

Учебное издание

Елена Викторовна Овсеенко  
Наталья Петровна Базутко

## **ГЕНЕТИКА И БИОМЕТРИЯ**

(часть 2)

Компьютерный набор Н.П. Базутко

Редактор И.П. Павлютина

---

Подписано к печати 16.11.2015 г. Формат 60×84 1/16.  
Бумага печатная. Усл. п. л. 3,49. Тираж 25 экз. Изд. № 3836.

---

Издательство ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ».  
243365 Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино,  
Брянский ГАУ

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Институт ветеринарной медицины и биотехнологии  
Кафедра кормления животных и частной зоотехнии*

Е.В. ОВСЕЕНКО, Н.П. БАЗУТКО

## **ГЕНЕТИКА И БИОМЕТРИЯ**

**УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**  
(часть 2)

ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
36.03.02 - «Зоотехния»

БРЯНСК 2015

УДК 636.082.12 (07)  
ББК 45.3  
О 34

Овсеенко Е.В. Генетика и биометрия: учебно-методическое пособие / Е.В. Овсеенко, Н.П. Базутко – Брянск: Брянский ГАУ, 2015 – 60 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов 1 и 2 курсов института ветеринарной медицины и биотехнологии по специальности 36.03.02 «Зоотехния».

В учебном пособии изложены вопросы анализа биологических данных. В качестве основы использованы методы теории вероятности; закономерности развития признаков при половом размножении, взаимодействие неаллельных генов, наследование признаков, сцепленных с полом; молекулярные основы наследственности; наследование групп крови. Изложенный материал в учебном пособии позволяет студентам реализовать следующие компетенции: ОК-11, ОК-6, ПК-2.

Рецензент:

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института ветеринарной медицины и биотехнологии от протокол

© ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ», 2015  
© Овсеенко Е.В., 2015  
© Базутко Н.П., 2015

## Литература

1. Бакай, А.В. Практикум по генетике / И.И. Кочиш, Г.Г. Скрипниченко и др. – М.: КолосС, 2010. – 301 с.
2. Ватти, К.В. Руководство к практическим занятиям по генетике / К.В. Ватти, М.М. Тихомирова. - М.: Просвещение, 1972. – 179 с.
3. Глазер, В.М. Задачи по современной генетике / В.М. Глазер, А.И. Ким, Н.Н. Орлова, И.Г. Удина, Ю.П. Алтухов. - М.: Университет Книжный дом, 2005. – 224 с.
4. Зиновьева, Н.А. Оценка вклада различных популяций в генетическое разнообразие свиней корня крупной белой породы / Н.А. Зиновьева, В.Р. Харзинова, Е.И. Сизарева, Е.А. Гладырь, О.В. Костюхина, Л.Н. Гамко, Е.В. Овсеенко // Сельскохозяйственная биология. – 2012. - № 6.
5. Ларцева, С.Х. Практикум по генетике / С.Х. Ларцева, М.К. Муксинов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 288 с.
6. Лисицин, А.П. Сборник задач по генетике с методическими указаниями к ним для студентов зооинженерного факультета / А.П. Лисицин, Г.П. Антипов, В.В. Лавровский. - М., 1989.
7. Лэсли, Дж. Ф. Генетические основы селекции сельскохозяйственных животных (перевод с англ.) / Лэсли, Дж. Ф. - М.: Колос, 1982.
8. Меркурьева Е. К. Генетика / Е.К. Меркурьева и др. - М.: Агропромиздат, 1991. – 446 с.
9. Овсеенко, Ю.В. Словарь физиологических терминов: учебно-методическое пособие / Ю.В. Овсеенко, Е.В. Овсеенко. - Брянск: Брянская ГСХА, 2014.

## СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. Закономерности наследования признаков при половом размножении	4
Тема 2. Множественный аллеломорфизм	18
Тема 3. Взаимодействие неаллельных генов	21
Тема 4. Летальные гены	25
Тема 5. Сцепленное наследование и кроссинговер	29
Тема 6. Наследование признаков сцепленных с полом	32
Тема 7. Молекулярные основы наследственности	38
Тема 8. Генетические процессы в популяциях	46
Тема 9. Группы крови и полиморфизм белков	50
Литература	59

## ВВЕДЕНИЕ

Из года в год перед генетикой ставятся все более сложные и важные задачи. Она призвана решать многие проблемы охраны здоровья, технологии ряда производств, способствовать повышению материального благосостояния людей и профилактике заболеваний. Знание основных классических положений общей генетики становится потребностью все большего круга специалистов разного профиля.

Настоящие методические указания призваны помочь студентам усвоить знания о материальных основах наследственности и изменчивости, способствовать развитию диалектического мышления, выработке самостоятельных навыков в проведении научного исследования и интерпретации генетических процессов. Решение задач должно способствовать прочному усвоению теоретического материала, приобретению практических навыков, необходимых в селекционной работе.

## ТЕМА 1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ

*Цель занятия:* Изучить закономерности наследования признаков при моногибридном скрещивании.

Мендель впервые установил закономерности передачи признаков из поколения в поколение. Ген - это участок ДНК, управляющий формированием какого-то определенного признака. Гены расположены линейно, вдоль всей хромосомы, как бы образуя цепочку. Место положения гена в хромосоме называется **локусом**. У каждого вида животных и растений в клетках имеется строго определенное число хромосом. Например, у комнатной мухи их 12, у человека - 46. Все хромосомы парные, лишь иногда непарными или неодинаковыми в паре бывают хромосомы определяющие пол. Хромосомы определяющие пол, называются **половыми**, остальные - **аутосомами**. По внешнему строению каждая пара хромосом отличается от других пар размерами и расположением центромера. Парные хромосомы называют еще **гомологичными**. Гены, находящиеся в одних и тех же локусах гомологичных хромосом, образуют **аллель** и называются аллельными или аллеломорфами. Аллельные гены определяют альтернативные, т.е. взаимоисключающие признаки. Например, цвет горошины может быть желтым и зеленым. Оба аллельных гена определяют цвет горошины, но один ген ответствен за появление желтого цвета, другой - за появление зеленого.

В связи с тем, что в клетках организма гомологичных хромосом всегда по две, то и генов одного аллеля всегда два. Они могут комбинироваться различным образом.

Например, в обеих хромосомах оба гена определяют желтый цвет, горошины, или в обеих хромосомах гены определяют зеленый цвет горошины, третий вариант - в одной хромосоме ген желтого цвета, в другой - ген зеленого цвета.

Организмы, у которых в гомологичных хромосомах одинаковые гены одного аллеля, называются **гомозиготными** ( $\frac{A}{A}$ )

двух сравниваемых совокупностей животных, расположенных в параллельные ряды (индекс сходства – коэффициент корреляции по генным частотам, определенный по формуле).

Антиген	Хозяйства		Антиген	Хозяйства	
	«Еланский»	«Сычевка»		«Еланский»	«Сычевка»
B	26	34	B'	3	6
G <sub>2</sub>	23	25	D'	7	9
K	11	2	E <sub>3</sub> '	54	43
I <sub>1</sub>	15	55	E <sub>2</sub> '	55	14
I <sub>2</sub>	15	55	G'	11	35
O	52	39	I'	31	42
P <sub>1</sub>	2	49	J <sub>2</sub> '	30	2
P <sub>2</sub>	4	1	K'	17	10
Q	49	23	O'	24	11
T <sub>1</sub>	12	6	P'	4	3
T <sub>2</sub>	12	20	Y'	1	6
	11	46	B''	-	5
A <sub>2</sub>	35	22			

10. Определить генетическое сходство по типам трансферрина и амилазы между симментальской породой, сычевской и бестужевской породами (по формуле Майяла, Линдстрема):

Порода	n	Трансферрин			Амилаза	
		A	D	E	B	C
Симментальская	1369	0,14	0,85	0,01	0,94	0,06
Сычевская	2150	0,27	0,70	0,03	0,84	0,16
Бестужевская	1077	0,49	0,47	0,01	0,85	0,15

двуяйцевыми двойнями или двуяйцевыми двойнями с мозаицизмом эритроцитов.

№ пар	Двойня		Антигены																						
	пол	инд.№	A <sub>2</sub>	D	B	G <sub>3</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>3</sub>	Q	Y <sub>2</sub>	B'	D'	E'	E <sub>4</sub>	I'	O'	P'	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	E	R <sub>1</sub>	W	
1.	Б.	1213	44	44	44	44	-	-	-	44	-	44	-	44	-	-	-	44	-	-	44	-	-	44	
	Т	1216	44	44	44	44	-	-	-	44	-	44	-	-	-	-	-	44	-	-	44	44	-	-	44
2.	Б.	1489	44	44	-	-	-	-	44	-	44	-	+2	-	-	+1	-	-	44	-	-	-	-	-	-
	Т	1490	44	44	-	-	-	-	44	-	44	-	44	-	-	44	-	-	44	-	-	-	-	-	-
3.	Б.	749	44	-	-	-	44	+4	-	44	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	44	44	-
	Б	750	44	-	-	-	44	+4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	44	44	-

8. Определить достоверность происхождения потомства по локусам полиморфных белков:

Животные	Локусы полиморфных белков		
	Hb	Tf	Am
Отец 2085	A/B	A/D	B/C
Мать 1674	A/A	A/D	B/B
Потомок 5193	A/B	D/D	B/B
Мать 2772	A/A	D/A	B/B
Потомок 8004	A/A	D/A	B/B
Отец 33968	A/A	D/D	B/B
Мать 1513	A/D	D/D	B/B
Потомок 17020	A/A	D/D	B/B
Отец 429	A/A	A/A	B/C
Мать 1763	A/A	A/A	B/C
Потомок 959	A/A	A/A	C/C

9. По формуле Майяла, Линдстрема (1966)\* определить генетическое сходство симментальского и сычевского скота по группам крови (B-система). По каким антигенам наблюдается сходство и различие:

$$* r = \frac{\sum x \cdot y}{\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}}, \text{ где } x \text{ и } y - \text{ частоты одних и тех же генов у}$$

или  $\frac{a}{a}$ ), у которых разные - гетерозиготные ( $\frac{A}{a}$ ).

Ген, признак которого проявляется в гетерозиготном состоянии, называется доминантным геном (обозначается прописной буквой - A), а ген действие которого подавлено,- рецессивным (обозначается строчной - a). **Генотип** - совокупность генов в организме. **Фенотип** - совокупность признаков, гены которых смогли проявиться. Фенотипически горох может быть желтым и зеленым. Но генотипы желтого гороха разные - они могут быть гомозиготными или гетерозиготными ( $\frac{A}{A}$  или  $\frac{A}{a}$ ).

Все соматические клетки организма содержат парный, двойной или диплоидный набор хромосом. Половые же клетки, или гаметы, имеют одинарный, или гаплоидный, набор хромосом. При образовании половых клеток в процессе мейоза гомологичные хромосомы расходятся в разные гаметы. Так, у гетерозиготного организма с генотипом  $\frac{A}{a}$  в одну гамету уйдет хромосома с геном  $\underline{A}$ , в другую - хромосома с геном  $\underline{a}$ . Впоследствии во время оплодотворения при слиянии половых клеток снова восстанавливается диплоидный набор.

## МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

**Моногибридное скрещивание** включает анализ наследования признаков, определяемых лишь одной парой аллельных генов. Мендель определил, что при скрещивании особей, отличающихся одной парой признаков, все потомство фенотипически единообразно. Здесь имеется в виду скрещивание гомозиготных особей, различных фенотипически.

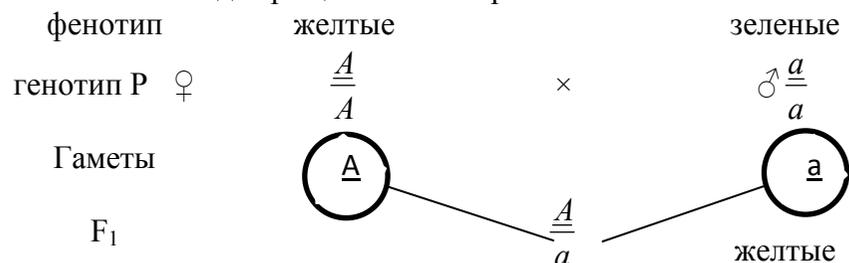
Например,

при скрещивании гомозиготного желтого гороха (генотип  $\frac{A}{A}$ ) с

гомозиготным зеленым (генотип  $\frac{a}{a}$ ) все потомство будет жел-

тым, но гетерозиготным (генотип  $\frac{A}{a}$ ).

Ход скрещивания изображен на схеме:



*I закон Менделя или закон единообразия гибридов I поколения*

Получившиеся гетерозиготные особи называются **гибридом**,

поскольку они гетерозиготны по одной паре генов, их называют моногибридами.

Менделем установлено: при скрещивании моногибридов ( $\frac{A}{a}$ ) во втором поколении происходит расщепление признаков на исходные родительские в отношении 3:1. 3/4 потомков ока-

Определить для каких быков происхождение от быка Бурана 708 исключается.

