

# Подготовка к ЕГЭ. Решение задач по генетике

Гаврилова Татьяна Витальевна, учитель биологии  
МБОУ Печерская СШ Смоленского района

# Основные вопросы

- Анализ выполнения заданий линии 28 участниками ЕГЭ 2019 года.
- Типы генетических задач линии 28.
- Алгоритмы решения усложнённых генетических задач.





# Выводы на основе анализа ошибок участников ЕГЭ 2019 по биологии

- В линии 28 традиционно предлагались генетические задачи на дигибридное скрещивание, наследование признаков, сцепленных с полом, сцепленное наследование признаков.
- Средний результат выполнения генетических задач в 2019 г. составил 33,2%, что соответствует результатам 2018 г. (34%), а максимальные 3 балла в среднем получили 17% участников. Процент выполнения этого типа заданий выше, чем средние показатели линий 23, 24, 25.
- При правильном решении задачи максимальные баллы не получали участники, не ответившие на вопрос к задаче или неверно объяснившие результаты скрещивания, а также за неточности в написании схемы скрещивания.
- Хорошие результаты свидетельствует о том, что учащиеся знакомы с алгоритмом решения, умеют анализировать условие, делать выводы.

# Типы генетических задач линии 28

Все задачи на дигибридное скрещивание:



- независимое наследование признаков;
- сцепленное наследование в аутосомах;
- сцепленное с полом наследование.

# Независимое наследование признаков

Гены формы и окраски плода находятся в разных хромосомах. При скрещивании растений арбуза с удлинёнными зелёными плодами и растения арбуза с круглыми полосатыми плодами в потомстве получили растения с удлинёнными зелёными плодами и круглыми зелёными плодами. При скрещивании этого же арбуза с удлинёнными зелёными плодами и растения с круглыми зелёными плодами всё потомство имело круглые зелёные плоды. Составьте схемы скрещивания. Определите все возможные генотипы родителей и потомства в каждом скрещивании.

Схема решения задачи включает:

1) первое скрещивание:

P	aaBB	x	Aabb
удлинённые зелёные плоды			круглые полосатые плоды
G	aB		Ab, ab
F <sub>1</sub>	aaBb – удлинённые зелёные плоды; AaBb – круглые зелёные плоды;		

2) второе скрещивание:

1 вариант

P	aaBB	x	AABB
удлинённые зелёные плоды			круглые зелёные плоды
G	aB		AB
F <sub>1</sub>	AaBB – круглые зелёные плоды;		

3) 2 вариант

P	aaBB	x	AABb
удлинённые зелёные плоды			круглые зелёные плоды
G	aB		AB, Ab
F <sub>1</sub>	AaBB – круглые зелёные плоды; AaBb – круглые зелёные плоды		

# Независимое наследование признаков

- Право- и леворукость и группа крови контролируются аутосомными несцепленными генами, группы крови определяются аллелями  $I^A$ ,  $I^B$ ,  $i^0$ . В семье, где мать правша (А) и имеет третью группу крови, а отец – левша и имеет первую группу крови, родился ребёнок левша. Составьте схему решения задачи. Определите все возможные генотипы родителей, генотипы и фенотипы возможного потомства. Какова вероятность рождения в этой семье детей, фенотипически сходных по указанным признакам с матерью?

1) Р	♀ $AaI^B I^B$	×	♂ $aa i^0 i^0$
	праворукость, третья группа крови		леворукость, первая группа крови
G	$AI^B, ai^B$		$ai^0$
F	$AaI^B i^0$ – праворукость, третья группа крови; $aaI^B i^0$ – леворукость, третья группа крови;		

2) Р	♀ $AaI^B i^0$	×	♂ $aa i^0 i^0$
	праворукость, третья группа крови		леворукость, первая группа крови
G	$AI^B, Ai^0, ai^B, ai^0$		
F	$AaI^B i^0$ – праворукость, третья группа крови; $Aa i^0 i^0$ – праворукость, первая группа крови; $aaI^B i^0$ – леворукость, третья группа крови; $aa i^0 i^0$ – леворукость, первая группа крови;		

