

Хромосомная теория наследственности.

Наследование пола и сцепленных с полом признаков

ЗАДАНИЕ 1. Ознакомьтесь с понятиями пол, типы хромосомного определения пола, признаки, сцепленные с полом

Пол, как и любой другой признак организма, наследственно детерминирован. Важная роль в генетической детерминации пола принадлежит хромосомному аппарату.

Хромосомы, по которым различаются особи мужского и женского полов, принято называть **половыми**, или **гетеросомами**. Те половые хромосомы, которые у одного из полов являются парными, назвали **X-хромосомами**. Непарная половая хромосома, имеющаяся только у особей одного пола и отсутствующая у другого, названа **Y-хромосомой**.

По хромосомной теории наследственности пол организма определяется в момент оплодотворения. Различают четыре основных типа хромосомного определения пола (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика основных типов определения пола.

Тип определения пола	Организмы	Соматические клетки		Гаметы		Гетерогаметный пол
		♀	♂	яйце-клетки	сперматозоиды	
XY	Человек, млекопитающие животные, дрозофила, рыбы и др.	XX	XY	X и X	X и Y	мужской
X ^Y (ZW)	Птицы, бабочки	X ^Y (ZW)	XX (ZZ)	X и Y (Z и W)	X и X (Z и Z)	женский
XO	Кузнечики, клоп	XX	XO	X и X	X и O	мужской
XO	Моль	XO	XX	X и O	X и X	женский

Пол, имеющий две гомологичные половые хромосомы, называется **гомогаметным**. Он образует один тип гамет по данным хромосомам. Пол, содержащий в кариотипе разные половые хромосомы X и Y, называют **гетерогаметным**. Он образует два типа гамет по половым хромосомам \textcircled{X} и \textcircled{Y} .

Благодаря тому, что один пол гетерогаметный, а другой – гомогаметный, в поколениях обеспечивается равное соотношение полов.

Гены, локализованные в половых хромосомах, принято обозначать символом половой хромосомы с индексом, обозначающим ген. Так, у дрозофилы доминантный аллель X^W детерминирует красную (нормальную) окраску глаз, рецессивный аллель X^w – белую.

Признаки, определяемые генами, локализованными в половых хромосомах, называются **признаками, сцепленными с полом**.

Хромосомы X и Y не являются полностью гомологичными, поэтому гены, локализованные в X-хромосоме, могут отсутствовать в Y-хромосоме.

При локализации гена, определяющего тот или иной признак, в половой хромосоме фенотипическое проявление действия этого гена будет находиться в зависимости от пола особи. Признак обязательно проявится у мужской (при гетерогаметности мужского пола) и у женской (при гетерогаметности женского пола) особи независимо от того, какой ген (доми-

доминантный или рецессивный) из данной пары унаследует эта особь, так как, в отличие от X-хромосомы, Y-хромосома у большого числа видов не несет активных генов.

Такое состояние, когда ген проявляет свое действие, будучи в гаплоидном наборе, называется **гемизиготным**.

При решении генетических ситуаций у человека или составлении генеалогического древа используют специальную систему обозначений (рис. 2)

