

РАЗДЕЛ 3

ПОЛ И ПРИЗНАКИ, СЦЕПЛЕННЫЕ С ПОЛОМ

Существует три типа определения пола в природе: эпигамный, прогамный и сингамный. В первом случае пол определяется после оплодотворения, во втором – до оплодотворения, а в третьем – в момент оплодотворения. Примером эпигамного оплодотворения является оплодотворение у морского червя боннелии. У боннелии очень мелкие самцы обитают в матке гораздо более крупных самок (рис. 3.1). Бесполоя свободно плавающая личинка боннелии при попадании на хоботок самки под влиянием выделяемых этим хоботком веществ превращается в самца, мигрирующего затем в половые органы самки. Если же личинка не встречает самку, то прикрепляется ко дну и превращается в самку. В редких случаях эпигамное определение пола встречается у двудомных растений. Так у японской ариземы растения, выросшие из крупных клубней, образуют женские цветки. Из щуплых клубней развиваются растения, дающие мужские цветки. У некоторых животных (крокодил, черепаха) пол потомка определяется температурой, при которой идет формирование зародыша в яйце, зарытом в песке.

У некоторых червей и коловраток наблюдается прогамное определение пола. Самки откладывают неоплодотворенные яйца двух сортов: крупные, богатые цитоплазмой, и мелкие, относительно бедные ею. После оплодотворения первые развиваются в самок, а вторые – в самцов (рис. 3.2).

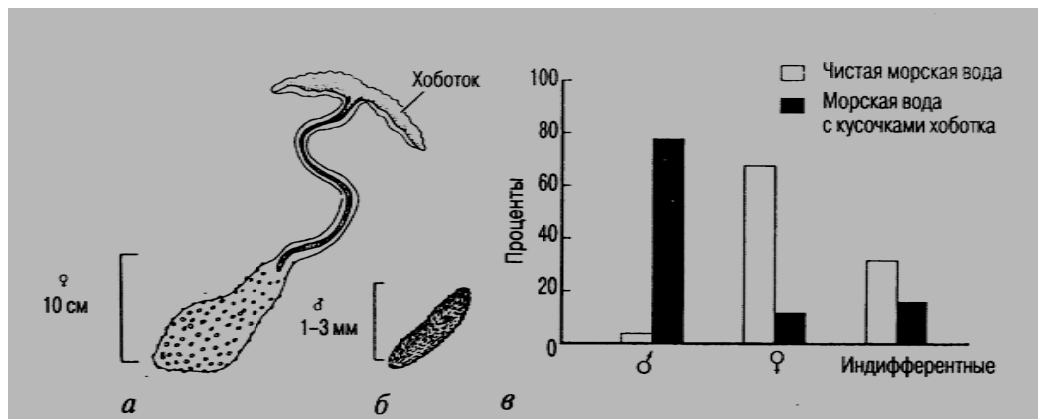


Рис. 3.1. Эпигамный тип детерминации пола у *Bonellia viridis*. а – самка длиной около 10 см с хоботком, который способен вытягиваться до одного метра; б – самец (сильно увеличен по сравнению с самкой); в – анализ дифференцировки *Bonellia* in vitro. Личинок *Bonellia* помещали в морскую воду с кусочками хоботка самки. Большинство особей, культивированных в таких условиях, стали самцами, тогда как в чистой морской воде из личинок преимущественно развились самки. (Гершензон С.М., 1983)

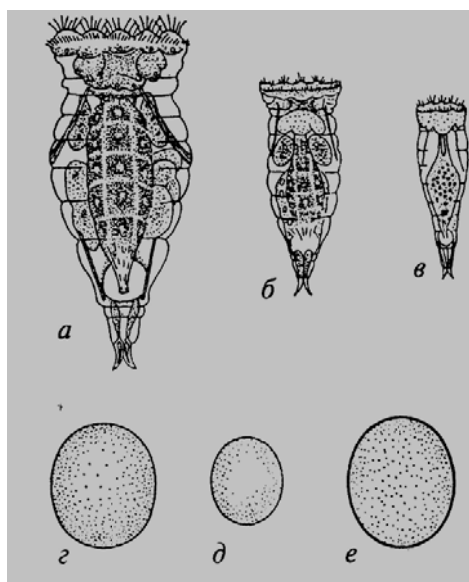


Рис. 3.2. Прогамный тип детерминации пола у коловраток. а – взрослая самка, б – молодая самка, в – самец. Самки обычно откладывают крупные яйца (г), партеногенетически (без оплодотворения) развивающиеся в самках, но при изменении пищевого режима у этих самок появляются дочери, откладывающие более мелкие яйца (д), партеногенетически развивающиеся в гаплоидных самцов. Если самка, откладывающая такие мелкие яйца, вскоре после вылупления будет оплодотворена самцом, то оплодотворённые яйца продолжат рост, покроются толстой оболочкой (е), перезимуют и весной разовьются в обычную диплоидную самку. (С.М. Гершензон, 1983)

У огромного большинства организмов пол определяется в момент оплодотворения – сингамно – и связан с наличием специальных половых хромосом, которые в отличие от остальных хромосом (аутосом) обозначаются буквами X и Y. Различают четыре основных типа хромосомного определения пола (табл. 3.1, рис. 3.3):

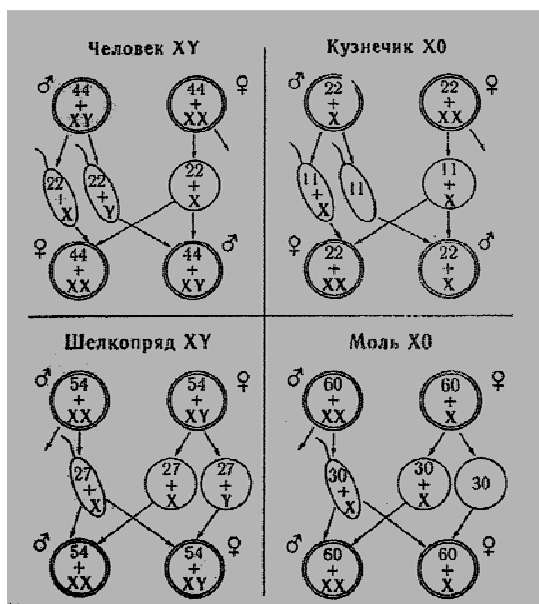


Рис. 3.3 Основные типы хромосомного определения пола (Гончаров А.В., 2005)

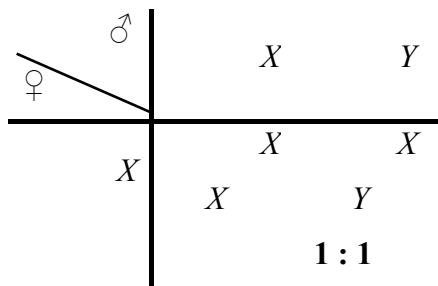
Таблица 3.1

Типы пола при сингамии

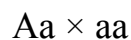
| Тип | Обозначение хромосом | Организм | Соматические клетки | | Гаметы | | Гетерогаметный пол |
|-----|----------------------|-----------------------------------|---------------------|----|--------|-----|--------------------|
| | | | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | |
| I | XY | Человек, дрозофила, млекопитающие | XX | XY | X | X,Y | ♂ |
| II | XY | Птицы, бабочки | XY | XX | X,Y | X | ♀ |
| III | XO | Кузнечик, клоп | XX | XO | X | X,O | ♂ |
| IV | XO | моль | XO | XX | X,O | X | ♀ |

Из таблицы 3.1 видно, что у I и II типов женский пол гомогаметный (образует яйцеклетки, одинаковые по половым хромосомам), а мужской пол – гетерогаметный (образует два вида сперматозоидов: с X и Y хромосомами). У II и IV типов – наоборот. Гетерогаметность одного пола и гомогаметность

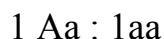
другого у каждого вида животных обеспечивает равное количество потомков женского и мужского пола, то есть в соотношении 1:1.



Это расщепление по полу обнаружил Г. Мендель и сравнил его с анализирующим скрещиванием:



↓



Вот почему говорят, что пол – менделирующий признак.

Следующие данные подтверждают это положение (таб. 3.2).

