

Определение генетической структуры популяции при наличии генов, сцепленных с полом

Задание. 1. Ознакомиться с типом пола цветков у растений и способами переноса пыльцы в популяциях

В кариотипе многих растительных видов обнаруживается пара половых хромосом, хорошо различимых морфологически на цитологических препаратах (система X – Y-хромосом).

В этом случае один пол гомогаметный (например, растения с пестичными цветками имеют кариотип XX), а второй – гетерогаметный (растения с тычиночными цветками имеют кариотип XY). В половых хромосомах могут иметься гены, определяющие те или иные признаки организма. Эти признаки называют **сцепленными с полом**.

Растения с тычиночными цветками имеют пыльцу, половина которой несет X-хромосому, а другая половина – Y-хромосому. При попадании пыльцы на рыльце пестичных цветков и случайном характере оплодотворения в потомствах оба пола будут представлены равными частотами:

$$\begin{array}{c} \text{♀ XX} \times \text{♂ XY} \\ \downarrow \\ 1 (\text{♀ XX}) : 1 (\text{♂ XY}). \end{array}$$

Примерами подобного рода могут служить хмель (*Humulus lupulus*), щавель (*Rumex acetosella*), спаржа (*Asparagus officinalis*), облепиха (*Hippophae rhamnoides*), шпинат (*Spinaceae oleraceae*) и др.

В популяциях раздельнополых растений гомозиготы по Y-хромосоме (YY), как правило, не встречаются в связи с тем, что они являются летальными. Возможны случаи, когда растения с тычиночными цветками имеют кариотип или XY, или X0 (Y-хромосома отсутствует). Пример такого способа регуляции пола цветков описан для диоскорей (*Dioscorea*).

Тип пола цветков у отдельных растений и фенотипическое разнообразие растений по типу пола цветков в популяциях определяет способ переноса пыльцы в ней. Ниже приведены возможные варианты переноса пыльцы между цветками в отдельной популяции (рис. 1).

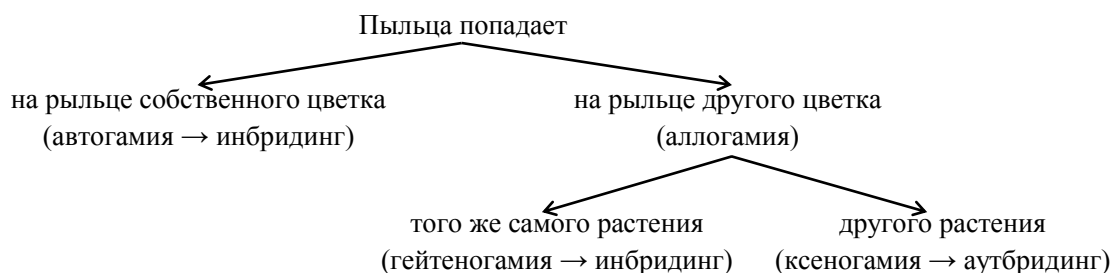


Рис. 1. Варианты переноса пыльцы между цветками в отдельной популяции.

Различают **автогамию**, или самоопыление, когда пыльца переносится в пределах одного цветка, и **аллогамию**, или чужеродное – опыление пестика пыльцой другого цветка. Возможны два типа аллогамии – гейтеногамия и ксеногамия. **Гейтеногамия**, или соседственное

опыление – перенос пыльцы с цветка на цветок одного растения. *Ксеногамия*, или перекрестное опыление – перенос пыльцы с пыльников одного растения на рыльце пестика другого растения.

Среди трех возможных вариантов переноса пыльцы на рыльце цветков и последующего ее участия в оплодотворении два варианта ведут к инбридингу, а один к аутбридингу.

Вместе с тем инбридинг не столь широко распространен в природе, как это можно предполагать. Большая часть растений имеет совершенные (обоеполые) цветки.

