

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Критерий «хи-квадрат» при анализе расщеплений	5
Глава 2. Моногибридные скрещивания. Взаимодействие аллелей	9
Глава 3. Дигибридное и полигибридные скрещивания	22
Глава 4. Взаимодействие генов	30
Глава 5. Генетика и сцепленное с полом наследование.....	46
Глава 6. Сцепленное наследование и кроссинговер	58
Глава 7. Человек как объект генетических исследований	69
Глава 8. Генетика популяций	79
Глава 9. Современные молекулярно-генетические методы	86
Глава 10. Комбинированные задачи	97
Ответы, подсказки, решения	101

ВВЕДЕНИЕ

Во время обучения в школе появляется ощущение, что разные предметы сильно различаются по способу их освоения. Так, алгебра и физика содержат много четких закономерностей — теорем, законов, правил. Поняв ту или иную теорему, можно решить бесчисленное количество задач определенного типа.

Биология выглядит иначе. В самом деле, ни из чего не следует, что у папоротников гаметофит имеет вид тонкой зеленой пластинки в форме сердечка. Это нужно просто запомнить: много фактов, которые на первый взгляд не укладываются ни в какую закономерность. Генетика, которую обычно проходят в старших классах, — одно из немногих исключений. То, что до второй половины XIX в. казалось полным хаосом, с открытиями Грегора Менделя приобрело реальную основу: наследуется не «все сразу», а конкретные, осязаемые «задатки», которые в начале XX в. называли генами. Передача их от родителей потомкам следует четким правилам, и, зная эти правила, можно предсказывать результаты скрещиваний с математической точностью.

В первой четверти XX в. менделевская генетика вступила в плодотворный союз с дарвиновской теорией эволюции. Так возникла синтетическая теория эволюции, основанная на представлениях о генетических процессах в популяциях. И снова оказалось, что изменчивость и наследственность можно описывать достаточно простыми правилами, которые были заимствованы из комбинаторики. Все можно подсчитать, предсказать с высокой вероятностью. Эти открытия быстро стали важными инструментами селекции, медицины, популяционной биологии.

Далеко не все из вас, даже имея интерес к биологии, будут самостоятельно проводить генетические эксперименты, ставить скрещивания, анализировать полиморфизм в природных популяциях. Однако, изучая биологию, неизбежно доведется столкнуться с генетическими задачами. Такие задачи решают в школе, они часто — если не сказать, почти всегда — входят в число заданий различных профильных олимпиад. Предлагаемое вашему вниманию руководство посвящено именно решению задач по генетике.

Главы в книге соответствуют основным типам задач. Каждая глава начинается с небольшого теоретического обсуждения темы.

Предполагается, однако, что вы уже самостоятельно освоили все, что нужно для понимания этих тем, в первую очередь цитологию. Немаловажно разобраться в генетической и цитологической терминологии, чтобы словосочетания типа «доминантный аллель» или «профаза первого деления мейоза» были понятными. В каждой главе приведены решения нескольких задач, часть заданий даны для самостоятельной работы. Также представлен алгоритм решения задач на тему, которой посвящена глава.

Всего в книге около ста задач. Все они придуманы специально для этого издания. При этом все или почти все, что рассказано в задачах, — правда. Источниками вдохновения послужили научные статьи и книги, руководства по селекции, собственные наблюдения и результаты работы коллег. Честное слово, составлять задачи оказалось очень интересным делом. В процессе работы даже возникла пара идей, достойных специального исследования.

Часть номеров помечены звездочкой. Это указывает на повышенную сложность — конечно, по мнению автора. Впрочем, разным людям более сложным или простым кажется разное. Наиболее трудные задачи составляют последнюю главу. Часть из них похожи на те задания, которые в разные годы были предложены на биологических олимпиадах.

В конце книги приведены решения задач или указания к решению. Жизнь показывает, что во многих случаях есть больше одного правильного решения. Не исключаю, что вам придут в голову другие, даже более изящные и простые подходы к задачам из этой книги. К сожалению, не могу исключить и того, что в книге найдутся ошибки, опечатки, неточности. Заранее прошу за них прощения.

