



ИНСТИТУТ СОДЕРЖАНИЯ И МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ

федеральное государственное
бюджетное научное учреждение

МЕТОДИЧЕСКИЙ КЕЙС

(БИОЛОГИЯ. 10 КЛАСС)

Генетика пола.

Наследование, сцепленное с полом

АВТОР:

ПАРШУТИНА

ЛЮДМИЛА АЛЕКСАНДРОВНА

к. п. н., заведующая лабораторией
естественно-научного образования
ФГБНУ «ИСМО»

РЕЦЕНЗЕНТ:

АСАНОВА ЛИДИЯ ИВАНОВНА

к. п. н., старший научный сотрудник
лаборатории естественно-научного
образования ФГБНУ «ИСМО»

МЕТОДИЧЕСКИЙ КЕЙС

В кейсе рассматриваются общие принципы решения генетических задач по теме «Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом». Приводятся необходимые теоретические сведения и примеры заданий с методическими комментариями, а также задания для самостоятельного выполнения.

Использование материалов кейса окажет помощь учителям в организации учебно-познавательной деятельности обучающихся по данной теме как на уроке, так и во внеурочное время, и будет способствовать успешной подготовке обучающихся к единому государственному экзамену (ЕГЭ) по биологии.

Учебный предмет: БИОЛОГИЯ

Тема: Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом

Класс: 10

Раздел: Закономерности наследственности

АКТУАЛЬНОСТЬ

Выбор темы кейса обусловлен наличием статистически выявляемых трудностей, которые возникают у обучающихся при решении задач по теме «Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом» (задание КИМ ЕГЭ по биологии) [1]. Данные трудности обусловлены тем, что обучающиеся при решении задач часто допускают ошибки, среди них можно выделить: определение типа задачи; неправильная запись генотипа при решении задач; неверное определение гамет; сложности при решении задач на одновременное наследование аутосомных признаков и признаков, сцепленных с полом и др.

В ФРП СОО тема «Генетика пола. Наследование признаков, сцепленных с полом» включена в содержание курсов биологии как базового, так и углублённого уровней [2, 3]. К основным понятиям темы относятся: аутосомы, половые хромосомы, гомогаметный пол, гетерогаметный пол, сцепленное наследование, нарушения сцепления генов, кроссинговер, рекомбинация генов, генетические карты.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ КОМПЕТЕНЦИИ

Предметная компетентность: свободное владение изучаемым материалом (сцепленное наследование признаков; хромосомная теория наследственности; генетика пола и др.); умение свободно решать задания ЕГЭ по теме «Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом».

Методическая компетентность: умение организовать работу с учащимися с опорой на знания, полученные ими ранее при изучении других предметов; умение использовать разнообразный спектр материалов и заданий (книги, интернет-ресурсы), способных вызвать интерес к теме «Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом»; умение разрабатывать (корректировать имеющиеся) дидактические и методические материалы, обеспечивающие достижение планируемых образовательных результатов по теме «Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом».

Психолого-педагогическая компетентность: умение отбирать подходы и технологии к организации обучения и воспитания на основе включения всех

обучающихся в образовательный процесс, в том числе с особыми образовательными потребностями; умение отбирать учебное содержание для организации совместной (индивидуальной) учебной деятельности обучающихся, в том числе с особыми образовательными потребностями, в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов.

Коммуникативная компетентность: умение устанавливать отношения сотрудничества и вести диалог с учащимися, другими участниками образовательного процесса при изучении темы «Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом»; умение разрабатывать (корректировать имеющиеся) дидактические и методические материалы, обеспечивающие достижение планируемых образовательных результатов по теме «Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом».

МЕТОДИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

При изучении темы «Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом» необходимо развивать у обучающихся знания о закономерностях наследования признаков, подтвердить статистический характер явления расщепления признаков, возможность математического расчета вариантов по генотипу и фенотипу; показать необходимость генетических законов для прогнозирования появления наследственных болезней у человека и их ранней диагностики; закрепить прочность знаний генетических законов и правил, терминов и понятий, их условное обозначение.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Теоретическая часть

Пол можно рассматривать как один из признаков организма. Наследование признаков организма, как правило, определяется генами, пол же определяется сочетанием в зиготе половых хромосом.

Чаще всего пол определяется в момент оплодотворения. Если соматические клетки организма содержат две одинаковые половые хромосомы, его называют *гомогаметным* (образует один тип гамет), если разные – *гетерогаметным* (образует два типа гамет).