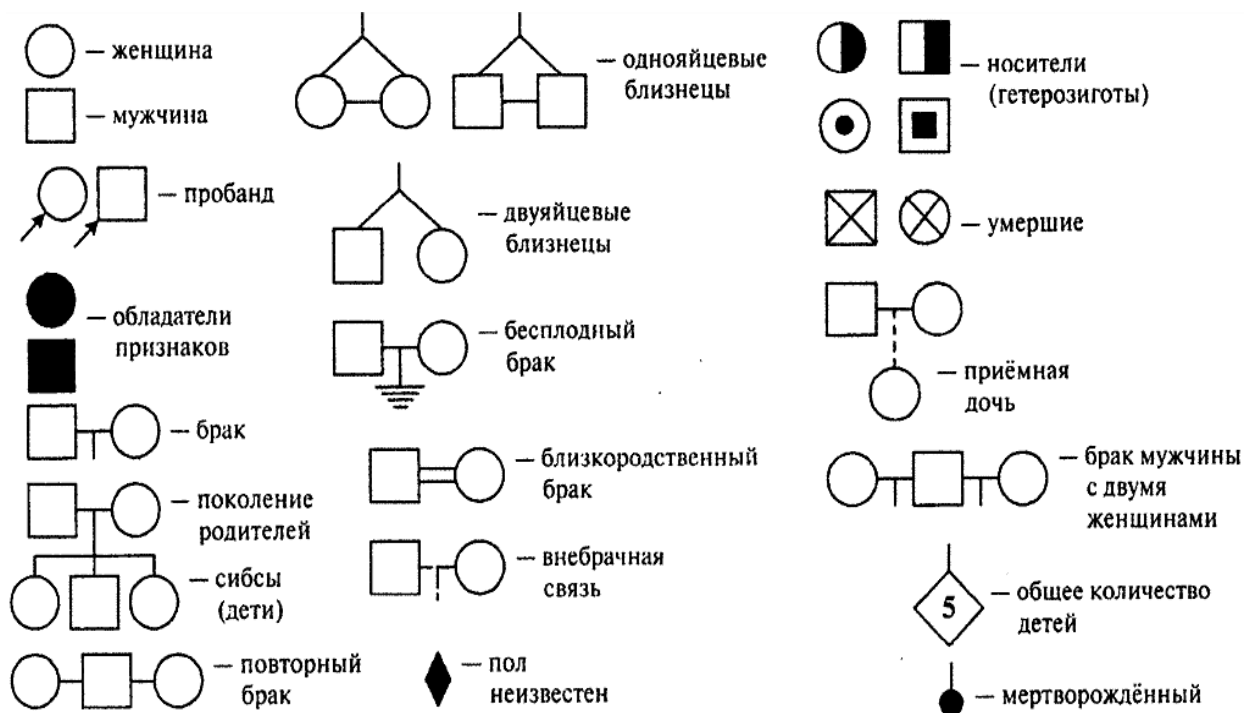


Рис. 2. Система обозначений при решении генетических ситуаций у человека.

В отличие от признаков, гены которых локализованы в аутосомах, признаки с полом наследуются по-другому. В этом случае прямое и обратное скрещивания дают разные результаты.

ЗАДАНИЕ 2. Решите типовую задачу на наследование признаков, сцепленных с полом, при локализации генов только в X-хромосоме для первого типа хромосомного определения пола

Пример.

У дрозофилы рецессивный ген *s*, обуславливающий укороченное тело, локализован в X-хромосоме. Доминантный ген *S* обуславливает нормальные размеры тела.

Гетерозиготная самка, имеющая нормальные размеры тела, скрещена с самцом, также имеющим нормальные размеры тела. Получили 36 мух.

1. Сколько типов гамет может образовать самка?
2. Сколько типов гамет может образовать самец?
3. Сколько самок, полученных при этом скрещивании, имеют нормальные размеры тела?
4. Сколько из них являются гомозиготными?
5. Сколько самцов имеют укороченное тело?

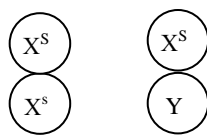
Решение.

Дрозофила
Размеры тела.

X { S – нормальные размеры;
s – укороченное тело.

F₁ – 36 мух.

нормальные нормальные
P ♀ X^SX^s × ♂ X^sY

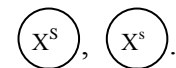
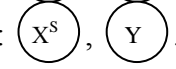
G 

F₁ ♀ X^SX^S – нормальные размеры 1
♀ X^SX^s – нормальные 1
♂ X^SY – нормальные 1
♂ X^sY – укороченное тело 1

} 4 части
(36 мух)

На 1 часть приходится 9 мух (36 мух F₁ : 4 части).

Ответы:

1. Самка образует 2 типа гамет за счет гетерозиготности: .
2. Самец образует 2 типа гамет за счет гетерогаметности: .
3. 18 самок будут иметь нормальные размеры тела (2 части · 9 мух).
4. 9 самок с генотипом X^SX^S являются гомозиготными (1 часть · 9 мух).
5. 9 самцов с генотипом X^sY имеют укороченное тело (1 часть · 9 мух).