Я намеренно не привожу никаких образцов оформления решений. В разные годы требования экзаменов могут быть разными. Гораздо важнее освоить методику решения, понять его логику, овладеть приемами, которые позволят самостоятельно разобраться в тех или иных генетических задачах.

Я благодарю за вдохновение и плодотворное обсуждение задач по генетике доктора биологических наук, профессора В. В. Чуба. Отдельное спасибо всем коллегам, принимающим вместе со мной участие в проведении семинаров по генетике на биологическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова. Неоценимую помощь при составлении этого пособия оказали мои студенты и школьники, которые в разные годы решали вошедшие в эту книгу задачи и неизменно доказывали личным примером, что это возможно.

Глава 1

КРИТЕРИЙ «ХИ-КВАДРАТ» ПРИ АНАЛИЗЕ РАСЩЕПЛЕНИЙ

Большинство задач по генетике, с которыми приходится иметь дело в школе, не предполагают статистической обработки данных. Иногда уже в условии сказано, как именно контролируется признак («за окраску семян у гороха ответственен один ген, желтая окраска доминирует»). В некоторых случаях число и характер взаимодействия генов или аллелей как раз и надо установить, но расщепление уже дано в виде долей («в F_2 расщепление — $3/4$ желтых : $1/4$ зеленых»).

Как быть, если ничего подобного не сообщено, а есть просто «сырые» результаты скрещиваний? Тем более если это не задача из пособия, а реальная жизнь, настоящий эксперимент?

В этой главе мы рассмотрим наиболее распространенный алгоритм анализа расщеплений — статистический метод (а точнее, критерий) «хи-квадрат». Удобно разобрать конкретную задачу.

Задача 1. Дикорастущая морковь с белым корнеплодом была скрещена с окультуренной формой, имеющей оранжевый корнеплод. Анализ F_2 от этого скрещивания показал, что у 264 потомков корнеплоды были окрашены, а у 731 — неокрашены. Объясните расщепление.

Вариант, который обычно предлагают в школе, — это сказать что-нибудь вроде «расщепление близко к $3:1$ ». Разумеется, строгим такой подход считать нельзя.

Для начала предположим, что признак окраски корнеплода контролируется одним геном. Определим число возможных сочетаний гамет. По одному гену *наибольшее* число *разных* гамет, которые могут образоваться у одной особи, — две: у гетерозиготы Aa образуются гаметы A и a . Тогда наибольшее число комбинаций при оплодотворении будет наблюдаться при скрещивании двух гетерозигот: четыре сочетания (это можно сравнить с решеткой Пеннета размером 2×2 , т. е. 4 «ячейки»). Число возможных сочетаний гамет, как несложно заметить, равно 4^n , где n — число генов (4 для одного гена, 16 для двух и т. д.).

Сколько особей приходится на одну «ячейку» в нашей выборке? Это легко подсчитать. Всего $731 + 264 = 995$ растений. Определим ожидаемую величину одного класса в расщеплении:

$995:4 = 248,75$. Неважно, что получилось три четверти морковки, это лишь расчетное значение.

Можно себя проверить. Разделим величины *наблюдаемых* классов на величину *ожидаемого* минимального класса:

$$731:248,75 = 2,94 \approx 3$$

$$264:248,75 = 1,06 \approx 1$$

Но окончательным доказательством такие вычисления считать все равно нельзя. Необходимо сформулировать статистическую гипотезу (так называемую гипотезу H_0): наблюдаемое расщепление соответствует 3:1.

Теперь надо определить число степеней свободы (d. f. от *degrees of freedom*). Оно равно числу фенотипических классов минус один: $2 - 1 = 1$.

Составим таблицу:

	Окрашенные	Неокрашенные
Наблюдаемое (Н)	731	264
Ожидаемое (О)	$3 \cdot 248,75$	248,75
$(Н-О)^2/O$	0,312	0,935

Сложим получившиеся в строке значения для каждого столбца: $0,312 + 0,935 = 1,247$.