Существует множество весьма специфичных приспособлений, позволяющих растениям с обоеполыми цветками размножаться перекрестно (аутбридинг). Наиболее распространенное приспособление у растений к перекрестному опылению – *самонесовместимость* – реакция распознавания между пыльцевым зерном (пыльцевой трубкой) и рыльцем пестика (или столбиком пестика), предотвращающая самооплодотворение.

Задание 2. Изучить изменение частот аллелей по генам, сцепленным с полом, у женских и мужских особей в исходном и последующих поколениях

Примем, что гомогаметным полом является женский, а гетерогаметным – мужской. Будем рассматривать различия, которые обусловлены генами, локализованными в X-хромосоме.

В панмиктической популяции равновесное соотношение трех генотипических классов женских особей (♀♀) и двух генотипических классов мужских особей (♂♂) будет следующим:

$$\begin{array}{ll} \text{♀♀ } X^A X^A, X^A X^a, X^a X^a & \text{♂♂ } X^A Y, X^a Y \\ p^2 AA + 2pq Aa + q^2 aa = 1 & pA + qa = 1 \end{array}$$

Пусть в исходной ситуации мужские особи имели аллели А и а с частотами pA_x и qa_x , а женские особи – с частотами pA_{xx} и qa_{xx} (индексы внизу напоминают, что у мужских особей только одна X-хромосома, а у женских – две).

Выясним, какими будут частоты аллелей в следующем поколении. Для этого придется рассмотреть мужские и женские особи отдельно.

Мужские растения развиваются из тех зигот, в которых имеется только одна X-хромосома. Значит, все они получают свою X хромосому от материнской формы.

При случайном скрещивании мужские особи первого гибридного поколения получают аллели А и а от женских особей родительского поколения и в среднем с теми же частотами. И вообще, частота аллеля А у мужских особей последующего ($n + 1$) поколения равна частоте этого аллеля у женских особей предыдущего (n) поколения (формула 1):

$$pA_x^{n+1} = pA_{xx}^n \quad (1)$$

Это же верно и для аллеля а (формула 2):

$$qa_x^{n+1} = qa_{xx}^n \quad (2)$$

Женские растения развиваются из тех зигот, в которых имеется две хромосомы X, полученные от материнской и отцовской формы. Поэтому у женских особей частота аллеля А для последующего ($n + 1$) поколения равна среднему арифметическому частот этого аллеля у мужских и женских особей предыдущего поколения (формулы 3–4):

$$pA_{xx}^{n+1} = \frac{pA_x^n + pA_{xx}^n}{2}; \quad (3)$$

$$qa_{xx}^{n+1} = \frac{qa_x^n + qa_{xx}^n}{2}. \quad (4)$$

В этом случае выравнивание частот аллелей у мужских особей и у женских особей в последующих поколениях идет совсем иначе, чем в случае аутосом, рассмотренным ранее:

1) для гена, сцепленного с полом, частота аллеля у женских особей действительно усредняется, как и в случае аутосом;

2) но мужские особи получают данный аллель с той частотой, которую он имел у женских особей предыдущего поколения, и поэтому частоты аллеля у женских и мужских особей опять оказываются различными.

Для достижения равновесного состояния необходимо 6–7 поколений случайных скрещиваний.

Лабораторная работа: определение изменения частот аллелей по генам, сцепленным с полом, у раздельнополых растений

Цель работы: определить изменение частот аллелей по генам, сцепленным с полом, у раздельнополых растений.

Материал:

- 1) данные по частотам аллеля А для женских и мужских растений в исходном поколении;
- 2) микрокалькулятор.

Ход работы:

- 1) Определите частоту аллеля А для женских и мужских растений в соответствующих поколениях.
- 2) Постройте графики равновесного состояния популяции по аллелю А для женских и мужских растений.
- 3) Проанализируйте колебания частоты аллеля А в популяции.

Пример.

Частота аллеля А в исходном поколении для женских растений составляет 0,2, для мужских растений – 0,6.