3) вероятность рождения в этой семье детей, фенотипически сходных по указанным признакам с матерью, составляет 50%, если генотип матери –  $AaI^B I^B$ , и 25%, если генотип матери –  $AaI^B i^0$

# Независимое наследование признаков (гибель эмбрионов)

- У овец серая окраска (А) шерсти доминирует над чёрной, а рогатость (В) – над комолостью (безрогостью). Гены не сцеплены. В гомозиготном состоянии ген серой окраски вызывает гибель эмбрионов. Какое **жизнеспособное** потомство (по фенотипу и генотипу) и в каком соотношении можно ожидать от скрещивания дигетерозиготной овцы с гетерозиготным серым комолым самцом? Составьте схему решения задачи. Объясните полученные результаты. Какой закон наследственности проявляется в данном случае?

- Схема решения задачи включает:

1) генотипы родителей: Р самка – АаВв х самец – Ааbb

гаметы G АВ, Ab, aB, ab Ab, ab;

2) потомство: F<sub>1</sub>: 2 серые рогатые – АаВв, 2 серые комолые – Ааbb, 1 чёрная рогатая – ааВв, 1 чёрная комолая – аabb;

3) в потомстве гомозиготные серые комолые овцы ААbb, ААВв отсутствуют в результате гибели эмбрионов. Проявляется закон независимого наследования признаков Менделя, так как гены двух признаков не сцеплены и находятся в разных парах хромосом.

# Обратите внимание!

В ответе *при отсутствии объяснения результатов скрещивания высший балл не присваивается* даже в случае правильного решения задачи.

- Если в задаче требуется указать закон наследственности, то должно быть указано его **название**.
- Если в ответе указан номер закона или автор (1 закон, закон Менделя, закон Моргана), то ответ не принимается как верный и балл не выставляется.

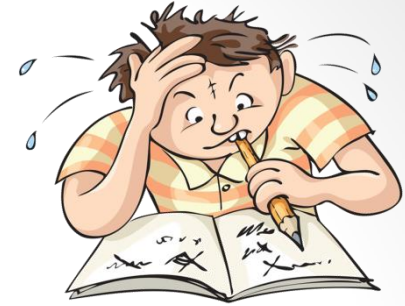
## Пример задания:

- Составьте схемы решения задачи. Определите соотношение потомства по фенотипу во втором скрещивании. Какой закон наследственности проявляется в данных скрещиваниях? Ответ обоснуйте.
- **В эталоне элементы ответа** (фрагмент): 3) соотношение по фенотипу 9:3:3:1. Закон независимого наследования признаков, так как гены двух признаков не сцеплены и находятся в разных парах хромосом.





# Типы усложнённых генетических задач



- Задачи, в которых один признак аутосомный, другой сцеплен с полом.
- Задачи на сцепленное наследование генов в аутосомах (нужно установить, какие АЛЛЕЛИ сцеплены).

# Задачи, в которых один признак аутосомный, а другой сцеплен с полом (крисс-кросс наследование)

- У бабочек гетерогаметным является женский пол. При скрещивании самки бабочки с длинными усами, однотонным окрасом крыльев и самца с короткими усами, наличием пятен на крыльях в потомстве получились самки с длинными усами, наличием пятен на крыльях и самцы с длинными усами, однотонным окрасом. При скрещивании самки бабочки с короткими усами, наличием пятен на крыльях и самца с длинными усами однотонным окрасом крыльев всё гибридное потомство было единообразным по длине усов и окраске крыльев. Составьте схемы скрещиваний. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы потомства в двух скрещиваниях, пол потомства в каждом скрещивании. Объясните фенотипическое расщепление в первом скрещивании.



