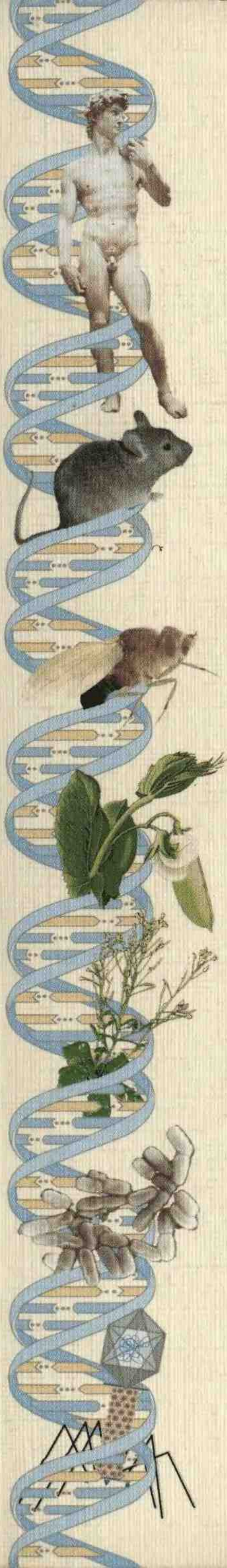


В. М. Глазер, А. И. Ким,
Н. Н. Орлова, И. Г. Удина,
Ю. П. Алтухов

Задачи по современной генетике

учебное пособие



В. М. Глазер, А. И. Ким,
Н. Н. Орлова, И. Г. Удина,
Ю. П. Алтухов

Задачи по современной генетике

Учебное пособие



УНИВЕРСИТЕТ
книжный дом

Москва
2005

УДК 575.1/2
ББК 28.04
3-15

Авторы:

В.М. Глазер, А.И. Ким, Н.Н. Орлова,
И.Г. Удина, Ю.П. Алтухов

Рецензенты:

Кафедра генетики и селекции Санкт-Петербургского государственного университета (заведующий кафедрой академик РАН, профессор *С.Г. Инге-Вечтомов*),

Кафедра генетики и селекции РУДН (заведующий кафедрой доктор биологических наук, профессор *Ю.Л. Гужов*)

Задачи по современной генетике: Учеб. пособие / Под
3-15 ред. М.М. Асланяна. — М.: КДУ, 2005. — 224 с., ил.
ISBN 5-98227-080-6

Настоящее пособие содержит 600 задач по всем разделам курса «Генетика». Широкий спектр биологических объектов и признаков, на примере которых составлены задачи, позволяет оценить интегральную роль генетики в системе биологических дисциплин. Наряду с традиционными типами в сборник включены задачи по генетическому картированию у прокариот, структуре и функции гена, наследованию признаков у полиплоидов и мутантов, анализу генетических процессов в популяциях, биохимической и молекулярной генетике и ДНК-диагностике.

Пособие предназначено для студентов и преподавателей биологических, медицинских, педагогических и сельскохозяйственных специальностей университетов, академий и институтов.

УДК 575.1/2
ББК 28.04

ISBN 5-98227-080-6

© Глазер В.М., Ким А.И., Орлова Н.Н.,
Удина И.Г., Алтухов Ю.П., 2005
© Издательство «КДУ», 2005

Оглавление

Введение.....	4
Как анализировать расщепления.....	6
Раздел 1. Моногибридное скрещивание.....	8
Раздел 2. Дигибридное и полигибридные скрещивания.....	28
Раздел 3. Взаимодействие неаллельных генов.....	57
Раздел 4. Наследование признаков, сцепленных с полом.....	96
Раздел 5. Наследование при сцеплении и кроссинговере.....	110
Раздел 6. Генетическое картирование у прокариот.....	144
Раздел 7. Структура и функция гена.....	159
Раздел 8. Молекулярная генетика.....	173
Раздел 9. Хромосомные и геномные мутации.....	196
Раздел 10. Генетика популяций.....	205
Приложения.....	215
1. Правило выписывания гамет.....	215
2. Метод χ^2	216
3. Значения χ^2 при разных степенях свободы (по Фишеру).....	219
4. Некоторые типы расщеплений при моногенном и дигенном наследовании признака.....	220
5. Генетическая карта <i>E. coli</i>	221
6. Таблица генетического кода.....	222
Список литературы.....	223

Введение

Место генетики среди биологических дисциплин и особый интерес к ней определяются тем, что она изучает основные свойства живых организмов — наследственность и изменчивость, а также способы управления ими. Генетика как наука одной из первых вошла в разряд точных биологических специальностей благодаря открытию дискретных единиц наследственности — генов и методу генетического, в первую очередь гибридологического, анализа. В логике генетического анализа присутствует формализованный подход, позволяющий выдвигать рабочие гипотезы и проводить анализ эмпирических данных на основе изучения расщеплений по признакам в поколениях, взаимодействия аллелей и генов, а также позволяющий выявлять влияние мутагенных и модифицирующих факторов на характер проявления признаков.

Настоящее издание «Задачи по современной генетике» подготовлено коллективом авторов в рамках «Учебно-научного центра по генетике (ИОГЕН им. Н. И. Вавилова РАН — кафедра генетики и селекции МГУ им. М. В. Ломоносова)» и представляет оригинальное современное учебное пособие для студентов биологических специальностей высших учебных заведений. Основная цель сборника — развитие у студентов логики генетического мышления и освоение основных приемов генетического анализа. В данное издание наряду с традиционными включены новые типы задач в разделе «Структура и функция гена», введены новые разделы «Молекулярная генетика», «Хромосомные и геномные мутации».

В задачах разделов 1–5 требуется провести генетический анализ результатов скрещиваний. В них, как правило, приведены расщепления по признакам с разными типами наследования: аутомное или сцепленное с полом, контролируемое одним или несколькими генами, независимое или сцепленное и т. д. В ряде задач на основе известных сведений о наследовании предлагается

определить генотипы и фенотипы исходных форм и потомков, вычислить вероятности появления в расщеплении того или иного класса в потомстве. Раздел 6 знакомит студентов с классическими методами генетики бактерий, раздел 7 посвящен анализу гена с помощью функционального теста на аллелизм и метода перекрывающихся делеций. В него также введены задачи по биохимической генетике. В разделе 8 представлены задачи по молекулярной генетике и ДНК-диагностике, в разделе 9 — по генетике полиплоидов и анализу мутаций, в разделе 10 — по генетике популяций. В конце каждого раздела даны образцы решений типовых задач.

В Приложении описан метод χ^2 , приведены таблицы значений χ^2 , примеры некоторых типов расщеплений, таблица генетического кода и генетическая карта *E. coli*, а также изложено правило выписывания гамет.

Основная часть задач сборника составлена его авторами. Часть задач заимствована из учебников и учебных пособий, список которых приведен в конце сборника.

Авторы выражают искреннюю благодарность ведущему научному сотруднику кафедры генетики МГУ Т. А. Кокшаровой, написавшей задачи 288–291, преподавателям и научным сотрудникам кафедры, которые принимали активное участие в обсуждении задач и помогали в подготовке материалов к публикации: С. Г. Орлову, Ю. С. Фантину, Л. Н. Нефедовой, Н. И. Романовой, М. В. Русляковой, О. П. Солдатовой.

Как анализировать расщепления

В большинстве задач, представленных в сборнике, приведены результаты скрещиваний в ряду поколений, на основе которых предлагается определить генетическую основу признака (или нескольких признаков) и характер их наследования. Такие задачи решаются с применением логики генетического анализа и знания основных закономерностей наследования признаков.

Следует напомнить, что сведения о числе генов, по которым идет расщепление, о типах их взаимодействия и характере наследования мы получаем на основе **анализа расщепления**. Число и соотношение фенотипических классов в расщеплении определяется числом и соотношением **типов гамет**, образуемых родителями, их выживаемостью и вероятностью их встреч (сочетаний). Кроме того, характер расщепления зависит от типа взаимодействия генов и их локализации в хромосомах, а также от выживаемости потомков разных генотипов.

Важно понимать, что фенотип потомков **анализирующего** скрещивания определяется типами гамет гетерозиготного родителя и расщепление зависит от численного соотношения этих гамет и характера наследования генов.

Основным принципом генетического анализа является анализ единичных (отдельных) признаков. На первом этапе рассматриваются поколения по каждому признаку отдельно, независимо от других признаков.

После выяснения характера наследования каждого признака анализируется расщепление по парам признаков и, наконец, общее расщепление по всем изучаемым признакам.

Существенную роль в решении задач играет знание элементарных (стандартных) формул расщепления и причин, вызывающих отклонения в расщеплениях, умение правильно выписывать гаметы, образуемые особями различных генотипов, знание

формул, по которым находят число типов гамет, фенотипов и генотипов в расщеплении, число возможных сочетаний гамет, а также способов статистической обработки данных расщепления, в частности метода χ^2 (см. Приложение).

Решение задачи включает:

1. Краткую запись условия с помощью генетической символики (P , F_1 , F_2 , F_a , F_b , знак скрещивания — \times , пол — ♀ , ♂ и т. п.). Названия признаков можно записывать в сокращении: черный — черн., белый — бел. и т. п.

2. Определение расщепления в опыте. Для этого величину каждого класса в опыте делят на величину одного теоретически ожидаемого сочетания гамет. Выдвижение нулевой гипотезы (H_0).

3. Например: расщепление в опыте — $114 : 30 : 9$ (S 153), H_0 : расщепление $12 : 3 : 1$ (дигенное наследование). Теоретически ожидаемая величина одного класса в расщеплении равна $153 : 16 = 9,6$. Расщепление в опыте примерно соответствует расщеплению: $114 : 9,6 = 11,9$ (~ 12); $30 : 9,6 = 3,1$ (~ 3); $9 : 9,6 = 0,9$ (~ 1).

4. Проверку случайности отклонения результатов опыта от теоретически ожидаемого расщепления при данной нулевой гипотезе по методу χ^2 .

5. Аргументированное введение обозначения генов и определение генотипов.

6. Ответ на все поставленные в задаче вопросы.

В ряде задач приведены данные о наследовании изучаемых признаков (о числе генов, типе их взаимодействия, характере наследования). В этих задачах требуется определить генотипы исследуемых особей. При решении таких задач кратко записывают условия, аргументированно (со ссылкой на данные о наследовании) определяют генотипы и записывают их в генетической символике.

Образцы решения разных типов задач приведены в конце каждого раздела, в тексте номера таких задач отмечены звездочкой (*).

Раздел 1

Моногибридное скрещивание

№ 1. При скрещивании двух сортов томатов, один из которых имел желтые, а другой красные плоды, гибриды F_1 имели красные плоды, а во втором поколении — 58 красных и 14 желтых плодов. Объясните расщепление. Каковы генотипы исходных сортов и гибридов F_1 ? Какое скрещивание можно поставить для проверки вашей гипотезы? Какой результат вы ожидаете получить при этом для 125 растений?

№ 2. Селекционер получил 1000 семян томатов. 242 растения, выросшие из этих семян, оказались карликовыми, а остальные — нормальной высоты. Определите характер наследования высоты растений, а также фенотипы и генотипы растений, с которых собраны эти семена.

№ 3. У ночной красавицы красная окраска цветков (А) неполно доминирует над белой (а), окраска гетерозиготных растений розовая. Какова будет окраска цветков в потомстве от следующих скрещиваний: розовая × розовая, красная × розовая, белая × розовая, белая × белая? Каким образом можно достигнуть того, чтобы полученные от скрещивания растения имели только розовые цветки?

№ 4. При скрещивании между собой растения красноплодной земляники всегда дают потомство с красными плодами, а растения белоплодной — с белыми. От скрещивания этих сортов получаются растения, дающие розовые плоды. Какое потомство возникнет при скрещивании между собой растений земляники с розовыми плодами, если предположить моногенный контроль признака окраски плодов? Какое потомство получится в возвратных скрещиваниях розовоплодных растений с исходными родительскими формами?

№ 5. При скрещивании растений ржи с фиолетовыми (благодаря присутствию антоциана) и зелеными (отсутствие пигмента) всходами в F_2 было получено 4584 растения с фиолетовыми и 1501 — с зелеными всходами. Объясните расщепление. Определите генотипы исходных растений. Какой фенотип имели растения F_1 ?

№ 6. При скрещивании растений ржи с нормальными листьями с растениями, имеющими гофрированные листья, в первом поколении все растения оказались с нормальными листьями, а во втором обнаружено 564 с нормальными и 198 с гофрированными листьями. Объясните расщепление. Какие генотипы имели исходные растения и растения F_1 и F_2 ? Какое скрещивание следует поставить для проверки вашего предположения, и какие результаты вы ожидаете получить?

№ 7. От скрещивания растений озимой ржи с опушенными и неопушенными цветковыми чешуями в первом поколении были получены растения с опушенными цветковыми чешуями, а во втором — 227 с опушенными и 82 с неопушенными. При скрещивании гибридов F_1 с растением с неопушенными цветковыми чешуями было получено: 110 с опушенными и 98 с неопушенными чешуями. Объясните расщепление. Определите генотипы исходных растений и F_1 . Что получится, если скрестить гибриды F_1 с исходным родительским растением с опушенными чешуями?

№ 8. От скрещивания растений ржи с красными ушками на листьях с растениями с белыми ушками в первом поколении все растения имели красные ушки, а во втором было получено 138 растений с красными и 52 — с белыми ушками. Объясните расщепление. Определите генотипы исходных растений. Какая часть растений F_3 с красными ушками должна быть гомозиготной по этому признаку?

№ 9. При скрещивании растений хлопчатника, имеющих цельнокрайные листья, с растениями с рассеченными листовыми пластинками было получено 105 растений, листья которых оказались неполностью рассеченными. Во втором поколении 189 растений имели неполностью рассеченные листья, 81 — рассеченные и 95 — цельнокрайные. Объясните расщепление. Что

получится, если растения F_1 скрестить с исходными родительскими растениями?

№ 10. От скрещивания растений редиса с овальными корнеплодами получено 68 растений с круглыми, 130 — с овальными и 71 — с длинными корнеплодами. При скрещивании растений с длинными и овальными корнеплодами также произошло расщепление на 118 растений с овальными и 122 — с длинными корнеплодами. Наконец, от скрещивания растений с круглыми и овальными корнеплодами получено 59 с круглыми и 62 с овальными корнеплодами. Объясните расщепления. Как наследуется форма корнеплода у редиса? Определите генотипы исходных растений во всех скрещиваниях. Что получится, если скрестить растения с длинными и круглыми корнеплодами?

№ 11. От скрещивания растений львиного зева с красными и белыми цветками были получены гибриды с красными цветками, а в F_2 произошло расщепление — 119 растений имели красные и 41 — белые цветки. Объясните расщепление. Определите генотипы исходных форм. Что получится в анализирующем скрещивании, и какую форму вы будете использовать в качестве анализатора? Какие результаты вы ожидаете получить в F_3 ?

№ 12. При скрещивании желтолистного растения львиного зева с зеленолиственным гибридные растения имеют золотистые листья. При самоопылении гибридов F_1 выщепляется $1/4$ растений с зелеными, $1/4$ с желтыми и $2/4$ с золотистыми листьями. При скрещивании гибридов F_1 с зеленолиственными растениями получено 597 с золотистыми и 581 с зелеными листьями. Объясните расщепления. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных растений. Что получится, если скрестить гибриды первого поколения с желтолиственным растением?

№ 13. От скрещивания растений львиного зева с красными и с кремовыми цветками в первом поколении все растения имели бледно-красные цветки, а во втором произошло расщепление: 22 с красными, 23 с кремовыми и 59 с бледно-красными цветками. Объясните расщепление. Определите генотипы исходных растений. Что получится, если гибриды F_1 скрестить с красноцветковым растением? Какая часть потомков F_3 будет иметь кремовые цветки?

№ 14. Среди большого числа нормальных растений кукурузы было обнаружено несколько карликовых растений. Для выяснения генетической природы карликовости эти растения скрестили с нормальными. В F_1 от этих скрещиваний все растения оказались нормальными, а в F_2 — 128 нормальных и 35 карликовых. Как наследуется карликовость? Как определить, какие нормальные растения из F_2 являются гетерозиготными? Как объяснить появление карликовых растений среди нормальных исходных растений?

№ 15. Среди большого числа нормальных растений кукурузы было обнаружено одно карликовое растение, которое скрестили с исходным нормальным растением. В первом поколении от этого скрещивания все растения оказались нормальными, а в F_2 — 67 нормальных и 19 карликов. Как наследуется карликовость? Как объяснить появление исходного карликового растения? Какой результат вы ожидаете получить от самоопыления карликовых растений?

№ 16. У овец черная окраска шерсти рецессивна по отношению к белой. От скрещивания белого барана с белой яркой родилась одна белая ягненок. С какой особью его надо скрестить, чтобы выяснить, несет ли он гена черной окраски? Какова вероятность гетерозиготности ягненка?