Таблица 3.2

Средний процент особей женского пола, получающийся при рождении,
у некоторых позвоночных

| Организм | % женских особей |
|----------------------|------------------|
| Человек | 48,8 |
| Крупный рогатый скот | 48,2 |
| Свинья | 47,2 |
| Лошадь | 50,4 |
| Овца | 51,2 |
| Кролик | 48,4 |

| | |
|--------|------|
| Крыса | 48,3 |
| Курица | 52,6 |

У некоторых двудомных растений также обнаружены половые хромосомы. Это:

1. дрема белая;
2. спаржа;
3. конопля посевная (рис.3.4);
4. хмель обыкновенный;
5. шпинат;
6. виды рода Ива;
7. виды рода Тополь;
8. виды рода Щавель.

У всех у них женский пол – гомогаметный, мужской – гетерогаметный. У хмеля японского и двух видов щавеля мужская форма имеет генотип ХУУ. У полиплоидных видов земляники женский пол – гетерогаметный, мужской – гомогаметный. У диоскорей ♀ ХХ, ♂ ХО.

У многих двудомных растений специальных половых хромосом нет. Все хромосомы мужского и женского пола морфологически одинаковы. Пол у них связан с наличием определенных генов в аутосомах.

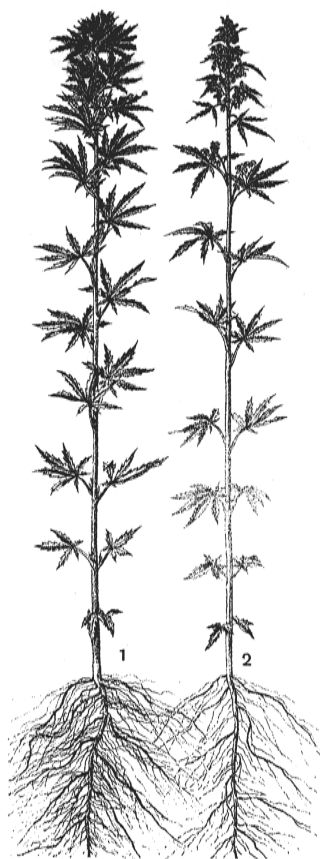


Рис. 3.4 Конопля: матерка (1), посконь (2) (Вавилов П.П., Балышев Л.Н., 1984)

Признаки, гены которых локализованы в аутосомах, называются аутосомными. Признаки, гены которых локализованы в половых хромосомах, называются сцепленными с полом. У дрозофилы это окраска глаз, у человека – дальтонизм, гемофилия. На рис. 3.5 показано наследование окраски глаз у дрозофилы в реципрокном скрещивании (опыты Т. Моргана). В прямом скрещивании (мать с красными глазами, отец – с белыми) все первое поколение, и сыновья, и дочери, имело красные глаза. Во втором поколении (спаривание сибсов – сестер и братьев) наблюдается расщепление 3:1. никаких отклонений от менделизма не наблюдалось. В обратном скрещивании (мать с белыми глазами, отец – с красными) уже в I поколении было расщепление: у дочерей глаза красные, у сыновей – белые, то есть наследование крест-накрест, или крисс-кросс: дочь похожа на отца, а сын –

на мать. Расщепление в F_2 2:2 или 1:1. Это отклонение от правил Менделя Т. Морган объяснил нахождением гена окраски глаз (назван *white* – белые глаза) в *X*-хромосоме. *Y*-хромосома самца этого гена не несет. Её называют генетически инертной. У самца одна *X*-хромосома, поэтому фенотип определяется геном этой хромосомы, будь то доминантный ген или рецессивный. Состояние организма самца по признаку окраски глаз называют гемизиготой. Соответственно, по всем генам *X*-хромосомы самец дрозофилы будет гемизиготой, так как все они в одной дозе.

У человека также есть признаки, сцепленные с полом (дальтонизм, гемофилия, дистрофия Дюшена), и многие другие рецессивные, но есть и доминантные признаки (особые формы рахита, почернение эмали зубов). По всем этим признакам мужчина будет гемизиготой. Но у человека есть специфические гены и в *Y*-хромосоме. Они вызывают такие аномалии, как перепонки между пальцами ног, волосатые мочки ушей (гипертрихоз). Эти признаки называются голландрическими и передаются только по мужской линии: от деда к отцу, от отца к сыну, то есть с *Y*-хромосомой (рис. 3.6).

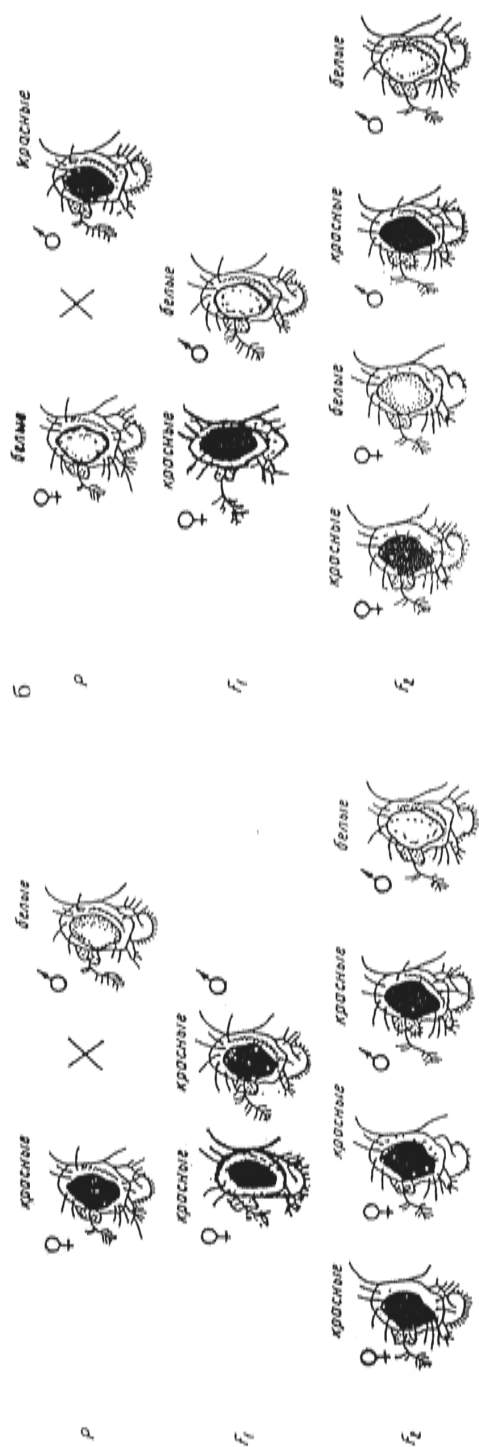


Рис. 3.5 Наследование окраски глаз у дрозофилы в реципрокном скрещивании (модификация из Ватти К.В. и Тихомирова М.М., 1972)

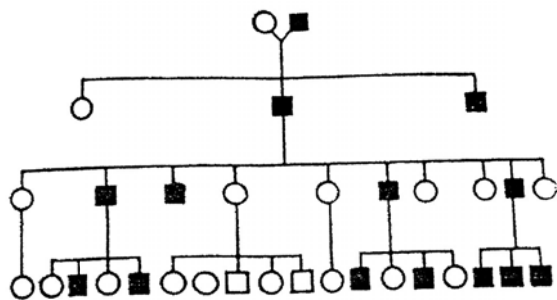


Рис. 3.6 Родословная семьи с наследственной аномалией, передающейся через Y – хромосому и встречающейся исключительно у мужчин (Мюнтцинг А., 1967)

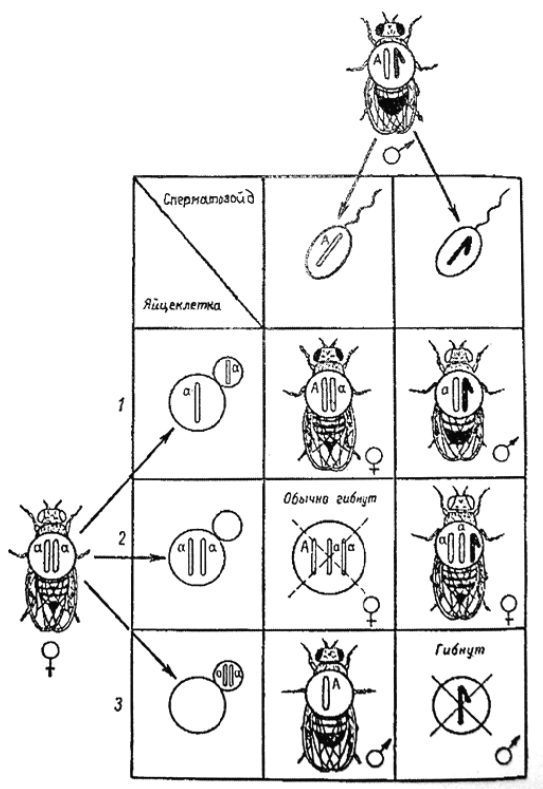


Рис. 3.7 Наследование окраски глаз при нерасхождении X – хромосом (М.Е. Лобашев, 2006).