# Анализ условия задачи



У бабочек **гетерогаметным является женский пол**. При скрещивании самки бабочки с длинными усами, однотонным окрасом крыльев и самца с короткими усами, наличием пятен на крыльях в потомстве получились самки с длинными усами, наличием пятен на крыльях и самцы с длинными усами, однотонным окрасом. При скрещивании самки бабочки с короткими усами, наличием пятен на крыльях и самца с длинными усами однотонным окрасом крыльев всё гибридное потомство было единообразным по длине усом и окраске крыльев.

- 1) Составьте схемы скрещиваний.
- 2) Определите
  - генотипы родительских особей,
  - генотипы и фенотипы потомства в двух скрещиваниях,
  - пол потомства в каждом скрещивании.
- 3) Объясните фенотипическое расщепление в первом скрещивании.

# Решение задачи

- Запишем скрещивание только с указанием фенотипов:

## Первое скрещивание

Родители	♀ХУ длинные усы, однотонный окрас	♂ХХ короткие усы, пятна на крыльях
Потомки	♀ХУ длинные усы, пятна на крыльях	♂ХХ длинные усы, однотонный окрас

Длинные усы –  
доминантный  
признак

Признак, отвечающий за окраску сцеплен с полом, так как его наследование **зависит от смены пола при скрещивании** однотонного родителя и родителя с наличием пятен. В первом скрещивании есть расщепление, **у самок проявляется признак отца, у самцов – матери**. Во втором скрещивании расщепления не происходит.

В потомстве и самцы, и самки получают Х-хромосому от отца, потомство единообразно, следовательно, у самца доминантный признак – однотонный окрас.

## Второе скрещивание

Родители	♀ХУ короткие усы, пятна на крыльях	♂ХХ длинные усы, однотонный окрас
Потомки	Единообразны по длине усов и окраске крыльев	
	♀ХУ длинные усы, однотонный окрас	♂ ХХ длинные усы, однотонный окрас

Размеры усов –  
аутосомный признак, так  
как его наследование не  
зависит от смены пола

# Решение задачи со схемой скрещивания

- Записываем полную схему скрещивания с указанием генотипов и фенотипов родителей, гамет, генотипов, фенотипов и пола потомства:

1)	P	♀ AAX <sup>B</sup> Y	×	♂ aaX <sup>b</sup> X <sup>b</sup>
		длинные усы, однотонный окрас крыльев		короткие усы, наличие пятен на крыльях
	G	AX <sup>B</sup> , AY		aX <sup>b</sup>
	F <sub>1</sub>	AaX <sup>B</sup> X <sup>b</sup> — самцы с длинными усами, однотонным окрасом крыльев; AaX <sup>b</sup> Y — самки с длинными усами, наличием пятен на крыльях;		
2)	P	♀ aaX <sup>b</sup> Y	×	♂ AAX <sup>B</sup> X <sup>B</sup>
		короткие усы, наличие пятен на крыльях		длинные усы, однотонный окрас крыльев
	G	aX <sup>b</sup> , aY		AX <sup>B</sup>
	F <sub>1</sub>	AaX <sup>B</sup> X <sup>b</sup> — самцы с длинными усами, однотонным окрасом крыльев; AaX <sup>b</sup> Y — самки с длинными усами, однотонным окрасом крыльев;		

- Отвечаем на вопрос: фенотипическое расщепление в первом скрещивании по признаку окраски у самцов и самок связано со сцеплением гена этого признака с X-хромосомой, гетерогаметный (женский) пол наследует X-хромосому от одного родителя (от отца), а гомогаметный — от двух.



*Если неверно определён признак, сцепленный с X-хромосомой, то решение не засчитывается и выставляется 0 баллов.*

*Отсутствие в ответе и генотипа, и фенотипа, и пола потомства считается ошибкой, элемент не засчитывается.*

# Алгоритм решения задачи

Если в задаче в одном из скрещиваний единообразное потомство и указан фенотип получившегося потомства, следовательно проявились доминантные признаки, а альтернативные им будут рецессивными.