№ 17. Комолость (безроговость) доминирует у крупного рогатого скота над рогатостью. Комолый бык скрещен с тремя коровами. От скрещивания с рогатой коровой (1) получен рогатый теленок, от скрещивания с рогатой коровой (2) получен комолый теленок и от скрещивания с комолой коровой (3) получен рогатый теленок. Каковы наиболее вероятные генотипы всех родительских особей, и какое потомство можно ожидать в дальнейшем от каждого из этих скрещиваний?

№ 18. Мистер Смит приобрел у мистера Брауна быка для своего стада черно-пестрых голштин-фризов и получил среди 26 телят 6 красно-пестрых. До этого красно-пестрых животных в его стаде не было. Когда он потребовал возвращения денег, уплаченных за быка, мистер Браун признал частично свою ответственность, но заявил, что виновником является не один лишь бык. Как вы объясните появление красно-пестрых телят в этом случае? Не можете ли

вы посоветовать, как использовать в стаде полученных красных телят, половина которых женского пола?

№ 19. Разводимый в чистоте остфризский рогатый скот всегда черно-пестрый. Рецессивный аллель дает красно-пеструю окраску. Экономически важно избегать использования для целей размножения черно-пестрых индивидов, которые несут нежелательный рецессивный аллель. Как можно выявить такую гетерозиготность у быка, которого собираются использовать для искусственного осеменения?

№ 20. При скрещивании красных коров породы шортгорн с черным быком породы абердин-ангус в первом поколении все телята оказались черными, а во втором — 66 черных и 24 красных. Объясните это расщепление. Каковы генотипы быка и коров? Какое скрещивание следует поставить для проверки вашей гипотезы, и какой результат вы ожидаете получить?

№ 21. Дональд сообщает, что одна шортгорнская корова принесла в один отел 5 телят, в том числе одного бычка красной масти, двух телок чалой масти и двух телок белой масти. Можете ли вы определить масть быка и коровы, от которой родились эти телята?¹

№ 22. Белые шортгорнские телки часто бывают бесплодными. Имеется сообщение, что в потомстве от белого быка было получено 20 чалых и красных телок с нормальной плодовитостью и 10 белых бесплодных телок. Нет ли в этом сообщении информации, вызывающей сомнение в его достоверности?

№ 23. У крупного рогатого скота породы герефорд встречаются иногда карликовые животные. При скрещивании карликового животного с нормальным рождаются только нормальные особи. Если же этих нормальных потомков F_1 скрещивать возвратно с карликовым родителем, то в потомстве от этого скрещивания возникают нормальные и карликовые телята в отношении 1:1. Как наследуется карликовость?

¹ Чалую окраску имеют особи, гетерозиготные по аллелям красной и белой окрасок.

№ 24. В стаде крупного рогатого скота у 8 телят была обнаружена аномалия — бесшерстность, возникающая в результате излишнего накопления кератина, который вызывает ненормальное ороговение эпителия кожи. От скрещивания таких быков с тремя нормальными коровами получили: от первой коровы — 5 нормальных телят, от второй коровы — 4 нормальных и 3 бесшерстных телят, от третьей коровы — 2 бесшерстных телят. При скрещивании бесшерстных животных рождаются только бесшерстные телята.

Объясните расщепление. Каковы наиболее вероятные генотипы бесшерстных животных и нормальных коров, с которыми их скрещивали?

№ 25. В одном стаде айрширов с целью его улучшения последовательно использовались два племенных быка, которые были зарегистрированы в племенной книге. Однако при скрещивании дочерей первого быка со вторым производителем среди 30 телят, полученных в один год, появилось 4 дефектных, у которых на всех ногах на коленях и выше копыт, на морде и внутренней поверхности уха местами отсутствовал нормальный кожный покров. Объясните результаты. Определите генотипы быков и дефектных животных.

№ 26. При скрещивании мексиканских бесшерстных собак в потомстве всегда появляются голые и шерстистые щенки в соотношении 2:1. При этом рождаются и мертвые щенки с большими уродствами. Объясните результат. Определите наиболее вероятные генотипы всех форм. Как построить схему разведения собак этой породы, чтобы не терять часть потомства?

№ 27. У фокстерьеров иногда наблюдается нервное заболевание, которое препятствует нормальному передвижению больных собак. Аномалия наблюдается у щенят обоего пола. Среди 92 щенят, родившихся в 23 пометах, этот дефект наблюдался у 25. Какой вывод можно сделать из этих данных о генетической обусловленности данного заболевания? Каковы наиболее вероятные генотипы собак, от которых родились больные щенки?

№ 28. Ирландские сеттеры могут быть слепыми в результате действия рецессивного гена. Пара животных с нормальным

зрением имела помет из 5 щенков, два из которых были слепыми. Установите генотипы родителей и генотипы щенков. Один нормальный щенок из этого помета должен быть продан для дальнейшего размножения. Какова вероятность того, что он гетерозиготен по гену слепоты?

№ 29. От скрещивания гнедых лошадей с альбиносами рождаются жеребята с золотисто-желтой окраской туловища при почти белых гриве и хвосте (так называемая окраска паломино). Попытки развести в себе лошадей такой масти не увенчались успехом: в первом поколении появлялись гнедые, паломино и альбиносы. Среди большого числа потомков от таких скрещиваний соотношение этих фенотипов было $1/4$ гнедых : $1/2$ паломино : $1/4$ альбиносов. Как это можно объяснить? Каковы наиболее вероятные генотипы лошадей этих окрасок?

№ 30. От скрещивания жеребца, у которого отсутствовала радужная оболочка глаза (аниридия), с 124 кобылами, имевшими нормальные глаза, у 65 потомков из 143 была обнаружена аниридия. Родители жеребца не имели этого дефекта. Объясните появление аниридии у 65 жеребят. Каковы наиболее вероятные генотипы исходного жеребца и кобыл?

№ 31. При скрещивании белых мышей с серыми в первом поколении все мышата оказались серыми, а во втором — 129 серых и 34 белых. Как наследуется признак? Определите генотипы родителей. Что получится, если гибридных мышей из F_1 возвратно скрестить с исходными родителями? Какая часть серых мышей из F_2 гомозиготна?

№ 32*. При скрещивании между собой черных мышей всегда получается черное потомство. При скрещивании между собой желтых мышей всегда происходит расщепление: $1/3$ потомства — черные, $2/3$ — желтые. Как это можно объяснить? Какие скрещивания можно поставить, чтобы проверить правильность вашего предположения, и какие результаты вы ожидаете получить?

№ 33. Две черные самки мыши скрещены с коричневым самцом. Первая самка принесла в нескольких пометах 29 черных и 27 коричневых потомков. Вторая — 19 черных. От скрещивания ко-

ричевых мышей рождались только коричневые потомки. Какие выводы можно сделать относительно наследования черной и коричневой окрасок у мышей? Каковы генотипы обеих самок и коричневого самца? Что получится, если потомков F_1 от второй самки скрестить между собой?

№ 34. При скрещивании стандартных коричневых норок с серебристо-голубыми в первом поколении все щенки оказались коричневыми, а во втором в нескольких пометах было получено 27 коричневых и 8 серебристо-голубых. Как наследуется серебристо-голубая окраска шерсти? Какое скрещивание следует поставить, чтобы в потомстве увеличить количество серебристо-голубых норок?

№ 35. От скрещивания серебристо-соболиного самца норки с нормальными темными самками получили в потомстве 345 серебристо-соболиных и 325 темных норок. Величина помета составляла в среднем 5,11 щенка. При скрещивании серебристо-соболиных норок между собой было получено 196 серебристо-соболиных и 93 темных при средней величине помета 3,65 щенка. Объясните результаты скрещиваний, определите генотипы родителей и потомков.

№ 36. При скрещивании хохлатых уток с нормальными было получено 135 утят, из них 62 хохлатых и 73 нормальных. От скрещивания хохлатых уток между собой появилось 92 хохлатых и 44 нормальных утенка, причем часть эмбрионов погибала перед вылуплением. Как наследуется признак хохлатости? Какого потомства следует ожидать от скрещивания нормальных уток между собой?

№ 37. При скрещивании лохмоногого петуха с двумя лохмоногими курами получили: от первой курицы — 79 лохмоногих и 23 голоногих цыпленка, от второй — 48 лохмоногих цыплят. Как наследуется признак? Каковы генотипы кур и петуха? Как можно использовать появившихся голоногих цыплят для дальнейшей работы?

№ 38. Одна порода кур отличается укороченными ногами, такие куры не разрывают огородов. Признак этот — доминантный.

Контролирующий его ген вызывает одновременно также укорочение клюва. При этом у гомозиготных цыплят клюв так мал, что они не в состоянии пробить яичную скорлупу и гибнут, не вылупившись из яйца. В инкубаторе хозяйства, разводящего только коротконогих кур, получено 3000 цыплят. Сколько из них коротконогих? Дайте аргументированный ответ.

№ 39. У кур мутация «растрепанное крыло», получившая это название из-за того, что она вызывает элиминацию, или укорочение, некоторых крупных маховых перьев, является, по-видимому, аутомсомным рецессивным признаком, так как реципрокные скрещивания мутантов с нормальными в F_1 дали 187 нормальных и 3 мутантных типа. Однако при скрещивании мутантов между собой только половина из 606 полученных потомков оказалась мутантного фенотипа, а половина имела нормальные крылья. Как доказать, что данный рецессивный признак определяется одним геном с неполной пенетрантностью?

№ 40*. На бывшей Центральной станции по генетике животных под Москвой был поставлен ряд скрещиваний кур с розовидным и простым гребнями. От этих скрещиваний получили 117 цыплят с розовидным гребнем; от скрещивания гибридов F_1 — 146 с розовидным и 58 с простым. От скрещивания гибридов F_1 с птицами с простым гребнем — 790 с розовидным и 798 с простым. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных птиц и гибридов F_1 .

№ 41. При скрещивании курчавоперых кур с петухами, имеющими нормальное оперение, было получено 84 курчавоперых и 78 нормальных по оперению цыплят. При дальнейшем скрещивании курчавоперых особей из F_1 между собой было получено следующее потомство: 172 курчавоперых, 80 с нормальным оперением и 72 сильно курчавоперых цыпленка. Как наследуется курчавоперость у кур? Каковы генотипы всех особей, использованных в скрещиваниях? Какого потомства следует ожидать от скрещивания сильно курчавоперых особей с нормальными?

№ 42. Бэтсон и Херст опубликовали результаты скрещивания белых кур породы леггорн с черными. Они получили в F_1 несколько сотен белых цыплят, в F_2 — 440 белых и 146 черных цып-

лят. В возвратном скрещивании белых гибридов F_1 с черными получено 252 белых и 262 черных цыпленка. Как наследуется окраска? Каковы генотипы птиц, использованных в скрещиваниях? Какая часть потомства F_3 будет гомозиготна по признаку белой окраски?

№ 43. При разведении в себе черно-белых кур в потомстве, состоящем из 42 цыплят, было 20 черно-белых, 12 черных и 10 чисто белых. Как это можно объяснить? Как наследуется черно-белая окраска оперенья? Какое скрещивание следует поставить для получения только черно-белых цыплят?

№ 44. У кроликов известны следующие типы окраски: агути, шиншилла (серая), светлый шиншилла (светло-серая), гималайская и альбинос. Для определения наследования этих окрасок были поставлены скрещивания, результаты которых приведены ниже:

1) при скрещивании кроликов с окраской агути с кроликами любой из названных выше окрасок в F_1 все потомки имели окраску агути, а в F_2 от этих скрещиваний наблюдалось расщепление: 3/4 агути : 1/4 шиншилла (или гималайский, или альбинос, соответственно);

2) при скрещивании кроликов шиншилла с гималайским или альбиносом в F_1 все крольчата имеют светло-серую окраску, а в F_2 расщепление: 1/4 шиншилла : 2/4 светло-серых : 1/4 гималайский или альбинос, соответственно.

Как это можно объяснить? Каковы генотипы исходных кроликов в скрещиваниях? Какой результат вы ожидаете получить от скрещивания гималайского кролика с альбиносом?

№ 45. Ганс Нахтсгейм исследовал наследственную аномалию лейкоцитов у кроликов, в основе которой лежит задержка сегментации ядер некоторых лейкоцитов. Кролики с этой аномалией жизнеспособны. При скрещивании аномальных кроликов с нормальными в F_1 217 потомков имели аномалию и 237 были нормальными. При скрещивании аномальных кроликов между собой родилось 223 нормальных, 439 с аномалией и 39 крайне аномальных потомков с дефектными кровяными клетками и с сильными уродствами скелетной системы, почти все они умерли после рождения. Как наследуется аномалия крови у кроликов? Как можно

объяснить появление 39 крайне аномальных крольчат при скрещивании аномальных кроликов?

№ 46. В четырех скрещиваниях карпов, имеющих брюшной плавник, с карпами без этого плавника были получены следующие результаты:

Скрещивание	Результаты
№ 1	96 с плавником, 101 без плавника
№ 2	118 с плавником
№ 3	20 с плавником
№ 4	45 с плавником, 39 без плавника

Как наследуется признак? Определите генотипы всех рыб, использованных в скрещиваниях. Какое скрещивание следует поставить для проверки вашего предположения, и какие результаты вы ожидаете получить?

№ 47. Неокрашенные пещерные рыбы из пещеры Пачон (Турция) были скрещены с окрашенными рыбами того же вида из открытых водоемов. Анализ F_2 от этого скрещивания показал, что 787 рыб были окрашены и 278 не окрашены. Объясните расщепление. Определите генотипы исходных форм, фенотип и генотип гибридов F_1 .

№ 48. У золотой рыбки развитие телескопических глаз контролируется рецессивным аллелем одного гена. От скрещивания гетерозиготной самки с нормальными глазами с самцом, имевшим телескопические глаза, в F_1 получено 59 мальков. У какой части этих мальков должны быть телескопические глаза? Что получится, если скрестить особей с нормальными глазами из F_1 с исходной самкой?

№ 49. При скрещивании красных (полных альбиносов) и серых разновидностей гольцов в F_1 все особи имели серую окраску, а в F_2 — 214 серую и 81 красную. Объясните расщепление. Определите генотипы исходных рыб и гибридов F_1 . Сколько полных альбиносов должно появиться в F_3 среди 350 рыб?

№ 50. Женщина с карими глазами выходит замуж за кареглазого мужчину, оба родителя которого также кареглазы. От этого

брака родился один голубоглазый ребенок. Определите генотипы всех членов семьи исходя из предположения о моногенном контроле окраски глаз у человека.

№ 51. Кареглазый мужчина женится на голубоглазой женщине, у них родилось 8 кареглазых детей. Каковы наиболее вероятные генотипы всех членов этой семьи, если признак контролируется одним геном?

№ 52. Голубоглазый мужчина, оба родителя которого имели карие глаза, женился на кареглазой женщине, отец которой имел карие, а мать — голубые глаза. От этого брака родился голубоглазый ребенок. Каковы наиболее вероятные генотипы всех упомянутых лиц, если признак контролируется одним геном? Какова вероятность рождения в этой семье кареглазого ребенка?

№ 53. У Володи и его родного брата Коли глаза серые, а у их сестры Наташи — голубые. Мама этих детей голубоглазая, ее родители имели серые глаза. Как наследуется голубая и серая окраска глаз, если признак контролируется одним геном? Какой цвет глаз у папы Володи, Коли и Наташи? Каковы наиболее вероятные генотипы всех членов семьи? Дайте аргументированный ответ.

№ 54. У сероглазых родителей сын с голубыми глазами. Голубые глаза были также у деда мальчика со стороны матери и у брата его отца. Составьте родословную этой семьи, на основе родословной попробуйте определить, как наследуется серый и голубой цвет глаз, если признак контролируется одним геном, и каковы наиболее вероятные генотипы членов этой семьи?

№ 55. Предполагается, что у человека кудрявые волосы — доминантный признак. В семье трое детей: девочка Катя с прямыми волосами и два мальчика — Саша с прямыми волосами и кудрявый Миша. У матери этих детей и у ее отца волосы кудрявые, у отца детей волосы прямые. Составьте родословную этой семьи и определите генотипы всех членов семьи.

№ 56. У человека умение владеть преимущественно правой рукой доминирует над умением владеть преимущественно левой рукой. Мужчина правша, мать которого была левшой, женился на женщине правше, имевшей трех братьев и сестру, двое из

которых — левши. Определите возможные генотипы женщины и мужчины, а также вероятность того, что дети, родившиеся от этого брака, будут левшами.

№ 57. У человека ген полидактилии доминирует над нормальным строением кисти.

1. Определите вероятность рождения шестипалых детей в семье, где оба родителя гетерозиготны.

2. В семье, где один из родителей имеет нормальное строение кисти, а второй — шестипалый, родился ребенок с нормальным строением кисти. Какова вероятность рождения следующего ребенка тоже без аномалии?

№ 58. Детская форма семейной амавротической идиотии (болезнь Тея — Сакса) наследуется как аутосомный рецессивный признак и обычно заканчивается смертельным исходом к 4–5 годам. Первый ребенок в семье умер от этой болезни в то время, когда должен был родиться второй. Какова вероятность того, что второй ребенок будет страдать той же болезнью?