Соотношение полов, близкое к расщеплению 1:1, соответствует расщеплению при анализирующем скрещивании. Существует четыре основных типа хромосомного определения пола (рис. 1):

- мужской пол гетерогаметен; 50% гамет несут X-хромосому, 50% – Y-хромосому;
- мужской пол гетерогаметен; 50% гамет несут X-хромосому, 50% – не имеют половой хромосомы;
- женский пол гетерогаметен; 50% гамет несут X-хромосому, 50% – Y-хромосому;
- женский пол гетерогаметен; 50% гамет несут X-хромосому, 50% не имеют половой хромосомы.

Наследование признаков, гены которых локализованы в X- или Y-хромосомах, называют наследованием, сцепленным с полом. У большинства

организмов генетически активна только X-хромосома, в то время как Y-хромосома практически инертна, так как не содержит генов, определяющих признаки организма. Полное сцепление с полом наблюдается лишь в том случае, если Y-хромосома генетически инертна. Гены, локализованные в Y-хромосоме, наследуются только от отца к сыну. Если же в Y-хромосоме имеются гены, аллельные генам X-хромосомы, то такой тип наследования называют частично сцепленным с полом [4].

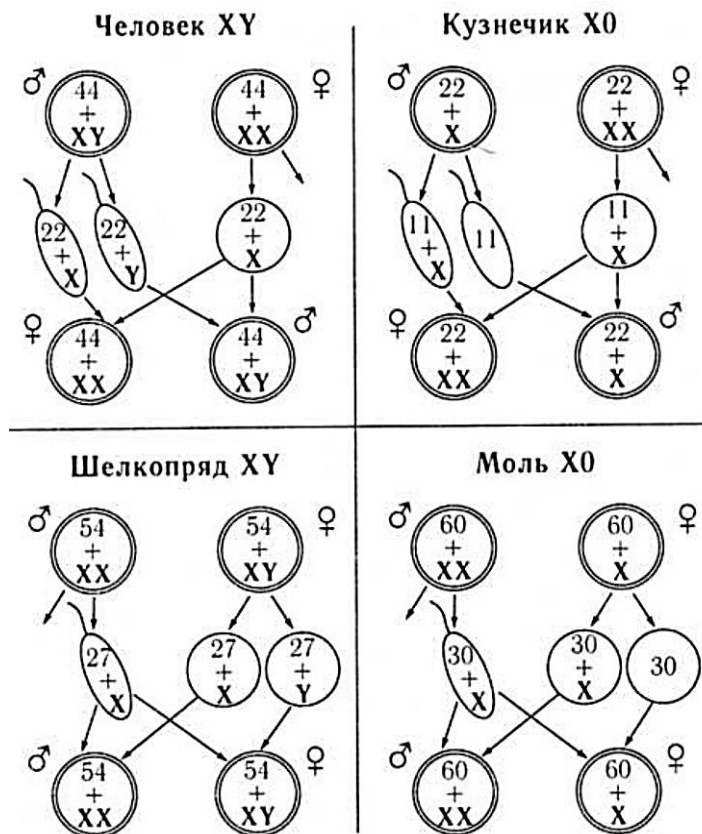


Рис. 1. Основные типы хромосомного определения пола

Практическая часть

Рассмотрим общие принципы решения задач на тему «Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом».

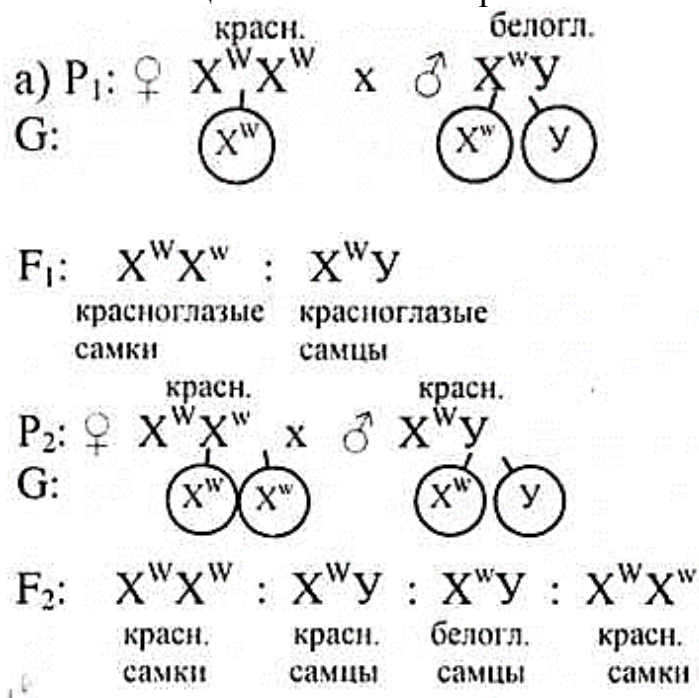
Задачи на наследование, сцепленное с полом, решаются так же, как и на дигибридное, но при этом следует учитывать, что форма записи генотипов иная — обязательно указывается, в какой из половых хромосом локализован ген, контролирующей развитие рассматриваемого признака. Запись генотипа будет иметь такой, например, вид: $X^A Y$.