Есть в половых хромосомах человека (X и Y) и зоны с одинаковыми генами. Эти гены комбинируются и наследуются как и все гены аутосом. Таким образом, по многим важным генам, локализованным в X -хромосоме, мужчины являются гемизиготой. Возможно, по этой причине они менее устойчивы к стрессам, болезням, этим генетики частично объясняют более быструю их элиминацию с возрастом (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Соотношение полов у человека

| Возраст | ♀ | ♂ |
|--------------|-----|-----|
| При рождении | 100 | 106 |
| 18 лет | 100 | 100 |
| 50 лет | 100 | 95 |
| 80 лет | 100 | 50 |
| 100 лет | 100 | 20 |

У растений (дрема белая) к признакам, сцепленным с полом, относятся окраска листьев (зеленая и желто-зеленая), форма листьев (нормальный и узкий лист). Гемизигота – мужской пол. У кур признаки, сцепленные с полом, - это окраска оперения, карликовость. Гемизигота – женский пол. У кошек окраска шерсти (рыжая и черная) является признаком, сцепленным с полом. Гемизигота – мужской пол.

Ученик и соратник Моргана Бриджес, изучая наследование окраски глаз у дрозофилы, обнаружил исключение из правила наследования крисс-кросс. Очень редко (частота от 0,01 до 0,001%) при скрещивании белоглазых самок с красноглазыми самцами появлялись дочери с белыми, а сыновья с красными глазами. Этот факт Бриджес объяснил нерасхождением половых хромосом у матери и, соответственно, образованием яйцеклеток двух типов:

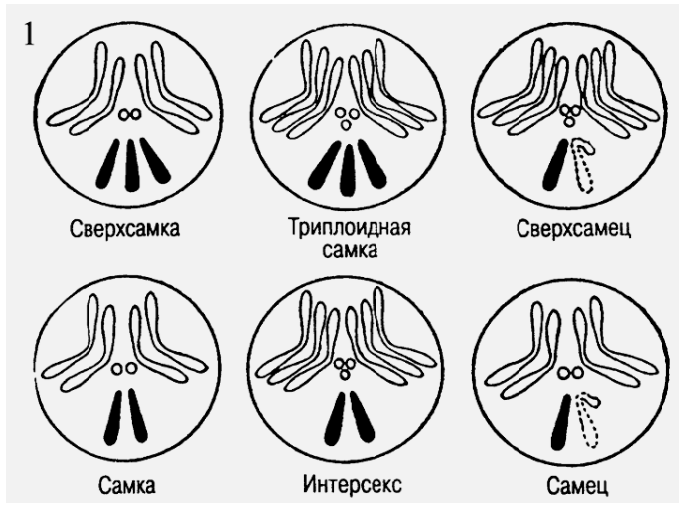
$XX+A$ и $O+A$. Такие гаметы жизнеспособны и при слиянии с нормальными сперматозоидами дают так называемых исключительных потомков: самок с белыми и самцов с красными глазами (рис. 3.7). Цитологический анализ выявил у белоглазых дочерей генотип $XXY+2A$, а у сыновей - $X+2A$. К дочери пришли XX хромосомы матери и Y от отца; к сыну – X -хромосома отца с доминантным геном красных глаз, причем две X -хромосомы у дочери были как бы спаяны (\vee). Этот феномен показывает, что ген окраски глаз действительно находится в X -хромосоме и передача его потомству регулируется мейозом. Поскольку у исключительных мух генотип дочери с белыми глазами XXY , а сына – XO , Бриджес выдвинул балансовую теорию пола: пол у дрозофилы определяется отношением числа X -хромосом к числу аутосом (половой индекс).

| | |
|---------------------------------------------------|---------------|
| Нормальная самка имеет генотип $XX+2A$ (отношение | $2X/2A=1$); |
| нормальный самец | $XY/2A=0.5$; |
| исключительная самка | $XXY/2A=1$; |
| исключительный самец | $X/2A=0.5$. |

(рис.3.8).

У человека пол определяется наличием Y -хромосомы. Если она есть – пол мужской, если её нет – пол женский. Без X -хромосом ни человек, ни муха не выживают.

Случаи нерасхождения X -хромосом у человека приводят к тяжелым наследственным аномалиям – синдромам. Причем, яйцеклетки с аномальным набором хромосом, как правило, жизнеспособны. Сперматозоиды – стерильны. Фертильны только сперматозоиды с $X+A$ и $Y+A$ наборами хромосом.



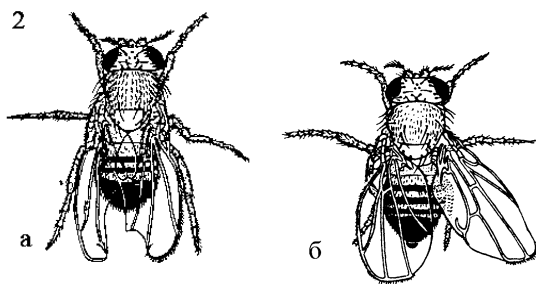


Рис. 3.8. 1 – вариант баланса половых X-хромосом (чёрные) и аутосом (белые). Пунктиром изображена Y-хромосома (Лобашев М.Е. 1967); 2 – фенотип интерсексов у дрозофилы с хромосомной конституцией $2X + 3A$ а - мужского типа, б – женского (Н.П. Дубинин, 1986).

Половые типы дрозофилы, согласно теории Бриджеса, представлены в таблице 3.4.

Половые типы дрозофилы

| Пол | Число X-хромосом | Число наборов аутосом | Половой индекс (X:A) |
|------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| Сверхсамки | 3 | 2 | 1,5 |
| Нормальные самки | 4 | 4 | 1 |
| | 3 | 3 | 1 |
| | 2 | 2 | 1 |
| Интерсексы | 2 | 3 | 0,67 |
| Нормальный самец | 1 | 2 | 0,50 |
| Сверхсамец | 1 | 3 | 0,33 |

На рис. 3.9 изображены интерсексы и гинандроморф: половина тела женского, половина – мужского организма – результат нарушений в митозе при первом делении зиготы.

Ниже приводится схема появления людей с синдромами при нерасхождении X-хромосом у матери (табл. 3.5).

Типы хромосомных аномалий, возникающих при нерасхождении
X-хромосом у женщин

| Ход мейоза у женщин | Половые хромосомы яйцеклеток | Половые хромосомы спермиев | |
|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| | | X | Y |
| Нормальное расхождение X-хромосом | X | XX – нормальная женщина | XY – нормальный мужчина |
| Нерасхождение X-хромосом | XX 0 | XXX – женщина – трисомик по X-хромосоме X – женщина с синдромом Шерешевского – Тернера | XXY – мужчина с синдромом Клайнфельтера Y – зигота погибает на эмбриональной стадии |

Нерасхождение половых хромосом (X) у женщин тесно связано с возрастом:

до 20 лет – 0,04% нерасхождения;

30-34 года – 0,11%;

40-44 года – 1,24%;

45 лет – 3,2%.

Примерно такая же картина наблюдается по нерасхождению 21 пары аутосом. Три аутосомы по 21 паре вызывают синдром Дауна.