Определите изменение частоты аллеля А для мужских и женских растений в 8 поколениях.

Решение.

1. С использованием формул 1 и 3 установим частоту аллеля А в поколениях F₁–F₈ для мужских и женских растений. Данные внесем в табл. 1.

Так, для первого поколения женских растений частота аллеля А составляет 0,4:

$$pA_{xx}^{n+1} = \frac{pA_x^n + pA_{xx}^n}{2} = \frac{0,6 + 0,2}{2} = 0,4.$$

Для первого поколения мужских растений частота аллеля А будет равна 0,2:

$$pA_x^{n+1} = pA_{xx}^n = 0,2.$$

Таблица 1. Изменение частоты аллеля для женских и мужских растений в поколениях F₁–F₈.

Поколение	Частота аллеля А	
	♀♀	♂♂
Исходное поколение	$p_{xx}A = 0,2$	$p_xA = 0,6$
Первое поколение	0,4	0,2
Второе	0,3	0,4
Третье	0,35	0,3
Четвертое	0,325	0,35
Пятое	0,3375	0,325
Шестое	0,33125	0,3375
Седьмое	0,334375	0,33125
Восьмое	0,3328125	0,334375

2. По расчетным данным табл. 1 строим графики равновесного состояния популяции.

Для этого по оси ординат откладываем показатель частоты аллеля А для мужских и женских растений, а по оси абсцисс число поколений (n) (рис. 2).

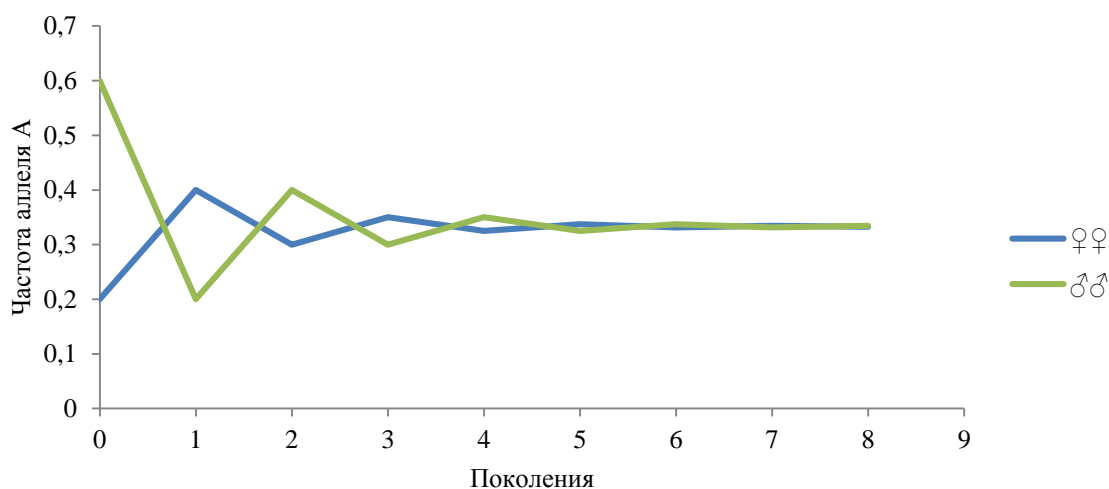


Рис. 2. Равновесное состояние популяции.

3. Проанализируем колебания частот в случае перехода к равновесию и сделаем вывод.

По гену, сцепленному с полом, популяция не переходит в состояние равновесия за одно поколение свободного скрещивания. Если в начале частоты А и а в мужской и женской частях популяции различны, то приближение к равновесному состоянию по генетической и генотипической структуре наступает постепенно. В рассматриваемом примере для этого требуется 5–6 поколений.

В соответствии с вариантами, приведенными в табл. 2, определите изменение частот аллелей по генам, сцепленным с полом.

Таблица 2. Задания для лабораторной работы.