При решении задач на наследование, сцепленное с полом, помните, что:

- один пол является гомогаметным, а другой — гетерогаметным;
- часто признаки, сцепленные с полом, контролируются генами, локализованными **только в X-хромосоме**;
- существует четыре типа определения пола, поэтому особое внимание следует обращать на то, **какой пол является гомогаметным, а какой — гетерогаметным**;
- гомогаметный пол образует один тип гамет, а гетерогаметный — два;

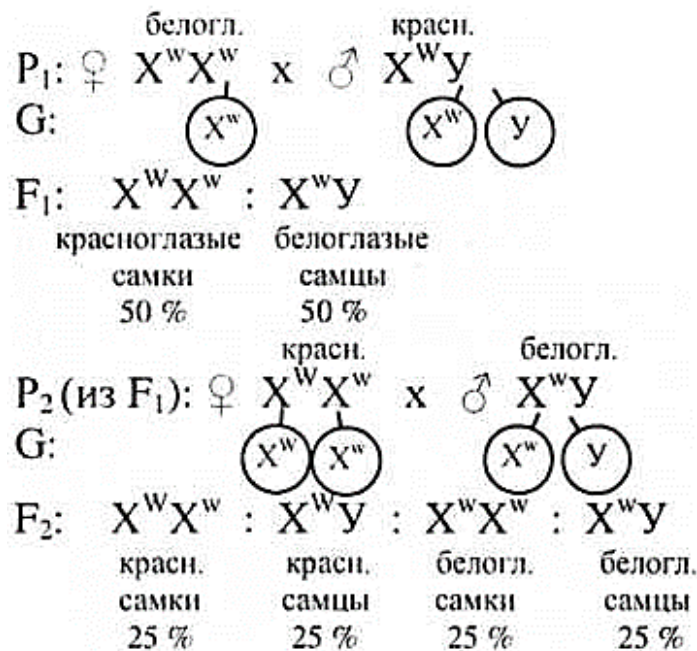
- если гомогаметным полом является женский, то сыновья всегда получают X-хромосому от матери, а Y-хромосому от отца, дочери получают по одной X-хромосоме от матери и от отца;
- гены, локализованные в Y-хромосоме, всегда передаются только от отца к сыну;
- если гены локализованы в гомологичных участках X и Y-хромосом, их наследование подчиняется законам Менделя;
- при записи генотипов скрещиваемых организмов при решении задач комбинированного типа (то есть, когда рассматривается наследование признаков, гены которых локализованы в аутосомах и половых хромосомах) сначала пишутся аутосомные гены, а затем гены, локализованные в половых хромосомах (верная запись – AaXX, неверная запись – XXAa).

Рассмотрим конкретный пример наследования генов, сцепленных с полом, у мушки дрозофилы. Ген красных глаз (W), расположенный, предположительно, в X-хромосоме, доминирует над геном белых глаз (w). При скрещивании красноглазой гомозиготной самки с белоглазым самцом в потомстве все самки и самцы оказываются красноглазыми.



При скрещивании гибридов из F₁ между собой оказалось, что все самки получились красноглазыми, а из самцов 50% оказались белоглазыми и 50% красноглазыми.

б) Теперь рассмотрим противоположный случай: белоглазую гомозиготную самку скрестили с красноглазым самцом:

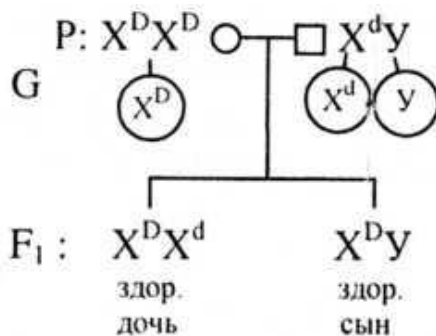


Проанализировав полученные результаты скрещивания, можно сделать вывод, что ген, отвечающий за окраску глаз, действительно локализован в X-хромосоме, то есть сцеплен с полом, а Y-хромосома таких генов не содержит.