Сравним получившееся значение (именно его и называют хи-квадрат, χ^2) с табличным для данного числа степеней свободы.

Критические значения критерия χ^2	
d. f.	Пороговое значение χ^2 ($p = 0,95$)
1	3,841
2	5,991
3	7,815
4	9,488
5	11,070
6	12,592
7	14,067

Что значит $p = 0,95$? Под p (уровнем значимости) понимают вероятность отвергнуть гипотезу H_0 при условии, что она верна. В статистике такую ошибку называют ошибкой первого рода.

В нашем случае (d. f. = 1, полученное значение χ^2 меньше табличного), отвергнув гипотезу о расщеплении 3:1, мы с вероятностью 95% совершим ошибку. Именно поэтому мы спешим принять эту гипотезу. В биологических исследованиях обычно пользуются двумя уровнями значимости — 5% и 1%.

То, что получившееся у нас значение χ^2 оказалось меньше табличного (1,247 < 3,841), означает, что гипотеза H_0 *не отвергается* (говорить, что гипотеза верна, в статистике не принято). Значит, *наблюдаемое* в задаче расщепление в самом деле *достоверно* соответствует *ожидаемому* соотношению 3:1. Различия между окрашенными и неокрашенными корнеплодами и вправду объясняются действием одного гена. Только после такой обработки корректно вводить обозначения — например, доминантный аллель «наличие окраски» обозначить как A , а рецессивный — как a . Дальше все традиционно.

Критерий «хи-квадрат» — универсальный инструмент для проверки того, насколько наблюдаемое соотношение соответствует ожидаемому. Это относится не только к расщеплениям в генетических экспериментах. Достоверно ли различается количество цветущих одуванчиков на разных склонах? Действительно ли орел и решка выпадают на монетке с одинаковой вероятностью? На эти и подобные вопросы можно ответить с помощью критерия «хи-квадрат».

В серьезной науке (а значит, и в качественном школьном проекте) категорически никуда не годятся суждения вида «примерно поровну», «в среднем больше», «чаще». В биологии не бывает «больше» и «меньше», только «достоверно больше» и «достоверно меньше».

Вопросы и задания

2. Недотрога мелкоцветковая — однолетнее перекрестно опыляющееся растение. Листья на ее побеге расположены по спирали, которая направлена или по часовой стрелке, или против нее. При описании природной популяции обнаружили, что у 497 растений спираль листорасположения закручена по часовой стрелке, а у 501 растения — против часовой стрелки. Как можно объяснить эти результаты? Какие эксперименты можно провести, чтобы проверить правильность вашего предположения?

3. Скрещены две линии дрозофилы — с нормальными и с «обрезанными» крыльями. У всех гибридов первого поколения нормальные крылья. Для получения второго поколения взяли

четыре пробирки с питательным кормом и в каждую из них посадили по 2 самки и по 4 самца F_1 . Через 5 дней удалили родителей, а еще через 5 дней провели подсчет гибридов F_2 . Получили следующие результаты.

Пробирка 1: 17 мух с нормальными крыльями, 5 мух с обрезанными крыльями.

Пробирка 2: 23 с нормальными, 11 с обрезанными.

Пробирка 3: 34 с нормальными, 19 с обрезанными.

Пробирка 4: 8 с нормальными.

Как наследуется форма крыла у дрозофилы? Противоречат ли результаты, полученные для пробирки 4, тому, что было обнаружено в остальных пробирках?

Каков максимальный размер *единообразной* по фенотипу выборки, которая при проверке критерием «хи-квадрат» будет достоверно соответствовать расщеплению 3:1?

Глава 2

МОНОГИБРИДНЫЕ СКРЕЩИВАНИЯ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЛЛЕЛЕЙ

Самая простая задача, с которой может столкнуться генетик-экспериментатор, — это наблюдение за тем, как в скрещивании наследуется один признак. Такие скрещивания называют *моногибридными*. Обратите внимание: то, что скрещивание моногибридное, можно установить еще до решения задачи. Число генов, которые контролируют тот или иной признак, сейчас не важно.