6. По фенотипам групп крови установить достоверность происхождения телят от быка Стевена 54488.

Животные	Система групп крови										Заключение о происхождении
	A	B	C	F-V	I	L	M	S	Z		
О. Стевен 54488	A <sub>2</sub>	O <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> D'E'	C <sub>2</sub> R <sub>1</sub> WW <sub>2</sub>	F/F	-	-	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	Z		
М. Роза 529	A <sub>2</sub> D	BG <sub>3</sub> O <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> E' E <sub>4</sub> 'B'	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> WW <sub>2</sub> X <sub>2</sub>	F/F	-	-	M	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	-		
Телка № 172	D	G <sub>3</sub> O <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> D'E'E' <sub>4</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> R <sub>1</sub> WW <sub>2</sub> X <sub>2</sub>	F/F	-	-	M	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	-		
М. Финка 215	A <sub>2</sub> D	PY <sub>2</sub> 'E'E' <sub>4</sub> 'J'	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> EW <sub>2</sub> X <sub>2</sub>	F/V	-	-	-	-	-		
Бычок №164	D	O <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> D'E'E' <sub>4</sub> '	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> EW <sub>2</sub>	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub>	-		
М. Душка 501	D	BG <sub>3</sub> O <sub>3</sub> Y <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> EW <sub>2</sub>	F/V	-	-	-	-	-		
Телка №1116	A <sub>2</sub> D	BG <sub>3</sub> O <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> E' E <sub>4</sub> 'P'	C <sub>2</sub> EX <sub>2</sub>	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub>	-		
М. Люстра 936	A <sub>2</sub> D	BG <sub>3</sub> O <sub>3</sub> Y <sub>2</sub>	R <sub>1</sub> WW <sub>2</sub>	F/F	-	L	M	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> U <sub>1</sub>	-		
Телка №981	A <sub>2</sub> D	BG <sub>3</sub> O <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> E' E <sub>4</sub> '	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> ER <sub>1</sub> WW <sub>2</sub>	F/F	-	-	M	S <sub>2</sub>	-		
М. Верная 970	D	BO <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> E'E' <sub>4</sub> ' P'	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> EW <sub>2</sub> X <sub>2</sub>	F/F	-	L	M	-	-		
Бычок №159	A <sub>2</sub> D	BO <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> D'E'E' <sub>4</sub> 'P'	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> ER <sub>1</sub> W W <sub>2</sub>	F/F	-	-	M	S <sub>2</sub>	Z		

7. По приведенному набору антигенов определить, являются ли приведенные пары животных однойцевыми двойнями,

3. Установите истинное происхождение телят по генотипу родителей.

Животные	Система групп крови		
	B	C	F - V
Бык 1752	$I_2Y_2/O_1TE_3'F'K'$	$W/C_2W$	$F/V$
Бык 1793	$GE_3'F'O_1/O_1Y_2D'G'$	$WX_1/C_2R_2$	$F/F$
Корова 2577	$DGKE_3'O/O'$	$W/C_1$	$F/V$
Телка 6317	$I_2Y_2/DGKE_3'O'$	$C_2W/W$	$F/V$
Корова 2594	- / -	$WX_1/R_2$	$F/V$
Телка 6355	- / $O_1Y_2D'G'$	$C_2R_2/WX_1$	$F/V$

4. Корова первый раз и повторно была осеменена спермой разных быков. Необходимо уточнить отца, родившегося теленка.

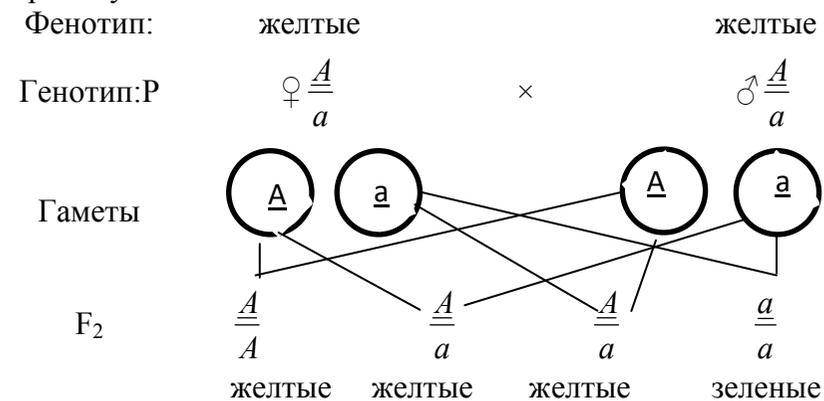
Животные	Системы групп крови							
	A	B	C	F/V	J	L	M	S
Бык 1	$A_1/DH$	$B/I_2A'E_3'G'G''$	$C_1E/X_1$	$F/F$	-/-	-/-	-/-	$H'/-$
Бык 2	$A_1H/DH$	$A_1'B'/BO_1$	$W/RWX_2$	$F/V$	-/-	-/-	$M/-$	-/-
Мать	$A_2/D$	$B/BO_2A_2'$	$EWL/R_2$	$F/V$	-/-	-/-	-/-	-/-
Теленок	$DH/D$	$A_1'B'/BO_2A_2'$	$W/R_2$	$V/V$	-/-	-/-	-/-	-/-

5. На станцию искусственного осеменения поступили быки, записанные в родословной как потомки быка-производителя Бурана 708 от разных матерей. В результате иммуногенетической проверки подлинности происхождения было установлено, что они имеют следующие генотипы в системе групп крови B и F – V:

Буран 708 – $GOY/BOK' E_2I'$	$F/F$
Потомки: № 1948 – $O_1Y_2D'G'/GOY$	$F/V$
№1955 - $I'G'/BQK'E_2I$	$F/F$
№2106 - $G'E_3'F'O/OI_2D'G'$	$F/V$
№2092 - $GOY/O_1T'E_3'F'K'$	$V/V$
№2019 - $BQK'E_2I'/O_1I_2D'G'$	$F/F$
№5711 - $G'E_3'F'O/O_1I_2D'G'$	$F/F$
№1001 - $BOK'E_2I'/I'G'$	$F/V$

зывается с признаками, обусловленными доминантным геном. 1/4 - с признаками рецессивного гена.

Вторая ступень схемы:



II закон Менделя или закон расщепления

Во втором поколении произошло расщепление по фенотипу:

3 части желтого : 1 часть зеленого  
гороха гороха

Расщепление по генотипу:

1 часть потомков гомозиготны по доминантному гену ( $\frac{A}{A}$ )

:

2 части потомков гетерозиготны ( $\frac{A}{a}$ ):

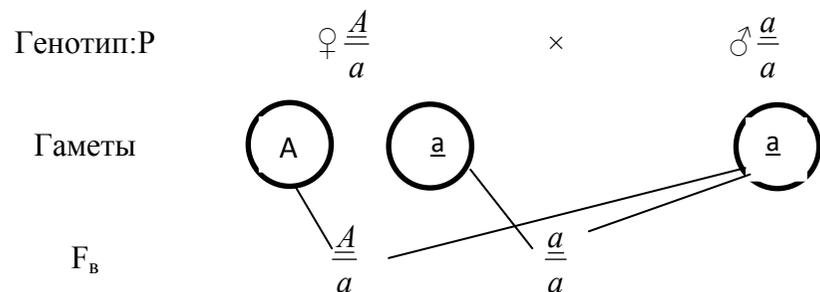
1 часть гомозиготны по рецессивному гену ( $\frac{a}{a}$ ).

Точное расщепление 3:1 можно получить лишь при анализе бесконечно большого числа потомков. В случаях же малого числа их можно говорить только о вероятности появления особей с тем или иным признаком.

Скрещивание гибрида с одной из родительских форм называется **возвратным** скрещиванием или **беккроссом**, а получен-

ное потомство обозначается F<sub>B</sub>. Возвратное скрещивание гибрида с особями родительского сорта, имеющей данный признак в рецессивном состоянии, называется **анализирующим** скрещиванием.

Схема анализирующего скрещивания:



Расщепление по фенотипу: 1 : 1

### ЗАДАЧИ:

1. Плоды томата бывают круглыми и грушевидными. Ген круглой формы доминирует.

Каковы генотипы родительских растений, если в потомстве оказалось круглых и грушевидных плодов поровну?

В парниках овощесовхоза высажена рассада томатов, выращенных из гибридных семян. 31 750 кустов этой рассады дали плоды грушевидной формы, а 95 250 кустов - круглой формы.

Сколько среди них гетерозиготных кустов?

2. У томатов ген, обуславливающий красный цвет плодов, доминирует над геном желтой окраски.

Какие по цвету плоды окажутся у растений, полученных от скрещивания гетерозиготных красноплодных растений с желтоплодными?

3. Серый цвет тела мухи дрозофилы доминирует над черным.

1. В серии опытов по скрещиванию серой мухи с черной получено 117 серых особей и 180 черных.

Антигены	Lb	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	La	+	+	.	+	+	.	+	+	+
	Kb	+	+	.	+	+	+	+	.	.
	Ka	+	.	+	.	+	.	+	.	.
	Fb	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Fa	.	+	.	.	.	.	.	.	.
	Gb	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Ga	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Ef	+	.	+	+	+	+	+	+	+
	Ee	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Ed	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Eg	+	+	.	+	+	+	+	+	+
	Eb	.	+	.	+	+	+	+	.	+
	Ea	.	+	.	.	.	.	.	+	.
	Db	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Da	.	.	.	.	.	+	.	.	.	
Bb	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Ba	+	+	.	+	+	+	+	+	+	
Ac	.	+	.	.	.	.	+	+	+	
Животные										
Свиноматка 278										
Свиноматка 1004										
Хряк 247										
Поросята: 232										
239										
237										
118										
124										
171										

E	E <sub>a</sub> , E <sub>b</sub> , E <sub>d</sub> , E <sub>e</sub> , E <sub>f</sub> , E <sub>g</sub> , E <sub>h</sub> , E <sub>i</sub> , E <sub>j</sub> , E <sub>k</sub> , E <sub>l</sub> , E <sub>m</sub> , E <sub>n</sub> , E <sub>o</sub> , E <sub>p</sub> , E <sub>r</sub>	16
F	F <sub>a</sub> , F <sub>b</sub> , F <sub>c</sub> , F <sub>d</sub>	4
G	G <sub>a</sub> , G <sub>b</sub> , G <sub>c</sub>	3
H	H <sub>a</sub> , H <sub>b</sub> , H <sub>c</sub> , H <sub>d</sub> , H <sub>e</sub>	5
I	I <sub>a</sub> , I <sub>b</sub>	2
J	J <sub>a</sub> , J <sub>b</sub>	2
K	K <sub>a</sub> , K <sub>b</sub> , K <sub>c</sub> , K <sub>d</sub> , K <sub>f</sub>	6
L	L <sub>a</sub> , L <sub>b</sub> , L <sub>c</sub> , L <sub>d</sub> , L <sub>f</sub> , L <sub>g</sub> , L <sub>h</sub> , L <sub>i</sub> , L <sub>j</sub> , L <sub>e</sub> , L <sub>k</sub> , L <sub>l</sub> , L <sub>m</sub>	13
M	M <sub>a</sub> , M <sub>b</sub> , M <sub>c</sub> , M <sub>d</sub> , M <sub>e</sub> , M <sub>f</sub> , M <sub>g</sub> , M <sub>h</sub> , M <sub>i</sub> , M <sub>j</sub> , M <sub>k</sub>	11
N	N <sub>a</sub> , N <sub>b</sub> , N <sub>c</sub>	3
O	O <sub>a</sub> , O <sub>b</sub>	2
P	P <sub>a</sub> , P <sub>o</sub>	2
Q	Q <sub>a</sub> , Q <sub>o</sub>	2

### ЗАДАЧИ:

1. Установить происхождение поросят 3, 4, 5, 6, на основании антигенного состава крови родителей и потомков.

Животные	Антигены							
	Ka	Eb	Ec	Aa	Ea	Gb	Fa	Ef
Свиноматка	-	-	+	-	+	-	+	-
Хряк 1	-	-	+	-	-	-	-	+
Хряк 2	-	-	+	+	-	+	-	-
Поросята: 3	-	-	+	+	+	+	-	-
4	-	-	+	+	+	+	+	-
5	-	-	+	+	+	+	+	-
6	-	-	+	-	+	-	+	+

2. Установить происхождение поросят 232, 239, 237, 118, 124, 171 на основании антигенного состава крови родителей и потомков.

Определите генотипы родительских форм.

2. При скрещивании серых мух в потомстве оказалось 1398 особи серого цвета и 467 особей черного цвета.

Определить генотипы родительских форм.

4. При скрещивании мух дрозофил, имеющих нормальные крылья, получено потомство в числе 3565 особей.

Среди них мух с нормальными крыльями было только 2673, остальные имели загнутые крылья.