ЗАДАНИЕ 3. Решите типовую задачу на наследование признаков, сцепленных с полом, при локализации генов в обеих (X и Y) половых хромосомах при первом типе хромосомного определения пола

Пример.

У небольшой рыбки (*Aplocheilus*) пол наследуется по тому же типу, что и у дрозофилы. Пара аллелей R и r, обуславливающих окраску тела, локализованы в обеих половых хромосомах, как X, так и Y. Красный цвет является доминантным, белый – рецессивным.

От спаривания белой самки с красным гомизиготным самцом получили в F₁ 18 потомков, а в F₂ – 44, из них 24 самки.

1. Сколько рыбок F₁ имели красную окраску?
2. Сколько разных генотипов было в F₂?
3. Сколько рыбок F₂ имели красную окраску?
4. Сколько рыбок-самок F₂ имели красную окраску?
5. Сколько рыбок имели белую окраску?

Решение.

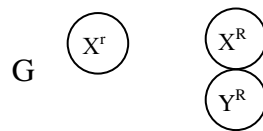
Рыбка
Окраска тела:

X, Y { R – красная окраска;
r – белая окраска.

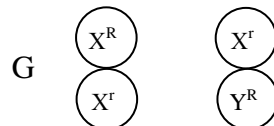
F₁ – 18 рыбок.

F₂ – 44 рыбки, в т. ч. 24 самки.

P ♀ ^{белая} X^rX^r × ♂ ^{красная} X^RY^R



F₁ ♀ ^{красная} X^RX^r × ♂ ^{красная} X^rY^R



F₂

♀ X ^R X ^r	– красная окраска	1	} 2 части (24 рыбки)
♀ X ^r X ^r	– белая	1	
♂ X ^R Y ^R	– красная	1	} 2 части (44 – 24 = 20 рыбок)
♂ X ^r Y ^R	– красная	1	

На 1 часть у самок приходится 12 рыбок (24 рыбки : 2 части).

На 1 часть у самцов приходится 10 рыбок (20 рыбок : 2 части).

Ответы:

1. 18 рыбок F₁ имели красную окраску тела.
2. В F₂ было 4 разных генотипа.
3. 32 рыбки F₂ имели красную окраску тела (12 самок + 20 самцов).
4. 12 самок имели красную окраску (1 часть самок).
5. 12 рыбок имели белую окраску (1 часть самок).

ЗАДАНИЕ 4. Решите типовую задачу на наследование признаков, сцепленных с полом, при локализации генов только в X-хромосоме для второго типа хромосомного определения пола

Пример.

У кур рецессивный аллель гена k наследуется сцепленно с полом. Если в зиготе не содержится доминантный аллель гена K, то цыплята погибают до вылупления из яйца. Самец, гетерозиготный по данному гену, был скрещен с нормальными самками. Из яиц вылупились 72 цыпленка.

1. Сколько разных генотипов может быть в результате такого скрещивания?
2. Сколько цыплят может погибнуть до вылупления из яиц?
3. Сколько среди погибших может быть курочек?
4. Сколько живых петушков может быть при таком скрещивании?
5. Сколько живых курочек может быть при таком скрещивании?

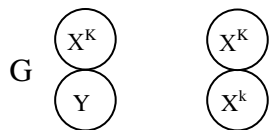
Решение.

Куры

Развитие эмбриона.

X { K – нормальное развитие;
 k – погибают до вылупления из яиц.
 F₁ – 72 цыпленка.

нормальное нормальное
 P ♀ X^KY × ♂ X^KX^k



F₁

♂ X ^K X ^K	– нормальное развитие;	1	} 3 части (72 цыпленка)
♂ X ^K X ^k	– нормальные	1	
♀ X ^K Y	– нормальные	1	
♀ X^kY	– погибают	1	

до вылупления из яиц

На 1 часть приходится 24 цыпленка (72 цыпленка : 3 части).