Мы рассмотрим самый элементарный случай, когда один признак контролируется одним геном.

Большинство встречающихся нам в задачах организмов диплоидные. Самое большое число *разных* аллелей одного гена, которые могут быть в генотипе такого организма, — два. Именно так обстоит дело у гетерозиготы (Aa). Во многих случаях мы знаем действие каждого аллеля, т. е. как аллель проявляется в гомозиготе. Гораздо интереснее, каким будет фенотип гетерозиготы. Это зависит от *взаимодействия аллелей* гена. Рассмотрим несколько случаев.

Полное доминирование ($A > a$)

Полное доминирование — это самый простой вариант, когда один аллель (доминантный) проявляется и в гомозиготе, и в гетерозиготе. Гетерозигота (Aa) будет иметь такой же фенотип, как и доминантная гомозигота (AA).

С таким взаимодействием аллелей столкнулся Грегор Мендель в своих экспериментах по скрещиванию гороха. Как мы знаем, во втором поколении от скрещивания двух родителей, различающихся по аллелям одного гена, наблюдается расщепление по фенотипу 3:1 и по генотипу 1:2:1.

Задача 4. У кукурузы гладкая форма зерен доминирует над морщинистой. При скрещивании двух различающихся по этому признаку сортов у всех гибридов первого поколения были гладкие зерна. Какое расщепление в потомстве вы ожидаете обнаружить при самоопылении гибридов первого поколения? при скрещивании гибридов первого поколения с родительским сортом, имеющим морщинистые зерна?

В условии сказано, что гладкая форма зерен доминирует. Для удобства составим таблицу.

Проявление признака	Аллель	Генотип
Гладкие зерна	D	Dd, DD
Морщинистые зерна	d	dd

Среди гибридов F_1 наблюдается единообразие, поэтому мы делаем вывод, что родительские сорта — гомозиготы по аллелям интересующего нас гена (по I закону Менделя).

Запишем схему скрещивания. Чтобы установить расщепление в F_2 , составим решетку Пеннета.

P	♀ DD гладкие	×	♂ dd морщинистые
G	D		d
F_1	Dd гладкие	×	Dd гладкие
G	D, d		D, d
F_2			
		D 0,5	d 0,5
	D 0,5	0,25 DD гладкие	0,25 Dd гладкие
	d 0,5	0,25 Dd гладкие	0,25 dd морщинистые

В решетку мы внесли вероятности образования гамет. У гетерозиготы Dd образуются гаметы D и d с одинаковой частотой — по 50% (можно записать в виде $1/2$, или 0,5).

Вероятность встречи гамет равна произведению вероятностей образования этих гамет. Это очень важное правило, которое неоднократно будет нам нужно в дальнейшем. Перемножив вероятности образования гамет, мы получаем в решетке Пеннета все возможные генотипы потомков и частоты их возникновения. Суммируем частоты образования одинаковых фенотипов и получаем 0,75 ($Dd + DD$) : 0,25 dd . Это хорошо знакомое нам $3/4 D_1$: $1/4 dd$ (чаще пишут 3:1). По генотипу расщепление будет $1/4 DD$: $2/4 Dd$: $1/4 dd$ (или 1:2:1).

¹ Напомним: запись « D_1 » (читается как «дэ большое радикал») означает, что у этого организма есть как минимум один доминантный аллель гена, но по фенотипу мы не можем установить генотип точно. Нижнее подчеркивание называется фенотипическим радикалом.

Ответим на второй вопрос задачи. Для этого снова составим схему скрещивания и решетку Пеннета.

F_1	Dd гладкие	×	dd морщинистые
G	D, d		d
F_a		D 0,5	d 0,5
	d 1	0,5 Dd гладкие	0,5 dd морщинистые

Расщепление по фенотипу и генотипу в этом случае будет 1:1. Это ситуация *анализирующего скрещивания*, когда для выяснения генотипа особей с доминантным фенотипом их скрещивают с рецессивной гомозиготой. Потомство анализирующего скрещивания обозначают F_a .