Определите генотипы родительских форм.

5. При скрещивании нормальных мух между собой в потомстве  $\frac{1}{4}$  особей оказалось с уменьшенными глазами. Их скрестили с нормальными мухами и получили 37 особей с уменьшенными глазами и 39 с нормальными.

Определите генотипы скрещиваемых в обоих опытах мух.

6. При скрещивании серых кур с белыми все потомство оказалось серым. В результате второго скрещивания этого серого потомства опять с белыми получено 172 особи, у которых было 85 белых и 87 серых.

Каковы генотипы исходных форм и их потомков в обоих скрещиваниях?

7. Ген черной окраски крупного рогатого скота доминирует над геном красной окраски.

Какое потомство можно ожидать от скрещивания гетерозиготных особей крупного рогатого скота?

Какие телята рождаются от красного быка и помесных коров?

8. У крупного рогатого скота ген комолости (безрогости) доминирует над геном рогатости.

1. Какое потомство можно ожидать от скрещивания рогатого быка с гомозиготными комолыми коровами?

2. Какое потомство можно ожидать от скрещивания комолого быка с рогатой коровой, если известно, что в прошлом корова принесла от этого же быка рогатого теленка?

9. У собак черный цвет шерсти доминирует над коричневым. Черная самка несколько раз скрещивалась с коричневым самцом. Всего было получено 15 черных и 13 коричневых щен-

ков.

Определите генотипы родителей и потомства.

10. Две черные самки мыши скрещивались с коричневым самцом. Одна самка в нескольких помётах дала 20 черных и 17 коричневых потомков, вторая 33 черных.

Определите генотипы родителей и потомства.

11. У морских свинок гладкая шерсть определяется рецессивным геном, всклокоченная – доминантным.

1. Скрещивание двух свинок с всклокоченной шерстью дало 36 особей с всклокоченной шерстью и 11 гладких.

Сколько среди них гомозиготных особей?

2. Морская свинка с всклокоченной шерстью при скрещивании с гладкошерстной особью дала 28 всклокоченных и 26 гладких потомков. Определите генотипы родителей и потомства.

12. На звероферме получен приплод в 225 норок. Из них 167 норок имеет коричневый мех и 58 – голубовато-серый.

Определите генотипы исходных форм, если известно, что коричневый цвет доминирует над голубовато-серым.

13. У человека ген, вызывающий одну из форм наследственной глухоноты, рецессивен по отношению к гену нормального слуха.

1. Какое потомство можно ожидать от брака гетерозиготных родителей?

2. От брака глухонемой женщины с нормальным мужчиной родился глухонемой ребенок. Определите генотипы родителей.

14. Альбинизм наследуется у человека как аутосомный рецессивный признак. В семье, где один из супругов альбинос, а другой нормален, родились разнояйцевые близнецы, один из которых альбинос. Какая вероятность рождения следующего ребенка альбиносом?

15. Отсутствие малых коренных зубов наследуется как доминантный аутосомный признак.

Какова вероятность рождения с аномалией в семье, где оба родителя гетерозиготны по анализируемому признаку?

16. Белая масть тонкорунных овец (*A*) доминирует над чер-

R' - S'	R', R', S'	3
T'	T	1
N'	N	1
U	U	1

### Системы групп крови овец

Системы	Антигены	Число антигенов
A	A <sub>a</sub> , A <sub>b</sub>	2
B	B <sub>a</sub> , B <sub>b</sub> , B <sub>c</sub> , B <sub>d</sub> , B <sub>e</sub> , B <sub>g</sub> , B <sub>h</sub> , B <sub>f</sub>	9
C	C <sub>a</sub> , C <sub>b</sub>	2
D	D <sub>a</sub>	1
J	I, i	2
M	M <sub>a</sub> , M <sub>b</sub> , M <sub>c</sub>	3
R	R, o	2
X-Z	X, Z	2
con	con <sup>A</sup> , con <sup>a</sup>	2
F <sub>30</sub>	F <sub>30</sub> <sup>-</sup>	1
F <sub>41</sub>	F <sub>41</sub> <sup>-</sup>	1
Hel	Hel, hel	2
Y	Y, y	2
T	T, t	2
V	V, v	2
P <sub>V</sub>	P <sub>V</sub> , p <sub>v</sub>	2

### Системы групп крови свиней

Системы	Антигены	Число антигенов
A	A <sub>c</sub> , A <sub>p</sub> , A <sub>o</sub> , A <sub>w</sub> , A <sub>x</sub>	5
B	B <sub>a</sub> , B <sub>b</sub>	2
C	C <sub>a</sub> , C <sub>b</sub> , C <sub>c</sub>	3
D	D <sub>a</sub> , D <sub>b</sub>	2

## Тема 9. ГРУППЫ КРОВИ И ПОЛИМОРФИЗМ БЕЛКОВ

До настоящего времени не разработана единая международная номенклатура антигенов и генетических систем групп крови. Генетические системы групп крови и антигены обозначают буквами латинского алфавита, часто с подстрочными индексами (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, и т.д.) и значками (A', B', B'').

Каждый антиген обычно обусловлен одним аллелем. В сложных системах, например в В- системе крупного рогатого скота, 10 антигенов наследуются единым комплексом (детерминируются одним аллелем) – В<sup>BGK</sup>, В<sup>BGKO<sub>2</sub>I<sub>1</sub>A'</sup>, и т.д.

Для обозначения локусов полиморфных белков и ферментов используют 2-3 буквы их латинского названия (трансферрин – Tf; амилаза Am) соответственно генотип животных записывают как Tf<sup>A</sup>Tf<sup>A</sup> (гомозигота) и Tf<sup>A</sup>Tf<sup>D</sup> (гетерозигота).

*Системы группы крови крупного рогатого скота*

Системы	Антигены	Число антигенов
A	A, A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , D, D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> , H, Z	8
B	B, B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , G, G <sub>1</sub> , G <sub>2</sub> , G <sub>3</sub> , I, I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> , K, O, O <sub>x</sub> , O <sub>1</sub> , O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , O <sub>4</sub> , P, P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> , Q, Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , T, T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , Y <sub>1</sub> , Y <sub>2</sub> , A', A' <sub>1</sub> , A' <sub>2</sub> , B', D', E', E' <sub>1</sub> , E' <sub>2</sub> , E' <sub>3</sub> , E' <sub>4</sub> , F', F' <sub>1</sub> , G', G' <sub>1</sub> , I', I' <sub>1</sub> , I' <sub>2</sub> , J', J' <sub>1</sub> , J' <sub>2</sub> , K', O', P', P' <sub>1</sub> , P' <sub>2</sub> , Q', Y', B'', G'', G'' <sub>1</sub> , G'' <sub>2</sub> , I''	>60
C	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , E, P, R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> , W, W <sub>1</sub> , W <sub>2</sub> , X, X <sub>0</sub> , X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , C', C' <sub>1</sub> , C' <sub>2</sub> , L'	>20
S	S, S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , U, U <sub>1</sub> , U <sub>2</sub> , H', U, U <sub>1</sub> , U <sub>2</sub> , H', S'', U''	13
F - V	FF, F, F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , V, V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub>	7
J	J, J <sub>1</sub> , J <sub>2</sub>	3
L	L	1
M	M, M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub> , M''	4
Z	ZZ, Z, Z <sub>1</sub> , Z <sub>2</sub>	4

ной (a) мастью северных короткохвостых овец. Подозревается, что среди тонкорунных баранов, имеются особи, гетерозиготные по масти. Можно ли проверить это, если имеются несколько черных маток.

17. Среди цыгайских овец обнаружен баран с короткими ногами. В приплоде этого барана около половины ягнят были коротконогими. Как наследуется коротконогость?

18. От скрещивания рогатого барана с рогатыми овцами получено: от одной – два рогатых потомка, от другой – один рогатый и один комолый. При скрещивании того же барана с комолой овцой получено два потомка, оба безрогие. Как наследуется рогатость у овец? Каковы генотипы у родителей и потомков?

19. У лошадей существует масть паломино - золотисто-желтое туловище, светлая грива и хвост. Эта масть появляется при скрещивании альбиносов с особями гнедой масти. Паломино «при разведении в себе» дает потомство в соотношении:

1 альбинос: 2 паломино: 1 гнедая.

Определите форму наследования масти.

20. У лошадей есть наследственная болезнь гортани, выражающаяся, характерным хрипом при беге. От больных родителей иногда рождаются здоровые жеребята. Доминантна или рецессивна эта болезнь?

21. От чего легче избавиться в стаде кур - от рецессивного признака (листовидный гребень) или доминантного (оперение ноги). Эти гены находятся в различных негомологичных хромосомах.

### ДИ- И ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

*Цель занятия:* Изучить закономерности наследования признаков при дигибридном и полигибридном скрещивании.

Любой организм всегда гетерозиготен по многим аллелям. Однако для исследователя важно, сколько пар аллельных генов подвергается анализу. Если одна пара, скрещивание называют моногибридным, если две пары- дигибридным, три- тригибридным и т.д.

При скрещивании ди- и полигибридов в потомстве появляются различные комбинации признаков, которых не было у родителей. Мендель установил, что при скрещивании ди- и полигибридов во втором поколении происходит расщепление каждой пары признаков, независимо друг от друга, в отношении 3:1. Случаи независимого расщепления возможны тогда, когда гены каждой из анализируемых пар признаков находятся в разных парах хромосом.

Нужно иметь в виду, что число возможных вариантов гамет равно  $2^n$ , где  $n$  -число гетерозиготных пар генов. У моногибридов возможно лишь 2 типа гамет ( $2^1$ ), у дигибридов - 4 ( $2^2$ ), у тригибридов -8 ( $2^3$ ). Например,

Генотип	Число возможных гамет $2^n$		Типы гамет
Моногибрид	$\frac{A}{a}$	$2^1 = 2$	$\textcircled{A}$ $\textcircled{a}$
Дигибрид	$\frac{A}{a} \quad \frac{B}{b}$	$2^2 = 4$	$\textcircled{AB}$ $\textcircled{Ab}$ $\textcircled{aB}$ $\textcircled{ab}$
Тригибрид	$\frac{A}{a} \quad \frac{B}{b} \quad \frac{C}{c}$	$2^3 = 8$	$\textcircled{ABC}$ $\textcircled{ABc}$ $\textcircled{AbC}$ $\textcircled{Abc}$ $\textcircled{aBC}$ $\textcircled{aBc}$ $\textcircled{aBc}$ $\textcircled{abc}$

Схема скрещивания гороха различающегося по двум парам признаков цвету и форме горошины.

A - ген желтого цвета  
a - ген зеленого цвета

телят с мозговой грыжей в следующем поколении при случайном спаривании фенотипически здоровых животных?

18. У крупного рогатого скота карликовость (ахондроплазия) обусловлена рецессивным аутосомным геном  $a$ , его аллель  $A$  контролирует нормальное развитие организма. В стаде чернопестрого скота из 820 телят 2 были карликовыми. Каковы частоты гена карликовости и гетерозиготных животных в стаде? Какова частота карликовых телят ожидается при случайном спаривании фенотипически здоровых животных?

19. У крупного рогатого скота заболевание порфирией обусловлено аутосомным рецессивным геном  $p$ , вызывающим накопление в тканях пигмента порфирина. Животные имеют повышенную светочувствительность и розовую окраску зубов. В стаде с поголовьем 1120 животным шортгорнской породы выявлено 40 животных с порфирией.

Какова частота заболеванием порфирией? Каковы частоты рецессивного и доминантного генов? Какова частота гетерозигот? Какова вероятность появления больных животных в следующем поколении при условии свободного спаривания фенотипически здоровых животных?

20. У крупного рогатого скота и свиней врожденная водянка головного мозга (гидроцефалия) аутосомный признак, обусловленный геном  $g$ . Его аллель  $G$  обуславливает нормальное развитие.

В стаде айрширской породы среди 1000 новорожденных телят было 4 мертворожденных от водянки головного мозга. Какова частота этого заболевания? Каковы частоты рецессивного и доминантного генов с гидроцефалией в следующем поколении при условии случайного спаривания фенотипически здоровых животных?

янии ( $NN$ ) имеет летальное действие. Чешуйчатость (нормальное состояние) контролируется его рецессивным аллелем  $n$ .

При ловле рыбы в сеть попало 428 чешуйчатых и 32 голых карпа. Определить частоты генов чешуйчатости и голости всех возможных генотипов. Какова вероятность появления карпов с генотипом  $NN$  в следующем поколении?

13. На кролиководческой ферме среди молодняка кроликов породы шиншилла из 5437 особей 19 оказалось альбиносами. Определить частоты альбинизма и шиншилла по формуле Харди-Вайнберга. Какова частота гетерозигот, допуская, что популяция находится в состоянии равновесия?

