сколько растений в  $F_2$  будут иметь все гены устойчивости к болезни?

8. У кур живой вес наследуется по типу полимерии и определяется двумя парами неаллельных генов, которые в гомозиготном доминантном состоянии определяют максимальный, а в гомозиготном рецессивном состоянии – минимальный вес.

От скрещивания гетерозиготных кур между собой получено 640 цыплят.

1. Сколько разных типов гамет может образовать петух?
2. Сколько разных фенотипов будут иметь цыплята?
3. Сколько цыплят будут иметь вес такой же, как и гетерозиготный петух?
4. Сколько цыплят будут более тяжелыми, чем их родители?
5. Сколько цыплят будут более легкими, чем их родители?

9. Удойность коровы зависит от количества полимерных генов в ее генотипе. Селекционеры скрестили две породы с генотипом  $A_1A_1a_2a_2$  и  $a_1a_1A_2A_2$ . В первом поколении было получено 4 теленка, а в  $F_2$  – 16 телят.

1. Сколько телят в  $F_1$  будут иметь удои выше родителей?
2. Сколько типов гамет образует гибрид  $F_1$ ?

3. Сколько телят  $F_2$  будут иметь такой же удой, как и их родители?
4. Какой генотип имеют особи  $F_2$  с самым высоким удоем и самым низким?

5. Сколько разных генотипов будут иметь телята  $F_2$ ?

**10.** Рост человека определяется взаимодействием нескольких пар неаллельных генов по типу кумулятивной полимерии. Индивидуумы с генотипом  $a_1a_1a_2a_2a_3a_3$  имеют самый низкий рост – 150 см, с генотипом  $A_1A_1A_2A_2A_3A_3$  – самый высокий – 180 см. Каждый доминантный ген добавляет к росту 5 см. Племя людей низкого роста поработается племенем, состоящим только из высоких людей. Победители убивают мужчин и женятся на женщинах поработанного племени.

1. Какой рост будут иметь дети?
2. Какова доза гена роста у детей (%)?
3. От брака женщины с генотипом  $A_1a_1A_2a_2A_3a_3$  с мужчиной, имеющим генотип  $A_1A_1A_2A_2A_3A_3$ , родилось 8 детей. Сколько из них будут иметь такой же рост, как и отец?
4. Сколько фенотипов могут иметь дети в этой семье?
5. Сколько разных генотипов имеют дети?

## 6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Каковы основные принципы гибридологического анализа?
2. Что означают следующие термины: фенотип, генотип, аллель, гомозиготность и гетерозиготность, доминантность и рецессивность?
3. Какое скрещивание называется моно-, ди-, полигибридным?
4. Что понимается под анализирующим скрещиванием? Его практическое значение.
5. Какие законы наследования сформулировал Г. Мендель?
6. Составить схему моногибридного скрещивания ( $F_1$  и  $F_2$ ).
7. Составить схему дигибридного скрещивания ( $F_1$  и  $F_2$ ).
8. Какие установлены типы доминирования?
9. Что такое плейотропия?
10. Каковы принципы построения решетки Пеннета?
11. Каковы типы взаимодействия неаллельных генов?
12. В чем суть комплементарного взаимодействия генов? Примеры.
13. В чем суть эпистатического взаимодействия генов? Примеры.
14. Что такое кумулятивная полимерия? Примеры.
15. Что такое некумулятивная полимерия? Примеры.
16. Каково соотношение фенотипов в  $F_2$  при кумулятивной и некумулятивной полимерии?
17. Каково соотношение фенотипов в  $F_2$  при комплементарности?
18. Каково соотношение фенотипов в  $F_2$  при доминантном и рецессивном эпистазе?
19. Чем отличается новообразование от комплементарности?
20. Приведите примеры действия генов-модификаторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Генетика : учебник для вузов / Н. М. Макрушин, Ю. В. Плугатарь, Е. М. Макрушина [и др.] ; под редакцией Н. М. Макрушина. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 404 с. — ISBN 978-5-8114-7348-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/158959>
2. Кадиев, А. К. Генетика. Наследственность и изменчивость и закономерности их реализации : учебное пособие / А. К. Кадиев. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-4985-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130187>
3. Карманова, Е. П. Практикум по генетике : учебное пособие для вузов / Е. П. Карманова, А. Е. Болгов, В. И. Митюлько. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-7823-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166343>
4. Кургуз, Р. В. Генетика человека с основами медицинской генетики : учебное пособие / Р. В. Кургуз, Н. В. Киселева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-5656-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/143706>

## СОДЕРЖАНИЕ

Введе- ние.....	3
1. Аллельное взаимодействие генов.....	3
1.1. Моногибридное скрещивание.....	3
1.2. Типы доминирования.....	7
2. Дигибридное скрещивание.....	11
3. Тригибридное скрещивание.....	14
4. Взаимодействие неаллельных генов.....	17
5. Задачи.....	22
6. Вопросы для самоконтроля.....	46
7. Литература.....	47



**Учебно-методическое издание**

**Курская Юлия Алексеевна**

# **ГЕНЕТИКА**

## **Часть 1**

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ**

Методические указания к занятиям семинарского типа и самостоятельной работе студентов

Подписано для размещения в ЭБС ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА  
Печ. л. 3,1

ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА  
214000, Смоленск, ул. Б. Советская, 10/2.