У человека некоторые заболевания также наследуются сцепленно с полом, например дальтонизм, гемофилия.

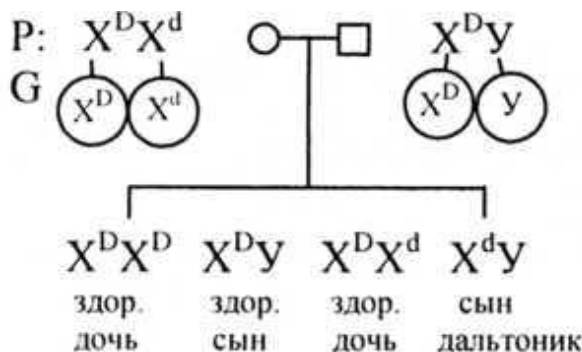
Рассмотрим наследование дальтонизма. Нормальное цветовосприятие обусловлено доминантным геном (D), локализованным в X-хромосоме, а ген дальтонизма (d) рецессивен.

1) Мать имеет нормальное цветовосприятие и является гомозиготной по этому признаку ($X^D X^D$), а отец страдает дальтонизмом ($X^d Y$).



Все дети фенотипически здоровы, но дочери являются носителями дальтонизма.

2) Мать – носитель дальтонизма ($X^D X^d$), а отец здоров ($X^D Y$).



Все дочери здоровы, хотя половина из них являются носителями дальтонизма, а среди сыновей 50% страдают дальтонизмом.

Отсюда понятно, почему мужчины чаще страдают этим заболеванием. Так как у них только одна X-хромосома, то если в ней находится рецессивный ген дальтонизма, он обязательно проявится.

Примеры решения задач

Задача 1. У человека отсутствие потовых желез наследуется как сцепленный с полом рецессивный признак, альбинизм (отсутствие пигментации) – как аутосомный рецессивный. У родителей нормальное развитие признаков, а у сына – отсутствие пигментации и потовых желез. Определите: 1) генотипы родителей; 2) вероятность рождения второго сына с двумя аномалиями; 3) вероятность рождения здорового сына [5].

1. Вводим обозначения генов:

X^A – наличие потовых желез; X^a – отсутствие потовых желез;

B – нормальная пигментация; b – альбинизм.

2. *Определяем генотипы сына и родителей.* Сын несет рецессивные признаки. Значит, его генотип – bbX^aY . От матери он получает X-хромосому, а от отца Y-хромосому. Родители имеют нормальные признаки, значит, X-хромосома отца содержит доминантную аллель гена, отвечающего за наличие потовых желез. Мать имеет две X-хромосомы, следовательно, хотя бы одна из них несет доминантную аллель гена. Таким образом, по половым хромосомам генотип родителей можно записать следующим образом: ♀ X^AX^- , ♂ X^AY .

У родителей нормальная пигментация, поэтому в их генотипе содержится хотя бы по одному доминантному гену, отвечающему за наличие пигмента. По данному гену их генотип можно записать в следующем виде – $B_.$. Итак, генотип родителей по двум парам аллельных генов имеет следующий вид:

$$\text{♀ } B_X^AX^-, \text{ ♂ } B_X^AY.$$

3. *Делаем краткую запись условия задачи и решаем её.*

Дано:
 X^A — наличие пот. желез
 X^a — отсутств. пот. желез
 B — норма
 b — альбинизм
 P ♀ $B_X^AX^-$ × ♂ B_X^AY
норма норма норма норма
 F_1 — bbX^aY
альбинос без желез

- 1) Генотипы P — ?
- 2) Вероятность рождения второго сына с двумя аномалиями — ?
- 3) Вероятность рождения здорового сына — ?

Решение:

4. *Записываем схему брака.*

$$P \quad \text{♀ } B_X^AX^- \times \text{♂ } B_X^AY$$

норма норма норма норма

$$F_1 \quad \quad \quad bbX^aY$$

альбинос без желез

5. *Анализируем генотип родителей по потомству.* Сын получает по одному рецессивному гену из каждой аллельной пары от отца и от матери. От матери — гены альбинизма и отсутствия потовых желез, от отца — ген альбинизма. Следовательно, генотип матери — BbX^AX^a , генотип отца — BbX^AY .