Вариант	Культура	Частота аллеля А		Поколения
		женские растения	мужские растения	
1	Ива	0,5	0,3	F ₁ -F ₆
2	Конопля	0,4	0,1	F ₁ -F ₉
3	Лавр	0,1	0,7	F ₁ -F ₅
4	Лимонник	0,3	0,2	F ₁ -F ₇
5	Облепиха	0,2	0,5	F ₁ -F ₈
6	Омела	0,7	0,2	F ₁ -F ₁₀
7	Осина	0,3	0,1	F ₁ -F ₁₂
8	Спаржа	0,2	0,3	F ₁ -F ₉
9	Тополь	0,5	0,4	F ₁ -F ₁₁
10	Фисташковое дерево	0,3	0,6	F ₁ -F ₁₅
11	Крапива	0,7	0,1	F ₁ -F ₁₀
12	Шелковица	0,8	0,6	F ₁ -F ₇
13	Финиковая пальма	0,5	0,2	F ₁ -F ₁₃
14	Инжир	0,1	0,4	F ₁ -F ₈
15	Щавель	0,6	0,3	F ₁ -F ₁₄
16	Хмель	0,4	0,5	F ₁ -F ₆
17	Шпинат	0,1	0,3	F ₁ -F ₉
18	Тополь	0,6	0,8	F ₁ -F ₁₁
19	Омела	0,3	0,5	F ₁ -F ₁₂
20	Спаржа	0,2	0,7	F ₁ -F ₁₅

Задание 3. Определение изменения частот аллелей по генам, сцепленным с полом, у человека

По данным Р. И. Серебровской, изучавшей наследование дальтонизма, или цветовой слепоты (признака, сцепленного с полом), в выборке из 5223 мужчин было выявлено 348 дальтоников (6,7 %).

Исходя из равновесного распределения в мужской части популяции частот генотипических классов, можно утверждать, что частота генотипа X^aY соответствует частоте рецессивного аллеля, т. е. q_a = 0,067, а частота генотипа X^AY соответствует частоте доминантного аллеля, т. е. p_A = 0,933.

Подставив эти значения в формулу Харди – Вайнберга, найдем вероятные частоты трех генотипических классов среди особей женского пола: p²AA = 87,05 %, 2pqAa = 12,50 %, q²aa = 0,45 %.

Обратим внимание на соотношение частот рецессивных гомизигот и гомозигот. Это соотношение равно $\frac{q_a}{q^2_{aa}} = \frac{1}{q_a}$. Чем меньше q_a, тем в большей пропорции в панмиктической популяции будут представлены мужские особи по сравнению с женскими. В рассмотренном примере это соотношение составит 15 : 1.

У человека в X-хромосоме локализованы гены, мутации в которых влекут за собой такие аномалии, как гемофилия, дальтонизм, некоторые миопатии, ихтиоз, болезни обмена.

Пример.

В мужской части популяции человека в Северной Европе дальтонизм проявляется с частотой 1:12.

1. Чему равна частота рецессивного аллеля в мужской части популяции?
2. Чему равна частота доминантного аллеля в мужской части популяции?
3. Определите генетическую структуру мужской части популяции по способности различать цвета.
4. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции?
5. Определите генетическую структуру женской части популяции по способности различать цвета.

Решение.

Человек

Способность различать цвета.

A – норма;

a – дальтонизм.

$N_x = 12$;

$n_{Q_x} = 1$.

1. В мужской части популяции по гену, сцепленному с полом, может быть только два генотипа ($X^A Y$ и $X^a Y$), поэтому частоты аллелей, определяемые по формуле $pA + qa = 1$, соответствуют частотам генотипов ($P_x + Q_x = 1$).

$$qa = Q_x = \frac{n_{Q_x}}{N_x} = \frac{1}{12} = 0,08.$$

2. Определяем частоту доминантного аллеля в мужской части популяции.

$$pA = 1 - qa = 1 - 0,08 = 0,92.$$

3. Определяем генетическую структуру мужской части популяции.

$$P_x : Q_x = pA : qa = 0,92 : 0,08.$$

4. В женской части популяции частота доминантного и рецессивного аллеля будет такой же, как и в мужской.