Ответы:

- 3 генотипа (цыплята с генотипом ♀ X^kY погибают).
- 24 цыпленка могут погибнуть до вылупления из яиц (1 часть · 24 цыпленка).
- 24 курочки могут погибнуть до вылупления из яиц (1 часть · 24 цыпленка).
- 48 живых петушков (2 части · 24 цыпленка).
- 24 живые курочки (1 часть · 24 цыпленка).

МАТЕРИАЛ

- Таблица с основными типами определения пола.
- Карточки с индивидуальными заданиями.
- Тестовые задания по теме.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- Расскажите о хромосомном определении пола.
- Расскажите о хромосомном определении пола у млекопитающих.
- Расскажите о хромосомном определении пола у птиц.
- Расскажите о хромосомном определении пола у насекомых.
- Расскажите об образовании гамет гетерогаметным полом.
- Расскажите об образовании гамет гомогаметным полом.
- Что такое гемизиготное состояние гена?
- В чем особенность наследования доминантных признаков, гены которых локализованы в X-хромосоме?
- В чем особенность наследования рецессивных признаков, гены которых локализованы в X-хромосоме?
- В чем особенность наследования рецессивных признаков, гены которых локализованы в X- и Y-хромосомах.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. У аквариумных рыбок *Aplacheilus* доминантный ген R , определяющий красную окраску тела, ген r , контролирующей белую окраску тела, локализованы в обеих половых хромосомах, как X , так и Y . Тип определения пола у этой породы рыбы, как и у мухи дрозофилы.

От скрещивания красной самки с белым гомозиготным самцом получили в F_1 12 потомков, а в F_2 38, из них 20 – самки.

1. Сколько рыбок F_1 имели красную окраску тела?
2. Сколько разных генотипов было в F_2 ?
3. Сколько рыбок F_2 имели белую окраску?
4. Сколько самок имели красную окраску и были гомозиготными?
5. Сколько самцов в F_2 имели красную окраску тела?

2. У дрозофилы рецессивный ген s , обуславливающий укороченное тело, локализован в X -хромосоме. Доминантный ген S обуславливает нормальные размеры тела.

Гетерозиготная самка, имеющая нормальные размеры тела скрещена с самцом, также имеющим нормальные размеры тела. Получили 48 мух.

1. Сколько типов гамет может образовать самка?
2. Сколько типов гамет может образовать самец?
3. Сколько самок, полученных при этом скрещивании, имеет нормальные размеры тела?
4. Сколько из них являются гомозиготными?
5. Сколько самцов имеют укороченное тело?

3. У двудомного цветкового растения меландриум наследование пола происходит по такому же типу, как и у дрозофилы. Рецессивный ген, обуславливающий развитие узких листьев, локализован в X -хромосоме. Доминируют широкие листья.

Гетерозиготное широколистное растение скрестили с узколистным и получили 220 гибридов.

1. Сколько растений имело широкие листья?
2. Сколько женских растений имели широкие листья?
3. Сколько мужских растений имели узкие листья?
4. Гетерозиготное растение опылили пыльцой широколистного растения и получили 20 гибридов. Сколько из них имели узкие листья?
5. Сколько мужских растений имели широкие листья?

4. Одна пара генов B и b , определяющих окраску шерсти у кошек, сцеплено с полом. Ген B обуславливает рыжую окраску, ген b – черную, а гетерозиготы Bb имеют пеструю окраску (черепаховую).

Черного кота спаривали с пестрой кошкой. Получили 12 котят, их них шесть кошек.

1. Сколько котят имело рыжую масть?
2. Сколько кошек было рыжей масти?
3. Сколько кошек были черепаховыми?
4. Сколько котят было черными?

5. Сколько котов имело черную масть?

5. Окраска крыльев у бабочек обуславливается локализованным в X-хромосоме геном D. Доминантный аллель гена D обуславливает развитие яркой окраски, а рецессивный аллель d – тусклой.

Скрещивали бабочек с яркой окраской крыльев с гомозиготными самцами с тусклыми крыльями. Получили 20 потомков F₁, а от скрещивания гибридов F₁ между собой 120 потомков F₂.