№ 59. Альбинизм наследуется у человека как аутосомный рецессивный признак. В семье, где один из супругов альбинос, а другой нормален, родились разнояйцовые близнецы, один из которых нормален в отношении анализируемой болезни, а другой — альбинос. Какова вероятность рождения следующего ребенка-альбиноса?

№ 60. Поздняя дегенерация роговицы (развивается в возрасте после 50 лет) наследуется как доминантный аутосомный признак. Определите вероятность появления заболевания в семье, о которой известно, что бабушка и дедушка по линии матери и все их родственники, дожившие до 70 лет, страдали указанной аномалией, а по линии отца все предки были здоровы.

№ 61. Кровь большинства людей содержит антиген Rh, который наследуется как доминантный признак (резус-положительные люди). В крови других людей нет этого антигена (резус-отрицательные люди). Какие группы крови могут появиться у детей, родившихся от брака двух резус-отрицательных родителей? В случае если один из родителей резус-отрицательный, а другой — резус-положительный? От брака двух резус-положительных родителей?

№ 62. В родильном доме в одну ночь родилось четыре младенца, имевших группы крови 0, А, В и АВ. Группы крови четырех родительских пар были: I пара — 0 и 0; II пара — АВ и 0; III пара — А и В; IV пара — В и В. Четырех младенцев можно с полной достоверностью распределить по родительским парам. Как это сделать? Каковы генотипы всех родителей и детей?

№ 63. В родильном доме случайно перепутали двух мальчиков. Родители одного из них имеют А и 0 группы крови, родители другого — А и АВ, мальчики имеют А и 0 группы крови. Определите, кто чей сын и генотипы родителей и детей.

№ 64. У матери группа крови 0, у отца АВ. Могут ли дети унаследовать группу крови одного из своих родителей? Дайте аргументированный ответ. Какие группы крови могут быть у детей этих родителей?

№ 65. Женщина с группой крови В имеет ребенка с группой крови 0. Каковы их генотипы, и каким не может быть генотип отца?

№ 66. У матери группа крови 0, у отца — группа АВ. Могут ли дети унаследовать группу крови своей матери? Если да, то с какой вероятностью, если нет, то почему?

№ 67. От брака между мужчиной с группой крови АВ и женщиной с группой крови А родилось трое детей с группами крови В, АВ и 0. Определите генотипы родителей и детей. Нет ли в этом сообщении чего-либо, вызывающего сомнение?

№ 68. Можно ли исключить отцовство, если мать имеет группу крови А, ребенок — группу крови В, а предполагаемые отцы — группы крови 0 и АВ? Дайте аргументированный ответ.

№ 69*. У матери нулевая группа крови, у отца группа крови В. Могут ли дети унаследовать группу крови матери? Каковы генотипы матери и отца?

№ 70. В семьях, где родители имели группу крови MN, у 151 ребенка были обнаружены следующие группы крови: 39 с группой крови N, 70 с группой крови MN и 42 с группой крови M. Как наследуются группы крови M, N и MN?

№ 71. Кровь одного из родителей относится к группе А, другого — к группе В. Каковы генотипы родителей, если у них имеется много детей со следующими группами крови: а) у всех АВ; б) половина АВ, половина В; в) половина АВ, половина А; г) $1/4$ АВ, $1/4$ А, $1/4$ В, $1/4$ 0?

№ 72. Если родители имеют группы крови М и N, то какие группы крови могут иметь их дети? Дайте аргументированный ответ.

№ 73. У матери группа крови MN, у ребенка N. Какая группа крови может быть у отца?

№ 74. У женщины — группа крови АВ, у ее отца — та же группа крови. Муж женщины имеет группу крови 0, его мать — группу А. Определите генотипы всех указанных лиц. Какие группы крови могут быть у детей мужчины и женщины?

№ 75. У детей группы крови А и В, у матери — группа АВ. Какая группа крови может быть у отца этих детей? Можно ли определить генотипы всех членов семьи? Дайте аргументированный ответ.

№ 76. Если один из родителей имеет кровь группы АВ, а другой — группы 0, то как часто в семьях с четырьмя детьми двое будут иметь группу крови А и двое группу В? Могут ли в этой семье родиться дети с другими группами крови?

№ 77. Если в семье, где у отца кровь группы А, а у матери — группы В, первый ребенок имел кровь группы 0, то какова вероятность появления следующего ребенка с той же группой крови? Какие группы крови могут быть еще у детей от этого брака?

№ 78. Если у родителей, имеющих кровь группы В и 0, родился ребенок с группой крови 0, то какова вероятность, что их следующий ребенок будет иметь кровь группы В? А? Каковы генотипы членов этой семьи?

№ 79. Дедушка мальчика со стороны матери имеет группу крови АВ, а остальные бабушки и дедушка имеют группу крови 0. Какова вероятность для данного мальчика иметь группу крови А, В, АВ и 0?

№ 80. Мужчина, имеющий группу крови 0, женился на женщине с группой крови А. У отца жены группа крови 0. Какова вероятность, что дети от этого брака будут иметь группу крови 0? Группу крови А?

№ 81. У кошек имеется серия множественных аллелей по гену С, определяющему окраску шерсти: С — дикий тип, c^s — сиамские кошки (кремовые с черными ушами и черными лапками), с — белые кошки с красными глазами (альбиносы). Каждый из аллелей полно доминирует над следующим ($C > c^s > c$). От скрещивания серой кошки с сиамским котом родились два котенка: сиамский и альбинос. Какие еще фенотипы могли бы выщепиться в этом скрещивании? Какое расщепление следует ожидать в потомстве от скрещивания данного сиамского кота с белой красноглазой кошкой?

№ 82. При скрещивании дрозофил нормального фенотипа 1/4 потомков оказалась с уменьшенными глазами. Их скрестили с нормальными мухами и получили 37 особей с уменьшенными глазами и 39 с нормальными. Объясните результаты. Определите генотипы скрещиваемых в обоих опытах мух.

№ 83. У дрозофилы серая окраска тела доминирует над черной. Каковы генотипы родительских форм в следующих скрещиваниях:

Родители	Потомство
черная × черная	233 с черной
черная × серая	119 с серой, 123 с черной
серая × серая	237 с серой
серая × черная	225 с серой
серая × серая	170 с серой, 60 с черной

№ 84. У мха один из белков имеет две электрофоретически различающиеся формы А1 и А2, которые контролируются аллелями а1 и а2. Этот белок обнаруживается и в спорофите, и в гаметофите. Скрещиваются гаметофиты, имеющие белок форм А1 и А2, соответственно. Какой белок будет обнаружен у получающегося спорофита? Какие по этому признаку гаметофиты и в каком соотношении разовьются из спор, образующихся на этом спорофите?

№ 85. У человека один аутосомный доминантный ген, обладающий плейотропным действием, контролирует развитие голубой склеры, хрупкость костей и глухоту. При этом пенетрантность этих признаков различна. Она составляет по голубой склере почти 100 %, хрупкости костей — 63 %, глухоте — 60 %.

Носитель голубой склеры, нормальный в отношении других признаков синдрома, вступает в брак с нормальной женщиной, происходящей из благополучной по этому синдрому семьи. Определите вероятность рождения в этой семье глухих детей с признаками хрупкости костей.

№ 86. Отосклероз наследуется как доминантный аутосомный признак с пенетрантностью 30 %. Определите вероятность рождения здоровых и больных детей в семье, где оба родителя гетерозиготны по этому гену.

№ 87*. Врожденный сахарный диабет обусловлен рецессивным аутосомным геном d с пенетрантностью у женщин — 90 %, у мужчин — 70 %. Определите вероятность рождения здоровых и больных детей в семье, где оба родителя являлись гетерозиготными носителями этого гена.

№ 88. Определите вероятность рождения детей с нормальными и «паучьими» пальцами (арахнодактилия) в семье, где один из родителей — носитель доминантного аутосомного гена арахнодактилии, а второй — нормален. Известно, что пенетрантность этого гена составляет 30 %.

№ 89. В серии множественных аллелей окраски шерсти у кроликов наблюдаются следующие взаимоотношения $C^+ > C^{ch} > C^h$. Какую часть потомства составят крольчата гималайской и шиншиловой окраски при скрещивании животных генотипов C^+ / C^{ch} и C^{ch} / C^h ?

№ 90. При скрещивании фенотипически нормальных самки и самца дрозофилы в случае (1) получено потомство, состоящее из 98 самок и 51 самца, в случае (2) — только из 159 самок. Что необычного в этих результатах? Объясните, в чем причина наблюдаемых аномалий. Как можно проверить выдвинутые гипотезы?

№ 91. В одном из многих скрещиваний самки и самца дрозофилы дикого типа в потомстве было получено $1/2$ нормальных самок и $1/2$ самок без яичников (стерильных), все самцы были нормальными. Как показал индивидуальный анализ, потомство плодовых самок и половины самцов F_1 было нормальным. Половина же самцов при скрещивании с самками дикого типа давала нормальных сыновей и половину нормально фертильных самок. Половина их дочерей не имели яичников и оказывались стерильными. Объясните полученные результаты. Каковы генотипы всех использованных в эксперименте дрозофил? Как можно поддерживать в коллекции обнаруженную аномалию?

Образцы решения задач

Задача № 32. Мыши. Наследование окраски шерсти.

1. Р черн. × черн.	2. Р желт. × желт.
↓	↓
F_1 черн.	F_1 $2/3$ желт. : $1/3$ черн.

Решение

1. Единообразие в потомстве от скрещивания черных мышей, по-видимому, свидетельствует об их гомозиготности.

2. Наличие расщепления при скрещивании желтых мышей свидетельствует об их гетерозиготности.

3. Расщепление $2 : 1$ свидетельствует о моногенном наследовании, о доминировании желтой окраски над черной и о гибели $1/3$ потомков с желтой окраской, очевидно, с генотипом AA , так как в расщеплении $3/4 A : 1/4 a$ среди особей с желтой окраской (A) $1/3$ потомков имеет генотип AA и $2/3 - Aa$.

4. Проверкой данного предположения служит скрещивание желтых мышей с черными: $Aa \times aa$, при этом $1/2$ потомков должны быть желтыми и $1/2 -$ черными.

Вывод: окраска шерсти у мышей контролируется одним геном, желтая окраска — результат действия доминантного аллеля с рецессивным летальным эффектом, черная окраска — рецессивна по отношению к желтой.

Задача № 40. Куры. Наследование формы гребня.

	Р розовидный × простой			
	↓			
F ₁	117	розовидный	×	простой
	↓			↓
F ₂	146	розовидный	F _a	790 розовидный
	<u>58</u>	простой		<u>798</u> простой
	204			1588

Решение

1. В F₁ единообразии — Р, по-видимому, гомозиготны.

2. Поскольку в F₂ расщепление на два класса с преобладанием розовидной формы гребня над простым, предполагаем моногенное отличие родительских форм. Определяем величину одного возможного сочетания гамет $204 : 4 = 51$. Находим расщепление в опыте: $146 : 51 = 2,9$ и $58 : 51 = 1,1$, т. е. примерно 3 : 1. Проверка H₀ о моногенном расщеплении 3 : 1 по методу χ^2 ее не отвергает ($\chi^2 = 1,28$; $p > 0,20$). Вводим обозначение аллелей: А — розовидн., а — прост. Генотипы исходных птиц: АА и аа, гибридов — F₁ — Аа. Скрещивание гибридов F₁ с птицами, имеющими простой гребень, — анализирующее; расщепление в опыте хорошо соответствует расщеплению 1 : 1 ($\chi^2 = 0,065$; $p > 0,70$).

Вывод: по форме гребня птицы родительского поколения отличаются моногенно с доминированием розовидного гребня над простым.

Задача № 69. Человек. Наследование групп крови.

Решение

Известно, что генотип людей с группой крови 0 — I⁰ I⁰ (или ii), следовательно, генотип матери — I⁰ I⁰. У людей с группой крови В генотип либо I^B I⁰, либо I^B I^B.

Вывод: дети могут унаследовать группу крови матери только в том случае, если генотип отца I^B I⁰.

Задача № 87. Человек. Наследование врожденного сахарного диабета.

Решение

Вероятность появления потомков dd в браке Dd × Dd равна 1/4 (25 %).

Однако наблюдается неполная пенетрантность признака. У девочек она равна 90 %. Вероятность рождения девочки ($1/2 = 50\%$) и наследование диабета — события независимые. Следовательно, вероятность появления девочек, больных диабетом, может быть:

$$(0,25 \times 0,9 \times 0,5) \times 100\% = 11,25\%.$$

У мальчиков пенетрантность равна 70 %. Вероятность рождения мальчиков ($1/2 = 50\%$) и наследование диабета также события независимые. Следовательно, вероятность появления мальчиков с диабетом может быть:

$$(0,25 \times 0,7 \times 0,5) \times 100\% = 8,75\%.$$

Таким образом, вероятность рождения детей с сахарным диабетом в семье, где оба родителя гетерозиготны, равна:

$$11,25\% + 8,75\% = 20\% \text{ (а не } 25\%).$$

Остальные дети (с генотипами DD, Dd — 75 % и dd — 5 %), т. е. 80 %, должны быть здоровы.

Раздел 2

Дигибридное и полигибридные скрещивания

№ 92. У огородника есть два сорта томатов: один с красными многогнездными плодами и карликовым ростом, другой с желтыми многогнездными плодами и высоким ростом. Он хочет вывести сорт с красными многогнездными плодами и высоким ростом, для чего предполагает скрестить имеющиеся сорта. Какая часть F_2 от этого скрещивания будет иметь желаемый фенотип? Какая часть из них будет гомозиготна по трем признакам? Как определить, какие из растений по интересующим нас признакам гомозиготны?²

№ 93. Растения томата сорта «золотая красавица» имеют желтые плоды и высокий рост, сорт «карлик» — карликовый рост и красные плоды. Как можно, используя эти сорта, получить гомозиготный карликовый сорт с желтыми плодами?²

№ 94. При скрещивании растений томатов, одно из которых имело красные двугнездные плоды, а второе — красные многогнездные, было получено потомство, среди которого 12 растений имели красные двугнездные плоды, 9 — красные многогнездные, 2 — желтые двугнездные. Каковы генотипы исходных растений? Какие еще растения следует ожидать в этом скрещивании? Какова вероятность их появления?²

№ 95. При самоопылении двух растений томатов с красными двугнездными плодами одно из них дало только растение с красными двугнездными плодами, а от второго было получено 24 рас-

² У томатов красный цвет плодов доминирует над желтым, двугнездность над многогнездностью, гладкая кожура над опушенной, высокий стебель над карликовым. Признаки наследуются независимо.

тения с красными двугнездными плодами и 10 растений с красными многогнездными плодами. Можно ли определить генотипы исходных растений? Какие скрещивания необходимо поставить для проверки вашего предположения?²

№ 96. Скрещивается растение томата, гомозиготное по признакам высокого стебля, красной окраски плодов с гладкой кожурой с карликовым растением, имеющим желтые опушенные плоды. Укажите генотипы родительских растений. Определите генотип и фенотип потомства. Какая часть F_2 от этого скрещивания будет иметь желтые опушенные плоды и карликовый рост? Какая часть F_2 — красные гладкие плоды и высокий стебель? Какая часть F_2 будет гомозиготна по всем трем признакам?²

№ 97. На основании данных, представленных ниже, полученных на томатах, определите, как наследуются признаки и генотипы исходных форм.

Признаки родительских растений	Число растений в потомстве			
	пурпурный стебель, рассечен- ный лист	пурпурный стебель, цельнокрай- ный лист	зеленый стебель, рассечен- ный лист	зеленый стебель, цельнокрай- ный лист
1. Пурпурный рассеченный × зеленый рассеченный	321	101	310	107
2. Пурпурный рассеченный × пурпурный цельнокрайный	219	207	64	71
3. Пурпурный рассеченный × зеленый рассеченный	722	231	—	—
4. Пурпурный рассеченный × зеленый цельнокрайный	404	—	387	—
5. Пурпурный цельнокрайный × зеленый рассеченный	70	91	86	77

№ 98*. При скрещивании растений львиного зева с красными пилорическими (правильными) цветками с растениями, имеющими желтые зигоморфные (неправильные) цветки, в первом поколении все растения имели розовые зигоморфные цветки, а во втором:

39	с красными зигоморфными
94	с розовыми зигоморфными
45	с желтыми зигоморфными
15	с красными пилорическими
28	с розовыми пилорическими
13	с желтыми пилорическими
<hr/>	
234	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений. Какая часть растений F_2 с красными зигоморфными цветками будет гомозиготна по этим признакам?

№ 99*. У томатов пурпурная окраска стебля доминирует над зеленой, рассеченные листья над цельнокрайными. Признаки наследуются независимо. Ниже приведены результаты скрещиваний, на основе которых следует определить наиболее вероятные генотипы исходных растений в каждом из этих скрещиваний.