1. Распишите на черновике схемы обоих скрещиваний, используя фенотипы, указанные в задаче.
2. В том скрещивании, где нет единообразия потомков, посмотрите, каким признаком отличаются потомки по фенотипу. Тот признак, по которому они отличаются – будет сцеплен с полом (находиться в X-хромосоме). Другой признак будет аутосомным.
3. Оформите схему скрещивания задачи, пропишите все генотипы и фенотипы, указав пол потомков, ответьте на вопрос, если это требуется в задаче.



# Алгоритм решения задачи

Если в задаче в одном из скрещиваний единообразное потомство и НЕ указан фенотип получившегося потомства.

1. Расписать на черновике схемы обоих скрещиваний, используя фенотипы, указанные в задаче.
2. Выберите скрещивание, где получилось расщепление в потомстве. Признак, по которому особи в этом потомстве единообразны – аутосомный доминантный. Признак, по которому в этом потомстве произошло расщепление – сцеплен с X-хромосомой.
3. Определите в том скрещивании, где единообразное потомство, кто из родителей гомогаметен - XX (у бабочек, птиц – самец, у млекопитающих, дрозофил – самка). По признаку, сцепленному с X-хромосомой гомогаметная особь XX имеет доминантный признак, а у гетерогаметной особи в X-хромосоме находится рецессивный признак.
4. Оформите схему скрещивания задачи, пропишите все генотипы и фенотипы, указав пол потомков, ответьте на вопрос, если это требуется в задаче.

# Задачи крисс-кросс наследование

- У дрозофилы гетерогаметным полом является мужской пол. Скрещивали самок дрозофилы с серым телом, красными глазами и самцов с чёрным телом, белыми глазами, всё потомство было единообразным по признакам окраски тела и глаз. Во втором скрещивании самок дрозофилы с чёрным телом, белыми глазами и самцов с серым телом, красными глазами в потомстве получились самки с серым телом, красными глазами и самцы с серым телом, белыми глазами. Составьте схемы скрещивания. Определите генотипы и фенотипы родительских особей, потомств в двух скрещиваниях и пол потомства в первом скрещивании. Поясните, почему во втором скрещивании произошло расщепление признаков.





# Алгоритм решения задачи

- В задаче в одном из скрещиваний единообразное потомство и **НЕ** указан фенотип получившегося потомства.
- Анализируем скрещивание, в котором есть расщепление и выбираем признак, по которому потомство единообразно. Это признак – серое тело, следовательно, серое тело – аутосомный доминантный признак. Признак, по которому произошло расщепление – окраска глаз, сцеплен с X-хромосомой.
- У дрозофил гомогаметный женский пол, в первом скрещивании, где было единообразие потомства, самка имела красные глаза, следовательно, этот признак – доминантный, а белые глаза – рецессивный признак (у самца).
- Составляем схемы обоих скрещиваний, прописываем генотипы и фенотипы, пол потомства, отвечаем на поставленный вопрос.

# Решение задачи

Схема решения задачи включает:

1) первое скрещивание

P	♀ AA <sup>B</sup> X <sup>B</sup> X <sup>B</sup>	×	♂ aaX <sup>b</sup> Y
	серое тело, красные глаза		чёрное тело, белые глаза
G	AX <sup>B</sup>		aX <sup>b</sup> , aY

генотипы и фенотипы потомства:

♀ AaX<sup>B</sup>X<sup>b</sup>, ♂ AaX<sup>B</sup>Y  
серое тело, красные глаза;

2) второе скрещивание

P	♀ aaX <sup>b</sup> X <sup>b</sup>	×	♂ AA <sup>B</sup> X <sup>B</sup> Y
	чёрное тело, белые глаза		серое тело, красные глаза
G	aX <sup>b</sup>		AX <sup>B</sup> , AY

генотипы и фенотипы потомства:

♀ AaX<sup>B</sup>X<sup>b</sup> — серое тело, красные глаза;  
♂ AaX<sup>b</sup>Y — серое тело, белые глаза;

3) во втором скрещивании получилось фенотипическое расщепление по признаку окраски глаз, так как признак белые глаза рецессивный, сцепленный с X-хромосомой, самки получают доминантный признак от отца, а рецессивный — от матери, а самцы получают рецессивный признак только от матери.