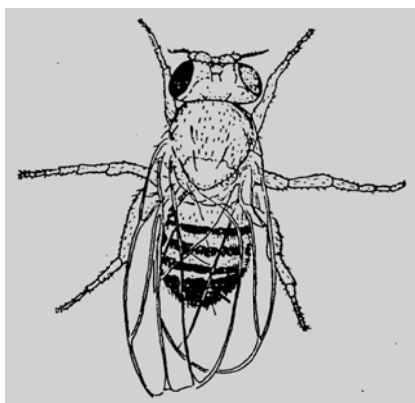


Рис. 3.9. Гинандроморф дрозофилы (С.М. Гершензон, 1983)

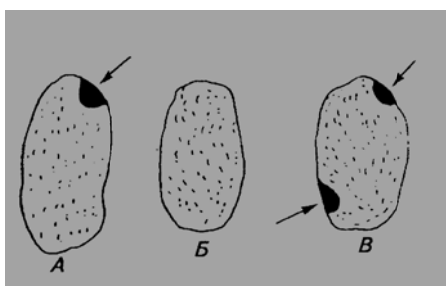


Рис. 3.10. Тельца Барра (в норме и при наследственной патологии)

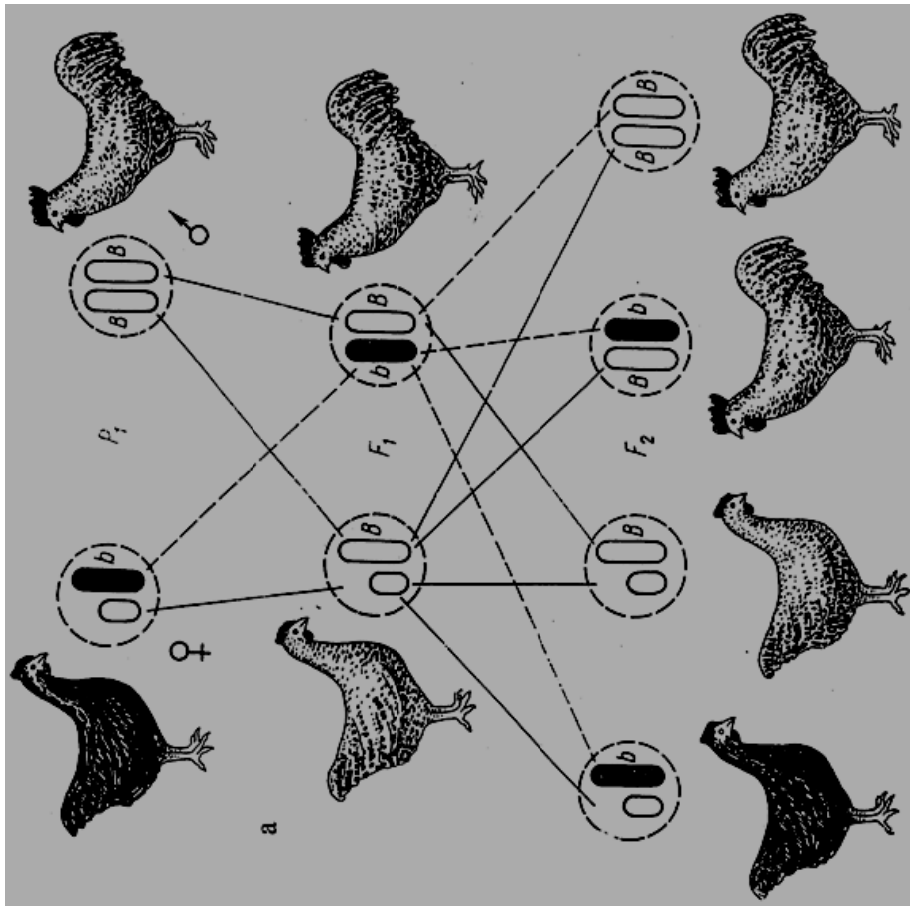
а – нормальная женщина, б – нормальный мужчина, в – индивидуум с XXX (♀) или XXXY (♂) набором хромосом. (А.В. Бакай и др. 2006)

Ранняя диагностика пола очень важна в ряде отраслей производства: птицеводстве, шелководстве. При выращивании кур на мясо целесообразнее оставлять петушков, на яйца – курочек. В шелководстве больше волокна дают коконы самцов тутового шелкопряда. Используя генетические маркеры (наличие оперения на ногах кур, окраску оперения кур, окраску грены у тутового шелкопряда) специалисты проводят браковку ненужного пола. Так, частота сортировки грены по окраске яиц у тутового шелкопряда проводится со скоростью 140 яиц в секунду (рис. 3.11. 3.12).

Кроме признаков, сцепленных с полом (их гены находятся в X и Y хромосомах), различают признаки, ограниченные полом, и зависимые от пола (или контролируемые полом).

К признакам, ограниченным полом, относятся признаки, гены которых находятся как в половых хромосомах, так и в аутосомах, но проявляются они только у одного из полов. Примером может служить содержание жира в молоке крупного рогатого скота, яйценоскость у кур и т.д. У человека это гены, определяющие ширину таза (проявляются только у женщин), возраст полового созревания у девочек, количество и распределение волосяного покрова у мужчин. Гены этих признаков расположены в аутосомах обоих полов.

Признаки, зависмые от пола, проявляются по-разному при одном и том же генотипе у мужчин и женщин. Например, раннее облысение: у мужчин наблюдается при генотипе NN и Nh, у женщин – только при генотипе NN. Если в семье отец имеет генотип NN (лысый), а мать – hh (норма), то дети будут иметь генотип Nh, причем сыновья с признаками раннего облысения, а дочери с нормальными волосами. К признакам, контролируемым полом, у человека относится и тип певчего голоса (бас, баритон, тенор у мужчин и сопрано, меццо-сопрано, контральто – у женщин). Признаки контролируются половыми гормонами.



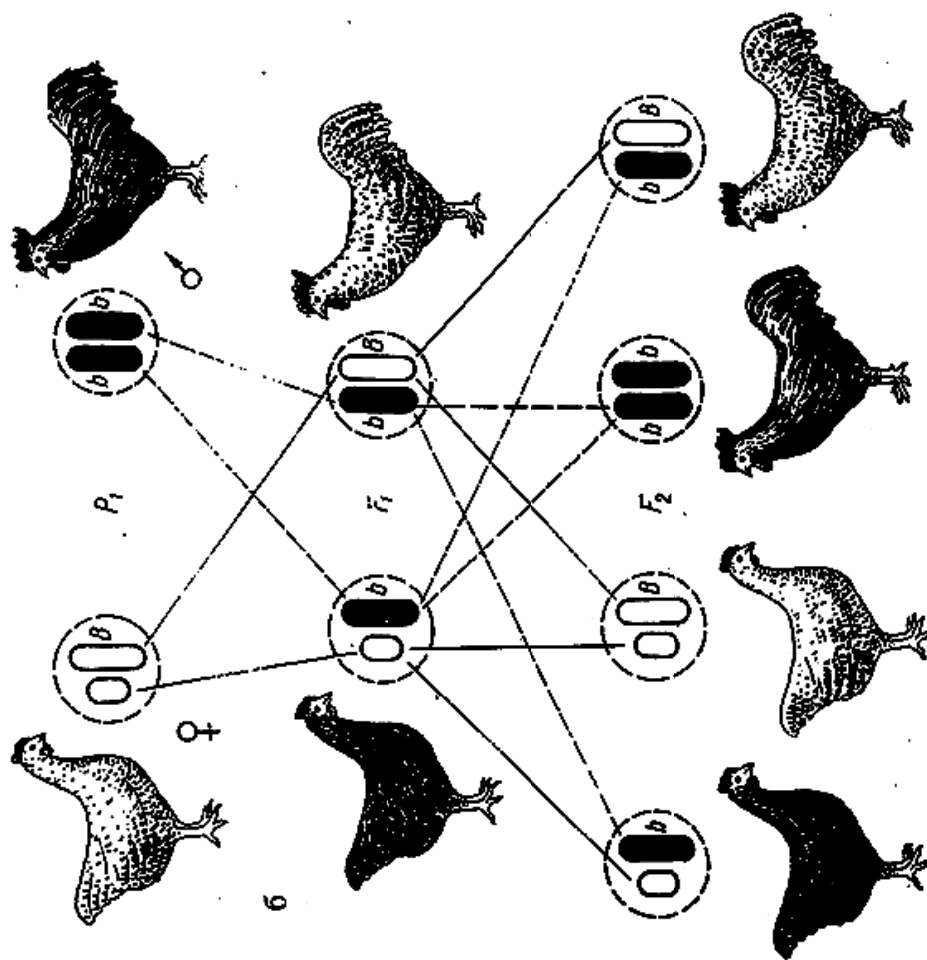


Рис. 3.11. а) Скрещивание чёрной курицы с рябым петухом; б) скрещивание (С.М. Гершензон, 1983)