Признаки родительских растений	Число растений в потомстве			
	пурп. окраска, рассеч. лист	пурп. окраска, цельнокр. лист	зел. окраска, рассеч. лист	зел. окраска, цельнокр. лист
1. Пурп. рассеч. × пурп. рассеч.	258	95	100	28
2. Пурп. цельнокр. × зел. рассеч.	117	122	126	119
3. Пурп. рассеч. × зел. цельнокр.	98	—	—	—

№ 100. У томатов пурпурная окраска стебля доминирует над зеленой, а рассеченные листья над цельнокрайными («картофеле-

лиственность»). При скрещивании растений томата с пурпурными стеблями и рассеченными листьями с растениями, имеющими зеленые стебли и рассеченные листья, получили 321 растение с пурпурным стеблем и рассеченными листьями, 101 растение с пурпурным стеблем и цельнокрайными листьями, 310 растений с зеленым стеблем и рассеченными листьями и 107 растений с зеленым стеблем и цельнокрайными листьями. Объясните результаты, определите генотипы исходных растений.

№ 101. От скрещивания растения флокса с белыми воронкообразными цветками с растением, имевшим кремовые блюдцеобразные цветки, получили 96 растений с белыми блюдцеобразными цветками. Определите генотипы исходных растений, если известно, что каждый из признаков наследуется по моногенному типу и признаки наследуются независимо. Какие признаки доминантны? Какое расщепление по фенотипу и генотипу вы ожидаете получить в F_2 от этого скрещивания?

№ 102. От скрещивания двух белоцветковых растений флокса с блюдцеобразными цветками в F_1 получено расщепление: 49 растений с белыми блюдцеобразными цветками, 24 — с белыми воронкообразными, 17 — с кремовыми блюдцеобразными и 5 — с кремовыми воронкообразными цветками. Можно ли на основе результатов данного скрещивания определить, как наследуются эти признаки? Определите генотипы исходных растений. Какое расщепление должно произойти, если скрестить исходные растения с растением с кремовыми воронкообразными цветками из F_1 ?

№ 103. От скрещивания растений дурмана с пурпурными цветками и гладкими коробочками с дурманом, имеющим белые цветки и колючие коробочки, было получено 320 растений с пурпурными цветками и колючими коробочками и 312 — с пурпурными цветками и гладкими коробочками. Определите генотипы исходных растений. Каковы будут фенотипы и генотипы потомков, полученных от скрещивания потомков F_1 с разными фенотипами?³

³ У дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой, колючие семенные коробочки над гладкими.

№ 104. У овса нормальный рост доминирует над гигантизмом, а раннеспелость — над позднеспелостью. Признаки наследуются независимо. Скрещиваются раннеспелое растение с нормальным ростом с позднеспелым гигантом. Исходные растения гомозиготны. В каком поколении и с какой вероятностью появятся гомозиготные раннеспелые гиганты?

№ 105. При скрещивании растений львиного зева с красными пилорическими (правильными) цветками с растениями, имеющими желтые зигоморфные (неправильные) цветки, в F_1 все растения имели розовые зигоморфные цветки. От скрещивания гибридов F_1 с растениями, имевшими желтые пилорические цветки, получили 39 растений с розовыми зигоморфными цветками, 44 с розовыми пилорическими, 42 с желтыми зигоморфными и 40 с желтыми пилорическими цветками. Почему среди потомков не появились растения с красными цветками? Какое скрещивание следует поставить, чтобы получить такие растения?

№ 106. Ниже приведены результаты скрещиваний растений львиного зева, различающихся по форме и окраске цветков. На основании результатов скрещиваний определите, как наследуются признаки и каковы наиболее вероятные генотипы исходных растений в каждом скрещивании.

Пилорические цветки имеют правильную форму, зигоморфные — неправильную. Можно ли получить растения с красными пилорическими цветками? Какие из имеющихся форм следует использовать для этого?

Признаки родительских растений	Число растений в потомстве				
	красные зиго- морфные	розовые зиго- морфные	розовые пилори- ческие	белые зи- гоморф- ные	белые пилори- ческие
1. розовые зиго- морфные × белые пило- рические	—	30	35	31	28
2. красные зиго- морфные × белые зиго- морфные	—	52	21	—	—

3. красные зигоморфные × белые пилорические	—	97	—	—	—
4. розовые зигоморфные × розовые зигоморфные	25	51	—	21	—

№ 107. При скрещивании растений ржи, имеющих восковой налет, с растениями без воскового налета в F_2 получается расщепление: $3/4$ растений с восковым налетом и $1/4$ — без воскового налета. В F_2 от скрещивания растений с нормальными и гофрированными листьями $3/4$ растений имеют нормальные и $1/4$ гофрированные листья. Признаки наследуются независимо. Как наследуется каждый из признаков? Какое расщепление в F_2 следует ожидать среди 288 растений, если скрестить гомозиготные растения без воскового налета с нормальными листьями с растениями с восковым налетом и гофрированными листьями?

№ 108. От скрещивания растений ржи с нормальным колосом и красными ушками на листьях с растениями, имеющими ветвистый колос и белые ушки, были получены гибриды с нормальным колосом и красными ушками. Во втором поколении произошло расщепление: 128 растений имели нормальный колос и красные ушки, 35 — нормальный колос и белые ушки, 43 — ветвистый колос и красные ушки и 12 — ветвистый колос и белые ушки. Определите, как наследуются признаки и каковы генотипы исходных растений и гибридов F_1 . Какая часть растений F_2 с ветвистым колосом и красными ушками гомозиготна?

№ 109. От скрещивания растений ржи без антоциана с нормальным колосом с растениями с антоцианом и ветвистым колосом в F_1 все растения были с антоцианом и нормальными колосьями. При скрещивании этих гибридов было получено 166 растений с антоцианом и нормальными колосьями, 60 — с антоцианом и ветвистыми колосьями, 47 — без антоциана и с нормальными колосьями и 17 — без антоциана и с ветвистыми колосьями. Как наследуются признаки? Определите генотип исходных растений

и гибридов F_1 . Сколько генотипов можно найти среди потомков F_2 ? Какая часть растений второго поколения может быть гомозиготной по обоим доминантным признакам?

№ 110. В двух скрещиваниях растений арбуза с длинными зелеными плодами с растениями, имеющими круглые полосатые плоды, получили следующие результаты:

Скрещивание 1:	P	длинные зеленые	×	круглые полосатые
			↓	
	F ₁	все круглые зеленые		
Скрещивание 2:	P	длинные зеленые	×	круглые полосатые
			↓	
	F ₁	20 круглых зеленых		
		18 круглых полосатых		
		22 длинных зеленых		
		25 длинных полосатых		
		85		

Объясните результаты, определите генотипы исходных растений в обоих скрещиваниях. Какое расщепление вы ожидаете получить от скрещивания исходного растения с длинными зелеными плодами из скрещивания 1 с исходным растением с круглыми полосатыми плодами из скрещивания 2?

№ 111. При скрещивании растения пшеницы, имеющего плотный остистый колос, с растением с рыхлым безостым колосом в первом поколении все растения имели безостые колосья средней плотности. Во втором поколении было получено: 58 безостых с плотным колосом, 125 безостых с колосом средней плотности, 62 безостых с рыхлым колосом, 18 остистых с плотным колосом, 40 остистых с колосом средней плотности и 21 с остистым рыхлым колосом. Как наследуются признаки? Каковы генотипы исходных растений и гибридов F_1 ? Какая часть растений в F_3 будет иметь остистый рыхлый колос?

№ 112. В F_1 от скрещивания красноколосых безостых растений пшеницы с белоколосыми остистыми все растения оказались красноколосыми безостыми, а в F_2 произошло расщепление:

159	красноколосых безостых
48	красноколосых остистых
57	белоколосых безостых
16	белоколосых остистых
280	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений. Какая часть растений F_2 будет гетерозиготна по обоим признакам? Какое расщепление вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании, и какую форму следует использовать в качестве анализатора?

№ 113. Какие гаметы образуются растениями тыквы в приведенных ниже скрещиваниях, и какова форма и окраска плодов у исходных растений и у потомков от каждого скрещивания:

WWdd × WwDD	WwDd × WwDd
WwDd × WwDd	WwDD × wwdd
WwDd × Wwdd	WwDd × wwdd ⁴

№ 114. Растение тыквы с белыми дисковидными плодами скрестили с растением, имевшим желтые шаровидные плоды. В F_1 получено: 25 растений с белыми дисковидными, 23 — с белыми шаровидными, 22 — с желтыми дисковидными и 24 — с желтыми шаровидными плодами. Объясните расщепление. Какое скрещивание следует поставить для проверки вашего предположения, и какой результат вы ожидаете получить?⁴

№ 115. Растение тыквы с белыми шаровидными плодами скрещено с растением с белыми дисковидными плодами. Каковы наиболее вероятные генотипы исходных растений, если в F_1 появились дисковидные плоды с белой и желтой окраской?⁴

№ 116. От скрещивания растений тыквы с белыми дисковидными плодами с растениями, имевшими белые шаровидные плоды, получено расщепление: 3/8 с белыми дисковидными, 3/8 с белыми шаровидными, 1/8 с желтыми дисковидными и 1/8 с желтыми

⁴ У фигурной тыквы белая окраска плодов (W) доминирует над желтой (w), дисковидная форма плода (D) доминирует над шаровидной (d).

шаровидными плодами. Определите генотипы исходных растений и потомков. Что получится, если скрестить растения с белыми дисковидными плодами из F_1 с растениями с желтыми шаровидными плодами?⁴

№ 117. Скрестили ячмень с двурядными остистыми колосьями, имеющими черные чешуи, с растением с четырехрядными безостыми колосьями и белыми чешуями. В F_1 от этого скрещивания получили двурядные безостые колосья с черными чешуями, а в F_2 произошло расщепление.

Объясните расщепление, определите генотипы исходных растений. Какое расщепление вы ожидаете получить в F_2 среди 384 растений от скрещивания гомозиготных растений с четырехрядным остистым колосом с черными чешуями с растениями, имеющими двурядные безостые колосья с белыми чешуями?

279	двурядных безостых с черными чешуями
92	двурядных безостых с белыми чешуями
99	двурядных остистых с черными чешуями
25	двурядных остистых с белыми чешуями
97	четырёхрядных безостых с черными чешуями
33	четырёхрядных безостых с белыми чешуями
36	четырёхрядных остистых с черными чешуями
12	четырёхрядных остистых с белыми чешуями
<hr/> 673	

№ 118. Высокое растение душистого горошка с зелеными морщинистыми семенами скрещено с растением, имеющим карликовый рост и зеленые круглые семена. В потомстве получено расщепление: $3/4$ высоких растений с зелеными круглыми семенами и $1/4$ — высоких с желтыми круглыми семенами. Определите генотипы исходных растений и растения F_1 ?

№ 119. Растение душистого горошка с зелеными морщинистыми семенами и пазушными цветками было скрещено с растением, имеющим зеленые круглые семена и верхушечные цветки. В F_1 было получено 59 растений с зелеными морщинистыми семенами и пазушными цветками, 62 — с зелеными круглыми семенами и пазушными цветками, 22 — с желтыми круглыми семенами и пазушными цветками и 20 — с желтыми морщинистыми семенами и

пазушными цветками. Объясните расщепление. Каковы генотипы исходных растений и гибридов F_1 ? Какие скрещивания следует поставить для проверки вашей гипотезы?

№ 120. При скрещивании высокого растения душистого горошка с желтыми круглыми семенами с карликовым растением с зелеными круглыми семенами было получено расщепление: $3/8$ высоких растений с зелеными круглыми семенами, $3/8$ — карликовых с зелеными круглыми семенами, $1/8$ — высоких с зелеными морщинистыми семенами и $1/8$ — карликовых с зелеными морщинистыми семенами. Определите генотипы всех растений.

№ 121. Высокое растение душистого горошка с зелеными круглыми семенами, скрещенное с высоким растением с желтыми круглыми семенами, дало 86 растений высоких с зелеными круглыми семенами, 29 — высоких с зелеными морщинистыми семенами, 22 — карликовых с зелеными круглыми семенами и 7 — карликовых с зелеными морщинистыми семенами. Объясните расщепление, определите генотипы исходных растений. Какие скрещивания следует поставить для проверки вашей гипотезы?

№ 122. У гороха посевного зеленая окраска незрелых бобов доминирует над желтой, выпуклая форма зрелых бобов — над бобами с перетяжкой. Ниже приведены результаты скрещиваний растений, различающихся по этим признакам. Каковы наиболее вероятные генотипы исходных растений в каждом скрещивании?

Признаки родительских растений	Число растений в потомстве			
	зеленые выпук- лые	зеленые с пере- тяжкой	желтые выпук- лые	желтые с пере- тяжкой
1. Зеленые выпуклые × зеленые с перетяжкой	63	58	18	20
2. Зеленые выпуклые × желтые с перетяжкой	27	23	28	22
3. Зеленые выпуклые × желтые выпуклые	94	34	—	—
4. Зеленые выпуклые × желтые с перетяжкой	117	—	—	—

Какая часть растений из первого скрещивания гомозиготна по обоим признакам?

№ 123. При скрещивании растений гороха, отличавшихся по двум признакам — форме семян (гладкие — морщинистые) и окраске семядолей (желтые — зеленые), Мендель получил в F_1 все семена гладкие и желтые, а в F_2 — расщепление: 315 желтых гладких, 101 желтое морщинистое, 108 зеленых гладких и 32 зеленых морщинистых семени. Объясните результаты. Как наследуются признаки? Какие генотипы и фенотипы могли иметь исходные растения в этом скрещивании? На растениях какого поколения следует учитывать расщепление в F_2 по окраске и форме семян?

№ 124. Мендель скрестил растения гороха, одно из которых имело гладкие семена, желтую окраску семядолей и серо-коричневую окраску кожуры семян, другое — морщинистые семена, зеленую окраску семядолей и белую кожуру семян. В F_1 от этого скрещивания все растения имели гладкие семена с желтой окраской семядолей и серо-коричневой кожурой, а в F_2 было получено:

284	гладких желтых с серо-коричневой кожурой
98	гладких желтых с белой кожурой
86	гладких зеленых с серо-коричневой кожурой
27	гладких зеленых с белой кожурой
88	морщинистых желтых с серо-коричневой кожурой
34	морщинистых желтых с белой кожурой
30	морщинистых зеленых с серо-коричневой кожурой
7	морщинистых зеленых с белой кожурой
<hr/>	
654	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений и гибридов F_1 . Какое скрещивание можно поставить для проверки вашего предположения, и какие формы вы будете при этом использовать?

№ 125. В потомстве от скрещивания кукурузы, имеющей семена с желтым мучнистым эндоспермом, с растением, имеющим семена с белым немучнистым эндоспермом, в F_1 все зерна имели желтый немучнистый эндосперм. Часть растений F_1 самоопылили (опыт № 1), другую часть скрестили с растением, имевшим

зерна с белым мучнистым эндоспермом (опыт № 2). Ниже приведены результаты скрещиваний.

	Опыт № 1	Опыт № 2
Желтый немучнистый эндосперм	390	75
Желтый мучнистый эндосперм	129	81
Белый немучнистый эндосперм	141	70
Белый мучнистый эндосперм	<u>38</u>	<u>77</u>
	698	303

Как наследуются признаки? Определите генотипы растений, использованных в скрещиваниях. Какая часть потомков F₂ гомозиготна по желтой окраске эндосперма? На растениях какого поколения нужно смотреть проявление признаков эндосперма в F₁?

№ 126. Скрещивались две породы тутового шелкопряда, которые различались следующими двумя признаками: одна из них дает одноцветных гусениц, плетущих желтые коконы, а другая — полосатых гусениц, плетущих белые коконы. В первом поколении все гусеницы были полосатыми и плели желтые коконы. Во втором поколении получилось следующее расщепление: 6385 полосатых гусениц, плетущих желтые коконы, 2147 — полосатых с белыми коконами, 2099 — одноцветных с желтыми коконами и 691 — одноцветная с белыми коконами. Определите генотипы исходных форм и потомства первого и второго поколений.

№ 127. У лошадей вороная окраска шерсти доминирует над каштановой, аллюр рысью — над аллюром шагом (иноходь). Каким будет фенотип потомства F₁ от скрещивания гомозиготного вороного иноходца с гомозиготным каштановым рысаком? Какое потомство может получиться от скрещивания между собой животных из первого поколения?

№ 128. Ниже в таблице представлены потомки от скрещивания одного быка породы герефорд с шестью коровами (№ 1–6) той же породы, две из которых были его сестрами.

		Нормальный рост, окрашенные					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
♂	♀						
	♀	карлик, альбинос	карлик, окрашенный	нормальный рост, альбинос	нормальный рост, окрашенный	нормальный рост, альбинос	нормальный рост, окрашенный

Каково наиболее правдоподобное объяснение природы альбинизма в этом стаде? Природы карликовости? Независимо ли расщепление по этим признакам? У кого из семи родителей можно выявить генотип в отношении альбинизма? Карликовости? В отношении обоих признаков?