6. Перепишем схему скрещивания, используя установленные генотипы родителей.



7. Определяем типы гамет родителей. Мать и отец дигетерозиготны, значит, образуют по четыре типа гамет.



8. Получаем потомков F_1 . Так как у родителей образуется по четыре типа гамет, используем решётку Пеннета.



Типы гамет P	♀ \ ♂	BX^A	bX^A	BY	bY
	BX^A	$BBX^A X^A$ норма норма	$BbX^A X^A$ норма норма	$BBX^A Y$ норма норма	$BbX^A Y$ норма норма
bX^A	$BbX^A X^A$ норма норма	$bbX^A X^A$ норма альбинизм	$BbX^A Y$ норма норма	$bbX^A Y$ норма альбинизм	
BX^a	$BBX^A X^a$ норма норма	$BbX^A X^a$ норма норма	$BBX^a Y$ без желез норма	$BbX^a Y$ без желез норма	
bX^a	$BbX^A X^a$ норма норма	$bbX^A X^a$ норма альбинизм	$BbX^a Y$ без желез норма	$bbX^a Y$ без желез альбинизм	

9. Проводим анализ F_1 . Возможно рождение нормальных девочек, нормальных мальчиков, девочек-альбиносов, мальчиков-альбиносов, мальчиков без потовых желез и мальчиков-альбиносов без потовых желез в соотношении 6:3:2:1:3:1. Вероятность рождения второго сына с двумя аномалиями 1/16, здорового сына – 3/16.

Ответ:

1) генотипы ♀ — $X^A X^a Bb$, ♂ — $X^A Y Bb$. P:

2) Вероятность рождения второго сына с двумя аномалиями 1/16.

3) Вероятность рождения здорового сына – 3/16.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ С КРИТЕРИЯМИ ОЦЕНИВАНИЯ

Задача 1

При скрещивании белоглазой дрозофилы с нормальными крыльями и красноглазого самца с укороченными крыльями в потомстве получилось 15 самцов с белыми глазами и нормальными крыльями и 13 самок с красными глазами и нормальными крыльями. При скрещивании самок с красными глазами и укороченными крыльями и самцов с белыми глазами и нормальными крыльями всё потомство имело красные глаза и нормальные крылья. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомков в обоих скрещиваниях. Ответ обоснуйте.

Ответ

1)	P $X^A X^A VV$ белые глаза, норм, крылья	x	$X^A Ybb$ красные глаза, укороч. крылья	
G	$X^a V$	x	$X^{Ab}; Yb$	
F_1	$X^A X^a Vb$ красные глаза, норм, крылья		$X^a YVb$ белые глаза, норм, крылья	

2)	P $X^A X^A bb$ красные глаза, укороч. крылья	x	$X^a YVV$ белые глаза, норм, крылья	
G	X^{Ab}		$X^a V; YV$	

F_1 $X^A X^a Vb; X^a YVb$
 красные глаза, норм. крылья

3) Ген цвета глаз расположен в X-хромосоме, поскольку в первом скрещивании самцы и самки «меняются» фенотипами, а во втором все потомки получают единообразны; красные глаза доминантны, поскольку во втором скрещивании все потомки красноглазые; ген длины крыльев расположен в аутосоме, нормальные крылья доминируют над укороченными, поскольку всё потомство единообразно и имеет нормальные крылья.

(Допускается иная генетическая символика.)

Критерии оценивания выполнения заданий	Баллы
Ответ включает в себя все названные выше элементы, не содержит биологических ошибок	3
Ответ включает в себя все названные выше элементы, не содержит биологических ошибок	2
Ответ включает в себя один из названных выше элементов и не содержит биологических ошибок. ИЛИ ответ включает в себя два из	1

названных выше элементов, но отсутствуют пояснения

Ответ неправильный	0
Максимальный балл	3

Задача 2

Анна – праворукая женщина с нормальным цветовым зрением – вышла замуж за Сергея – леворукого дальтоника. У них родилась праворукая дочь Арина с нормальным цветовым зрением и леворукий сын Василий с дальтонизмом. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомков. Какой генотип и фенотип имел муж Арины, если известно, что у них родилась леворукая девочка, страдающая дальтонизмом? Анна считала, что именно Сергей передал Василию свой ген дальтонизма. Была ли Анна права? Ответ поясните.