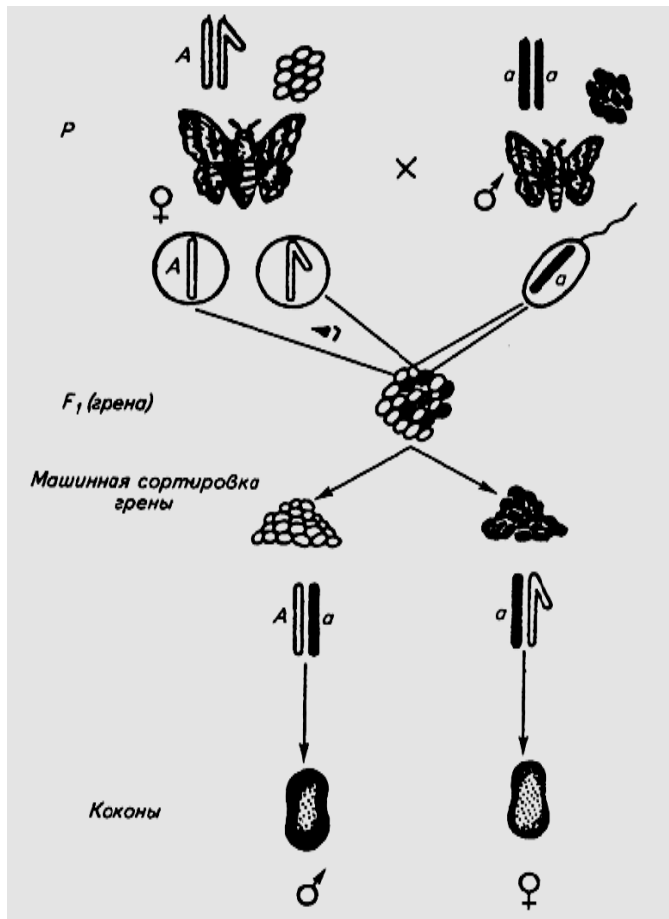


Рис. 3.12. Схема наследования сцепленного с полом признака окраски грены у тутового шелкопряда (А.В. Бакай и др. 2006)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте характеристику дрозофилы как генетического объекта.
2. Назовите типы определения пола в природе в зависимости от цикла развития и их примеры.
3. Что такое половые хромосомы и аутосомы?
4. Какие генотипы по половым хромосомам наблюдаются при сингамии у животных и растений?
5. Какое расщепление по полу наблюдается при сингамии? Почему пол называют менделирующим признаком?
6. Как происходит наследование признаков, сцепленных с полом (у дрозофилы, человека, растений)?
7. Как наследуются признаки и какие эффекты наблюдаются при нерасхождении половых хромосом у дрозофилы и у человека?
8. В чем суть балансовой теории пола у дрозофилы?
9. Какие генетические методы раннего распознавания пола вы знаете?
10. Дайте определение признаков, ограниченных полом и зависимых от пола.

Задачи с решением

Задача 1. У дрозофилы ген l является рецессивным, локализован в X -хромосоме и летален. Каково будет численное соотношение полов в потомстве от скрещивания гетерозиготной самки с нормальным самцом?

Решение:

У дрозофилы гомогаметный пол – женский, гетерогаметный – мужской. Записываем схему скрещивания: ♀ $Li \times \text{♂}LY (XX \times XY)$

Самка дает два типа гамет: L и l ; самец тоже дает два типа гамет, с геном L и без него с Y хромосомой: L и Y ;

Составим решетку Пеннета:

| | | | |
|---|-----|--------|--------|
| | ♂ | | |
| | | L | Y |
| ♀ | | ----- | |
| | L | ♀ L | ♂ |
| | | L | LY |
| | l | ♀ li | ♂ lY |

Получается четыре типа зигот, однако генотип lY нежизнеспособен. Так что в потомстве самок будет вдвое больше, чем самцов, то есть соотношение 2:1.

Ответ: соотношение самок и самцов 2:1 из-за летальности генотипа lY .

Задача 2. Рассмотрим подобное явление у тутового шелкопряда, где гетерогаметный пол – женский, то есть имеет разные половые хромосомы.

Скрестили самку и гетерозиготного по гену l самца. Какое расщепление по полу будет в потомстве?

Решение:

Самка имеет хромосомы LY (гетерогаметный пол) и дает два типа гамет (яйцеклеток): L и Y ;

самец – гомогаметный, но гетерозиготный (Ll), так что тоже дает два типа гамет (сперматозоидов): L и l .

Составим решетку Пеннета:

| | | | |
|---|-----|-------|--------|
| | ♂ | | |
| | | L | l |
| ♀ | | | |
| | L | ♂ L | ♀ |
| | Y | L | LY |
| | | ♂ l | ♀ lY |

Самки с генотипом lY погибают еще в яйце, так что жизнеспособное потомство будет состоять на $2/3$ из самцов и на $1/3$ из самок.

Ответ: расщепление по полу $1♀:2♂$.

Задача 3. Ниже указано, какое потомство получится при скрещивании разных по окраски шерсти кошек.

| | родители | | потомство | |
|---|-------------|--------|----------------------|----------------|
| | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ |
| 1 | рыжая | черный | черепаховые | рыжие |
| 2 | черная | рыжий | черепаховые | черные |
| 3 | черепаховая | рыжий | черепаховые и рыжие | черные и рыжие |
| 4 | черепаховая | черный | черные и черепаховые | черные и рыжие |

- 1) Как наследуется окраска шерсти у кошек? 2) Почему у котов не встречается черепаховая окраска? 3) Как объяснить трехцветность у черепаховых кошек?
- 4) напишите генотипы всех указанных выше особей.

Решение:

- 1) Признак окраски шерсти у кошек сцеплен с полом (локализован в X -хромосоме), так как фенотипы котят ♀ и ♂ пола по окраске разные.

2) Доминирование генов неполное. У котов не встречается черепаховой окраски потому, что она является результатом аллельного взаимодействия (Aa), а у котов имеется только один аллель из пары: или a, или A (одна X-хромосома, гемизиготное состояние гена).

3) трехцветность черепаховой окраски можно объяснить инактивацией разных X-хромосом в разных частях кожи. В одних участках кожи активна хромосома с геном A (вторая присутствует в виде тельца Барра), в других – с геном a, в третьих – обе X-хромосомы активны, получается промежуточная окраска (Aa).

4) генотипы родителей и потомков:

| | родители | | потомство | |
|---|----------|-------------|-----------|---------------------------|
| | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ |
| 1 | aa | A \bar{Y} | Aa | a \bar{Y} |
| 2 | AA | a \bar{Y} | Aa | A \bar{Y} |
| 3 | Aa | a \bar{Y} | Aa, aa | A \bar{Y} , a \bar{Y} |
| 4 | Aa | A \bar{Y} | AA, Aa | A \bar{Y} , a \bar{Y} |

Задача 4. Отец и сын – дальтоники, а мать различает цвета нормально. Определить генотипы родителей и ребенка. Правильно ли будет сказать, что в этой семье сын унаследовал свой недостаток от отца?

Решение:

Ген дальтонизма сцеплен с полом, так как находится в X-хромосоме. Обозначим с помощью фенотипического радикала родителей и сына:

$$\text{♀ } D^- \times \text{♂ } dY \text{ или } XX \times XY$$



$$\text{♂ } dY$$

Сын от отца берет только Y-хромосому, а ген дальтонизма локализован в X-хромосоме, следовательно, он пришел к сыну с X-хромосомой матери. Значит, у матери эти гены были в гетерозиготном состоянии – Dd.

Ответ: генотипы родителей и ребенка были ♀ Dd, ♂ dY, сын dY. Сын унаследовал дальтонизм не от отца, а от матери.