№ 129. От скрещивания красных рогатых коров с желтым комолым быком было получено: 7 желтых комолых телят, 6 — желтых рогатых, 8 — красных комолых и 5 — красных рогатых. Что можно сказать на основе этих данных о наследовании у этой породы желтой и красной масти? Комолости? Каковы предполагаемые генотипы исходных животных?

№ 130. Поставлено два скрещивания:

1. Гомозиготный комолый белый бык скрещен с гомозиготной рогатой красной коровой. Какая окраска будет у потомков F_1 ? Будут ли они рогаты? Каково должно быть потомство возвратного скрещивания гибридов F_1 с исходным быком? С исходной коровой?

2. Комолый чалый бык, скрещенный с рогатой белой коровой, дал рогатую чалую телку. Какое потомство может получиться от скрещивания этой телки с ее отцом?⁵

№ 131. Скрещивание красных комолых коров с чалыми рогатыми быками дает исключительно комолых потомков, половина которых имеет красную, а половина — чалую масть. Если скрестить между собой чалых комолых особей, какая часть потомства также будет чалой комолой? Белой рогатой?⁵

№ 132. При скрещивании комолых быков с чалой окраской шерсти с такими же по этим признакам коровами было получено 35 комолых красных, 65 комолых чалых, 32 комолых белых, 13 рогатых красных, 20 рогатых чалых и 8 рогатых белых животных. Объясните результаты. Определите генотипы всех животных.

№ 133. Рогатый черный баран, скрещенный с комолой белой яркой, дал следующее потомство: самцов — $1/4$ рогатых белых,

⁵ У крупного рогатого скота комолость доминирует над рогатостью, окраска контролируется одним геном с неполным доминированием, окраска гетерозиготных животных — чалая.

1/4 рогатых черных, 1/4 комолых белых и 1/4 комолых черных; самок — 1/2 комолых белых и 1/2 комолых черных. Каковы генотипы исходных животных?⁶

№ 134. От скрещивания рогатого черного барана с рогатой белой яркой родилась рогатая черная ярка. Каковы генотипы исходных животных?⁶

№ 135. Ниже приведены потомки от скрещивания рогатого белого барана с четырьмя ярками (№ 1–4):

♀ \ ♂	№ 1 комолая черная	№ 2 комолая белая	№ 3 рогатая черная	№ 4 комолая белая
Рогатый белый	рогатая белая ярка	комолая черная ярка	рогатая белая ярка	комолый черный ягненок, рогатая белая ярка

Каковы генотипы всех родителей? Каких еще потомков можно ожидать от дальнейших скрещиваний этого барана с ярками № 1 и № 3?⁶

136. У свиней белая окраска щетины доминирует над черной, однопалость — над двупалостью.

Два хряка — № 1 и № 2 — имеют однопалые ноги и белую щетину. Хряк № 1 при скрещивании с любыми свињьями дает белых однопалых потомков. Хряк № 2 при скрещивании с черными свињьями дает половину белых и половину черных потомков, при скрещивании с двупалыми свињьями — половину однопалых и половину двупалых потомков. Определите генотипы хряков.

№ 137. Черный однопалый хряк дал от скрещивания с рыжими двупалыми матками потомство, состоящее исключительно из черных однопалых животных. Возвратное скрещивание этих животных из F₁ с рыжими дало 8 черных однопалых, 9 рыжих однопалых, 11 черных двупалых и 14 рыжих двупалых поросят. Какова

⁶ У овец белая окраска шерсти доминирует над черной, рогатость доминирует над комолостью у самцов, но рецессивна у самок.

вероятность появления потомков, гомозиготных по обоим признакам, среди 42 особей?

№ 138. От скрещивания двух черных собак породы кокер-спаниель родилось 6 черных щенков. Каковы вероятные генотипы родителей? Какова вероятность гетерозиготности родителей?⁷

№ 139. От скрещивания черно-белой и бурой собак породы кокер-спаниель родилось 5 щенков: 1 черный, 1 бурый, 1 черно-белый и 2 буро-белых. Определите генотипы родителей и потомков. Что получится, если буро-белых потомков возвратно скрестить с черно-белой самкой?⁷

№ 140. У собак черная и короткая шерсть — доминантные, независимо наследуемые признаки. В F_1 от скрещивания черных собак с короткой шерстью получено: 18 черных короткошерстных щенков, 7 — черных длинношерстных, 6 — кофейных короткошерстных и 2 — кофейных длинношерстных. Сколько среди этих щенков полностью гомозиготных особей и каков их фенотип?

№ 141. От скрещивания кур с простым гребнем и короткими ногами с петухом, имеющим гороховидный гребень и короткие ноги, в F_1 все цыплята имели гороховидный гребень, причем $1/3$ из них оказалась с нормальными ногами, а $2/3$ — с короткими. Когда скрестили между собой коротконогих особей из F_1 , то получили следующий результат: 40 коротконогих с гороховидным гребнем, 23 с нормальными ногами и гороховидным гребнем, 13 коротконогих с простым гребнем и 7 с нормальными ногами и простым гребнем. От скрещивания различающихся по фенотипу особей из F_1 получили те же фенотипические классы, как и в предыдущем скрещивании, но в соотношении, близком к $3 : 3 : 1 : 1$. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных птиц и потомков F_1 .

№ 142. Скрестив трех голубых андалузских кур, имеющих розовидный гребень, с петухом с теми же признаками, в F_1 от двух кур получили расщепление: 69 голубых с розовидным гребнем,

⁷ У охотничьих собак породы кокер-спаниель черная окраска шерсти доминирует над бурой, сплошная окраска — над пятнистой.

32 черных с розовидным гребнем, 10 черных с простым гребнем, 24 голубых с простым гребнем, 36 белых с розовидным гребнем, 11 белых с простым гребнем. В потомстве, полученном от третьей курицы, все цыплята имели розовидный гребень, при этом у 1/4 из них было черное, у 1/4 белое и 1/2 голубое оперение. Объясните результаты, определите генотипы исходных кур и петуха. Что получится, если скрестить исходных родителей с особями, которые имеют черную окраску и простой гребень? Белую окраску и простой гребень?

№ 143. От скрещивания черной курицы без гребня с красным петухом, имеющим гребень, все потомки первого поколения имели гребень и черное оперение. Как распределятся эти признаки среди 500 потомков второго поколения, если признаки наследуются независимо и каждый из них контролируется одним геном? Какие признаки рецессивны?

№ 144. На бывшей Центральной станции по генетике животных было поставлено скрещивание кур:

Р петух лохмоногий черный × куры голоногие рыжие

В первом поколении было получено 34 голоногих черных цыпленка, а во втором поколении произошло расщепление: 118 голоногих черных, 47 голоногих рыжих, 49 лохмоногих черных и 14 лохмоногих рыжих цыплят. Объясните результаты, определите генотипы исходных птиц. Что получится, если особей первого поколения повторно скрестить с родителями?

№ 145. Проанализируйте следующее скрещивание:

Р	петух лохмоногий с высокими ноздрями	×	куры голоногие с нормальными ноздрями
		↓	
F ₁	42 голоногих цыпленка с нормальными ноздрями		
F ₂	90 цыплят голоногих с нормальными ноздрями 33 – лохмоногих с нормальными ноздрями 29 – голоногих с высокими ноздрями 12 – лохмоногих с высокими ноздрями		
	164		

Как наследуются признаки? Определите генотипы родителей и потомков.

№ 146. Для выявления генотипа хохлатых пятипалых кур их скрестили с четырехпальными петухами без хохлов (анализирующее скрещивание). Было получено четыре типа потомков: 36 цыплят с хохлом пятипалых, 31 — пятипалый без хохла, 31 — четырехпалый с хохлом и 33 — четырехпалых без хохла. Как наследуются эти признаки? Какое потомство должно получиться при скрещивании исходных хохлатых пятипалых кур с петухами такого же генотипа? Какая часть потомков от этого скрещивания будет иметь четыре пальца и хохол?

№ 147. У кур черный цвет оперения доминирует над красным, наличие гребня — над его отсутствием. Красный петух, имеющий гребень, скрещивается с черной курицей без гребня. Получено многочисленное потомство, половина которого имеет черное оперение и гребень, а половина — красное оперение и гребень. Каковы наиболее вероятные генотипы родителей?

№ 148. От скрещивания бронзовых индеек с нормальным оперением с такими же индюками было получено 14 индюшат: 8 бронзовых с нормальным оперением, 3 бронзовых с волосистым оперением, 2 красных с волосистым оперением и 1 красный с нормальным оперением. Объясните результаты, определите генотипы родителей. Можно ли проверить эти данные по методу χ^2 ?

№ 149. У морских свинок черная окраска шерсти доминирует над белой, короткошерстность — над длинношерстностью. Признаки наследуются независимо. От скрещивания черной длинношерстной морской свинки с черным короткошерстным самцом в первом поколении все потомки имели черную короткую шерсть. Во втором поколении в нескольких пометах было получено 29 черных с короткой шерстью и 8 черных с длинной шерстью. Каковы наиболее вероятные генотипы родителей, F_1 ? Как можно выявить гетерозиготных потомков с короткой шерстью?

№ 150. В реципрокных скрещиваниях светлых карпов с рисунком на коже с темными карпами без рисунка в F_1 получили 96 светлых с рисунком и 89 темных с рисунком. От скрещивания рыб первого поколения с разными фенотипами в F_2 было получено:

58 светлых с рисунком, 50 темных с рисунком, 18 темных без рисунка и 15 светлых без рисунка. От скрещивания светлых рыб с рисунком из F_1 между собой получили: 379 светлых с рисунком, 124 светлых без рисунка, 194 темных с рисунком и 80 темных без рисунка — всего 777 рыб. Как наследуются признаки? Определите генотипы рыб, использованных в скрещиваниях. Что получится, если скрестить темных с рисунком рыб с темными без рисунка из F_2 ?

№ 151. Скрещиваются две дрозофилы с закрученными вверх крыльями и укороченными щетинками. В потомстве, полученном от этого скрещивания, обнаружены мухи с закрученными вверх крыльями и укороченными щетинками, закрученными вверх крыльями и нормальными щетинками, с нормальными крыльями и укороченными щетинками, с нормальными крыльями и нормальными щетинками (дикий тип) в соотношении 4 : 2 : 2 : 1. Объясните результат. Определите генотипы исходных мух.

№ 152. Альбинизм — рецессивный признак. Талассемия — наследственное заболевание крови, обусловленное действием одного гена. В гомозиготе вызывает наиболее тяжелую форму заболевания — большую талассемию, обычно смертельную в детском возрасте (tt). В гетерозиготе проявляется менее тяжелая форма — малая талассемия (Tt).

Ребенок-альбинос страдает малой талассемией. Каковы наиболее вероятные генотипы его родителей?

№ 153*. Голубоглазый правша женится на кареглазой правше. У них родилось двое детей: кареглазый левша и голубоглазый правша. От второго брака этого мужчины с другой кареглазой правой родилось 9 кареглазых детей, все правши. Каковы наиболее вероятные генотипы всех трех родителей? Определите вероятность гетерозиготности второй женщины.⁸

№ 154. Голубоглазый правша, отец которого был левшой, женится на кареглазой левше из семейства, все члены которого в течение нескольких поколений имели карие глаза. Какого

⁸ Предполагается, что у человека карий цвет глаз доминирует над голубым и праворукость над леворукостью. Признаки наследуются независимо.

потомства и с какой вероятностью в отношении этих двух признаков следует ожидать от этого брака?⁸

№ 155. Кареглазый правша женится на голубоглазой правше. Первый ребенок имеет голубые глаза и оказывается левшой. Каковы генотипы родителей, и какие фенотипы могут иметь дальнейшие потомки этой пары?⁸

№ 156. Допустим, что у человека различия в цвете кожи обусловлены в основном двумя парами независимо наследуемых генов: ВВСС — черная кожа, bbcc — белая кожа. Любые три доминантных аллеля обуславливают развитие темной кожи, любые два — смуглой и один — светлой. Каковы генотипы следующих родителей:

1. Оба смуглые и имеют одного ребенка черного и одного белого.
2. Оба смуглые, все дети тоже смуглые.
3. Один смуглый, другой светлый; из большого числа детей 3/8 смуглых, 3/8 светлых, 1/8 темных и 1/8 белых.

№ 157. У человека имеется два вида слепоты и каждая определяется своим рецессивным аутосомным геном. Гены находятся в разных парах хромосом.

1. Какова вероятность того, что ребенок родится слепым, если отец и мать его страдают одним и тем же видом наследственной слепоты, а по другой паре генов слепоты нормальны?

2. Какова вероятность рождения ребенка слепым в семье в том случае, если отец и мать страдают разными видами наследственной слепоты, имея в виду, что по обоим парам генов они гомозиготны?

3. Определите вероятность рождения ребенка слепым, если известно: родители его зрячие, обе бабушки страдают одинаковым видом наследственной слепоты, а по другой паре анализируемых генов они нормальны и гомозиготны; в родословной со стороны дедушек наследственной слепоты не отмечено.

4. Определите вероятность рождения детей слепыми в семье, о которой известно: родители зрячие; бабушки страдают разными видами наследственной слепоты, а по другой паре анализируемых генов они нормальны и гомозиготны; в родословной дедушек наследственной слепоты не было.

№ 158. У человека имеется две формы глухонемоты, которые определяются рецессивными аутосомными несцепленными генами.

1. Какова вероятность рождения глухонемых детей в семье, где мать и отец страдают одной и той же формой глухонемоты, а по другой форме глухонемоты они гетерозиготны?

2. Какова вероятность рождения глухонемых детей в семье, где оба родителя страдают разными формами глухонемоты, а по второй паре генов глухонемоты каждый из них гетерозиготен?

№ 159. Глаукома взрослых наследуется несколькими путями. Одна форма определяется доминантным аутосомным геном, другая — рецессивным тоже аутосомным несцепленным с предыдущим геном.

1. Какова вероятность рождения ребенка с аномалией в случае, если оба родителя гетерозиготны по обоим парам патологических генов?

2. Какова вероятность рождения детей с аномалией в семье, где один из родителей гетерозиготен по обоим парам этих генов, а другой нормален в отношении зрения и гомозиготен по обоим парам генов?

№ 160. Перед судебно-медицинским экспертом поставлена задача выяснить, является ли мальчик, живущий в семье супругов Р., родным или приемным сыном этих супругов. Исследование крови всех трех членов семьи дало следующие результаты. У матери группы крови Rh^+ , 0 и М; у отца — Rh^- , АВ и N; у сына — Rh^+ , А и М. Какое заключение должен дать эксперт, и как оно обосновывается?

№ 161. У отца с группами крови М и 0 ребенок имеет группы крови MN и В. Какой генотип может быть у матери этого ребенка?

№ 162. У фермера было два сына. Первый родился, когда фермер был еще молод, и вырос красивым сильным юношей, которым отец очень гордился. Второй, родившийся много позже, рос болезненным ребенком, и соседи убеждали фермера подать в суд для установления отцовства. Основанием для иска должно было послужить то, что, являясь отцом такого складного юноши, каким был его первый сын, фермер не мог быть отцом такого слабого создания, как второй. Группы крови были таковы:

Фермер — 0, M
 Мать — АВ, N
 1-й сын — А, N
 2-й сын — В, MN

Можно ли на основании этих данных считать, что оба юноши являются сыновьями этого фермера? Каковы генотипы всех членов этой семьи?

№ 163. Женщина с группой крови В, неспособная различать вкус фенилтиокарбамида (ФТК), имеет троих детей:
 один с группой крови А различает вкус ФТК,
 один с группой крови В различает вкус ФТК,
 один с группой крови АВ не способен различать вкус ФТК.
 Неспособность различать ФТК — рецессивный признак. Что вы можете сказать о генотипах матери и отца этих детей?

№ 164. Родители имеют группы крови:

	мать	отец
Первая пара	A, MN, Rh ⁺	0, M, Rh ⁺
Вторая пара	B, N, Rh ⁻	B, MN, Rh ⁺
Третья пара	A, M, Rh ⁺	B, MN, Rh ⁻

Дети имеют группы крови:

1. АВ, M, Rh⁻
2. А, N, Rh⁻
3. А, MN, Rh⁺

Кто чей ребенок? Определите генотипы родителей и детей.

№ 165. Можно ли исключить отцовство, если мать имеет группы крови 0 и MN, предполагаемый отец — АВ и N, дети:

1. 0, M;
2. А, M;
3. 0, MN?

Дайте аргументированный ответ.

№ 166. Установите группы крови мужчин, которые могли быть и которые не могли быть отцами в трех приведенных ниже случаях:

	1	2	3
Мать	0, M	0, N	0, M
Ребенок	0, M	A, MN	0, M

№ 167. В родильном доме женщина утверждала, что ребенок, которого ей принесли (1), не ее сын. Кроме этого младенца в тот момент в родильном доме находился еще один ребенок, мальчик (2). Группы крови этой женщины 0 и MN, вкуса фенилтиокарбамида (ФТК) она не чувствует (рецессив). Первый ребенок имеет группы крови А и N, чувствителен к ФТК; второй ребенок имеет группы крови 0 и М, вкуса ФТК не чувствует. Муж женщины умер, но у нее есть еще трое детей:

- 1-й — с группами крови А и М, чувствителен к ФТК;
- 2-й — с группами крови В и N, чувствителен к ФТК;
- 3-й — с группами крови А и MN, нечувствителен к ФТК.