В некоторых случаях в условии дано расщепление в потомстве, и надо доказать, что признак контролируется одним геном. Тут полезно помнить, что *при полном доминировании* расщепление среди потомков от скрещивания $Aa \times Aa$ будет 3:1 по фенотипу. В анализирующем скрещивании $Aa \times aa$ получится расщепление по фенотипу 1:1.

В генетических задачах принято считать, что по типу полного доминирования взаимодействуют аллели генов, определяющих некоторые признаки у человека. Преобладающее пользование правой рукой (праворукость) доминирует над леворукостью, карие глаза — над голубыми (в главе «Взаимодействие генов» мы подробно рассмотрим, как на самом деле), положительный резус-фактор — над отрицательным.

Неполное доминирование ($A \geq a$)

В этом случае гетерозигота имеет самостоятельный фенотип, обычно промежуточный между фенотипами двух гомозигот. Получается, что одного нормального аллеля как бы недостаточно для полноценного проявления признака.

Такой вариант взаимодействия аллелей в задачах очень удобен: по фенотипу особи можно однозначно установить, каков ее генотип. Никаких фенотипических радикалов при неполном доминировании не бывает.

Задача 5. При скрещивании растений земляники, отличающихся по окраске плодов, получены следующие результаты.

	Скрещивание 1	Скрещивание 2	Скрещивание 3
Родители	красные × красные	красные × розовые	розовые × белые
F ₁	все красные	1/2 красных : 1/2 розовых	1/2 розовых : 1/2 белых

Как наследуется окраска плодов у земляники? Каким будет потомство от скрещивания красноплодных и белоплодных растений? двух растений с розовыми плодами?

От скрещивания между собой красноплодных растений получается единообразное потомство. Это означает, что красноплодные растения гомозиготны (по I закону Менделя).

В потомстве от скрещивания красноплодных и розовоплодных растений мы наблюдаем расщепление. Значит, растения с розовыми плодами гетерозиготны. Расщепление 1:1 также соответствует скрещиванию между гомо- и гетерозиготой.

Расщепление среди гибридов от скрещивания розовоплодных и белоплодных растений также 1:1. Мы уже знаем, что растения с розовыми плодами гетерозиготны. Значит, белоплодные растения гомозиготны. Для удобства составим таблицу.

Проявление признака	Аллель	Генотип
Красные плоды	<i>A</i>	<i>AA</i>
Розовые плоды		<i>Aa</i>
Белые плоды	<i>a</i>	<i>aa</i>

Дальше легко установить, что от скрещивания красноплодных и белоплодных растений (*AA* × *aa*) образуется единообразное потомство с розовыми плодами (*Aa*). Среди потомков от скрещивания растений с розовыми плодами (*Aa* × *Aa*) будет расщепление: 1/4 *AA* (красные) : 2/4 *Aa* (розовые) : 1/4 *aa* (белые). Это соответствует II закону Менделя.

Обратите внимание на забавный нюанс. По определению доминантный аллель — это аллель, проявляющийся в гетерозиготе. При неполном доминировании гетерозигота имеет свой собственный фенотип. В принципе мы могли бы обозначить аллель, определяющий белую окраску, как доминантный.

Кодоминирование

При кодоминировании, по сути, нет доминантных и рецессивных аллелей. В гетерозиготе не происходит никакого подавления. Оба аллеля вносят равный вклад в формирование фенотипа.

В школьном курсе биологии в качестве примера кодоминирования традиционно рассматривают наследование групп крови по системе АВ0. Начнем с более простого примера — системы MN.

Помимо группы крови по системе АВ0 и резус-фактора, кровь человека можно охарактеризовать по множеству других параметров. В их числе — принадлежность крови к группам М, N и MN. Этот признак контролируется одним геном по следующему принципу.

Группа крови	Аллель	Генотип
М	L^M	$L^M L^M$
N	L^N	$L^N L^N$
MN		$L^M L^N$

В крови и тканях гетерозиготы $L^M L^N$ присутствуют одновременно два антигена — М и N. Таким образом, нельзя сказать, что один аллель доминирует над другим, оба в равной степени участвуют в образовании фенотипа.