14. У овец каракульской породы выявлено два типа карбоангидразы:  $Ca^{F/S} = 15$ ,  $Ca^{S/S} = 282$ . Определите частоту аллелей  $F$  и  $S$ . Отвечает ли наблюдаемое соотношение генотипов ожидаемым?

15. У овец каракульской породы выявлены следующие типы амилазы:  $Am^{A/C} = 9$ ,  $Am^{A/B} = 15$ ,  $Am^{B/B} = 27$ ,  $Am^{B/C} = 66$ ,  $Am^{C/C} = 30$ . Определите частоты аллелей амилазы  $A$ ,  $B$ ,  $C$ .

16. Контрактура мышц у крупного рогатого скота обусловлена аутосомным рецессивным геном  $s$ . У родившихся телят ноги согнуты в суставах и лишены подвижности. В одном стаде из 376 родившихся за год телят у 9 была контрактура мышц.

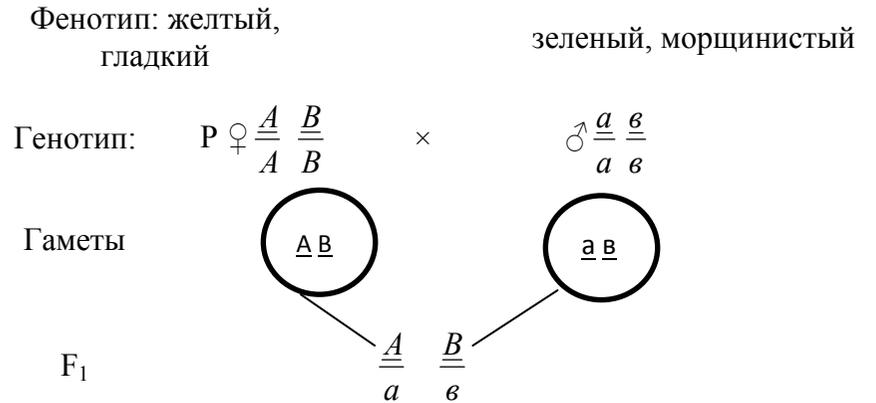
Определить частоту заболевания контрактурой мышц в стаде. Определить частоты рецессивного гена  $s$ , вызывающего болезнь, и его аллеля  $S$ . Какова частота гетерозиготных телят  $Ss$ ? Какова вероятность появления больных телят в следующем поколении при свободном спаривании животных фенотипически здоровых?

17. У крупного рогатого скота мозговая грыжа обусловлена аутосомным рецессивным геном  $s$ . Доминантный аллель  $S$  контролирует нормальное развитие черепного свода. В стаде швицкого скота среди рожденных 520 телят оказалось два теленка с мозговой грыжей. Особи с такой аномалией нежизнеспособны. Определить частоту мозговой грыжи в стаде. Какова частота доминантных, рецессивных аллелей и гетерозигот  $Ss$  – носителей гена мозговой грыжи? Какова вероятность появления

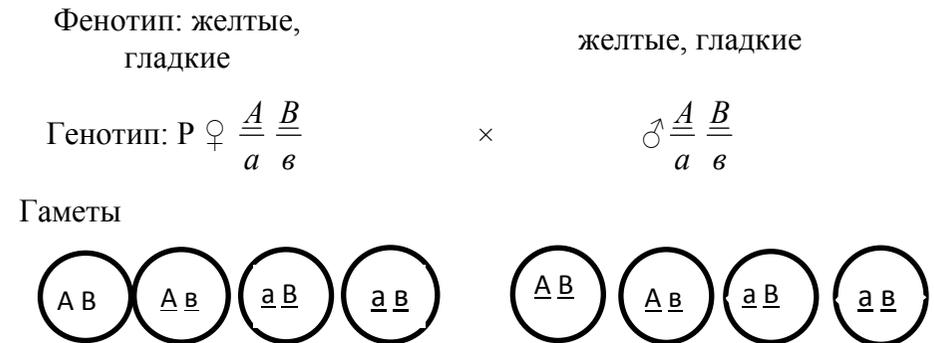
$B$ - ген гладкой формы

горошины

$b$  - ген морщинистой формы



все потомство по фенотипу: желтые, гладкие;  
по генотипу: дигетерозиготные.  
Скрещиваются дигибриды между собой.



F<sub>2</sub> по фенотипу получается потомство четырех классов:

Части	Фенотип	Возможные генотипы
9	Желтые гладкие	$\frac{A}{A} \frac{B}{B}$ ; $\frac{A}{A} \frac{b}{b}$ ; $\frac{a}{a} \frac{B}{B}$ ; $\frac{a}{a} \frac{b}{b}$
3	Желтые морщинистые	$\frac{A}{A} \frac{b}{b}$ ; $\frac{a}{a} \frac{b}{b}$
3	Зеленые гладкие	$\frac{a}{a} \frac{B}{B}$ ; $\frac{a}{a} \frac{b}{b}$
1	Зеленые морщинистые	$\frac{a}{a} \frac{b}{b}$

Каждая пара альтернативных признаков ведет себя в ряду поколений независимо друг от друга, в результате чего среди потомков второго поколения в определенном соотношении появляются, особи с новыми (по отношению к родительским) комбинациями признаков - III закон Менделя или закон независимого комбинирования (наследования) признаков.

Генотип	Число возможных комбинаций гамет, что соответствует числу клеток в решетке Пеннета 4 <sup>n</sup>	Возможное число классов фенотипов 2 <sup>n</sup>	Возможное число вариантов генотипов 3 <sup>n</sup>
	4 <sup>1</sup> = 4	2 <sup>1</sup> = 2	3 <sup>1</sup> = 3
$\frac{A}{a}$	$\frac{A}{A}$ ; $\frac{A}{a}$ ; $\frac{a}{A}$ ; $\frac{a}{a}$		$\frac{A}{A}$ ; $\frac{A}{a}$ ; $\frac{a}{a}$
	4 <sup>2</sup> = 16	2 <sup>2</sup> = 4	3 <sup>2</sup> = 9
$\frac{A}{a} \frac{B}{b}$			$\frac{A}{A} \frac{B}{B}$ ; $\frac{a}{a} \frac{b}{b}$

4. Какова частота гена *A* (при условии применимости правила Харди-Вайнберга), если его единственный аллель *a* гомозиготен в таком проценте от всей популяции: 49? 4? 25? 36?

5. У мясного скота шортгорнской породы особи генотипа *RR* имеют красную масть, *Rr* – чалую и *rr* – белую. В этой породе в Англии было зарегистрировано 4169 красных животных, 3780 чалых и 756 белых. Определите частоты аллелей *R* и *r*, выразив их в процентах.

6. В стаде имеется следующее соотношение генотипов: 30% с доминантным признаком, 40% гетерозигот и 30% с рецессивным. Как будет меняться это соотношение в *F*<sub>1</sub> и *F*<sub>2</sub> и *F*<sub>3</sub>, если осуществляется выбраковка всех рецессивов? Всех доминантов? Если бракуется 50% всех рецессивов?

7. Если количество коричневых животных в стаде каракульских ягнят равно 1% и если популяция находится в равновесии, то каков будет процент гетерозигот среди черных?

8. Две популяции имеют следующие генотипические частоты: одна – 0,44 *AA*; 0,32 *Aa* и 0,24 *aa*; вторая – 0,14 *AA*; 0,53 *Aa* и 0,33 *aa*. Каким будет соотношение в следующем поколении при панмиксии? При отборе рецессивов?

9. В одном из районов Сибири за один охотничий сезон было отловлено 13655 красных (рыжих) лисиц (их генотип *aa*), 678 сиводушек (*Aa*) и 12 черных (*AA*). Какова концентрация генов? Каковы относительные частоты генотипов?

10. Среди беспородных собак г. Владивостока было обнаружено 245 коротконогих животных и 24 с нормальными ногами. Коротконогость (*A*) у собак доминирует над нормальной длиной ног. Определите частоту аллелей и всех генотипов в данной популяции.

11. В панмиктической популяции крупного рогатого скота от спаривания черных животных с красными (рецессив) на 158 черных телят рождено 107 красных. Определите генную и генотипическую структуру популяции.

12. У зеркального карпа отсутствие чешуек (голось) обусловлено доминантным геном *N*, который в гомозиготном состо-

линуклеотидная цепь ДНК, комплементарная матричной цепи ДНК, содержит следующую последовательность азотистых оснований:

- а) ААА ТТА ГГЦ ЦГА
- б) АГЦ ГЦТ ТГА ГЦТ
- в) АГЦЦАЦГТАГ

14. Структурные гены ДНК содержат следующие нуклеотиды:

- а) ГЦА ТГЦ ГТЦ ЦАГ
- б) ТАГ АГТ ТЦЦ АГА ГАГ

Произошла замена пятого нуклеотида Г на Т. Изобразить первичную структуру участка полипептидной цепи, контролируемой исходным и мутантными генами. Какое число аминокислотных остатков изменилось при мутации?

## Тема 8. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ

Цель занятия: ознакомиться с закономерностями наследования в популяциях, используя параметры популяционной генетики.

### ЗАДАЧИ:

1. Имеется популяция, находящаяся в равновесии и состоящая из особей с доминантным и рецессивным признаками. Доминирование полное. Рецессивные особи в ней составляют 4%. Какая часть особей с доминантным геном может быть гетерозиготной?

2. Что произойдет с популяцией, подчиняющейся правилу Харди-Вайнберга, через 5 поколений, если исходное соотношение генотипов было :25% AA; 25% aa и 50% Aa?

3. В одной панмиктической популяции аллель b встречается с частотой 0,1, а в другой 0,9. В какой популяции больше гетерозигот?

$\frac{A}{a}$	$\frac{B}{b}$	$\frac{C}{c}$	$4^3 = 64$	$2^3 = 8$	$3^3 = 27$
---------------	---------------	---------------	------------	-----------	------------

Решение задач на ди- и полигибридное скрещивание во многих случаях может производиться без вычерчивания решетки Пеннета. Хотя решетка всегда дает более наглядную картину. Во всех случаях важно помнить ряд положений.

### ЗАДАЧИ:

1. В небольшом стаде чистопородных герефордов от быка Принца Ларри и 6 коров получено 6 телят, в том числе два карлика и три альбиноса. Две коровы были полными сестрами, а две - полусестрами быка Принца Ларри. Фенотипы полученного потомства:

- от коровы 1 - альбинос, карлик;
- от коровы 2 - не альбинос, карлик;
- от коровы 3 - альбинос, не карлик;
- от коровы 4 - не альбинос, не карлик;
- от коровы 5 - альбинос, не карлик;
- от коровы 6 - не альбинос, не карлик.

Как можно объяснить природу альбинизма и карликовости в этом стаде? Как наследуются эти признаки? Кто из родителей мог передать гены альбинизма и карликовости? Какие рекомендации можно дать в отношении дальнейшего использования быка?

2. У свиней ген белой щетины полностью доминирует над черной, а сrostнопалость - над геном двупалости.

Имеются два белых хряка (А и В) со сrostнопальными ногами.

Хряк А при скрещивании с любыми свиньями дает белое потомство, но при скрещивании с двупальными половина потомства оказывается однопальным, половина - двупальным. Хряк В при скрещивании с черными свиньями дает половину белого и половину черного потомства, а при скрещивании со свиньями, имеющими двупалость, только однопальных потомков. Определите генотипы хряков, начертите схему скрещивания. Чем отличаются хряки друг от друга?

3. Гомозиготная рыжая двупалая свиноматка от скрещивания с черным однопалым хряком дала потомство, состоящее исключительно из черных однопалых животных. Возвратное скрещивание  $F_1$  с рыжими двупалыми хряками дало 10 черных однопалых, 9 рыжих однопалых, 11 черных двупалых и 10 рыжих двупалых поросят. Определите генотип хряка и маток. Как наследуется однопалость? Как наследуются черная и рыжая масти? Можно ли создать линию однопалых рыжих свиней, не расщепляющихся по этим признакам?

4. У крупного рогатого скота ген комолости доминирует над геном рогатости, а ген черного цвета - над красным. Обе пары генов не сцеплены, т.е. находятся в разных парах хромосом.

1. Скрещивается гетерозиготный по обоим признакам черный комолый бык с такой же коровой. Какими окажутся телята?

2. В племсовхозе в течение ряда лет скрещивались черные комолые коровы с черным комолым быком. Было получено 896 голов молодняка, из них было 535 телят черных комолых и 161 - красных комолых. Сколько было рогатых телят и какая часть из них красного цвета?

3. В хозяйстве от 1000 рогатых красных коров получено 984 теленка. Из них красных 472, комолых 483, рогатых 501. Определите генотипы родителей и процент черных телят.

5. У собак черный цвет шерсти доминирует над кофейным, а короткая шерсть над длинной. Обе пары генов находятся в разных хромосомах.

1. Какой процент черных короткошерстных щенков можно ожидать от скрещивания двух особей, гетерозиготных по обоим признакам?