Задача 5. Кареглазая женщина, обладающая нормальным зрением, отец которой имел голубые глаза и страдал дальтонизмом, выходит замуж за голубоглазого мужчину, имеющего нормальное зрение. Какое потомство можно ожидать от этой пары в отношении указанных признаков?

Решение:

Дальтонизм – рецессивный признак, сцепленный с полом, а окраска глаз – аутосомный признак. Карие глаза – доминантный признак, голубые – рецессивный. Запишем эту семью с помощью фенотипического радикала:

♂ dY_{кк}



♀ D- K- × ♂ DY_{кк}

Поскольку отец этой женщины передал ей X-хромосому с геном d, её генотип по гену дальтонизма Dd. Также он передал ей аутосомный ген к , следовательно, и по этому гену женщина гетерозиготна Кк. Запишем генотип как DdКк. В результате брака с нормальным голубоглазым мужчиной возможны потомки:

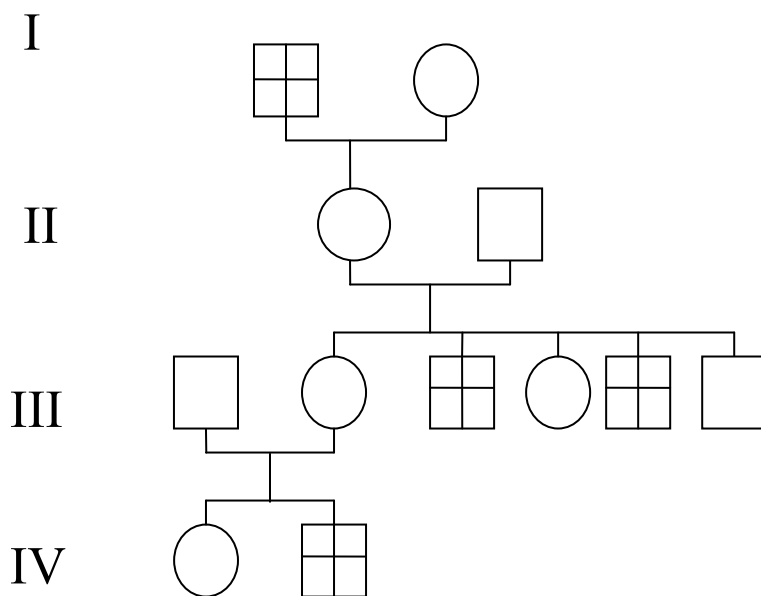
| | | | |
|---|----|------|------|
| | ♂ | | |
| | | Dк | Yк |
| ♀ | DK | DDKк | DYKк |
| | dK | DdKк | dYKк |
| | Dк | DDкк | DYкк |

$\overline{dk} \quad Ddkk \quad dYkk$

Первая колонка – девочки, вторая – мальчики. Все девочки с нормальным зрением, половина – кареглазые, половина – голубоглазые. Мальчики: половина – с нормальным зрением, половина – дальтоники. В отношении окраски глаз – то же самое, 1:1.

Ответ: потомство возможно следующее: ♀ - нормальное зрение; глаза голубые : глаза карие 1:1. ♂ - 1/2 с нормальным зрением, 1/2 - дальтоники, глаза голубые : глаза карие 1:1.

Задача 6. Определить генотипы по дальтонизму (–) и гемофилии (|) в следующей родословной:



□ - мужской пол;

○ - женский пол.

Решение:

Ген дальтонизма «–» рецессивный, сцепленный с полом (обозначим символом «a»). Ген гемофилии рецессивный, сцеплен с полом (обозначим символом «b»). (Y-хромосому обозначим «Y»).

I ♂ имеет одну X-хромосому и оба рецессивных гена, следовательно, его генотип «abY» или

$$\left(\frac{ab}{Y} \right).$$

♀ этих признаков не имеет, следовательно, её генотип A-B-.

II Дочь от этого брака взяла от отца ab и от матери АВ – фенотип её нормальный, её генотип AaBb (она дигетерозиготна). Изобразим её генотип с помощью хромосом:

$$\frac{AB}{ab}$$

Она вышла замуж за нормального мужчину $\left(\frac{AB}{a} \right)$.

Потомство (внуки) этой пары разные (III).

1)Первая девочка – носительница $\frac{AB}{ab}$,

т. к. в следующем поколении появился мальчик $\frac{ab}{a}$,

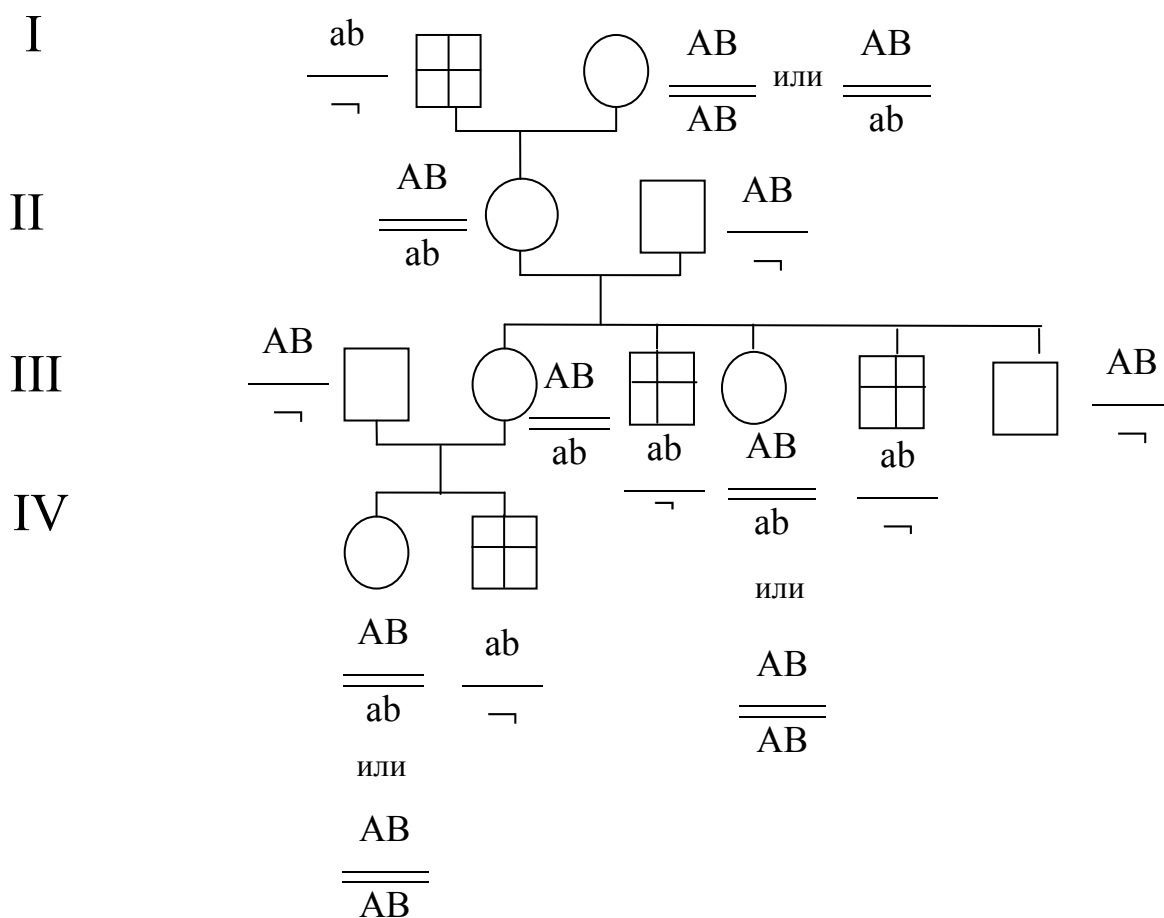
2)Мальчик, больной по обоим признакам $\frac{ab}{a}$,

3)Вторая девочка – нормальная
(её генотип $\frac{AB}{AB}$ или $\frac{ab}{AB}$),

4)Второй мальчик больной $\frac{ab}{a}$,

5)Последний мальчик здоровый, его генотип $\frac{AB}{a}$.

Ответ: родословная имеет следующие анализируемые генотипы:



Задача 7. Пыльцой мужского растения дрёмы с зелёными листьями опылили цветки женских растений с жёлто-зелёными листьями. В F_1 женские растения имели зелёные листья, а мужские – жёлто-зелёные. В обратном скрещивании все гибридные растения были зелёными. Как это можно объяснить? Какого потомства в F_2 вы ожидаете в I и II скрещиваниях? Определите генотипы исходных растений.