# Задачи на сцепленное наследование генов в аутосомах

- У томатов высокий рост стебля доминирует над карликовым, а шаровидная форма плода – над грушевидной, гены высоты стебля и формы плода сцеплены. Скрещено гетерозиготное по обоим признакам растение с карликовым, имеющим грушевидные плоды. В потомстве получилось 320 высоких растений с шаровидными плодами, 317 карликовых растений с грушевидными плодами, 26 высоких растений с грушевидными плодами и 29 карликовых растений с шаровидными плодами. При скрещивании другого гетерозиготного по обоим признакам растения с карликовым, имеющим грушевидные плоды, получилось расщепление 246 высоких растений с грушевидными плодами, 239 карликовых растений с шаровидными плодами, 31 высокое растение с шаровидными плодами и 37 карликовых растений с грушевидными плодами. Составьте схему решения задачи. Объясните, почему получилось разное расщепление.



# Решение задачи

Схема решения задачи включает:

1) P AaBb × aabb  
высокое, карликовое,  
шаровидные плоды грушевидные плоды

G AB, ab без кроссинговера ab  
Ab, aB после кроссинговера

F<sub>1</sub> 320 AaBb — высокое, шаровидные плоды  
317 aabb — карликовое, грушевидные плоды  
26 Aabb — высокое, грушевидные плоды  
29 aaBb — карликовое, шаровидные плоды

2) P AaBb × aabb  
высокое, карликовое,  
шаровидные плоды грушевидные плоды

G Ab, aB без кроссинговера ab  
AB, ab после кроссинговера

F<sub>1</sub> 246 Aabb — высокое, грушевидные плоды  
239 aaBb — карликовое, шаровидные плоды  
31 AaBb — высокое, шаровидные плоды  
37 aabb — карликовое, грушевидные плоды

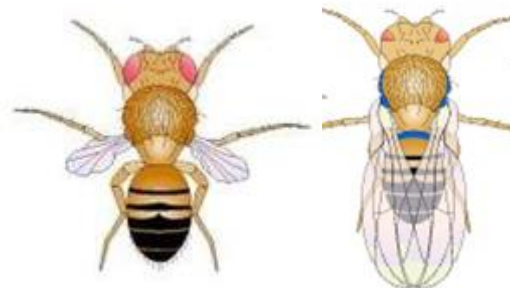
3) в первом случае аллели A и B были сцеплены друг с другом, а аллели a и b — друг с другом. Во втором случае, наоборот, были сцеплены аллели A с b и a с B соответственно.

(Допускается иная генетическая символика изображения сцепленных генов в виде



# Задачи на сцепленное наследование генов в аутосомах

- Гены длины ног и длины крыльев находятся у дрозофилы в одной хромосоме. Скрещивали самку дрозофилы с короткими крыльями, нормальными ногами и самца с нормальными крыльями, короткими ногами; все полученные гибриды  $F_1$  имели нормальные крылья и нормальные ноги. Получившихся в  $F_1$  самцов скрестили с исходной родительской особью. В потомстве получилось **расщепление по фенотипу и генотипу в отношении 1:1**. Составьте схемы решения задачи. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы потомков. Объясните формирование двух фенотипических групп во втором скрещивании. Какой закон наследственности проявляется во втором скрещивании.