2. Охотник купил собаку черную с короткой шерстью и хочет быть уверен, что она не несет генов кофейного цвета и длинной шерсти. Какого партнера по фенотипу и генотипу надо подобрать для скрещивания, чтобы проверить генотип купленной собаку?

6. У плодов арбуза корка может быть зеленая или полосатая, форма плода - длинная или круглая. Гомозиготное растение с длинными зелеными плодами скрещено с гомозиготным же,

его участка ДНК –

ААТ АЦА ТТТ ААА ГТЦ удалить пятый и тринадцатый слева нуклеотиды?

9. Какие изменения произойдут в строении белка, если в кодирующем его участке ДНК – ТАА ЦАА АГА АЦА ААА между 10 -м и 11 - м нуклеотидами включить цитозин, между 12-м и 13-м- тимин, а на конце прибавить еще один аденин?

10. Участок молекулы, кодирующий полипептид имеет в норме следующий порядок азотистых оснований :ААА АЦЦ ААА АТА ЦТТ АТА ЦАА. Во время репликации третий слева аденин выпал из цепи.

Определите структуру полипептидной цепи, кодируемой данным участком ДНК, в норме и после выпадения аденина.

11. Начальный участок цепи В инсулина представлен следующими 10 аминокислотами: фенилаланин - валин - аспарагиновая кислота - глутамин - гистидин - лейцин - цистеин - глицин - серин - гистидин.

Определите количественные соотношения аденин + тимин и гуанин + цитозин в цепи ДНК, кодирующей этот участок инсулина.

12. В одной из цепочек молекулы ДНК нуклеотиды расположены в следующей последовательности:

1. ТАТ АГЦ АГА ЦТ
2. ГЦГ ТТА ЦЦГ ТЦТ
3. АГЦ ЦГА ТГЦ ТАГ

Какова последовательность нуклеотидов в другой цепочке этой же молекулы ДНК?

2. Участок гена имеет следующие нуклеотиды:

- а) ААА ГАА АГА ТАА АТТ
- б) ТАЦ ЦАА АЦА ЦГГ АТА
- в) ГТТ ГГГ ЦТТ АЦЦ ЦЦА
- г) ТГТ ТТА ЦТА ГЦА АЦТ

Определить соответствующие нуклеотиды в и - РНК. Какие аминокислоты кодируются ими?

13. Составить модель транскрипции и трансляции если по-

## ЗАДАЧИ:

1. Полипептид состоит из следующих аминокислот валин - аланин - глицин - лизин - триптофан - валин - серин - глутаминовая кислота.

Определите структуру участка ДНК, кодирующего указанный полипептид.

2. Полипептид состоит из следующих аминокислот аланин - цистеин - гистидин - лейцин - метионин - тирозин.

Определите структуру участка ДНК кодирующего эту полипептидную цепь.

3. Аспарагин - глицин - фенилаланин - пролин - треонин - аминокислоты, последовательно составляющие полипептид.

Определите структуру участка ДНК кодирующего данный полипептид.

4. Первые 10 аминокислот в цепи В инсулина: фенилаланин - валин - аспарагиновая кислота - глутамин - гистидин - лейцин - цистеин - глицин - серин - гистидин.

Определите структуру участка ДНК кодирующего эту часть цепи инсулина.

5. Начальный участок цепи А инсулина представлен следующими пятью аминокислотами: глицин - изолейцин - валин - глутамин - глутамин.

Определите структуру участка ДНК кодирующего эту часть цепи инсулина.

6. Одна из цепей глюкогена имеет следующий порядок аминокислот: треонин - серин - аспарагин - тирозин - серин - лизин - тирозин.

Определите строение участка ДНК кодирующего эту часть цепи глюкогена.

7. Участок молекулы ДНК кодирующий часть полипептида, имеет следующее строение А Ц Ц А Т А Г Т Ц Ц А А Г Г А.

Определите последовательность аминокислот в полипептиде.

8. Как изменится структура белка, если из кодирующего

имеющим круглые полосатые плоды. В  $F_1$  плоды круглые зеленые. Какие будут в  $F_2$ ?

Какие будут плоды в  $F_3$ ? Что получится в  $F_1$  и  $F_2$  при скрещивании сортов с круглыми зелеными и длинными зелеными плодами?

7. У морской свинки курчавая шерсть определяется геном  $R$ , гладкая -  $r$ , короткая -  $L$ , длинная -  $l$ , черная окраска -  $B$ , белая -  $b$ . Какое будет  $F_1$  и  $F_2$  при скрещивании свинок, различающихся по аллелям всех трех генов? Что получится при скрещивании гибрида  $F_1$  с гладко- и длинношерстной белой свинкой?

8. Самец морской свинки, имеющий длинную черную курчавую шерсть, скрещен с самкой, шерсть которой курчавая короткая и белая. В нескольких пометах этой пары получено 15 курчавых короткошерстных и черных свинок, 13 курчавых длинношерстных черных, 4 гладких короткошерстных черных и 5 гладких длинношерстных черных. Каковы генотипы родителей? Какое ожидается отношение различных классов?

9. У кур черная окраска оперения определяется геном  $E$ , бурая -  $e$ , наличие хохла -  $C$ , отсутствие -  $c$ . Бурый хохлатый петух скрещен с черной курицей без хохла. В их потомстве половина цыплят черных хохлатых и половина бурых хохлатых. Каковы генотипы родителей - петуха и курицы?

10. Курица и петух черные хохлатые. От них получено 13 цыплят: 7 черных хохлатых, 3 бурых хохлатых, 2 черных без хохла и 1 бурый без хохла. Каковы генотипы петуха и курицы?

11. У кур белое оперение доминирует над окрашенным, оперенность голени - над голостью, гороховидный гребень над листовидным.

Скрещена гомозиготная белая с оперенными ногами и гороховидным гребнем курица с окрашенным голоногим с листовидным гребнем петухом. Какая часть белых оперенных с гороховидным гребнем потомков  $F_2$  от этого скрещивания не даст расщепления при скрещивании с окрашенными голоногими с простым гребнем птицами?

12. Если отец глухонемой (рецессивный признак) с белым

локоном надо лбом (доминантный признак), мать здорова и не имеет белой пряди, а ребенок родится глухонемой и с белым локоном надо лбом, то можно ли сказать, что он унаследовал признак от отца?

13. Мать имеет свободную мочку уха (доминантный признак) и гладкий подбородок, а отец - несвободную мочку уха и треугольную ямку на подбородке (доминантный признак). Сын имеет свободную мочку уха и треугольную ямку на подбородке, а дочь имеет те же признаки, что у матери. Напишите возможные генотипы родителей и детей.

14. Отец с курчавыми волосами (доминантный признак) и без веснушек и мать с прямыми волосами и с веснушками (доминантный признак) имеют троих детей. Все дети имеют веснушки и курчавые волосы. Напишите генотипы родителей и детей.

15. Если женщина с веснушками и с волнистыми волосами, отец которой не имел веснушек и имел прямые волосы, выходит замуж за мужчину с веснушками и прямыми волосами оба родителя его имели такие же признаки), то какие дети у них могут быть?

## Тема 2. МНОЖЕСТВЕННЫЙ АЛЛЕЛОМОРФИЗМ

*Цель занятия:* Ознакомление с явлением множественного аллеломорфизма и особенностями его наследования.

Ген в популяции может мутировать не один раз, а три, четыре и больше, образуя серию аллелей  $A, a_1, a_2$  и т.д. Такое явление получило название **множественного аллелизма** или **аллеломорфизма**.

У каждой особи аллельных генов может быть не более двух, но в популяции их число практически неограниченно.

Наследование групп крови человека в системе АВО.

У человека группы крови определяются тремя аллелями одного локуса. Гены принято записывать  $I^A, I^B$  и  $I^O$ . В различных сочетаниях генов образуются четыре группы крови: первая с генотипом  $I^O I^O$ , вторая -  $I^A I^A$  или  $I^A I^O$ , третья -  $I^B I^B$  или  $I^B I^O$ , чет-

**Последовательность нуклеотидов в кодонах и-РНК для разных аминокислот**

Первый нуклеотид кодона	Второй нуклеотид кодона			Третий нуклеотид кодона
	У	Ц	А	
У	УУУ фенил-аланин (фен) УУЦ лейцин (лей)	УЦУ серин (сер) УЦЦ пролин (про) УЦА треонин (тре) УЦГ аланин (ала)	УАУ тирозин (тир) УАЦ сигнал прекращения синтеза белка УАА гистидин (гис) УАГ глутамин (глу)	У Ц А Г
Ц	ЦУУ лейцин (лей) ЦУЦ лейцин (лей) ЦУА лейцин (лей) ЦУГ лейцин (лей)	ЦЦУ пролин (про) ЦЦЦ пролин (про) ЦЦА пролин (про) ЦЦГ пролин (про)	ЦАУ гистидин (гис) ЦАЦ гистидин (гис) ЦАА глутамин (глу) ЦАГ глутамин (глу)	У Ц А Г
А	АУУ изолейцин (илей) АУЦ метионин (мет) АУА метионин (мет) АУГ метионин (мет)	АЦУ треонин (тре) АЦЦ треонин (тре) АЦА треонин (тре) АЦГ треонин (тре)	ААУ аспарагин (аспн) ААЦ аспарагин (аспн) ААА лизин (лиз) ААГ лизин (лиз)	У Ц А Г
Г	ГУУ валин (вал) ГУЦ валин (вал) ГУА валин (вал) ГУГ валин (вал)	ГЦУ аланин (ала) ГЦЦ аланин (ала) ГЦА аланин (ала) ГЦГ аланин (ала)	ГГУ глицин (гли) ГГЦ глицин (гли) ГГА глицин (гли) ГГГ глицин (гли)	У Ц А Г

Например: В одной из цепочек молекулы ДНК нуклеотиды расположены в следующей последовательности:

ДНК            ТАТ – АГГ – ЦАГ – АЦТ  
иРНК        АУА – УЦЦ – ГУЦ – УГА ..... , тогда

белок: изолейцин – серин – валин – прекращение синтеза

Считая точку отсчета триплетов слева, первой подойдет тРНК с аминокислотой изолейцин. Аминокислота остается на рибосоме, а иРНК продвигается вперед на один триплет. Следующая тРНК подойдет к рибосоме с аминокислотой серин. Изолейцин соединяется с серином, а иРНК продвигается еще на один триплет. И так далее, до конца нити иРНК. Расстановка, аминокислот в цепочку соответственно триплетам называется **трансляцией**.

вертая -  $I^A I^B$ . Определение групп крови имеет большое значение не только в медицине, но и в судебно-следственной практике.

### **ЗАДАЧИ:**

1. У кроликов гены нескольких типов окраски находятся в одних и тех же локусах и являются видоизменениями доминантного гена, дающего дикий (сплошной) тип окраски. Ген дикой окраски (С) доминирует над всеми остальными окрасками. Гены шиншиллового ( $c^{ch}$ ) и гималайской ( $c^h$ ) окрасок доминируют над геном альбинизма (с). Гетерозиготы от шиншиллового и гималайской окрасок ( $c^{ch} c^h$ ) светло-серые.

Селекционер скрещивал кроликов шиншиллового окраски с гималайскими. Все первое поколение было светло-серым. Полученные гибриды скрещивались между собой. При этом получено 99 крольчат светло-серых, 48 гималайских и 51 шиншиллового. Составьте генотипы родителей и потомков первого и второго поколений.

2. Зверовод-любитель, желая создать стадо из кроликов светло-серой окраски, скрещивал их между собой, но получал только половину светло-серых крольчат, остальные были гималайской и шиншиллового окрасок. Составьте генотип скрещиваемых животных и их потомков.

3. Школьники в живом уголке скрестили кроликов дикой окраски с гималайскими и получили 81 крольчонка. Из них было 41 с окраской дикого типа, и 19 гималайских и 21 альбинос.

Определите генотипы родительских форм и потомков.

4. Юннаты скрещивали кроликов шиншиллового окраски с гималайскими. В приплоде оказалось по 25% светло-серых, шиншиллового, гималайских и альбиносов. Определите генотипы родителей и крольчат.

5. На ферме имеются гималайские самки и шиншиллового окраски самцы. При скрещивании они дают 25% альбиносов, которые хозяйству нежелательны. Какой должен быть генотип самцов, чтобы свести к нулю появление альбиносов?

6. Родители имеют II и III группы крови. Какие группы крови можно ожидать у их детей?

7. Мать со II группой крови имеет ребенка с I группой крови.

Установите возможные группы крови отца.

8. У матери I группа крови, у отца IV. Могут ли дети унаследовать группу крови одного из своих родителей?

9. У мальчика I группа крови, а у его сестры IV. Определите группы крови родителей.

10. В родильном доме перепутали двух мальчиков. Родители одного из них имеют I и II группы крови, родители другого – II и IV. Исследование показало, что дети имеют I и IV группы крови. Определите, кто чей сын.