Можете ли вы сказать, какой из двух новорожденных сын этой женщины?

№ 168. Известно, что растение имеет генотип AaBbccddEe. Гены наследуются независимо.

а) Сколько типов гамет образует это растение?

б) Сколько фенотипов и в каком соотношении может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить полное доминирование по всем парам аллелей?

в) Сколько генотипов будет в потомстве этого растения при самоопылении?

г) Сколько фенотипов может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить неполное доминирование по всем парам аллелей?

№ 169. Известно, что растение имеет генотип AABbсс. Гены наследуются независимо.

а) Сколько типов гамет образует это растение?

б) Сколько фенотипов и в каком соотношении может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить полное доминирование по всем парам аллелей?

в) Сколько генотипов и в каком соотношении будет в потомстве этого растения при самоопылении?

г) Сколько фенотипов и в каком соотношении может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить неполное доминирование по всем парам аллелей?

№ 170. Известно, что растение имеет генотип AaBbCc. Гены наследуются независимо.

а) Сколько типов гамет образует это растение?

б) Сколько фенотипов и в каком соотношении может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении, если предположить полное доминирование по всем парам аллелей?

в) Сколько генотипов и в каком соотношении будет в потомстве этого растения при самоопылении?

г) Сколько фенотипов и в каком соотношении может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении при неполном доминировании по гену В?

№ 171*. Известно, что растение имеет генотип $AaBbCc$. Гены наследуются независимо.

а) Сколько типов гамет образует это растение?

б) Сколько фенотипов и в каком соотношении может быть получено в потомстве этого растения при самоопылении при полном доминировании по всем парам аллелей?

в) Сколько генотипов и в каком соотношении будет в потомстве этого растения при самоопылении?

г) Сколько фенотипов может быть получено при самоопылении этого растения при неполном доминировании по гену А?

№ 172. Известно, что растение имеет генотип $AaBbccDdEeFf$. Гены наследуются независимо.

а) Сколько типов гамет образует это растение?

б) Сколько фенотипов и в каком соотношении может быть получено при самоопылении этого растения и полном доминировании по всем парам аллелей?

в) Сколько генотипов и в каком соотношении будет в потомстве этого растения при самоопылении?

г) Какое расщепление получится при скрещивании этого растения с растением, имеющим генотип $aabbCCddeeFf$?

№ 173. Известно, что растение имеет генотип $AABbCc$.

а) Сколько типов гамет может образовать это растение?

б) Сколько фенотипов может быть получено в потомстве от самоопыления этого растения, если предположить, что имеет место полное доминирование по всем парам аллелей и независимое наследование?

в) Сколько генотипов и с какой вероятностью может быть получено в потомстве от скрещивания этого растения с растением, имеющим генотип $AabbCc$?

№ 174. Известно, что растение имеет генотип $aaBbCc$.

- а) Сколько типов гамет может образовать это растение?
- б) Сколько фенотипов и в каком соотношении может быть получено при самоопылении этого растения, если предположить полное доминирование по всем парам аллелей и независимое наследование?
- в) Сколько генотипов и в каком соотношении будет представлено в потомстве от самоопыления этого растения?
- г) Сколько фенотипов и в каком соотношении может возникнуть при самоопылении этого растения в случае неполного доминирования по одному из генов?

№ 175. Известно, что растение имеет генотип $AaBb$, причем гены наследуются независимо и по каждой паре аллелей наблюдается неполное доминирование.

- а) Сколько фенотипов и в каком соотношении может быть получено при скрещивании этого растения с растением, имеющим генотип $AaBB$?
- б) Сколько генотипов и в каком соотношении возникнет при самоопылении этого растения?
- в) Какая часть потомков от самоопыления этого растения окажется гомозиготной по обоим генам?

Образцы решения задач

Задача № 98. Львиный зев. Наследование окраски и формы цветка.

P	красн. пилорич.	x	желт. зигоморфн.
		↓	
F ₁		↓	розов. зигоморфн.
		↓	
F ₂	39		красн. зигоморфн.
	94		роз. зигоморфн.
	45		желт. зигоморфн.
	15		красн. пилорич.
	28		роз. пилорич.
	13		желт. пилорич.
	234		

Решение

I. Анализ наследования каждого признака

1) Окраска цветков

1. В F_1 единообразии — предполагается гомозиготность исходных растений.

2. В F_2 расщепление:

красн.	розов.	желт.
39	94	45
<u>15</u>	<u>28</u>	<u>13</u>
54	122	58

Поскольку расщепление на три фенотипических класса, а в F_1 — промежуточная окраска, можно предположить моногенное расщепление с неполным доминированием. Определяем величину одного возможного сочетания гамет: $234 : 4 = 58,5$. Находим расщепление в опыте: $54 : 58,5 = 0,9$; $122 : 58,5 = 2,1$; $58 : 58,5 = 1$, т. е. примерно $1 : 2 : 1$. Проверка H_0 о моногенном наследовании с неполным доминированием и расщеплением в отношении $1 : 2 : 1$ по методу χ^2 ($\chi^2 = 0,59$, $p > 0,70$) гипотезу не отвергает.

Вывод: окраска цветка контролируется одной парой аллелей с неполным доминированием, генотипы исходных растений: AA — с красными, aa — с желтыми цветками.

2) Форма цветка

1. В F_1 единообразии — предполагаем гомозиготность исходных растений.

2. В F_2 расщепление:

зигоморфн.	пилорич.
39	15
94	28
<u>45</u>	<u>13</u>
178	56

Поскольку в F_2 два фенотипических класса с преобладанием зигоморфных над пилорическими, предполагаем моногенное наследование. Определяем величину одного возможного сочетания гамет, оно равно 58,5. Расщепление в опыте — $178 : 58,5 = 3$; $56 : 58,5 = 0,9$, т. е. примерно $3 : 1$. Проверка H_0 о расщеплении в отношении $3 : 1$ по методу χ^2 ($\chi^2 = 0,15$, $p > 0,50$) ее не отвергает.

3. Вводим обозначение аллелей: В — зигоморфн., в — пилорич., генотипы исходных растений: ВВ — с зигоморфн. цветками, вв — с пилорич.

Вывод: форма цветка контролируется одной парой аллелей с доминированием зигоморфной формы цветка над пилорической.

II. Анализ наследования двух признаков

H_0 : признаки наследуются независимо. В этом случае по теории вероятности расщепление по фенотипу по обоим признакам должно быть: $(1AA : 2Aa : 1aa) \times (3B : 1b) = 3AAB : 6AaB : 3aaB : 1AAbb : 2Aabb : 1aabb$. Определяем величину одного возможного сочетания гамет — $234 : 16 = 16,6$; расщепление в опыте — $39 : 16,6 = 2,3$; $94 : 16,6 = 5,7$; $45 : 16,6 = 2,7$; $15 : 16,6 = 0,9$; $28 : 16,6 = 1,7$; $13 : 16,6 = 0,8$, т.е. примерно $3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1$. Проверка H_0 о независимом наследовании признаков с расщеплением $3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1$ по χ^2 ($\chi^2 = 6,6$; $p > 0,20$) ее не отвергает.

Вывод: признаки наследуются независимо.

В F_2 39 растений имеют красные зигоморфные цветки, причем $1/16$ имеет генотип ААВВ и $2/16$ — ААВв.

III. Выводы:

1. Окраска цветков контролируется одной парой аллелей и неполным доминированием.
2. Форма цветка контролируется одной парой аллелей с полным доминированием зигоморфной над пилорической.
3. Признаки окраски и формы цветка наследуются независимо.
4. Генотипы исходных растений: красная пилорическая Ааbb, желтая зигоморфная aaВВ.
5. Среди 39 растений с красными зигоморфными цветками $1/3$ гомозигот по обоим доминантным признакам.

Задача № 99. Томат. Наследование окраски и формы листа.

Решение

По условию: А — пурпурная, а — зеленая окраска стебля, В — рассеченный, в — цельнокрайный лист.

Первое скрещивание: оба родителя имеют аллели А и В, так как доминантны по обоим признакам. Поскольку в F_1 наблюдается расщепление по обоим признакам, оба родителя гетерозиготны, их генотипы АаВв. По условию признаки наследуются независимо, следовательно, расщепление должно соответствовать

расщеплению 9 : 3 : 3 : 1. Проверка по χ^2 ($\chi^2 = 2,04$, $p > 0,50$) не отвергает гипотезы.

Второе скрещивание: по условию растение с пурпурным стеблем и цельнокрайными листьями — $A-bb$, с зелеными рассеченными — $aaB-$. Поскольку в F_1 наблюдается расщепление по обоим признакам, оба родителя гетерозиготны, но по разным генам: $Aabb$ и $aaBb$. Расщепление должно соответствовать 1 : 1 : 1 : 1, так как для каждой пары признаков скрещивание является анализирующим. Проверка по χ^2 ($\chi^2 = 0,30$, $p > 0,95$) не отвергает гипотезы.

Третье скрещивание: по условию растение с пурпурными рассеченными листьями содержит в генотипе аллели A и B , с зелеными цельнокрайными имеет генотип $aabb$. Поскольку в F_1 при достаточно большой выборке нет расщепления, предполагаем, что растение с пурпурными рассеченными листьями гомозиготно по обоим генам, т. е. его генотип — $AABB$.

Задача № 153. Человек. Наследование окраски глаз и праворукости.

- | | | | | |
|----|----------------|-------------------------------------|---|--------------------|
| 1. | P | ♀ ₁ карегл. правша | × | ♂ голубогл. правша |
| | | | ↓ | |
| | F ₁ | ♂ голубогл. правша, ♂ карегл. левша | | |
| | | | | |
| 2. | P | ♀ ₂ карегл. правша | × | ♂ голубогл. правша |
| | | | ↓ | |
| | F ₁ | 9 карегл. правшей | | |

Решение

1. Из условия: A — карие, a — голубые глаза, B — праворукость, b — леворукость. Следовательно, в генотипе мужчины $aaB-$, в генотипах обеих женщин $A-B-$.

2. Появление рецессивных признаков у детей первой женщины свидетельствует о ее гетерозиготности по обоим генам и о гетерозиготности мужчины по гену B , т. е. генотип первой женщины $AaBb$, генотип мужчины $aaBb$.

3. Поскольку все 9 детей второй женщины были кареглазыми и праворукими, весьма вероятно, что она гомозиготна по обоим генам, т. е. ее генотип $AABB$.

4. Определение вероятности гетерозиготности второй женщины: если она гетерозиготна по гену А, то в браке с голубоглазым мужчиной (аа) с вероятностью $1/2$ у нее должны родиться голубоглазые дети. Рождение детей и распределение генов — события независимые, следовательно, вероятность рождения подряд 9 кареглазых детей в этом браке равна $(1/2)^9 = 0,002$. Если женщина гетерозиготна по гену В, то в браке с гетерозиготным мужчиной $3/4$ детей должны быть праворукими, т. е. вероятность рождения подряд 9 праворуких детей — $(3/4)^9 = 0,08$. Поскольку признаки наследуются независимо, то вероятность рождения 9 кареглазых правшей — $0,002 \times 0,08 = 0,00016$.

Выводы: генотип мужчины ааВв, генотип первой женщины АаВв, генотип второй женщины ААВВ; гетерозиготность второй женщины практически исключена.

Задача № 171. Генотип АаВвСС, гены наследуются независимо.

Решение

Число типов гамет и фенотипов в расщеплении определяют по формуле 2^n , где n — число генов в гетерозиготном состоянии; число генотипов — по формуле 3^n . Соотношение фенотипов при независимом наследовании определяют путем перемножения вероятностей появления того или иного фенотипа по каждому гену; соотношение генотипов — перемножением вероятностей появления того или иного генотипа по каждому гену:

1) типы гамет $2^2 = 4$ (по гену С нет расщепления)

АВС аВС

АвС авС (см. Приложение 1)

2) фенотипы 2^2 — те же, что и гаметы. Соотношение фенотипов при полном доминировании по обоим генам:

$3/4(A) 3/4(B) C = 9/16$ АВС

$3/4(A) 1/4(b) C = 3/16$ АвС

$1/4(a) 3/4(B) C = 3/16$ аВС

$1/4(a) 1/4(b) C = 1/16$ авС

3) гены наследуются независимо, следовательно, может возникнуть 9 генотипов (3^2), соотношение которых зависит только от соотношения генотипов по генам А и В, так как по гену С нет расщепления:

$1/4(AA) 1/4(BB) = 1/16 AABBCS$	- 1
$2/4(Aa) 1/4(BB) = 2/16 AaBBCS$	- 2
$1/4(aa) 1/4(BB) = 1/16 aaBBCS$	- 1
$1/4(AA) 2/4(Bb) = 2/16 AABbCS$	- 2
$2/4(Aa) 2/4(Bb) = 4/16 AaBbCS$	- 4
$1/4(aa) 2/4(Bb) = 2/16 aaBbCS$	- 2
$1/4(AA) 1/4(bb) = 1/16 AabbCS$	- 1
$2/4(Aa) 1/4(bb) = 2/16 AabbCS$	- 2
$1/4(aa) 1/4(bb) = 1/16 aabbCS$	- 1

4) вероятное расщепление по фенотипу при неполном доминировании по гену А:

по гену А: ($1/4AA : 2/4Aa : 1/4aa$)

по гену В: ($3/4B : 1/4bb$)

Перемножив вероятности, получим:

$3/16 AABC$ $1/16 AabbC$

$6/16 AaBC$ $2/16 AabbC$

$3/16 aaBC$ $1/16 aabbC$ —

6 фенотипических классов в соотношении 3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1.

Раздел 3

Взаимодействие неаллельных генов

№ 176*. При скрещивании тыкв с белыми плодами в F_1 получили 67 растений с белыми, 19 — с желтыми и 6 — с зелеными плодами. Объясните результаты, определите генотипы исходных растений. Что получится, если скрестить исходные растения с зеленоплодным из F_1 ?

№ 177. От скрещивания растений тыквы с зелеными и желтыми плодами в F_1 плоды оказались желтыми, а в F_2 произошло расщепление на $3/4$ желтых и $1/4$ зеленых. От скрещивания растений с белыми и зелеными плодами в F_1 плоды белые, а в F_2 — расщепление: 113 белых, 31 желтый и 7 зеленых. Как наследуется признак? Объясните расщепления в обоих скрещиваниях и определите генотипы исходных растений.

№ 178. От скрещивания растений тыквы с белыми и зелеными плодами в F_1 получили расщепление: 86 белых, 39 желтых и 42 зеленых плода. Скрестив растения из F_1 с белыми и желтыми плодами, получили следующее потомство: $1/2$ с белыми, $3/8$ с желтыми и $1/8$ с зелеными плодами. Как наследуется признак? Объясните результаты скрещиваний, определите генотипы растений, использованных в скрещиваниях.

№ 179. При скрещивании растений тыквы с дисковидной формой плода в потомстве было получено 121 растение с дисковидной формой плода, 77 — со сферической и 12 — с удлинённой. Объясните расщепление, определите генотипы исходных форм. Как наследуется признак? Какое расщепление вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании и какое растение будете использовать в качестве анализатора?

№ 180. Растение тыквы с белыми удлинёнными плодами скрестили с растением, у которого были зеленые дисковидные плоды.

В F_1 получили растения с белыми дисковидными плодами, а в F_2 — расщепление:

548	растений с белыми дисковидными плодами
355	— с белыми шаровидными плодами
61	— с белыми удлинёнными плодами
129	— с желтыми дисковидными плодами
95	— с желтыми шаровидными плодами
14	— с желтыми удлинёнными плодами
49	— с зелеными дисковидными плодами
28	— с зелеными шаровидными плодами
5	— с зелеными удлинёнными плодами
<hr/>	
1284	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений. Какое расщепление вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании и какое растение будете использовать в качестве анализатора?

№ 181. При скрещивании двух сортов левкоя, один из которых имел махровые красные цветки, а второй — махровые белые, в F_1 все гибриды имели простые красные цветки, а в F_2 наблюдалось расщепление: 68 растений с махровыми белыми, 275 — с простыми красными, 86 — с простыми белыми, 213 — с махровыми красными цветками. Объясните результаты. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений.

№ 182. От скрещивания растений люцерны с пурпурными и желтыми цветками в F_1 все цветки были зелеными, а в F_2 произошло расщепление: 169 с зелеными цветками, 64 с пурпурными, 67 с желтыми и 13 с белыми. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных растений. Что получится, если скрестить растения F_1 с белоцветковым растением?

№ 183. У пастушьей сумки форма плода зависит от двух пар полимерных генов. Растение с треугольными плодами скрещено с растением с яйцевидными плодами. В потомстве $3/4$ растений имели треугольные плоды и $1/4$ — яйцевидные. Определите генотипы родителей. Что получится от самоопыления родительского растения с треугольными плодами?