5. Генетическую структуру женской части популяции определяем по формуле Харди – Вайнберга $p^2 AA + 2pq Aa + q^2 aa = 1$.

$$P_{xx} = p^2 AA = (pA)^2 = 0,92^2 = 0,8464;$$

$$G_{xx} = 2pq Aa = 2 \cdot pA \cdot qa = 2 \cdot 0,92 \cdot 0,08 = 0,1472;$$

$$Q_{xx} = q^2 aa = (qa)^2 = 0,08^2 = 0,0064;$$

$$P_{xx} : G_{xx} : Q_{xx} = p^2 AA : 2pq Aa : q^2 aa = 0,8464 : 0,1472 : 0,0064.$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие половые хромосомы имеются у растений с пестичными цветками?
2. Какие типы гамет образуют растения с тычиночными цветками?
3. Назовите примеры раздельнополых растений.
4. Расскажите о вариантах переноса пыльцы между цветками в отдельной популяции.
5. Расскажите о приспособлениях у растений к перекрестному опылению.
6. Сколько генотипических классов можно выделить у мужских и женских особей по генам, сцепленным с полом?
7. Как рассчитать частоту аллеля в последующем поколении у мужских особей?
8. Как рассчитать частоту аллеля в последующем поколении у женских особей?
9. В каком поколении наблюдается равновесное состояние по генам, сцепленным с полом?
10. Расскажите об особенностях построения графика равновесного состояния популяции по генам, сцепленным с полом.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Определение генетической структуры популяции при наличии генов, сцепленных с полом, у раздельнополых растений

1. У ивы частота доминантного аллеля в мужской части популяции равна 0,5, а в женской части популяции – 0,3. Динамику генетической структуры популяции изучали до шестого поколения.
 1. Чему равна частота рецессивного аллеля в мужской части популяции в шестом поколении?
 2. Чему равна частота доминантного аллеля в мужской части популяции в шестом поколении?
 3. Определите генетическую структуру мужской части популяции в шестом поколении.
 4. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции в шестом поколении?
 5. Определите генетическую структуру женской части популяции в шестом поколении.
2. У конопли частота рецессивного аллеля в мужской части популяции равна 0,4, а в женской части популяции – 0,1. Динамику генетической структуры популяции изучали до четвертого поколения.
 1. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в мужской части популяции в четвертом поколении?
 2. Определите генетическую структуру мужской части популяции в четвертом поколении.
 3. Сколько женских растений конопли (%) будут иметь доминантный признак в четвертом поколении?
 4. Сколько женских растений конопли (%) будут иметь доминантный признак, но содержать в генотипе рецессивный аллель в четвертом поколении?

5. Сколько женских растений конопли (%) будут рецессивными гомозиготами в четвертом поколении?

3. У лавра частота доминантного аллеля в мужской части популяции равна 0,1, а в женской части популяции – 0,7. Динамику генетической структуры популяции изучали до пятого поколения.

1. Определите генетическую структуру мужской части популяции в пятом поколении.

2. Сколько мужских растений лавра (%) будут иметь рецессивный признак в пятом поколении?

3. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции в пятом поколении?

4. Определите генетическую структуру женской части популяции в пятом поколении.

5. Во сколько раз количество рецессивных гомозигот в мужской части популяции будет большим, чем в женской части популяции в пятом поколении?

4. У лимонника частота рецессивного аллеля в мужской части популяции равна 0,3, а в женской части популяции – 0,2. Динамику генетической структуры популяции изучали до седьмого поколения.

1. Чему равна частота рецессивного аллеля в мужской части популяции в седьмом поколении?

2. Чему равна частота доминантного аллеля в мужской части популяции в седьмом поколении?