11. У родителей со II группой крови родился сын с I группой крови и гемофилик. Оба родителя не страдают этой болезнью.

12. У нутрий известна серия аллелей локуса T : T<sup>s</sup> > t<sup>f</sup> > t<sup>a</sup>.

T - ген, осветляющий окраску до белого; t<sup>s</sup> - контролирует развитие бежевой окраски; t<sup>f</sup> - розовой; t<sup>a</sup> - обуславливает серовато-коричневый налет; Tt<sup>a</sup> - осветленные участки остевых волос белые, шкурки имеют серебристый вид; t<sup>f</sup> t<sup>f</sup> - розовые; t<sup>s</sup> t<sup>s</sup> - бежевые; гетерозиготы Tt<sup>s</sup> Tt<sup>f</sup> серебристой окраски (белые); t<sup>s</sup> t<sup>a</sup> - компаунды.

При спаривании гетерозиготных белых итальянских нутрий серебристой окраски с самцами бежевой окраски в F<sub>1</sub> получили 42 серебристых и 44 перламутровых нутрий-компаундов с серо-дымчатым оттенком. При разведении "в себе" в F<sub>2</sub> произошло расщепление на перламутровых, бежевых и белых. Как наследуется масть у нутрий? Определите генотипы потомства в F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub>.

редование азотистых оснований ДНК, но и триплетов. Триплеты иРНК называются кодонами.

Следующий этап расшифровки кода происходит в рибосомах, где осуществляется составление полипептидной цепи из аминокислот, т.е. сам синтез белка. В этом процессе участвуют транспортные РНК (тРНК), функция которых состоит в том, чтобы доставить аминокислоты к рибосоме и найти им свое место в полипептидной цепи, предусмотренное кодом.

В схеме строения тРНК важно выделить два активных центра (рис.1). Один "свободный" триплет, или антикодон, второй - место прикрепления аминокислоты. Для каждой аминокислоты существует своя тРНК. Основные отличия между тРНК состоят в строении антикодона: у каждой аминокислоты тРНК имеет свой свободный триплет.

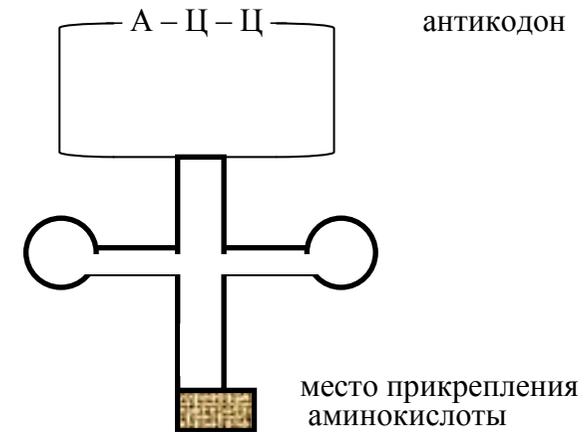


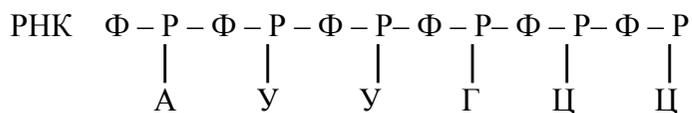
Рис.1. Схема строения тРНК

Сборка полипептидной цепи происходит по следующей схеме. Синтезированная в ядре иРНК выходит в цитоплазму и присоединяется своим концом к рибосоме, с места контакта начинается отсчет триплетов. К рибосоме же подходят тРНК. Первая из них будет та, антикодон которой комплементарен первому кодону иРНК.

может быть разнообразным, но всегда строго специфичным для конкретного случая. Именно в этом чередовании азотистых оснований закодирована последовательность аминокислот в белковой молекуле, а вместе с тем и специфичность самого белка.

Место положений каждой аминокислоты в белковой цепи предопределяется триплетами, т.е. тремя рядом стоящими азотистыми основаниями в одной из цепочек ДНК. Расшифровка же кода осуществляется с помощью рибонуклеиновых кислот (РНК).

Весь процесс расшифровки начинается с синтеза информационной РНК (иРНК). Информационная РНК - полимер, состоящий из одной цепочки нуклеотидов. В состав ее нуклеотидов тоже входят азотистые основания, моносахарид рибоза (Р) и остаток фосфорной кислоты (Ф). Азотистых оснований в РНК также четыре: аденин, урацил (У), гуанин, цитозин.



Синтез иРНК происходит на участке одной из цепочек ДНК, который называется структурным геном. Построение ее осуществляется таким образом, что комплементарные азотистые основания РНК встают против соответствующих азотистых оснований ДНК, при этом урацил комплементарен аденину. Например, если цепь ДНК, кодирующая какой-то полипептид, начинается:

аденин - цитозин - цитозин - аденин - тимин - аденин, то и иРНК будет построена соответственно:

урацил - гуанин - гуанин - урацил - аденин - урацил.

ДНК АЦЦ - АТА

иРНК УГГ - УАУ

иРНК копирует чередование азотистых оснований ДНК, но как бы в негативном изображении. Этот процесс называется **транскрипцией**: Естественно, что иРНК копирует не только че-

### Тема 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

*Цель занятия:* изучить различные типы взаимодействия неаллельных генов.

Установлены следующие типы взаимодействия неаллельных генов:

а) для становления (формирования) и развития признака необходимо взаимодополняющее взаимодействие двух или нескольких ферментов, образование которых контролируют два или несколько неаллельных генов (конкретными формами взаимодействия генов данного типа являются новообразование, комплементарность и криптомерия);

б) ферменты, образующиеся под контролем одного гена, полностью подавляют, нейтрализуют или искажают действие фермента (или нескольких ферментов), образующегося под контролем другого (или других) неаллельного (-ных) генов (эпистаз).

в) ферменты, образующиеся под контролем нескольких разных неаллельных генов, действуют на один и тот же процесс одинаково (сходно, однозначно) и таким образом, что их совместное присутствие в генотипе особи обуславливает возникновение и усиление проявления признака, формирующегося под влиянием этого процесса, т.е. накапливающееся действие фермента (полимерия);

г) модифицирующее взаимодействие генов.

#### ЗАДАЧИ:

1. От спаривания самок дрозофилы, имеющих коричневые глаза, с самцами, имеющих ярко-красные глаза, в F<sub>1</sub> получено потомство с нормальными (красными) глазами, а в F<sub>2</sub> наблюдалось следующее расщепление: ярко-красные глаза имело 108

особей; белые глаза – 32; коричневые глаза -101 и нормальные (красные) – 315. Определите генотипы родителей и потомства и объясните полученные результаты.

2. У мышей ген *C* вызывает образование черного пигмента, а *c* – его отсутствие (альбинизм). Другой ген – *A* – определяет зональное распределение пигмента по длине волоса, а его аллель *a* – сплошное (равномерное). Мыши «*C...A...*» имеют серую (дикую) окраску – агути. Каков будет фенотип мышей в  $F_1$  и в  $F_2$  при спаривании (реципрокные варианты) черных мышей с белыми и каким будет расщепление в  $F_2$ ?

3. Кролики породы баран имеют висячие уши длиной около 30 см. Допустим, что различия в длине ушей зависят от двух пар генов с однозначным (аддитивным) действием. Генотип чистопородных кроликов породы баран –  $L_1L_1L_2L_2$ , а в обычных –  $l_1l_1l_2l_2$ . определите длину ушей кроликов в  $F_1$  и в  $F_2$ .

4. У собак породы доберман-пинчер ген *B* вызывает черную окраску шерсти, а *b* – коричневую (кофейную). Ген *D* – усилитель – определяет интенсивность окраски (распределение пигмента в корковом и мякотном веществе волоса), ген *d* – ослабитель (пигмент имеется только в мякотном веществе, а в корковом – лишь отдельные его вкрапления, что придает волосу голубую окраску).

При спаривании кофейных самок (*bbDD*) с голубыми самцами (*BBdd*) в  $F_1$  рождаются только черные потомки. В каком соотношении в  $F_2$  появятся черные, голубые и кофейные разных оттенков щенки?

5. Куры, имеющие простой гребень, были спарены с 3 петухами, имеющими ореховидный гребень. В одном случае все цыплята имели ореховидный гребень. В другом – у одного был простой гребень. В третьем – у одной части потомков был ореховидный гребень, а у другой - гороховидный. Каковы генотипы родителей и всех потомков?

6. Куры с оперенными ногами и розовидным гребнем были спарены с голоногим петухом, имевшим гороховидный гребень. Среди полученных цыплят оказалось 25 оперенных с

ко ген не превращается в признак, и от гена до признака существует серия промежуточных реакций. Ген определяет лишь первичную структуру белка, т.е. последовательность расположения в нем аминокислот, от которой и зависит его функция. Белки-ферменты управляют биохимическими реакциями в организме. Для каждой реакции существует свой специфический белок-фермент. Ход биохимических реакций обуславливает проявление того или иного признака.

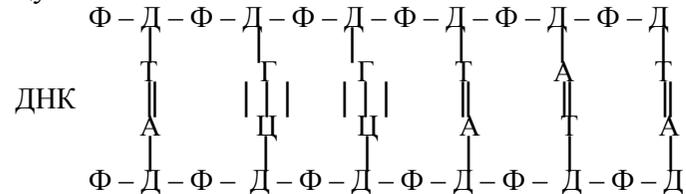
Таким образом, функцию гена можно представить следующей схемой:

*ген* → *белок-фермент* → *биохимическая реакция* → *признак*.

В молекулярной генетике наиболее изучена первая ступень этой цепи - каким образом ген управляет формированием специфических белков.

Молекула ДНК - полимер, состоящий из двух цепочек нуклеотидов. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, моносахарида дезоксирибозы (Д) и остатка фосфорной кислоты (Ф). Азотистые основания в ДНК бывают четырех типов: аденин (А), тимин (Т), гуанин (Г) и цитозин (Ц). Вдоль нити ДНК азотистые основания прочно связаны между собой через моносахарид и остаток фосфорной кислоты, между цепочками - через водород.

В общей схеме ДНК своим строением напоминает лестницу.



Между двумя цепочками азотистые основания располагаются строго закономерно: аденин всегда против тимина, гуанин - против цитозина. Аденин комплементарен тимину, гуанин - цитозину. Расположение азотистых оснований вдоль цепочки

явление?

11. У канареек ген зеленого оперения  $B$  и его аллель коричневого оперения  $b$  расположены в половой  $X$  - хромосоме. Наличие хохолка ( $C$ ) и его отсутствие ( $c$ ) определяется аутосомно. Какое будет потомство в  $F_1$  и  $F_2$  от скрещивания гомозиготной коричневой самки без хохолка с зеленым хохлатым самцом?

12. При спаривании коричневой хохлатой самки с самцом с зеленым оперением без хохолка получено потомство в соотношении: 2 зеленые хохлатые самки, 1 коричневый хохлатый самец и 1 коричневый без хохолка самец. Определить генотипы родителей.

13. У пчел половых хромосом нет. Пчелиная матка, гетерозиготная по доминантному признаку, была осеменена спермой трутня обладающего тем же признаком. Каким по полу и фенотипу будет потомство?

14. У кого и почему раньше появится рецессивная мутация: у трутня или у самок пчел (матки и рабочие пчелы)?

15. У пчел имеется рецессивная белая окраска глаз (нормальная темная доминирует). Каким по полу и фенотипу будет  $F_1$   $F_2$  от спаривания нормальной матки с белоглазым трутнем?

16. Какие типы зигот образуются у млекопитающих в случае нерасхождения  $X$ -хромосом у матери?

17. Если определенный признак у данного вида животных всегда передается потомству от матери, но никогда не передается от отца, то какой можно сделать вывод о его наследовании?

## Тема 7. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

*Цель занятия:* Изучить строение нуклеиновых кислот и их авторепродукции методом графического моделирования.

Молекулярная генетика исследует процессы, связанные с наследственностью на молекулярном уровне. Ген - это участок молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), ответственный за формирование какого-то определенного признака. Одна-

гороховидным, 24 оперенных с ореховидным, 26 оперенных с розовидным и 22 оперенных с простым. Каковы генотипы родителей и потомков.

7. Белая курица с оперенными ногами и ореховидным гребнем спарена с белым голоногим петухом, имевшим гороховидный гребень. После инкубации яиц был получен черный голоногий цыпленок с простым гребнем. Определите генотипы родителей. Какая часть цыплят будет походить на каждого из родителей?

8. Овцы одной из длинношерстных пород имеют длину шерсти в среднем 40 см, а другой породы – 10 см. Допустим, что различия между длиной шерсти у животных этих пород зависят от трех пар генов с однозначным действием. Каковы будут  $F_1$  и  $F_2$ ?