Ответ

1) P	$AaX^D X^d$	x	$aaX^d Y$
	правша, нормальное зрение		левша, дальтонизм
G	AX^D, AX^d, aX^D, aX^d		aX^d, aY

F₁ $AaX^D X^d$ – праворукая дочь Арина с нормальным зрением;
 $AaX^D Y$ – праворукий сын с нормальным зрением;
 $AaX^d X^d$ – праворукая дочь дальтоник;
 $AaX^d Y$ – праворукий сын дальтоник;
 $aaX^D X^d$ – леворукая дочь с нормальным зрением;
 $aaX^D Y$ – леворукий сын с нормальным зрением;
 $aaX^d X^d$ – леворукая дочь дальтоник;
 $aaX^d Y$ – леворукий сын (Василий) дальтоник;

2) F ₁	$AaX^D X^d$	x	$aaX^d Y$ или $AaX^d Y$
			левша, дальтонизм или правша дальтонизм
G	AX^D, AX^d, aX^D, aX^d		aX^d, aY или AX^d, AY, aX^d, aY

F₂ $aaX^d X^d$ – дочь левша, дальтоник;

3) Анна была права, потому что сын получает от отца Y-хромосому, а значит аллель дальтонизма он получил именно от матери (Анны).

(Допускается иная генетическая символика.)

Критерии оценивания выполнения заданий	Баллы
Ответ включает в себя все названные выше элементы, не содержит биологических ошибок	3
Ответ включает в себя все названные выше элементы, не содержит биологических ошибок	2

Ответ включает в себя один из названных выше элементов и не содержит биологических ошибок. ИЛИ ответ включает в себя два из названных выше элементов, но отсутствуют пояснения	1
Ответ неправильный	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Задача 3

У канареек наличие хохолка зависит от аутосомного гена, ген окраски оперения сцеплен с X-хромосомой. Гетерогаметным полом у птиц является женский пол. Для хохлатой самки с зеленым оперением провели анализирующее скрещивание, в потомстве получилось четыре фенотипических класса, в которых были птицы с зеленым и коричневым оперением. Получившихся хохлатых потомков скрестили между собой. Может ли в этом скрещивании получиться потомство без хохолка? Определите генотипы, фенотипы и пол этого потомства без хохолка при условии его наличия.

Ответ:

1) P AaX^BY x aaX^bX^b
хохлатая зелёная самка без хохолка коричневый самец
G AX^B, aX^B, AY, aY aX^b

F₁

♀ самки AaX^bY – хохлатые коричневые,
aaX^bY – без хохолка коричневые

♂ самцы AaX^BX^b – хохлатые зелёные,
aaX^BX^b – без хохолка зелёные

2) P ♀ AaX^bY x AaX^BX
хохлатая хохлатый
коричневая самка зелёный самец
G AX^b, aX^b, AY, aY AX^B, AX^b, aX^B, aX^b

3) F₁ Генотипы и фенотипы возможного потомства без хохолка самки без хохолка зелёные - aaX^BY;

самки без хохолка коричневые – aaX^bY;

самцы без хохолка зелёные – aaX^BX^b;

самцы без хохолка коричневые – aaX^bX^b.

(Допускается иная генетическая символика)

Критерии оценивания выполнения заданий	Баллы
Ответ включает в себя все названные выше элементы, не содержит биологических ошибок	3
Ответ включает в себя все названные выше элементы, не содержит биологических ошибок	2

Ответ включает в себя один из названных выше элементов и не содержит биологических ошибок. ИЛИ ответ включает в себя два из названных выше элементов, но отсутствуют пояснения	1
Ответ неправильный	0
<i>Максимальный балл</i>	3

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рохлов В.С., Петросова Р.А.* Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2024 года по биологии. – М.: ФИПИ, 2024. – 44 с. URL: [Электронный ресурс] Режим доступа: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2024/bi_mr_2024.pdf?ysclid=m4estwz3ex29991715 (дата обращения: 02.12.2024).
2. Федеральная рабочая программа среднего общего образования: биология (базовый уровень) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://edsoo.ru> (дата обращения: 07.12.2024).
3. Федеральная рабочая программа среднего общего образования: биология (углубленный уровень) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://edsoo.ru> (дата обращения: 07.12.2024).
4. *Гончаров О.В.* Генетика. Задачи. – Саратов: Лицей, 2005. – 352 с. (Серия «Биология»).
5. *Паршутина Л.А.* Естествознание. Биология. Практикум: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.А. Паршутина. – М.: Издательский центр «Академия», 2021. – 131 с.