В клинической практике и задачах гораздо чаще учитывают группу крови по системе АВ0. Напомним, что она также определяется одним геном.

Группа крови	Аллель	Генотип
0 (I)	i^0	$i^0 i^0$
A (II)	I^A	$I^A I^A, I^A i^0$
B (III)	I^B	$I^B I^B, I^B i^0$
AB (IV)		$I^A I^B$

Аллель i^0 рецессивный: у гетерозигот $I^A i^0$ и $I^B i^0$ он как бы «не имеет значения». Между аллелями I^A и I^B наблюдается взаимодействие по типу кодоминирования: у гетерозиготы на поверхности эритроцитов присутствуют и белок-антиген А, и белок-антиген В.

В задачах наибольшую сложность представляют собой как раз группы крови А(II) и В(III) именно потому, что по фенотипу нельзя однозначно установить генотип. Для групп 0(I) и АВ(IV) генотип определяется единственно возможным образом. В качестве упражнения попробуйте составить все возможные комбинации родителей и посмотреть, какими могут быть дети в этих семьях.

Задача 6. У супружеской пары родились двое детей с группами крови АВ и 0. Каковы генотипы и группы крови родителей? С какими еще группами крови могут родиться дети в этой семье?

Генотипы детей очень «удобные», мы можем сразу записать их: $I^A I^B$ (АВ) и $i^0 i^0$ (0). Значит, каждый из родителей имеет аллель i^0 , у одного есть аллель I^A , у другого — I^B . Получается, что у одного родителя генотип $I^A i^0$ (А), у второго — $I^B i^0$ (В). Еще в этой семье могут родиться дети с генотипами и фенотипами, повторяющими родителей ($I^A i^0$, $I^B i^0$).

Переменное доминирование

Переменное, или условное, доминирование — необычное взаимодействие аллелей, при котором доминантность одного из аллелей (и соответственно рецессивность другого) зависит от какого-то дополнительного обстоятельства.

Задача 7. У овец наличие рогов доминирует над их отсутствием (комолостью) у самцов, но оказывается рецессивным у самок.

Среди большого числа потомков от скрещивания рогатого барана с комолой овцой наблюдали расщепление: $3/4$ всего потомства были комолыми, а $1/4$ — рогатыми, причем рогатыми были только бараны. В результате нескольких скрещиваний рогатого барана из первого поколения с рогатой овцой половина всех ярок (молодых самок) в потомстве была комолой, а остальные потомки обоего пола — рогатыми. Определите генотипы всех особей, упомянутых в задаче.

Сведем в таблицу все, что мы знаем о наследовании наличия рогов у овец.

Проявление признака	Аллель	Генотип
Комолость	a	aa (♀ и ♂), Aa (♀)
Рогатость	A	AA (♀ и ♂), Aa (♂)

Начнем с первого скрещивания. Генотипы родителей нам неизвестны точно, но уже можно сказать, что у отца есть один доминантный аллель (A). Однако в потомстве появились комолые бараны, их генотип может быть только aa . Такое возможно, если у обоих родителей есть хотя бы по одному рецессивному аллелю. Значит, генотип отца Aa .

Генотип матери может быть Aa или aa . Попробуем проверить, что получится, если мать гомозиготна. Составим схему скрещивания (для краткости не станем записывать гаметы). В решетке Пеннета учтем пол потомков. Предположим, что соотношение полов составляет 1:1.

P	♀ aa комолая	×		♂ Aa рогатый	
		A 0,5		a 0,5	
F ₁	a 1	♀ Aa 0,25 комолые	♂ Aa 0,25 рогатые	♀ aa 0,25 комолые	♂ aa 0,25 комолые

Такое расщепление получится, если мать гомозиготна по рецессивному аллелю. Ожидаемое расщепление совпадает с тем, что описано в условии. Наше предположение верно.

Теперь разберем второе скрещивание. В качестве матери взята рогатая овца, генотип которой очевиден — AA (только с таким генотипом овца может быть рогатой). В потомстве наблюдается расщепление, а это значит, что отец был гетерозиготой (Aa). Составим схему этого скрещивания.