9. При скрещивании серых гуппи с нормальным спинным плавником с белыми, имеющими длинный спинной плавник «шарф», в первом поколении получили серых рыб с плавником «шарф», а в  $F_2$  расщепление:

- 129 серых с плавником «шарф»
- 35 серых с нормальным плавником
- 40 голубых с плавником «шарф»
- 20 голубых с нормальным плавником
- 32 светлых с плавником «шарф»
- 10 светлых с нормальным плавником
- 12 белых с плавником «шарф»
- 5 белых с нормальным плавником
- 283

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных рыб. Что получится в анализирующем скрещивании, и каких рыб вы будете использовать в качестве анализатора? Что получится, если скрестить голубых и белых рыб с  $F_2$  плавником типа «шарф»?

10. При скрещивании тыкв с белыми плодами в  $F_1$  получили 67 растений с белыми, 19 – с желтыми и 6 – с зелеными плодами. Объясните результаты, определите генотипы исходных растений. Что получится, если скрестить исходные растения с

зеленоплодными из  $F_1$ ?

11. У пастушьей сумки форма плода зависит от двух пар полимерных генов. Растение с треугольными плодами скрещено с растением с яйцевидными плодами. В потомстве  $\frac{3}{4}$  растений имели треугольные плоды и  $\frac{1}{4}$  - яйцевидные. Определите генотипы родителей. Что получится от самоопыления родительского растения с треугольными плодами?

12. Скрещиваются два растения душистого горошка - с белыми пазушными и белыми верхушечными цветками.

$F_1$	все растения с пурпурными пазушными цветками
$F_2$	415 растений с пурпурными пазушными
	140 - с пурпурными верхушечными
	350 - с белыми пазушными
	<u>95</u> - с белыми верхушечными
	1000

Как наследуются данные признаки? Какое растение следует взять, чтобы поставить анализирующее скрещивание? Какие результаты вы ожидаете при этом получить?

13. У человека врожденная глухота может определяться генами  $d$  и  $e$ . Для нормального слуха необходимо наличие в генотипе обеих доминантных аллелей ( $DE$ ). Определите генотипы родителей в следующих двух семьях:

а) оба родителя глухи, а их 7 детей имеют нормальный слух; б) у глухих родителей 4 глухих ребенка.

14. Цвет кожи человека определяется взаимодействием нескольких пар генов по типу кумулятивной полимерии, т.е. цвет кожи тем темнее, чем больше доминантных генов в генотипе. Потомка негра и белого называют мулатом. Если негрятка ( $AABB$ ) и белый мужчина ( $aabb$ ) имеют детей, то в какой пропорции можно ожидать появления детей полных негров, мулатов и белых?

15. Если два мулата ( $AaBb$ ) имеют детей, то можно ли ожидать среди них полных негров? Белых? Мулатов? Какую долю составят дети каждого типа? Можно ли ожидать у супругов негров детей более светлых, чем они сами?

Определите вероятность рождения в этой семье дочери с обеими аномалиями, если известно, что дальтонизм и глухота передаются как рецессивные признаки, но дальтонизм сцеплен с  $X$  - хромосомой, а глухота - аутосомный признак.

9. У кур доминантный ген полосатого оперения  $B$  и его рецессивный аллель черного оперения  $b$  локализованы в  $X$  - хромосомах.

Доминантные гены  $S$  темной пигментации кожи,  $R$  - роговидного гребня и их рецессивные аллели - гены белой кожи  $s$ , листовидного гребня  $r$  - локализованы в аутосомах негомологичных хромосом. Аутосомный ген  $C$  в гетерозиготе  $Cc$  проявляет коротконогость,  $cc$  - нормальную длину ног, а гомозиготы  $CC$  летальны.

Определить генотипы и фенотипы потомства от следующих скрещиваний:

а) курица с полосатым оперением  $\times$  петух с черным оперением;

б) курица с черным оперением  $\times$  петух, гомозиготный по полосатому оперению;

г) курица с полосатым оперением, белокожая  $\times$  петух черного оперения и с темной пигментацией кожи, но гетерозиготный;

д) курица с черным оперением, листовидным гребнем, коротконогая  $\times$  петух полосатого оперения, но гетерозиготный с розовидным гребнем (гомозиготный);

е) курица с черным оперением, листовидным гребнем, коротконогая  $\times$  петух с полосатым оперением (гетерозиготный) розовидным гребнем (гетерозиготный) и нормальной длиной ног.

10. У индеек бронзовой породы наблюдается наследственный признак своеобразного дрожания ("вибрирование"), обусловленный рецессивным геном  $V$ , сцепленным с полом. Жизнеспособность такой птицы нормальная. При спаривании нормальной индейки с "вибрирующим" индюком получено 36 потомков. Все потомки женского пола аномальны, а потомки мужского пола нормальны. Каковы их генотипы? Как объяснить это

мофилией лицами.

Обнаружится ли у внуков вновь гемофилия, и какова вероятность появления больных в семьях дочерей и сыновей?

2. Мужчина, больной гемофилией, вступает в брак с нормальной женщиной, отец которой, страдал гемофилией.

Определите вероятность рождения в этой семье здоровых детей?

6. У человека ген, вызывающий одну из форм цветовой слепоты, или дальтонизм, локализован в X - хромосоме. Состояние болезни вызывается рецессивным геном, состояние здоровья - доминантным.

1. Девушка, имеющая нормальное зрение, отец которой обладал цветовой слепотой, выходит замуж за нормального мужчину, отец которого тоже страдал цветовой слепотой.

Какое зрение ожидать у детей от этого брака?

2. Нормальные в отношении зрения мужчина и женщина имеют:

а) сына, страдающего дальтонизмом и имеющего нормальную дочь ;

б) нормальную дочь, имеющую одного нормального сына и одного сына дальтоника;

в) еще нормальную дочь, имеющую пятерых нормальных сыновей.

Каковы генотипы родителей, детей и внуков?

7. У человека классическая гемофилия наследуется как сцепленный с X - хромосомой рецессивный признак. Альбинизм обусловлен аутосомным рецессивным геном. У одной супружеской пары, нормальной по этим признакам, родился сын с обеими аномалиями.

Какова вероятность того, что у второго сына в этой семье проявятся также обе аномалии одновременно?

8. Мужчина, страдающий дальтонизмом и глухотой, женился на женщине, нормальной по зрению и хорошо слышащей. У них родились сын глухой и дальтоник и дочь дальтоник, но с хорошим слухом.

Можно ли ожидать от белых родителей детей более темных, чем они сами?

Могут ли два светлокожих негра иметь детей более темных, чем они сами? Или более светлых? Почему?

Чья кожа темнее:  $AAbb$ ,  $AaBb$ ,  $aaBB$ ?

16. При скрещивании кур породы белой леггорн (ПСС) с петухом породы белый плимутрок ( $iicc$ ) в  $F_2$  наряду с белыми появляются окрашенные потомки в соотношении примерно 13 белых и 3 черных. В этом случае доминантный ген I является ингибитором другого доминантного гена С черного оперения. Пояснить эту форму наследования.

17. При спаривании самок серебристо-голубых ( $AApp$ ) с самцами алеутских ( $aaPP$ ) в потомстве получают стандартных норок.

При спаривании между собой стандартных норок в  $F_2$  ожидается получить алеутских ( $aaP...$ ), серебристо-голубых ( $A..pp$ ), сапфировых ( $aapp$ ), стандартных ( $A..P..$ ). Каково соотношение норок различной окраски?

18. При скрещивании некоторых белококонных пород тутового шелкопряда между собой в  $F_1$  бывают только желтококонные особи. В  $F_2$  происходит расщепление на белые и желтые коконы в соотношении 7:9. Чем объяснить такое наследование?

#### Тема 4. ЛЕТАЛЬНОЕ И ПОЛУЛЕТАЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ

Цель занятия: ознакомиться с разнообразием в проявлении летальных генов.

Гены и хромосомные нарушения, вызывающие гибель организма до достижения им половой зрелости, называются летальными. Действие летальных генов может проявляться на любой стадии онтогенеза, чаще в эмбриональный период или вскоре после рождения.

### ЗАДАЧИ:

1. Французский зоолог Кено обнаружил, что при спаривании между собой жёлтых мышей среди потомства всегда наблюдается расщепление на 2 части жёлтых и 1 часть не жёлтых. От скрещивания жёлтых с не жёлтыми соотношение потомства по окраске было 1:1. Обобщение материалов исследований по этому вопросу дало следующие результаты:

Родители	Потомство		Расщепление по фенотипу
	желтое	не желтое	
Желтый × желтый	2386	1235	2 : 1
Желтый × не желтый	2378	2398	1 : 1

Объясните причину такого расщепления.

2. У норок ген F вызывает серебристо-соболиную окраску (дыхание весны, или бос -ость серебристая, а подпушь – светло-голубая), но в тоже время имеет рецессивное летальное действие. Какой генотип имеют взрослые особи окраски бос? Каким будет расщепление при спаривании их между собой?

3. От спаривания серебристо-соболиных самок со стандартными (темно-коричневыми) самцами в потомстве было получено 345 серебристо-соболиных и 325 стандартных щенков. Средняя величина помета была 5,11 щенка. При спаривании между собой серебристо-соболиных животных было получено 19 серебристо-соболиных и 10 стандартных щенков при получении в среднем 3,65 щенка. Как объяснить эти результаты?

4. У разводимых в неволе лисиц ген Р вызывает появление платиновой окраски меха и обладает рецессивным летальным действием. Его рецессивный аллель р вызывает серебристо-черную окраску. Каков генотип взрослых платиновых зверей? Можно ли разводить их «в себе» без отхода? Как?

5. В Швеции у собак породы фокстерьер встречается нервное заболевание (мозжечковая атаксия), которое проявляется в возрасте 4-6 месяцев и, хотя оно не смертельно, но препятствует в дальнейшем свободному передвижению больных животных. В 23 пометах родился 91 щенок, этот дефект наблюдался у 25. Ка-

цвет и полосатую окраску оперения, сцеплены с X - хромосомой. Полосатость доминирует над белой сплошной окраской. Гетерогаметный пол у кур женский.

На птицеферме белых кур скрестили с полосатыми петухами и получили полосатое оперение как у петухов, так и у кур.

Затем полученных от первого скрещивания особей скрестили между собой и получили 594 полосатых петуха и 607 полосатых и белых кур.

Определите генотипы родителей и потомков первого и второго поколений.

У юннатов имеются полосатые петухи и белые куры. От их скрещивания получено 40 полосатых петухов и кур и 38 белых петухов и кур.

Определите генотипы родителей и потомства.

3. Селекционеры в некоторых случаях могут определить пол только что вылупившихся цыплят.

При каких генотипах родительских форм возможно это сделать, если известно, что гены золотистого (коричневого) и серебристого (белого) оперения расположены в X - хромосоме и ген золотистого оперения рецессивен по отношению к серебристому?

4. Известно, что " трехцветные" кошки - всегда самки. Это обусловлено тем, что гены черного и рыжего цвета шерсти аллельны и находятся в X хромосоме, но ни один из них не доминирует, а при сочетании рыжего и черного цвета формируются "трехцветные" особи.

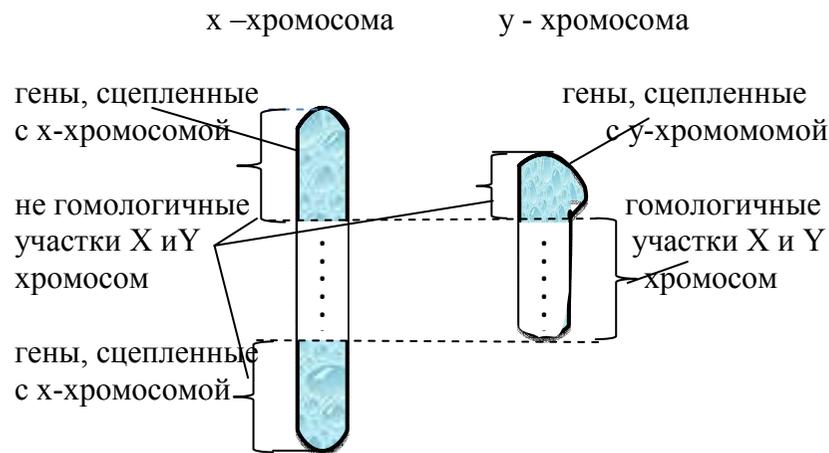
1. Какова вероятность получения в потомстве трехцветных котят от скрещивания трехцветной кошки с черным котом?

2. Какое потомство можно ожидать от скрещивания черного кота с рыжей кошкой?

5. Классическая гемофилия передается как рецессивный, сцепленный с X - хромосомой, признак.

1. Мужчина, больной гемофилией, женится на женщине не имеющей этого заболевания. У них рождаются нормальные дочери и сыновья, которые вступают в брак с не страдающими ге-

Гены, находящиеся в негомологичных участках половых хромосом, называются **сцепленными с полом**, а признаки, контролируемые этими генами, **сцепленными**.