3. Определите генетическую структуру мужской части популяции в седьмом поколении.

4. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции в седьмом поколении?

5. Определите генетическую структуру женской части популяции в седьмом поколении.

5. У облепихи частота доминантного аллеля в мужской части популяции равна 0,2, а в женской части популяции – 0,5. Динамику генетической структуры популяции изучали до восьмого поколения.

1. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в мужской части популяции в восьмом поколении?

2. Определите генетическую структуру мужской части популяции в восьмом поколении.

3. Сколько женских растений облепихи (%) будут доминантными гомозиготами в восьмом поколении?

4. Сколько женских растений облепихи (%) будут иметь доминантный признак, но содержать в генотипе рецессивный аллель в восьмом поколении?

5. Сколько женских растений облепихи (%) будут рецессивными гомозиготами в восьмом поколении?

6. У омелы частота рецессивного аллеля в мужской части популяции равна 0,7, а в женской части популяции – 0,2. Динамику генетической структуры популяции изучали до четвертого поколения.

1. Определите генетическую структуру мужской части популяции в четвертом поколении.
2. Сколько мужских растений омелы (%) будут иметь рецессивный признак в четвертом поколении?
3. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции в четвертом поколении?
4. Определите генетическую структуру женской части популяции в четвертом поколении.
5. Во сколько раз количество рецессивных гомозигот в мужской части популяции будет больше, чем в женской части популяции в четвертом поколении?

7. У осины частота доминантного аллеля в мужской части популяции равна 0,3, а в женской части популяции – 0,1. Динамику генетической структуры популяции изучали до восьмого поколения.

1. Чему равна частота рецессивного аллеля в мужской части популяции в восьмом поколении?
2. Чему равна частота доминантного аллеля в мужской части популяции в восьмом поколении?
3. Определите генетическую структуру мужской части популяции в восьмом поколении.
4. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции в восьмом поколении?
5. Определите генетическую структуру женской части популяции в восьмом поколении.

8. У спаржи частота рецессивного аллеля в мужской части популяции равна 0,2, а в женской части популяции – 0,3. Динамику генетической структуры популяции изучали до седьмого поколения.

1. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в мужской части популяции в седьмом поколении?
2. Определите генетическую структуру мужской части популяции в седьмом поколении.
3. Сколько женских растений спаржи (%) будут иметь доминантный признак в восьмом поколении?
4. Сколько женских растений спаржи (%) будут иметь доминантный признак, но содержать в генотипе рецессивный аллель в восьмом поколении?
5. Сколько женских растений спаржи (%) будут рецессивными гомозиготами в восьмом поколении?

9. У тополя частота доминантного аллеля в мужской части популяции равна 0,5, а в женской части популяции – 0,4. Динамику генетической структуры популяции изучали до пятого поколения.

1. Определите генетическую структуру мужской части популяции в пятом поколении.
2. Сколько мужских растений тополя (%) будут иметь рецессивный признак в пятом поколении?
3. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции в пятом поколении?

4. Определите генетическую структуру женской части популяции в пятом поколении.
5. Во сколько раз количество рецессивных гомозигот в мужской части популяции будет большим, чем в женской части популяции в пятом поколении?

10. У фисташкового дерева частота рецессивного аллеля в мужской части популяции равна 0,3, а в женской части популяции – 0,6. Динамику генетической структуры популяции изучали до шестого поколения.

1. Чему равна частота рецессивного аллеля в мужской части популяции в шестом поколении?
2. Чему равна частота доминантного аллеля в мужской части популяции в шестом поколении?
3. Определите генетическую структуру мужской части популяции в шестом поколении.
4. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции в шестом поколении?
5. Определите генетическую структуру женской части популяции в шестом поколении.