P	♀ AA рогатая	×		♂ Aa рогатый	
		A 0,5		a 0,5	
F ₁	A 1	♀ AA 0,25 рогатые	♂ AA 0,25 рогатые	♀ Aa 0,25 комолые	♂ Aa 0,25 рогатые

У нас получилось расщепление, совпадающее с тем, что описано в условии. Наше предположение снова оказалось верным.

Множественный аллелизм

У одного диплоидного организма может быть не более двух разных аллелей одного гена. Однако у вида или популяции число аллелей гена может быть значительно больше. По сути, любое изменение в структуре гена приводит к возникновению новых аллелей. Часть из них может иметь собственное фенотипическое проявление. Однако возможны и мутации, которые не приводят к изменению функции гена, например замена третьего нуклеотида в кодоне или какие-то перестановки в интронах. Такие изменения невозможно обнаружить путем скрещиваний и анализа

фенотипа потомков, но вполне реально выявить с помощью молекулярных маркеров, о которых мы будем говорить в разделе «Современные молекулярно-генетические методы».

Существование более двух аллелей гена часто называют *множественным аллелизмом*. Мы уже встречались с ним, когда говорили о группах крови по системе АВ0. Множественный аллелизм — не исключительное, а совершенно нормальное явление. Интересны случаи, когда разные аллели гена имеют разное влияние на фенотип.

Задача 8. У кошек известен ген *Tabby*, нормальный аллель которого (*T*) определяет наличие темных полос на теле, хвосте и лапах (тигровая окраска). Полудоминантный аллель T^a в гомозиготе приводит к отсутствию полос, а в гетерозиготе — к фенотипу «абиссинский тэбби»: полосы есть только на морде, лапах и хвосте. Мутация t^b в гомозиготе приводит к распределению пигмента в виде разводов, а не полос («мраморный тэбби»).

От скрещивания кошки абиссинской масти и полосатого кота родилось несколько котят, у двух из которых была мраморная окраска. Какую масть могут иметь другие котята в этом помете?

Абиссинская масть означает наличие в генотипе одного аллеля T^a , поэтому генотип матери $T^a_$. Полосатая масть у кота может соответствовать или гомозиготе Tt , или гетерозиготе Tt^b . Однако в потомстве были котята с мраморной окраской, их генотип может быть только $t^b t^b$. Это означает, что у обоих родителей был аллель t^b . Генотипы родителей: $T^a t^b$ у кошки и Tt^b у кота. Воспользуемся решеткой Пеннета, чтобы установить, какими еще могут быть котята этой пары.

P	♀ $T^a t^b$ абиссинская	× ♂ Tt^b полосатый
F ₁		
	T 0,5	t^b 0,5
T^a 0,5	$T^a T$ 0,25 абиссинский	$T^a t^b$ 0,25 абиссинский
t^b 0,5	Tt^b 0,25 полосатый	$t^b t^b$ 0,25 мраморный

Таким образом, другие котята в этом помете могут иметь абиссинскую или полосатую окраску.



СИНЮШИН Андрей Андреевич

Выпускник и сотрудник биологического факультета МГУ, кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики. Преподаватель Летней экологической школы (ЛЭШ). Автор ряда публикаций, в основном посвященных развитию растений и его генетической регуляции.

На уроках, в ЕГЭ, в олимпиадах генетические задачи никак не даются?

Неужели слишком сложно?

Эта книга поможет преодолеть возникшие затруднения, хотя задачи по генетике заслуженно считаются одной из самых сложных тем в школьной биологии.

Всего в книге около 100 задач, причем каждая основана на реальных событиях и настоящих исследованиях. Разобраны основные типы задач по темам. В каждой главе есть теоретическая справка и алгоритмы решения. Несколько задач разобраны, на все даны ответы и указания к решению. Задания последней главы подобны тем, которые в разные годы были предложены на биологических олимпиадах.

Пройди путь от моногибридного скрещивания до сложных комплексных заданий!