1. Сколько гибридов F₁ могли иметь яркую окраску крыльев?
2. Сколько самцов F₁ могли иметь яркую окраску крыльев?
3. Сколько самок в F₂ могли быть с тусклой окраской крыльев?
4. Сколько самцов F₂ могли быть с яркой окраской крыльев?

5. В другой комбинации скрещивали самок, имевших тусклую окраску крыльев с гомозиготными самцами с яркой окраской. В F₁ получили 48 гибридов. Сколько самцов в F₂ могли иметь яркую окраску крыльев?

6. У кур полосатое оперение определяется доминантным геном B и наследуется сцепленно с полом. При скрещивании полосатых кур (X^BY) с петухом X^bX^b, имеющим рецессивный ген черной окраски (b) в F₁ получили 18 цыплят, от скрещивания которых между собой в F₂ получили 56 цыплят.

1. Сколько цыплят в F₁ были петушками?
2. Сколько петушков в F₁ имели черную окраску?
3. Сколько курочек F₂ имели черную окраску?
4. Сколько петушков F₂ имели полосатую окраску?
5. Сколько петушков F₂ были гомозиготами по этому признаку?

7. У бронзовых индеек иногда наблюдается дрожание тела, которое называется вибрированием. Эта аномалия обусловлена сцепленным с полом рецессивным геном (v).

От скрещивания гетерозиготных по этому гену самцов с аномальными самками получили 64 гибрида.

1. Сколько разных генотипов могли иметь гибриды?
2. Сколько среди них может быть самок?
3. Сколько гибридов могут быть вибрантами?
4. Сколько самок могут быть нормальными?
5. Сколько самцов среди гибридов могут быть вибрантами?

8. Рecessивный ген h, обуславливающий гемофилию человека, локализован в половой X хромосоме. Ген H контролирует нормальное состояние крови.

Фенотипически здоровая женщина, отец которой был болен гемофилией, вышла замуж за здорового юношу. У них было 4 детей, в т. ч. двое мальчиков близнецов.

1. Какие могут быть женские и мужские гаметы в данном примере?
2. Какие могут быть генотипы у девочек?
3. Какие могут быть генотипы у мальчиков-близнецов?

4. Одна из девочек этой семьи, которая имеет генотип $X^H X^H$, вышла замуж за юношу-гемофилика. У них родилась дочь.

5. Определите ее генотип и покажите в общей схеме родословной?

9. Рecessивный ген d , обуславливающий цветовую слепоту у человека, локализован в половой X-хромосоме. Ген D контролирует нормальное зрение.

Фенотипически здоровая женщина, отец которой страдал дальтонизмом, вышла замуж за юношу-дальтоника. У них было 8 детей.

1. Какие могут быть женские и мужские гаметы в данном примере?

2. Какие могут быть генотипы у девочек?

3. Какие могут быть генотипы у мальчиков?

4. Одна из девочек этой семьи, которая имеет генотип $X^D X^d$, вышла замуж за юношу ($X^D Y$). У них родился сын.

5. Требуется определить его генотип и показать в общей схеме родословной?

10. У дрозофилы гомогаметным является женский пол, а гетерогаметным – мужской. У-хромосома у нее генетически инертна.

Доминантный ген красной окраски глаз W и recessивный ген белой окраски w находятся в X-хромосоме.

1. Определите, какие типы гамет образуются у гетерозиготной красноглазой самки; красноглазого самца; белоглазого самца.

2. Гетерозиготная красноглазая самка скрещена с красноглазым самцом. Какой цвет глаз будет у гибридов в первом поколении?

3. Гомозиготная красноглазая самка скрещена с белоглазым самцом. Какую окраску глаз будут иметь гибриды первого и второго поколения?

4. Белоглазая самка скрещена с красноглазым самцом. Какой цвет глаз будет у самцов в первом поколении?

5. Белоглазая самка скрещена с красноглазым самцом. Какой цвет глаз будет у самок во втором поколении?