Решение:

Запишем схему скрещивания №1 (прямое):

♀ жёлто-зел. x ♂ зелён.



F₁ ♀ зелён. х ♂ жёлто-зел.

Поскольку наследование крест-накрест, по-видимому, признак сцеплен с полом, т. е. ген находится в X-хромосоме.

♀ имеет XX ♂ XY

Дочери имеют две X-хромосомы. Поскольку проявился фенотип отца – зелёная окраска – доминантный признак (изобразим его А). Жёлто-зелёная – рецессивная (а), генотип отца

$$\frac{A}{Y}$$

Все потомки мужского пола получили от ♀ X-хромосому, от отца – Y (гена окраски нет), фенотип рецессивный, следовательно, мать имела рецессивный ГОМОЗИГОТНЫЙ ГЕНОТИП

$$\frac{a}{a}$$

Схему скрещивания №1 можно представить так:

$$\begin{array}{c} a \\ \text{♀} \frac{a}{a} \end{array} \times \begin{array}{c} A \\ \text{♂} \frac{A}{Y} \end{array}$$

F₁

$$\begin{array}{c} A \\ \text{♀} \frac{A}{a} \end{array}; \begin{array}{c} a \\ \text{♂} \frac{a}{Y} \end{array}$$

В F₂ будет расщепление:

| | | |
|--------|---------------|---------------|
| ♂ ♀ | a | Y |
| A | $\frac{a}{a}$ | $\frac{A}{Y}$ |

| | | |
|---|---------------|------------------|
| a | $\frac{a}{a}$ | $\frac{a}{\neg}$ |
|---|---------------|------------------|

Растения женского пола зелёные и жёлто-зелёные в соотношении 1 : 1, растения мужского пола также зелёные и жёлто-зелёные в соотношении 1 : 1.

Скрещивание №2 (обратное):

♀ зелёные листья x ♂ жёлто-зелёные

$$\text{♀ } \frac{A}{A} \quad \times \quad \text{♂ } \frac{a}{\neg}$$

F₁

$$\text{♀ } \frac{A}{a} \quad ; \quad \text{♂ } \frac{A}{\neg}$$

зел. зел.

F₂:

| | | |
|---|---------------|------------------|
| ♂ | A | Y |
| ♀ | | |
| A | $\frac{A}{A}$ | $\frac{A}{\neg}$ |
| a | $\frac{A}{a}$ | $\frac{a}{\neg}$ |

В F₂ женские особи будут иметь зелёные листья, мужские – половина с зелёными, половина – с жёлто-зелёными.

Ответ: различия в реципрокном скрещивании можно объяснить тем, что признак окраски листьев у дрёмы белой сцеплен с полом. Женский пол этого растения гомогаметный (XX), мужской – гетерогаметный (XY).

Генотипы исходных растений в первом скрещивании

$$\text{♀} \frac{a}{a} \times \text{♂} \frac{A}{\neg},$$

во втором скрещивании

$$\text{♀} \frac{A}{A} \times \text{♂} \frac{a}{\neg}.$$

Расщепление в F₂ по окраске в I скрещивании 1 : 1, во II – 3 : 1, по полу всюду 1 : 1.

Задача 8. У канареек сцепленный с полом ген В определяет зеленую окраску оперения, b – коричневую. Наличие хохолка зависит от аутосомного гена С, его отсутствие – с. Зеленого хохлатого самца скрещивают с коричневой самкой без хохолка. Определите, какое потомство можно ожидать: а) в F₁; б) в F₂; в) от возвратного скрещивания гибридов F₁ с материнской и отцовской формами?

Решение:

Запишем схему скрещивания, учитывая, что у птиц женский пол гетерогаметный:

$$\text{♀} XY \times \text{♂} XX$$

Предположим, что отец по обоим генам был гомозигота, тогда схема скрещивания будет выглядеть так:

$$\text{♀} bYcc \times \text{♂} BBCC$$

гаметы:

$$\textcircled{bc} \quad \textcircled{Yc} \quad \textcircled{BC}$$

Схема 2: ♀ bYcc × ♂ BbCc

| | | | | | | |
|--------|----|------|------|------|------|---|
| ♂ / | | BC | Bc | bC | bc | |
| ♀ | bc | BbCc | Bbcc | bbCc | bcbc | ♂ |
| | Yc | BYCc | BYcc | bYCc | bYcc | ♀ |

♂ 1/4 зеленые с хохолком, 1/4 зеленые без хохолка, 1/4 коричневые с хохолком, 1/4 коричневые без хохолка.

♀ 1/4 зеленые с хохолком, 1/4 зеленые без хохолка, 1/4 коричневые с хохолком, 1/4 коричневые без хохолка.

Ответ: в F1 все птички одинаковые: и ♂, и ♀ зеленые хохлатые; в F2 расщепление:

♂ все зеленые, 3/4 из них с хохолком, 1/4 без хохолка;

♀ 3/8 зеленые с хохлом, 3/8 коричневые с хохолком, 1/8 зеленые без хохолка, 1/8 коричневые без хохолка.

F_v 1) дочери × отец: расщепления по фенотипу нет, все птички (♂ и ♀) зеленые с хохолком.

2) сыновья × мать: расщепление по фенотипу у ♀ и ♂ одинаковое, то есть 1/4 всех птиц зеленая с хохолком, 1/4 - зеленые без хохолка, 1/4 - коричневые без хохолка, 1/4 – коричневые с хохолком.

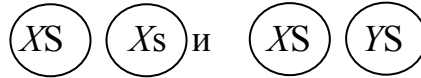
Задача 9. Какое потомство можно ожидать от брака лысого гомозиготного мужчины с нормальной (но гетерозиготной по этому гену) женщиной?

Решение:

У человека этот аутосомный признак зависит от пола, обозначим его геном S. У мужчин раннее облысение наблюдается при генотипе Ss и SS, у женщин – только при генотипе SS.



Гаметы:



F₁:

| | | | |
|---|----|------|----------|
| | ♂ | | |
| | | XS | YS |
| ♀ | | | |
| | XS | XXSS | XYS S |
| | Xs | XXSs | XYSs |
| | | ♀ | ♂ |

Дочери: ½ нормальные, ½ лысые;

Сыновья: все лысые.

Ответ: дочери: ½ нормальные, ½ плешивые; сыновья – все плешивые.

Задачи для самостоятельного решения

1) Две красноглазые длиннокрылые особи дрозофилы при скрещивании между собой дали следующее потомство:

самки: 154 красноглазых длиннокрылых;

48 красноглазых с зачаточными крыльями;

самцы: 98 красноглазых длиннокрылых;

95 белоглазых длиннокрылых;

25 красноглазых с зачаточными крыльями;

32 белоглазых с зачаточными крыльями.

Какова генетическая обусловленность этих признаков? Каковы генотипы родителей и их потомков?

2) При скрещивании белоглазых самок дрозофилы с красноглазыми самцами получено 895 самцов с белыми глазами и 882 самки с красными глазами. Кроме того, в потомстве от этого скрещивания обнаружены две самки с белыми глазами и один самец с красными глазами. Как объяснить появление необычных самок и самцов? Как проверить правильность вашего предположения?

3) Рябой гетерозиготный петух, имеющий простой гребень, скрещен с рябой курицей с гороховидным гребнем. От этого скрещивания получились рябые и нерябые курочки с гороховидным гребнем и рябые петушки с гороховидным гребнем. Объясните результаты, определите генотипы исходных птиц.

4) При скрещивании петуха с желтыми ногами с курицей, имеющей зеленые ноги, в F1 все петушки и курочки имели желтые ноги, а в обратном скрещивании курочки были с зелеными, а петушки – с желтыми ногами. В F2 прямого скрещивания 152 цыпленка обоих полов имели желтые ноги и 49 курочек – зеленые. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных птиц. Какое расщепление в F2 обратного скрещивания вы ожидаете получить?

5) Если черная кошка принесла котят. Один из которых имеет черепаховую окраску шерсти, а три – черную, то что вы можете сказать об окраске шерсти отца этих котят? О поле этих котят?