№ 184. Растение душистого горошка с белыми цветками, скрещенное с таким же, дало $1/4$ потомства с пурпурными и $3/4$ — с белыми цветками. Каковы генотипы родителей и потомков? Какая окраска цветка может получиться в потомстве от скрещивания между собой растений с пурпурными цветками?⁹

№ 185*. Скрещиваются два растения душистого горошка — с белыми пазушными и белыми верхушечными цветками.

F_1	все растения с пурпурными пазушными цветками
F_2	415 растений с пурпурными пазушными
	140 — с пурпурными верхушечными
	350 — с белыми пазушными
	95 — с белыми верхушечными
	1000

Как наследуются данные признаки? Какое растение следует взять, чтобы поставить анализирующее скрещивание? Какие результаты вы ожидаете при этом получить?

№ 186*. Растение душистого горошка с белыми цветками, скрещенное с пурпурноцветковым, дало $3/8$ с пурпурными и $5/8$ с белыми цветками. Как это можно объяснить? Определите генотипы исходных растений.⁹

№ 187. Зеленое растение кукурузы при самоопылении дает около $15/16$ зеленых и около $1/16$ белых (летальных) семян. Объясните эти результаты, определите генотип исходного растения.

№ 188. При скрещивании двух зеленых растений кукурузы получено потомство, в котором примерно $9/16$ растений имеет зеленый цвет, а $7/16$ — не окрашены. Как можно объяснить этот результат? Определите генотипы исходных растений.

№ 189. У кукурузы изучено наследование одного из количественных признаков — числа рядов зерен в початке. Число рядов зерен в початке варьирует от 4 до 20, причем обе крайние величины

⁹ У душистого горошка гены С и Р порознь вызывают белую окраску цветков, пурпурная окраска получается только при наличии в генотипе обоих этих генов.

встречаются крайне редко. Число рядов зерен всегда четное (4, 6, 8, 10, 12 и т. д.). Влияние факторов внешней среды на данный признак незначительно. Проведено скрещивание двух инбредных линий, одна из которых имеет 16, а другая — 8 рядов зерен. У растений F_1 число рядов зерен равно 12. У 1000 растений F_2 число рядов зерен в початке варьировало от 8 до 16. В четырех початках было по 16, а в четырех других — по 8 рядов зерен. Сколько генов участвует в определении числа рядов зерен в початке? Объясните результаты.

№ 190. Имеется сорт ячменя, дающий 6 г зерна на растение, и сорт, дающий 12 г. Каков будет фенотип растений F_1 от скрещивания этих сортов, и как распределятся растения по весу семян на растение в F_2 , если учесть тригенное отличие этих сортов, гены не сцеплены и взаимодействуют по типу некумулятивной полимерии? Какое будет распределение растений по весу семян на растение, если растение F_1 скрестить с малоурожайным сортом?

№ 191. У кукурузы растение № 1, скрещенное с растением № 2, дало 255 зеленых и 89 белых семян, а при самоопылении растения № 1 — 153 зеленых и 118 белых семян. Объясните расщепления. Каковы окраска и генотипы обоих растений? Какое потомство дало бы растение № 2 при самоопылении?

№ 192. От скрещивания двух зеленых растений кукурузы было получено 78 зеленых и 24 белых растения (альбиносы). При самоопылении одного из исходных зеленых растений получили 318 зеленых и 102 белых растения, при самоопылении другого исходного зеленого растения — 274 зеленых и 208 белых. Объясните результаты скрещиваний. Каковы генотипы исходных зеленых растений?

№ 193. При скрещивании двух карликовых растений кукурузы было получено потомство нормальной высоты. В F_2 от скрещивания между собой растений F_1 было получено 452 растения нормальной высоты и 352 карликовых. Предложите гипотезу, объясняющую эти результаты, определите генотипы исходных растений.

№ 194. При скрещивании кукурузы с белыми морщинистыми зернами с растением, имеющим пурпурные гладкие зерна, в F_1 все зерна оказались белыми гладкими, а в F_2 произошло расщепление:

808	белых гладких
249	белых морщинистых
202	пурпурных гладких
50	пурпурных морщинистых
<hr/>	
1309	

В анализирующем скрещивании получили:

135	белых гладких
150	белых морщинистых
40	пурпурных гладких
52	пурпурных морщинистых
<hr/>	
377	

Как наследуются эти признаки? Каковы генотипы исходных растений, растений F_1 и фенотип растения-анализатора?

№ 195. У кукурузы одного сорта в початке имеется 16 рядов зерен, а у другого — 8 рядов. При скрещивании этих сортов в F_1 наблюдается промежуточный фенотип, в среднем 12 рядов. Растения F_2 фенотипически очень неоднородны, количество рядов варьирует от 8 до 16, причем примерно в одном из каждых 32 початков имеется столько же рядов зерен, что и у одного из родителей. Сколько генов определяет данный признак?

№ 196. От скрещивания двух растений кукурузы — с красными морщинистыми и белыми гладкими зернами — в первом поколении все растения имели пурпурные гладкие зерна. Во втором поколении произошло следующее расщепление:

840	пурпурных гладких
280	пурпурных морщинистых
378	белых гладких
123	белых морщинистых
273	красных гладких
89	красных морщинистых
<hr/>	
1983	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений. Какое расщепление вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании, и какое растение следует использовать в качестве анализатора?

№ 197. От скрещивания растений кукурузы с окрашенными и неокрашенными зернами в F_1 все зерна оказались неокрашенными, а в F_2 произошло расщепление: 568 неокрашенных и 120 окрашенных. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных растений. Как можно проверить правильность вашего предположения?

№ 198. При скрещивании двух зеленых растений кукурузы в потомстве получено 162 зеленых сеянца и 113 нежизнеспособных альбиносов. Объясните расщепление, определите генотипы исходных зеленых растений и возможные генотипы альбиносов.

№ 199. При скрещивании растения лука с желтыми луковичками (№ 1) с двумя растениями, имевшими белые луковички (№ 2 и № 3), были получены следующие результаты:

от скрещивания растений № 1 и № 2 в F_1 все растения с желтыми, а в F_2 — 54 с желтыми и 15 с белыми луковичками;

от скрещивания растений № 1 и № 3 в F_1 все растения с красными, а в F_2 — 71 с желтыми, 89 с белыми и 195 с красными луковичками.

Объясните результаты, определите генотипы исходных растений. Какие результаты вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании, и какие растения вы предлагаете для этого использовать?

№ 200. От скрещивания двух растений лука, имевших красные луковички, — № 1 и № 2 — в F_1 было получено 94 растения с красными и 28 с желтыми луковичками. Для выяснения генотипов каждого из исходных растений они были подвергнуты самоопылению. От самоопыления растения № 1 получили 130 с красными, 42 с желтыми и 61 с белыми луковичками; от самоопыления растения № 2 — 129 с красными и 40 с желтыми луковичками. Объясните результаты, определите генотипы исходных растений.

№ 201. Скрещивая растения левкоя с фиолетовыми цветками с растением, имеющим белые цветки, садовод обнаружил в первом поколении 102 растения с фиолетовыми, 109 с красными, 231 с кремовыми и 420 с белыми цветками. От самоопыления родительского белоцветкового растения все растения оказались с белыми цветками. При самоопылении родительского растения с фиолетовыми

цветками в F_1 обнаружилось расщепление в отношении: 27/64 с фиолетовыми : 9/64 с красными : 12/64 с кремовыми : 16/64 с белыми цветками.

Объясните расщепления. Как наследуется окраска цветков у левкоев? Определите генотипы всех растений, использованных в скрещиваниях.

№ 202. У садовода имелось два растения левкоя — одно с красными, другое с кремовыми цветками. От самоопыления растения с кремовыми цветками он получил 69 с кремовыми и 19 с белыми цветками. От самоопыления красноцветкового растения он получил 222 с красными, 68 с кремовыми и 94 с белыми цветками. При скрещивании исходных форм между собой было получено 29 с красными, 31 с кремовыми и 18 с белыми цветками. Объясните полученные результаты, определите генотипы исходных растений.

№ 203. Скрещивая две формы гороха — с розовыми и белыми цветками — в первом поколении получили растения с пурпурными цветками, а во втором — 87 растений с пурпурными, 36 — с белыми и 29 — с розовыми цветками. Объясните результаты скрещиваний и определите генотипы исходных растений. Что получится, если растения из F_1 скрестить с родительскими формами?

№ 204. При скрещивании растений гороха, имевших темно-фиолетовую окраску незрелых бобов, с растением с бобами зеленого цвета в первом поколении получили темно-фиолетовые бобы. Во втором поколении произошло расщепление: 58 темно-фиолетовых и 37 зеленых. Объясните расщепление. Как наследуется признак? Каковы генотипы исходных растений? Что должно получиться в анализирующем скрещивании и какое растение вы будете использовать в качестве анализатора?

№ 205. При самоопылении зеленого растения гороха было получено 544 зеленых и 45 светло-зеленых растений. Объясните расщепление, определите генотип исходного растения. Как можно использовать мутантные растения для дальнейшей селекционной работы, если они окажутся жизнеспособными?

№ 206. При скрещивании красноколосого растения пшеницы с белоколосым в F_1 произошло расщепление: 42 растения были

с красными и 15 — с белыми колосьями. При скрещивании того же белоколосого растения с другим красноколосым в F_1 также произошло расщепление: 54 растения оказались с красными и 18 — с белыми колосьями. Когда скрестили между собой исходные красноколосые растения, то в F_1 у 82 растений были красные колосья разных оттенков и у 5 — белые колосья. Объясните полученные результаты и определите генотипы исходных родительских растений.

№ 207. При скрещивании растения краснозерной пшеницы с растением белозерной пшеницы в F_1 было получено расщепление: $3/4$ растений имели красные и $1/4$ — белые зерна. При скрещивании того же краснозерного растения с краснозерным (№ 2) в F_1 получили $7/8$ с красными и $1/8$ с белыми зёрнами. От самоопыления второго краснозерного растения (№ 1) получили в F_1 расщепление: 128 растений с красными и 7 — с белыми зёрнами. Объясните результаты, определите генотипы всех исходных растений.

№ 208. При скрещивании гомозиготных красноколосых остистых растений пшеницы с гомозиготными белоколосыми безостыми в первом поколении все растения оказались с красными колосьями, безостыми. Во втором поколении 564 растения имели безостые красные колосья, 184 растения имели остистые красные колосья, 38 растений оказались безостыми белоколосыми и 10 — остистыми белоколосыми.

В анализирующем скрещивании также возникло четыре фенотипических класса:

103	растения с красными безостыми колосьями
91	— с красными остистыми колосьями
30	— с белыми безостыми колосьями
27	— с белыми остистыми колосьями
251	

Объясните полученные результаты, определите генотипы исходных растений. Какое растение было использовано в качестве анализатора?

№ 209. Имея две формы пшеницы — безостую с черными колосьями и остистую с красными колосьями, селекционер скрестил их, чтобы получить безостую красноколосую форму. В первом

поколении от этого скрещивания все растения были безостыми с черными колосьями. Во втором поколении произошло расщепление:

714	безостых с черными колосьями
181	безостое с красными колосьями
58	безостых с белыми колосьями
231	остистое с черными колосьями
61	остистое с красными колосьями
20	остистых с белыми колосьями
<u>1265</u>	

Объясните расщепление. Сколькими генами контролируются изучаемые признаки? Как они наследуются? Каковы генотипы исходных форм? Какая часть безостых красноколосых растений F_2 гомозиготна по обоим признакам?

№ 210. При скрещивании растений пшеницы с красным плотным колосом с растениями с белым рыхлым колосом в первом поколении получили красные колосья средней плотности, а во втором — расщепление:

186	красных с плотным колосом
358	красных с колосом средней плотности
184	красных с рыхлым колосом
12	белых с плотным колосом
25	белых с колосом средней плотности
10	белых с рыхлым колосом
<u>775</u>	

Как наследуются признаки? Каковы генотипы исходных растений? Как можно проверить правильность вашего предположения?

№ 211. У пшеницы два несцепленных гена А и В проявляют одинаковое действие на окраску зерен. При этом в пределах каждой пары аллелей А–а и В–в наблюдается неполное доминирование. При скрещивании растения ААВВ с темно-красными зернами с растением ааbb с белыми зернами гибриды F_1 имеют розовые зерна. Каков тип взаимодействия между генами А и В? Какое расщепление ожидается в F_2 ? В анализирующем скрещивании?

№ 212. От скрещивания растений пшеницы с красными и белыми зернами в первом поколении все зерна оказались красными, а во втором — 397 красных и 23 белых. Объясните расщепление.

Как наследуется признак? Каковы генотипы исходных растений? Что получится, если гибриды F_1 скрестить возвратно с белозерным растением?

№ 213. Допустим, что различие по урожайности между двумя чистыми сортами овса, один из которых дает около 4 г зерна, а другой — около 10 г на одно растение, зависит от трех несцепленных полигенов A_1 , A_2 и A_3 . Каковы будут фенотипы F_1 и F_2 от скрещивания между этими сортами?

№ 214. Скрестив растения овса с черными и белыми чешуями зерна, в первом поколении получили растения с черными чешуями, а во втором — 418 с черными, 100 с серыми и 42 с белыми. Объясните расщепление. Как наследуется окраска чешуй у овса? Каковы генотипы исходных растений? Какое скрещивание нужно поставить для проверки вашего предположения, и какой результат вы ожидаете получить среди 1000 растений в потомстве от этого скрещивания?

№ 215. При скрещивании растений овса с метельчатой формой соцветия в первом поколении все растения имели метельчатые соцветия, а во втором среди 198 растений 10 имели одногривую метелку, остальные — метельчатую. Как наследуется признак? Каковы генотипы исходных растений и растений F_1 ? Что получится, если скрестить растения F_1 с растениями с одногривой метелкой из F_2 ?

№ 216. Скрещивание растений овса с черным зерном между собой в потомстве дало 317 чернозерных, 76 серозерных и 24 белозерных растений; скрещивание этих же чернозерных растений с белозерными дало 151 растение с черным зерном, 79 — с серым и 74 — с белым. Объясните расщепления. Как наследуется окраска зерна у овса? Определите генотипы исходных форм.

№ 217. Изучение наследования длины цветка самоопыляющегося табака показало, что этот признак контролируется 4 парами несцепленных генов. Какая часть растений F_2 будет иметь такую же длину цветка, как и гомозиготные по всем доминантным и рецессивным аллелям родительские формы (длина цветка рецессивной формы 40 мм, доминантной формы — 93 мм)?

№ 218. Высота растения сорго, гомозиготного по рецессивным аллелям четырех генов карликовости, равна 40 см. Высота расте-

ния, гомозиготного по доминантным аллелям этих четырех генов, равна 240 см. Допустим, что различия в высоте стебля контролируются в равной мере всеми четырьмя несцепленными генами, причем их действие носит кумулятивный характер.

Растение генотипа $A_1A_1A_2A_2A_3A_3a_4a_4$ скрещивали с растением $a_1a_1a_2a_2a_3a_3A_4A_4$. Какова высота стебля у каждой из родительских форм? Какова ожидаемая высота растений F_1 ? Укажите ожидаемые пределы изменчивости высоты у растений F_2 и ожидаемую частоту растений для каждого класса высоты. Какова ожидаемая средняя высота растений F_2 ?

№ 219. При скрещивании растений фасоли с белыми семенами с растениями, дающими коричневые семена, в первом поколении все семена оказались пурпурными, а во втором — 560 пурпурных, 188 коричневых и 265 белых. Как это можно объяснить? Определите генотипы исходных форм. Что получится, если гибриды первого поколения возвратно скрестить с белозерным родителем? Коричневозерным родителем?

№ 220. В F_1 от скрещивания растений фасоли с пурпурными семенами получили 331 пурпурное, 140 белых и 114 коричневых семян — всего 585. Объясните результаты скрещивания, определите генотипы исходных растений. Как можно проверить правильность вашего предположения?

№ 221. Растения ржи с антоцианом, опушенные, без воскового налета скрестили с растениями без антоциана, неопушенными, с восковым налетом. В первом поколении все растения оказались с антоцианом, опушенными, с восковым налетом, а во втором поколении произошло расщепление:

335	с антоцианом, опушенные, с восковым налетом
110	с антоцианом, опушенные, без воскового налета
106	с антоцианом, неопушенные, с восковым налетом
40	с антоцианом, неопушенные, без воскового налета
255	без антоциана, опушенные, с восковым налетом
89	без антоциана, опушенные, без воскового налета
86	без антоциана, неопушенные, с восковым налетом
<u>29</u>	без антоциана, неопушенные, без воскового налета
1050	

Объясните расщепление. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений.

№ 222. От скрещивания растений ржи с красными ушками на листьях и желтым зерном с растениями с белыми ушками и белым зерном в F_1 получили растения с красными ушками и зеленым зерном, в F_2 произошло расщепление:

360	с красными ушками и зеленым зерном
117	с красными ушками и желтым зерном
164	с красными ушками и белым зерном
122	с белыми ушками и зеленым зерном
42	с белыми ушками и желтым зерном
<u>54</u>	с белыми ушками и белым зерном
859	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений. Как можно проверить правильность вашего предположения?