Если ген сцеплен с X-хромосомой, то у млекопитающих и у человека он передается от отца только дочерям, а от матери в равной степени распределяется между дочерьми и сыновьями. Если ген сцеплен с X-хромосомой и является рецессивным, то у женского пола он может проявляться только в гомозиготном состоянии. У мужского пола второй X-хромосомы нет, поэтому такой ген проявляется всегда.

В случае если ген сцеплен с Y-хромосомой, он может передаваться из поколения в поколение только мужскому полу.

### ЗАДАЧИ:

1. В лаборатории скрещивали красноглазых мух дрозофил с красноглазыми самцами. В потомстве оказалось 69 красноглазых и белоглазых самцов и 71 красноглазая самка.

Напишите генотипы родителей и потомства, если известно что красный цвет глаз доминирует над белым, а гены цвета глаз находятся в X-хромосоме.

2. У некоторых пород кур гены, определяющие белый

кой вывод можно сделать из этих данных о генетической обусловленности атаксии у фокстерьеров?

6. При спаривании хохлатых уток и селезней утята выводятся только из  $\frac{3}{4}$  яиц, а  $\frac{1}{4}$  эмбрионов гибнет перед вылупливанием. Среди вылупившихся утят примерно  $\frac{2}{3}$  хохлатых и  $\frac{1}{3}$  нормальных. В чем причина этого? Каким будет потомство от спаривания нормальных уток с хохлатыми селезнями?

7. У кур рецессивный аутосомный ген «кратовидность» (t) в гомозиготном состоянии вызывает гибель эмбрионов на 8-11 день инкубации. У таких эмбрионов крылья сильно укорочены и имеют до 9-10 пальцев, что делает их похожими на лапу крота, ноги и позвоночник укорочены, развитие оперения полностью подавлено и т.д. Какое количество цыплят выведется из 4000 заложенных в инкубатор яиц, полученных от гетерозиготных по этому гену кур и петухов?

8. При спаривании между собой коротконогих кур и петухов было получено 775 коротконогих и 388 нормальных (по длине ног) цыплят. От реципрокных вариантов спаривания коротконогих птиц с нормальными получено 1676 коротконогих цыплят и 1661 с нормальной длиной ног. Как можно объяснить причину этого явления?

9. Ген коротконогости Cr одновременно вызывает укорочение клюва. У гомозиготных по этому гену цыплят клюв так мал, что они не в состоянии проклюнуть скорлупу и гибнут, не вылупившись из яйца. В инкубатории хозяйства, разводящего только коротконогих птиц, получено 3000 цыплят. Сколько из них коротконогих? Сколько яиц было заложено в инкубатор?

10. Только из  $\frac{3}{4}$  яиц, полученных от коротконогих кур и петухов, выводятся цыплята, а  $\frac{1}{4}$  эмбрионов погибает. Среди вылупившихся цыплят примерно  $\frac{2}{3}$  коротконогих и  $\frac{1}{3}$  с нормальными ногами. Каково будет потомство от спаривания коротконогих петухов и кур с птицей, имеющей нормальные ноги?

11. Среди скота мясного направления (герефорды, абердин-ангуссы и шортгорны) имеется ген, вызывающий карликовость. У этих животных небольшой рост, раздутое туловище,

тяжелое дыхание, пониженная жизнеспособность и т.п.

Результаты исследований наследования этого признака в стадах США дали следующие цифры:

Опытная станция	Родилось телят, гол	
	нормальных	карликовых
Штат Аризона	66	24
Штат Калифорния	46	15
Штат Айова	197	69
Итого:	309	108

Как наследуется этот признак? Как обнаружить наличие этого гена у животных? Каких по генотипу животных следует спаривать, чтобы избежать получения карликовых потомков? Насколько фактическое расщепление соответствует теоретически ожидаемому?

12. Было установлено, что бык Амор норвежской голландской породы при спаривании со своими дочерьми дал 55 телят, из которых 11 имели сильно укороченный позвоночник и другие дефекты (пока не была выяснена генетическая причина этого дефекта, такие телята считались потомками лосей). Эти телята погибали. Как генетически объяснить наследование этого дефекта?

13. У скота породы декстер ген D вызывает укороченность головы, ног и улучшает его мясные формы. Но в гомозиготном состоянии DD, обладая рецессивном летальным действием, приводит к гибели организма в утробный период или вскоре после рождения. Каким будет расщепление при спаривании двух гетерозиготных животных? При анализирующем скрещивании? Каких по генотипу животных следует спаривать, чтобы избежать отхода?

14. Ген We вызывает у овец каракульской и сокольской пород серую окраску смушка –ширази. От спаривания серых каракульских маток с серыми баранами было получено 8424 серых и 2811 черных ягнят. Затем из оставленных на племя серых ягнят пало 33,6 %, черных – только 2,2%. В чем причина такой

F ♀ 44 аутосомы + XX

♂ 44 аутосомы + XY

Соотношение полов 1 : 1

При слиянии гамет во время оплодотворения определяется пол будущего организма: если яйцеклетка (несет только X-хромосому) сольется со сперматозоидом несущим X-хромосому будет развиваться женский пол; если же со сперматозоидом, несущим Y- хромосому, разовьется мужской пол. Поэтому говорят, что у человека и млекопитающих женский пол является гомогаметным. т.к. все яйцеклетки несут только X - хромосому, мужской гетерогаметным, 50 % сперматозоидов несут X-хромосому и 50% - Y- хромосому.

Пол, образующий один тип гамет, называется **гомогаметным**. Пол, образующий два типа гамет, называется **гетерогаметным**.

### Определение пола у птиц

У птиц гетерогаметным является женский пол, у них в кариотипе разные половые хромосомы Z и W. Мужской пол птиц гомогаметный. так как в кариотипе две одинаковые половые хромосомы ZZ.

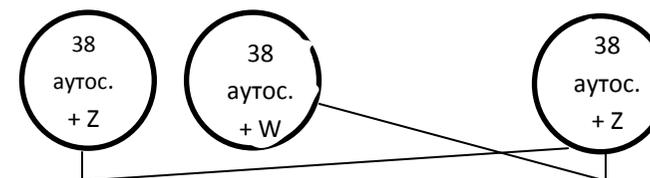
У кур в кариотипе 78 хромосом из них 76 аутосом и две половые.

P: ♀ 76 аутосом + Z W

x

♂ 76 аутосом + Z Z

Гаметы:



F ♂ 76 аутосом + Z Z

♀ 76 аутосом + Z W

abC	41	2
abc	<u>40</u>	<u>1</u>
	321	240

11. В анализирующем скрещивании от дигетерозиготы AaBb получено:

AB	243
Ab	762
aB	758
ab	<u>237</u>
	2000

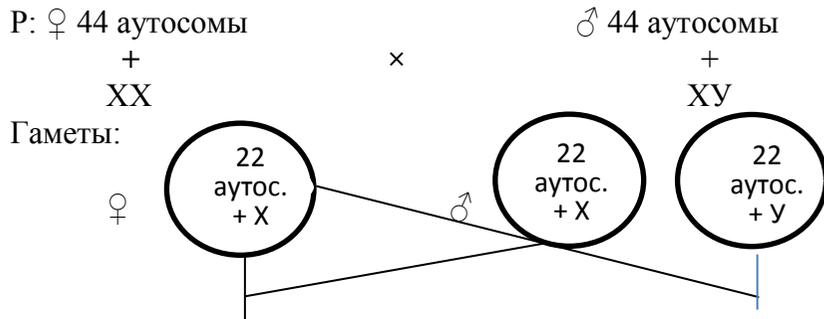
Каков характер наследования генов? Если они сцеплены, то каково расстояние между ними? Определите генотип гетерозиготы. Какое соотношение фенотипов было бы в потомстве анализирующего скрещивания, если бы исходно скрещивали гомозиготные особи AABb и aabb?

### Тема 6. НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ

*Цель занятия:* изучить особенности наследования признаков, сцепленных с полом.

Рассмотрим хромосомное определение пола у человека, млекопитающих, дрозофилы.

У человека в кариотипе 46 хромосом из них 44 аутосомы и две половые хромосомы (у женского пола половые хромосомы X и X, у мужского - X и Y).



большой гибели серых ягнят? Как наследуется серая масть? Каких животных надо спаривать между собой, чтобы избежать гибели части серых телят?

### Тема 5. СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ И КРОССИНГОВЕР

*Цель занятия:* изучить наследование при полном и неполном сцеплении.

Гены в хромосоме располагаются линейно на определенном расстоянии друг от друга. Гены, находящиеся в одной и той же хромосоме называются *сцепленными* и образуют *группу сцепления*. Сцепление генов – это совместное наследование генов, расположенных в одной и той же хромосоме. Число групп сцепления соответствует гаплоидному числу хромосом. Например, у дрозофилы 4 группы сцепления, у человека - 23, у крупного рогатого скота - 30, у свиней – 19 и т.д.

При полном сцеплении, гены, расположенные в одной хромосоме, всегда передаются вместе. Полное сцепление установлено у самцов дрозофилы и самок тутового шелкопряда.

Обмен гомологичных хромосом участками называется *перекрестом* или *кроссинговером*. Кроссинговер ведет к перегруппировке генов, так что гены, которые раньше были сцеплены оказываются теперь в разных хромосомах. Особей с новыми сочетаниями признаков назвали *кроссоверами*.

### ЗАДАЧИ:

1. Какие различия в соотношении гамет будут наблюдаться у организмов, имеющих следующие генотипы:

а)  $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$  ; б)  $\frac{A b}{a B}$  ; в)  $\frac{A B}{A b}$  ?

2. Дигетерозигота (AaBb) скрещена с двойным рецессивом (aabb). Было получено следующее количество потомком: A...B... - 903, aaB... - 102, A...bb - 98, aabb - 898. Объясните

результаты. Какова сила сцепления между генами А и В?. Какое соотношение потомков было бы в случае независимого наследования этих генов?

3. У кроликов пятнистость и нормальный тип шерстного покрова (короткошерстность) доминирует над сплошной пигментацией шерсти и ангорским (длинным типом шерстного покрова). От скрещивания пятнистых крольчих с нормальной шерстью с кроликами и, имеющими сплошную пигментацию, с ангорской шерстью, в потомстве получили: 150 особей со сплошной пигментацией и ангорским типом шерсти, 157 пятнистых особей с нормальной шерстью, 24с нормальной шерстью и сплошной пигментацией. Как наследуются эти признаки? Какие типы гамет образуются у родителей? Какие генотипы ожидаются у потомства?

4. У кур ген *S* определяет серебристую пигментацию пера, а *Dw* – нормальные размеры тела. Ген *s* определяет золотистую окраску, а *dwdw* –карликовость. При анализирующем скрещивании получено потомство: 12 серебристых нормальных, 12 золотистых карликовых; 184 золотистых нормальных и 184 серебристых карликовых. Провести полный генетический анализ. Определить процент кроссинговера.

5. У кур коротконогость *Ср* доминирует над нормальными ногами *ср*, а розовидный гребень *R* над листовидным *г*. От кур с листовидным гребнем, нормальными ногами и коротконогостого петуха с розовидного гребнем получено потомство: коротконогих с листовидным гребнем – 112, с нормальными ногами и розовидным гребнем – 118, коротконогих с розовидным гребнем – 9, с нормальными ногами и листовидным гребнем – 11. Определить расстояние между генами *Ср* и *R* в хромосомах. Как сочетаются гены *Ср*, *ср*, *R* и *г* у дигибридного петуха?

6. В анализирующем скрещивании от гетерозиготы *AaBb* были получены следующие результаты:

AB 903  
Ab 101  
aB 98

ab  $\frac{898}{2000}$

Объясните расщепление. Если гены сцеплены, то в каком состоянии – в «притяжении» или в «отталкивании» они находятся в гетерозиготе?

7. Гены А, В и С локализованы в одной хромосоме в указанном порядке. Процент перекреста между А и В – 8, между В и С – 25. Определите расстояние между генами А. и С.

8. Установлено, что гены сцеплены и расположены в хромосоме в следующем порядке: А-В-С. Расстояние между генами А и В – 8 % кроссинговера, между генами В и С – 10 %. Коэффициент совпадения равен 0,6. Каково ожидаемое соотношение фенотипов в потомстве анализирующего скрещивания (в%) растения с генотипом *ABcabC*?

9. Проведите генетический анализ результатов двух анализирующих скрещиваний тригетерозигот *AaBbCc*:

	Скрещивание №1	Скрещивание №2
ABC	126	-
ABc	10	164
AbC	64	2
Abc	62	1
aBC	68	2
aBc	70	3
abC	14	172
abc	<u>133</u>	<u>-</u>
	547	344

10. Проведите генетический анализ результатов двух анализирующих скрещиваний тригетерозигот *AaBbCc*:

	Скрещивание №1	Скрещивание №2
ABC	42	-
ABc	38	3
AbC	41	46
Abc	39	68
aBC	43	72
aBc	37	48