6) Рогатость у овец – признак, зависимый от пола. Ген H определяет развитие рогов, а ген h – отсутствие рогов. Самцы с генотипами Hh и HH – рогатые. Имея генотип HH, самки могут быть рогатыми. А гетерозиготные самки – безрогие.

1) какой генотип могут иметь животные:

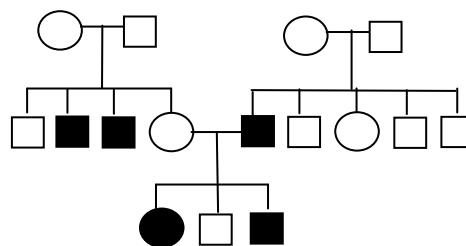
- а) рогатый баран;
- б) комолый баран;
- в) рогатая овца;
- г) комолая овца;

2) какое потомство можно ожидать от следующих скрещиваний:

- а) ♀ HhXX × ♂ hhXY?
- б) ♀ HHXX × ♂ HhXY?

7) У человека гипертрихоз (волосатые мочки ушей) и перепончатость ног наследуются как сцепленные с Y-хромосомой признаки. Дальтонизм – как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой признак; карий цвет глаз – доминантный аутосомный признак. Каких детей можно ожидать от брака:

- а) мужчины с гипертрихозом, перепончатостью ног, нормальным зрением и карими глазами с женщиной, гетерозиготной по генам дальтонизма и цвета глаз?
 - б) голубоглазого мужчины-дальтоника с гипертрихозом и голубоглазой женщины-дальтоника?
- 8) Может ли быть мужчина гетерозиготным по признакам, сцепленным с полом? Объясните почему, напишите формулу генотипа.
- 9) Если женятся здоровые мужчина и женщина, то могут ли они иметь гемофилика сына? Написать генотипы родителей и сына.
- 10) Определите, как наследуется признак в приведенной родословной:



11) Если альбинизм определяется рецессивным аутосомным геном, а гемофилия – рецессивный, сцепленный с полом признак, то могут ли быть мужчины гемофилики и альбиносы?

12) У мужа и жены нормальное зрение, несмотря на то, что отцы обоих дальтоники. Какова вероятность того, что первый ребенок этой четы будет: сыном с нормальным зрением; дочерью с нормальным зрением; сыном-дальтоником; дочерью-дальтоником?

13) Женщина с группой крови А и нормальной свертываемостью крови (здоровая) выходит замуж за здорового мужчину с группой крови В. От этого брака родилось три ребенка: Катя – здоровая, с группой крови А; Витя – здоровый, с группой крови 0; Глеб – гемофилик, с группой крови А. Известно, что родители женщины были здоровы, мать имела группу 0, а отец – АВ. У мужчины отец и мать здоровы, их группы крови А и В, соответственно. Объясните, от кого Глеб унаследовал гемофилию. Определите генотипы всех членов семьи. Составьте родословную этой семьи.

14) В Северной Каролине изучали появление в некоторых семьях лиц, характеризующихся недостатком фосфора в крови. Это явление было связано с заболеванием специфической формой рахита, не поддающейся лечению витамином D. В потомстве от браков 14 мужчин, больных этой формой рахита, со здоровыми женщинами родились 21 дочь и 16 сыновей. Все дочери страдали недостатком фосфора в крови, а сыновья были здоровы. Какова генетическая обусловленность этих заболеваний?

15) У одной нормальной по зрению женщины отец – дальтоник. Двое ее братьев, а также дядя с материнской стороны, больны гемофилией. Муж этой женщины дальтоник, их сын страдает гемофилией, а дочь – дальтоник. Составьте родословную этой семьи. Какова вероятность того, что дочь является носительницей гемофилии?

16) Нормальные по зрению мужчина и женщина имеют:

- 1) сына-дальтоника, имеющего дочь с нормальным зрением;
- 2) дочь с нормальным зрением, имеющую двух сыновей, один из которых – дальтоник;
- 3) дочь с нормальным зрением, пять сыновей которой не дальтоники.

Каковы вероятные генотипы родителей, их детей и внуков?

17) У здоровых родителей трое детей. Один сын болел гемофилией и умер в 14-летнем возрасте. Другой сын и две дочери – здоровы. Какова вероятность заболевания у их детей?

18) Мужчина-дальтоник женится на женщине с нормальным зрением. У них рождаются нормальные по зрению сыновья и дочери, которые все вступают в брак с нормальными по зрению людьми. Какие из внуков могут быть дальтониками? Какие из правнуков обнаружат дальтонизм, если среди внуков все браки произойдут между двоюродными родственниками?

19) У человека псевдогипертрофическая мускульная дистрофия (смерть в 10-20 лет) в некоторых семьях зависит от рецессивного сцепленного с полом гена. Болезнь зарегистрирована только у мальчиков. Почему? Если больные мальчики умирают до деторождения, то почему эта болезнь не элиминируется в популяции?

20) Здоровый мужчина-альбинос женится на здоровой женщине, отец которой был гемофилик, а мать – альбинос. Какие дети могут быть от этого брака и в какой пропорции?

21) Мужчина с нормальным зрением и голубыми глазами, оба родителя которого имели серые глаза и нормальное зрение, женится на нормальной по зрению женщине с серыми глазами. Родители женщины имели серые глаза и нормальное зрение, а голубоглазый брат был дальтоником. От этого брака родилась девочка с серыми глазами и нормальным зрением и два голубоглазых мальчика, один из которых дальтоник. Составьте родословную и определите генотипы всех членов семьи.

22) У человека отсутствие потовых желез проявляется как рецессивный, сцепленный с полом признак. Альбинизм обусловлен аутосомным рецессивным геном. У одной супружеской пары, нормальной по этим признакам, родился сын с обеими указанными аномалиями. Укажите вероятные генотипы отца и матери. Какова вероятность того, что их третьим ребенком будет нормальная девочка?

23) У населения Средиземноморских стран распространен один из видов анемии – талласемия, которая обусловлена аутосомным рецессивным геном, вызывающим в гомозиготе наиболее тяжелую форму заболевания – большую талласемию, обычно смертельную для детей. В гетерозиготе проявляется менее тяжелая форма – малая талласемия.

Женщина-дальтоник с малой талласемией вышла замуж за человека с нормальным зрением и с малой талласемией. Определите генотипы этих людей. Укажите возможные фенотипы и генотипы детей от такого брака. Какой части детей угрожает смерть?

24) а) Нормальная женщина, имеющая отца с цветной слепотой, выходит замуж за нормального мужчину. Можно ли ожидать, что их дети будут с цветной слепотой?

б) если мужчина с цветной слепотой женится на нормальной женщине и они имеют двоих детей, причем сына с цветной слепотой, а дочь нормальную, то что можно сказать о генотипе матери?

в) нормальная женщина, отец которой был дальтоник, выходит замуж за нормального мужчину. Могут ли быть их дети дальтониками? То же, если муж – дальтоник?

г) у мужа и жены нормальное зрение, а их сын – дальтоник. Каковы генотипы родителей?

д) нормальная женщина имеет брата дальтоника. Может ли быть у нее сын с цветной слепотой?

25) При скрещивании рябого петуха, имеющего простой гребень, с рябой курицей с ореховидным гребнем было получено следующее потомство:
петухи: 23 рябых с розовидным гребнем, 19 рябых с ореховидным гребнем;
куры: 12 рябых с ореховидным гребнем, 8 рябых с розовидным гребнем, 11 нерябых с ореховидным гребнем, 10 нерябых с ореховидным гребнем.

Объясните результаты, определите генотипы родителей и их потомков.

26) У молодых цыплят нет заметных половых различий, а экономически целесообразно устанавливать для петушков и курочек различные режимы кормления. Нельзя ли для выявления пола воспользоваться тем обстоятельством, что ген, определяющий окраску, локализован в X-хромосоме, причем рябая окраска доминирует и различие между окрасками заметно сразу после вылупления?

Иванова С.В., Долгодворова Л.И., Потоцкая И.В., Большакова Л.С., Фесенко И.А. Практикум по генетике. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2007 г.

Иванова С.В., Долгодворова Л.И., Потоцкая И.В., Большакова Л.С., Фесенко И.А. Практикум по генетике. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2007 г.