# Решение задачи

- В первом скрещивании все потомки единообразны, имеют нормальные крылья и нормальные ноги, следовательно, эти признаки доминантные.
- Далее скрещивается гибрид первого поколения, дигетерозиготный самец (нормальные крылья, нормальные ноги) с исходной родительской особью, т.е. самкой из первого скрещивания с короткими крыльями и нормальными ногами.
- В потомстве получают расщепление по фенотипу и генотипу в соотношении 1:1, а какой фенотип у потомства ничего не сказано.
- Расщепление в соотношении 1:1 говорит о полном сцеплении генов, кроссинговера не происходит. Но какие аллели сцеплены и, соответственно, какие гаметы образуются у дигибридного (AaBb) самца: **AB u ab** или **Ab u aB**?
- Для ответа на этот вопрос возвращаемся к первому скрещиванию, проанализировав которое, понимаем, что аллель *a* сцеплен с аллелем *B*; аллель *A* — с аллелем *b*. Генотип самца:  $Ab \backslash aB$ .

# Решение задачи

Схема решения задачи включает:

1) первое скрещивание

P	♀ aaBB	×	♂ AAbb
	короткие крылья, нормальные ноги		нормальные крылья, короткие ноги
G	aB		Ab
F <sub>1</sub>	AaBb		
	нормальные крылья, нормальные ноги;		

2) второе скрещивание

P	♀ aaBB	×	♂ AaBb
	короткие крылья, нормальные ноги		нормальные крылья, нормальные ноги
G	aB		Ab, aB

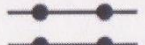
Генотипы и фенотипы полученного потомства:

AaBb – нормальные крылья, нормальные ноги;

aaBB – короткие крылья, нормальные ноги;

3) присутствие в потомстве двух групп особей в равных долях во втором скрещивании объясняется тем, что гены данных признаков находятся в одной хромосоме (аллель a сцеплен с аллелем B; аллель A – с аллелем b), кроссинговер между ними не идёт. Проявляется закон сцепленного наследования признаков.

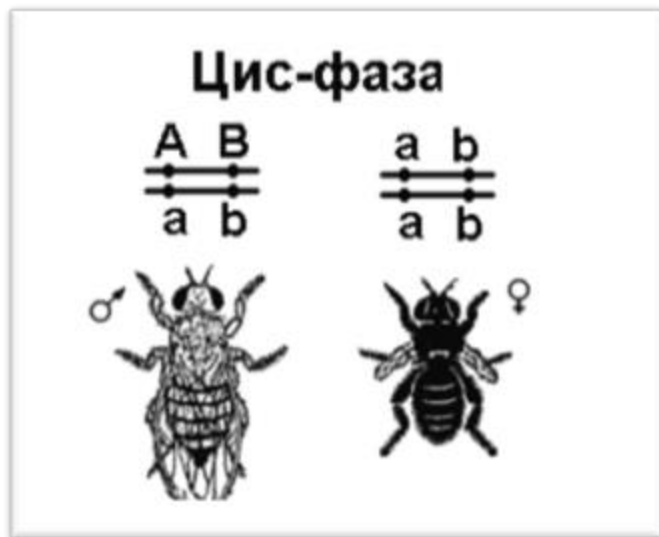
(Допускается иная генетическая символика изображения

сцепленных генов в виде .)

# Положение генов в группах сцепления

## Цис-положение

- (лат. *cis*- — по эту сторону) расположение тесно сцепленных рецессивных аллелей двух или нескольких локусов в одной из гомологичных хромосом, а доминантных — в другой гомологичной хромосоме этой пары:  $AB \backslash \backslash ab$ .



## Транс-положение

- (лат. *trans* - — за, по ту сторону; через) расположение в хромосоме одновременно и доминантных, и рецессивных аллелей двух или нескольких локусов:  $Ab \backslash \backslash aB$





# Алгоритм решения задачи на сцепленное наследование

В условии сказано, что гены сцеплены. Прочитайте внимательно условие задачи и определите, какое **сцепление полное** (без кроссинговера) или **неполное** (с кроссинговером).