*Определение генетической структуры популяции
при наличии генов, сцепленных с полом, у человека*

11. У мужской части популяции человека гемофилия А проявляется с частотой 1:5000.
 1. Чему равна частота рецессивного аллеля в мужской части популяции?
 2. Чему равна частота доминантного аллеля в мужской части популяции?
 3. Определите генетическую структуру мужской части популяции по этому признаку.
 4. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции?
 5. Определите генетическую структуру женской части популяции по этому признаку.
12. У мужской части популяции человека гемофилия В проявляется с частотой 1:25000.
 1. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в мужской части популяции?
 2. Определите генетическую структуру мужской части популяции по этому признаку.
 3. Сколько женщин (%) будут здоровыми?
 4. Сколько женщин (%) будут здоровыми, но иметь в генотипе рецессивный аллель?
 5. Сколько женщин (%) будут страдать гемофилией В?
13. У мужской части популяции человека мышечная дистрофия Дюшене проявляется с частотой 1:3600.
 1. Определите генетическую структуру мужской части популяции по этому признаку.
 2. Сколько мужчин (%) будут страдать мышечной дистрофией Дюшене?
 3. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции?
 4. Определите генетическую структуру женской части популяции по этому признаку.
 5. Во сколько раз заболевание проявляется чаще у мужчин, чем у женщин?

14. У мужской части популяции человека мышечная дистрофия Беккера проявляется с частотой 1:30000.

1. Чему равна частота рецессивного аллеля в мужской части популяции?
2. Чему равна частота доминантного аллеля в мужской части популяции?
3. Определите генетическую структуру мужской части популяции по этому признаку.
4. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции?
5. Определите генетическую структуру женской части популяции по этому признаку.

15. У мужской части популяции человека ихтиоз проявляется с частотой 1:4000.

1. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в мужской части популяции?
2. Определите генетическую структуру мужской части популяции по этому признаку.
3. Сколько женщин (%) будут здоровыми?
4. Сколько женщин (%) будут здоровыми, но иметь в генотипе рецессивный аллель?
5. Сколько женщин (%) будут страдать ихтиозом?

16. У мужской части популяции человека болезнь Брутона проявляется с частотой 1:250000.

1. Определите генетическую структуру мужской части популяции по этому признаку.
2. Сколько мужчин (%) будут страдать болезнью Брутона?
3. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции?
4. Определите генетическую структуру женской части популяции по этому признаку.
5. Во сколько раз заболевание проявляется чаще у мужчин, чем у женщин?

17. У мужской части популяции человека мышечная дистрофия Беккера проявляется с частотой 3:100000.

1. Чему равна частота рецессивного аллеля в мужской части популяции?
2. Чему равна частота доминантного аллеля в мужской части популяции?
3. Определите генетическую структуру мужской части популяции по этому признаку.
4. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции?
5. Определите генетическую структуру женской части популяции по этому признаку.

18. У мужской части популяции человека гемофилия В проявляется с частотой 1:20000.

1. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в мужской части популяции?
2. Определите генетическую структуру мужской части популяции по этому признаку.
3. Сколько женщин (%) будут здоровыми?
4. Сколько женщин (%) будут здоровыми, но иметь в генотипе рецессивный аллель?
5. Сколько женщин (%) будут страдать гемофилией В?

19. У мужской части популяции человека дальтонизм проявляется с частотой 8 %.

1. Определите генетическую структуру мужской части популяции по этому признаку.
2. Сколько мужчин (%) будут страдать дальтонизмом?
3. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции?
4. Определите генетическую структуру женской части популяции по этому признаку.
5. Во сколько раз заболевание проявляется чаще у мужчин, чем у женщин?

20. У мужской части популяции человека мышечная дистрофия Дюшене проявляется с частотой $3:10000$.

1. Чему равна частота рецессивного аллеля в мужской части популяции?
2. Чему равна частота доминантного аллеля в мужской части популяции?
3. Определите генетическую структуру мужской части популяции по этому признаку.
4. Чему равны частоты рецессивного и доминантного аллелей в женской части популяции?
5. Определите генетическую структуру женской части популяции по этому признаку.