## Полное сцепление

- Образовании двух фенотипических классов потомков в соотношении **1:1** при анализирующем скрещивании дигетерозиготы свидетельствует о полном сцеплении генов (кроссинговер отсутствует).
- Определите по условию задачи положение сцепленных генов в гомологичных хромосомах, какие аллели попарно сцеплены **A и B, a и b**, или **A и b, a и B** (цис- или транс-положение).
- Составьте схему скрещивания, запишите генотипы и фенотипы родителей и потомства.
- Объясните формирование двух фенотипических классов потомства.

## Неполное сцепление

- Наличие в потомстве неравномерного расщепления (не по 25%) четырёх фенотипических классов потомства при анализирующем скрещивании дигетерозиготы указывает на неполное сцепление и явление кроссинговера.
- В потомстве преобладают гибридные особи, образовавшиеся в результате слияния обычных гамет. Фенотипические классы, численность которых значительно меньше, образуются в результате слияния кроссоверных гамет (рекомбинантов). На основе этих данных определите, какие аллели сцеплены.
- Составьте схему скрещивания, запишите генотипы и фенотипы родителей, гаметы, которые они образуют, укажите какие гаметы обычные, а какие кроссоверные. Запишите генотипы и фенотипы потомства и их число.
- Объясните формирование четырёх фенотипических классов потомства.

# Алгоритм решения задачи на сцепленное наследование

**В условии не сказано, что гены сцеплены.**

1. Прочитайте внимательно условие задачи, на явление сцепления будут указывать:
  - неравномерное расщепление (не по 25%) фенотипических классов потомства при анализирующем скрещивании дигетерозиготы ( $AaBb \times aabv$ );
  - образовании двух фенотипических классов потомков в соотношении 1:1 при анализирующем скрещивании дигетерозиготы ( $AaBb \times aabv$ ).
2. Определите по условию задачи доминантные и рецессивные гены, положение сцепленных генов в гомологичных хромосомах, какие аллели попарно сцеплены **A** и **B**, **a** и **b**, или **A** и **b**, **a** и **B** (цис- или транс-положение).
3. Составьте схему скрещивания, запишите генотипы и фенотипы родителей и потомства.
4. Объясните формирование четырёх или двух фенотипических классов потомства.

# Задачи для самостоятельного решения

1. У дрозофилы гетерогаметным является мужской пол. При скрещивании самки дрозофилы с нормальными крыльями, серым телом и самца с загнутыми крыльями, жёлтым телом всё гибридное потомство было единообразным по форме крыльев и окраске тела. При скрещивании самки дрозофилы с загнутыми крыльями, жёлтым телом и самца с нормальными крыльями, серым телом в потомстве получились самки с нормальными крыльями, серым телом и самцы с нормальными крыльями, жёлтым телом. Составьте схемы скрещиваний. Определите генотипы родительских особей, генотипы и фенотипы потомства в двух скрещиваниях, пол потомства в каждом скрещивании. Объясните фенотипическое расщепление во втором скрещивании.
2. Скрестили самку дрозофилы с короткими крыльями, с пятном на крыле и самца с нормальными крыльями, без пятна на крыле. Все полученные гибриды в  $F_1$  имели нормальные крылья с пятном. Для анализирующего скрещивания взяли самца из  $F_1$ . В полученном потомстве ( $F_2$ ) оказалось 50% особей с нормальными крыльями, без пятна на крыле и 50% с короткими крыльями, с пятном на крыле. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомков в двух скрещиваниях. Объясните формирование двух фенотипических групп во втором скрещивании.

# Источники

- ЕГЭ 2020 Биология. Типовые экзаменационные варианты. 30 вариантов. под редакцией В. С. Рохлова.- М.: Национальное образование, 2020.
- <https://fipi.ru/materials>
- <https://bio-ege.sdangia.ru/>



Тёплых и радостных  
летних дней!

Успехов Вашим ученикам!