№ 223. От скрещивания растений ржи с антоцианом и без антоциана в F_1 все растения содержали антоциан. В F_2 132 растения имели антоциан и 104 оказались без антоциана. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных растений. Как проверить правильность вашего предположения?

№ 224. Растения ржи с опушенными цветковыми чешуями и антоцианом скрестили с растениями, имевшими неопушенные цветковые чешуи, без антоциана. В F_1 все растения имели опушенные цветковые чешуи, с антоцианом. В F_2 произошло расщепление: 105 с опушенными чешуями, с антоцианом; 86 с опушенными чешуями, без антоциана; 37 с опушенными чешуями, с антоцианом и 29 с неопушенными чешуями, без антоциана. Как наследуются признаки? Каковы генотипы исходных растений? Какая часть растений из F_2 с опушенными чешуями, но без антоциана будет гомозиготна по этим признакам?

№ 225. От скрещивания белозерных и желтозерных растений ржи в F_1 все зерна были зелеными, а в F_2 — 886 зеленых, 302 желтых и 391 белое зерно. Как наследуется признак? Определите ге-

нотипы исходных растений. На растениях какого поколения вы будете смотреть окраску зерна F_2 ?

№ 226. Какой вывод о количестве генов, определяющих число листьев, можно сделать из факта, что максимальное количество листьев, характерное для одного из родителей, не было обнаружено в популяции F_2 , состоящей почти из 2000 особей?

№ 227. Зеленозерный сорт ржи при скрещивании с белозерным дает в первом гибридном поколении зеленозерные растения, а во втором было получено 89 зеленозерных, 27 желтозерных и 40 белозерных растений. Объясните расщепление. Определите генотипы исходных растений. Какое расщепление вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании и какое растение используете в качестве анализатора?

№ 228. У одного вида растений была обнаружена сильная изменчивость по опушенности стебля (от 60 волосков на 1 мм^2 до полного отсутствия опушенности). Допустим, что эта изменчивость обусловлена тремя парами несцепленных генов с кумулятивным действием (влияние факторов среды не принимается во внимание).

При скрещивании растения с максимальной опушенностью (60 волосков на 1 мм^2) с совершенно неопушенным (0 волосков) у всех растений F_1 наблюдается промежуточная опушенность (30 волосков на 1 мм^2). Укажите генотипы родительских форм и F_1 . Какова ожидаемая доля в F_2 растений с максимальной и промежуточной опушенностью? Какая часть растений F_2 будет иметь 40 волосков на 1 мм^2 ? Какая часть потомства F_2 будет гомозиготной по генам, обуславливающим данный признак?

№ 229. Растение, гомозиготное по трем парам рецессивных генов, имеет высоту 32 см, а гомозиготное по доминантным аллелям этих генов имеет высоту 50 см. Принимаем, что влияние отдельных доминантных генов на рост во всех случаях одинаково и их действие суммируется. В F_2 от скрещивания этих растений получено 192 потомка. Сколько из них будет иметь генетически обусловленный рост в 44 см?

№ 230. При скрещивании белоплодного растения земляники без усов с красноплодной усатой в F_1 все растения оказались красноплодными усатыми, а в F_2 произошло расщепление: 332 с красными плодами и с усами, 242 с красными плодами без усов, 87 с белыми плодами и с усами и 91 с белыми плодами без усов. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений. Как можно получить гомозиготную форму земляники с усами и красными плодами?

№ 231. При скрещивании растений земляники озимого типа без усов с растениями ярового типа без усов в F_1 получили растения озимого типа с усами, а в F_2 — 381 озимое с усами, 102 яровых с усами, 270 озимых без усов и 110 яровых без усов. От скрещивания гибридов F_1 с исходной яровой формой без усов получили: 181 озимое с усами, 210 яровых с усами, 201 озимое без усов и 188 яровых без усов. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений.

№ 232. Курицу с оперенными ногами и розовидным гребнем скрестили с голоногим петухом, имевшим гороховидный гребень. В потомстве от этого скрещивания получено 25 цыплят с оперенными ногами и гороховидным гребнем, 24 — с оперенными ногами и ореховидным гребнем, 26 — с оперенными ногами и розовидным гребнем и 22 — с оперенными ногами и простым гребнем. Объясните результаты, определите генотипы исходных птиц.

№ 233. При скрещивании кур и петухов с оперенными ногами из двух разных линий в F_1 все цыплята имели оперенные ноги, а в F_2 64 цыпленка имели оперенные и 5 — голые ноги. Когда скрестили особей из F_1 с голоногими особями из F_2 , то получили 37 цыплят с оперенными и 11 — с голыми ногами. Объясните расщепление. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных петухов и кур.

№ 234*. При скрещивании кур и петухов, имеющих ореховидные гребни, получили 279 цыплят с ореховидным гребнем, 115 — с гороховидным, 106 — с розовидным и 35 — с простым. Объясните результаты, определите генотипы исходных кур и петухов. Какая часть потомков с розовидным гребнем из F_2 гомозиготна?

№ 235. Ниже приведены результаты скрещивания:

P	петухи лохмоногие с ореховидными гребнями	×	куры голоногие с простыми гребнями
		↓	
F ₁	11 лохмоногих с ореховидным гребнем		
	15 лохмоногих с розовидным гребнем		
	13 лохмоногих с гороховидным гребнем		
	12 лохмоногих с простым гребнем		
	9 голоногих с розовидным гребнем		
	13 голоногих с гороховидным гребнем		
	11 голоногих с простым гребнем		
	13 голоногих с ореховидным гребнем		
	97		

Объясните результаты скрещиваний, определите, как наследуются эти признаки. Можно ли на основе этого расщепления определить генотипы исходных птиц?

№ 236. От скрещивания белого петуха с окрашенными курами в первом поколении было получено 3/8 окрашенных и 5/8 белых цыплят. Объясните расщепление, определите генотипы исходных птиц.

№ 237. От скрещивания белых кур с розовидным гребнем с черными петухами с простым гребнем в F₁ все цыплята оказались белыми, половина из них с розовидными, половина — с простыми гребнями. Скрестив потомков F₁, различающихся по форме гребня, получили расщепление:

115	белых с розовидным гребнем
112	белых с простым гребнем
23	черных с розовидным гребнем
26	черных с простым гребнем
276	

Объясните результаты, определите генотипы исходных птиц и потомков F₁. Как можно проверить правильность вашего предположения?

№ 238. При скрещивании чистопородных белых леггорнов с чистопородными белыми шелковистыми курами все потомство оказалось белым, а в F₂ наблюдалось соотношение: 63 белых

и 12 цветных. Дайте генетическое объяснение этому результату. Определите генотипы родителей. Какое скрещивание следует поставить для проверки вашего предположения, и какие результаты вы ожидаете при этом получить?

№ 239. От скрещивания петухов белых леггорнов с черными курами в первом поколении было получено 170 белых цыплят. Часть особей первого поколения скрестили между собой, часть — возвратно скрестили с черными курами. В первом случае получили 593 белых и 152 черных цыпленка. В возвратном скрещивании — 145 белых и 144 черных цыпленка. Объясните результаты скрещиваний, определите генотипы родителей.

№ 240. Скрестив кур с белым опереньем с черным петухом, в первом поколении получили только белых цыплят, а во втором — 56 белых и 14 черных. Повторив опыт, во втором поколении получили 163 белых и 37 черных цыплят. Объясните расщепление. Как наследуется белая и черная окраска оперения у кур, использованных в скрещиваниях? Каковы генотипы исходных особей? Чем можно объяснить разницу между первым и вторым опытами? Как проверить правильность вашего предположения? (Решение задачи см. в Приложении 2)

№ 241. От скрещивания белых кур породы плимутрок со светлыми петухами породы брама были получены черные цыплята, часть которых скрестили между собой, часть — с исходными птицами. Результаты скрещиваний приведены ниже:

<p>1) Р белые × светлые</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>F₁ черные</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>F₂ 51 черных 16 светлых <u>22</u> белых 89</p>	<p>2) черные × белые</p> <p style="text-align: center;">из F₁ ↓</p> <p>F_{в1} 29 черных <u>22</u> белых 51</p>	<p>3) черные × светлые</p> <p style="text-align: center;">из F₁ ↓</p> <p>F_{в2} 12 черных <u>8</u> светлых 20</p>
--	--	---

Объясните результаты, определите генотипы исходных кур и петухов.

№ 242. От скрещивания белых кур и петухов двух пород — леггорн и шелковистых — в F₁ получили белых цыплят, а в F₂ — расщепление: 172 белых и 38 черных цыплят. В возвратном скрещи-

вании гибридов F_1 с белыми шелковистыми получили 146 белых и 53 черных цыпленка, а в возвратном скрещивании F_1 с леггорнами — 128 белых. Как наследуется окраска? Определите генотипы исходных пород, объясните результаты всех скрещиваний.

№ 243. Две линии кур различаются по весу. Хотя F_1 , полученное при скрещивании этих линий, фенотипически весьма однородно и обладает промежуточным весом, примерно одна из каждых 130 особей F_2 оказывается заметно тяжелее или легче любой особи из F_1 . Какое генетическое объяснение можно дать этим фактам?

№ 244. В возрасте двух месяцев мыши обычной лабораторной линии весили 23 г и имели фенотипическую вариацию, равную 6.55. После многих поколений инбридинга и отбора удалось выделить карликовую линию (средний вес 12 г, фенотипическая вариация равна 2.92) и гигантскую линию (средний вес 40 г, фенотипическая вариация 26.01). Определите коэффициент вариации и сделайте генетические выводы.

№ 245. От скрещивания желтых длиннохвостых попугайчиков с голубыми в первом поколении все потомки оказались зелеными, а во втором — 56 зеленых, 18 голубых, 20 желтых и 6 белых. Объясните расщепление, определите генотипы птиц всех окрасок.

№ 246. От скрещивания самок дрозофилы, имеющих коричневые глаза, с самцами, имеющими ярко-красные глаза, в F_1 получено красноглазое потомство. В F_2 наблюдалось следующее расщепление:

128 с ярко-красными глазами

40 с белыми глазами

383 с красными глазами

121 с коричневыми глазами

Определите генотипы родителей и потомства и объясните полученные результаты.

№ 247. В вашем распоряжении имеются две линии дрозофилы: одна, имеющая ярко-красную, вторая — коричневую окраску глаз. Линии отличаются друг от друга по двум неаллельным рецессивным генам, наследующимся независимо. Как можно получить гомозиготную линию с дикой окраской глаз?

№ 248. Рecessивные признаки обрезанного края крыла и редуцированной крыловой пластинки у дрозофилы контролируются двумя независимо наследуемыми генами. Как сконструировать линию, гомозиготную по обоим генам?

№ 249. Цветовые вариации в окраске лошадей определяются различными сочетаниями аллелей трех генов: aBE – гнедая, ABE – саврасая, Abe – соловая, aBe – бурая, abe – рыжая, AbE – булано-саврасая, ABe – мышастая, abE – буланая. При скрещивании соловой и буланой лошадей родился рыжий жеребенок. Какие жеребята еще могут появиться у этой пары? Как проверить генотип мышастых и бурых лошадей?

№ 250. При скрещивании собак коричневой и белой мастей все многочисленное потомство оказалось белой масти. Среди потомства большого числа скрещиваний между собой собак F_1 оказалось 40 белых, 9 черных и 5 коричневых. Как наследуется окраска шерсти? Каковы генотипы родителей и потомков? Что получится от скрещивания черных и белых гомозиготных собак?

№ 251. При скрещивании собак черной и белой мастей в первом поколении было получено примерно $1/2$ белых, $3/8$ черных и $1/8$ коричневых. Как это можно объяснить? Каковы генотипы родителей и потомков? Каких щенков вы ожидаете получить от скрещивания исходной белой и коричневых собак из F_1 ?

№ 252. Во втором поколении от скрещивания собак желтой и черной мастей было получено 46 черных, 13 рыжих, 17 коричневых и 6 желтых щенков. Объясните расщепление, определите генотипы родителей, а также фенотип и генотип гибридов F_1 .

№ 253. От скрещивания собак породы доберман-пинчер с голубой длинной шерстью с собаками, имевшими кофейную короткую шерсть, в F_1 получили черных щенков с короткой шерстью, а в F_2 – 19 черных с короткой шерстью, 8 голубых с короткой шерстью, 10 кофейных с короткой шерстью, 7 черных с длинной шерстью, 1 голубого с длинной шерстью и 4 кофейных с длинной шерстью. Скрестив гибридов F_1 с исходными кофейными с короткой шерстью, получили 37 щенков трех мастей: 19 кофейных, 8 голубых и 10 черных, все с короткой шерстью. Объясните ре-

зультаты, определите генотипы исходных собак. Что получится, если гибридов F_1 возвратно скрестить с голубым длинношерстным самцом?

№ 254. При скрещивании собак породы лабрадор различной окраски получены следующие результаты:

1) оба родителя были черной масти — в помете получено расщепление по окраске шерсти, статистически соответствующее $3/4$ черных и $1/4$ рыжих;

2) родители черной и рыжей мастей: в потомстве первой пары получено $1/2$ черных и $1/2$ рыжих щенков, в потомстве второй пары — по $3/8$ черных и рыжих и по $1/8$ шоколадных и светло-золотистых щенков;

3) оба родителя имели рыжий окрас — $3/4$ щенков имело рыжую окраску шерсти и $1/4$ — светло-золотистую.

Как наследуется окраска шерсти у лабрадоров? Какие результаты вы ожидаете получить при скрещивании рыжих собак с собаками, имеющими шоколадную окраску шерсти? Светло-золотистую?

№ 255. При скрещивании собак породы ховаварт, различающихся по окраске шерсти, в нескольких пометах от каждого скрещивания получили результаты, представленные ниже:

♀♀ \ ♂♂	Рыжий № 6	Рыжий № 7
№ 1 черная	5 черных, 4 рыжих	4 черных, 6 рыжих
№ 2 черная	все черные	
№ 3 черная	все черные	все черные
№ 4 рыжая	все рыжие	4 рыжих, 1 желтый
№ 5 рыжая	все рыжие	все рыжие

Объясните результаты всех скрещиваний. Как наследуется окраска у этих собак? Определите генотипы всех собак, участвовавших в скрещиваниях. Как можно определить генотип черного кобеля? Самок какого генотипа следует использовать для этого анализа? В каком случае у обоих черных родителей могут появиться желтые щенки? Какова ожидаемая доля их в помете?

№ 256. В потомстве белых пуделей получили 29 белых и 4 черных щенка. Объясните результат. Определите генотипы исходных собак. Как наследуется окраска? Какое скрещивание следует провести для проверки генотипов исходных белых собак, и какие результаты вы ожидаете при этом получить? •

№ 257. От скрещивания голубых и красных собак породы доберман получены черные потомки. При скрещиваниях черных гибридов F_1 с собаками из исходной линии с голубой окраской получаются пополам черные и голубые щенки, а с собаками из красноокрашенной линии — пополам черные и красные. Известно, что при скрещивании черных гибридов из F_1 между собой кроме черных, голубых и красных щенков появляются щенки изабелловой окраски. В каком соотношении следует ожидать щенков данных окрасок в этом скрещивании? Как можно использовать в генетическом отношении особей с изабелловой окраской? Какие следует планировать скрещивания для получения максимального количества собак голубой и изабелловой окрасок?

№ 258. В нескольких пометах, полученных от двух производителей породы немецкая овчарка, получено 105 щенков, из них 7 двусторонних крипторхов. Как решить, имеет ли данный дефект наследственную природу, и если имеет, то какую? Какие скрещивания для этого надо использовать? Объясните расщепление. Определите генотип исходных собак.

№ 259. В вязках рыжих и белых стаффордширских терьеров получены белые потомки. При скрещиваниях этих собак между собой наблюдается расщепление в соотношении 12 белоокрашенных : 3 рыжих : 1 коричневый. А при скрещивании собак из F_1 с собаками с коричневой окраской шерсти — в соотношении 2 белых : 1 черный : 1 коричневый. Объясните расщепления. Как наследуется окраска шерсти у терьеров? Определите генотипы исходных собак.

№ 260. При скрещивании платиновой норки с алеутской (с темно-голубым пухом и почти черной остью) в F_1 все щенки оказались коричневыми, а во втором поколении наблюдалось расщепление: 28 с коричневой окраской, 10 — с платиновой, 8 — с алеутской и 2 щенка имели новую окраску — цвета папиросного дыма, названную

сапфировой. Аллельны ли гены, обуславливающие платиновую и алеутскую окраски шерсти? Чем обуславливается появление коричневых и сапфировых норок? Какие скрещивания следует поставить, чтобы увеличить выход норок сапфировой окраски?

№ 261. Известны две рецессивные мутации у норок, обуславливающие платиновую окраску шерсти: платиновая серо-голубая и платиновая имперская. Норок, несущих эти мутации, скрестили между собой. В первом поколении все щенки имели коричневую окраску дикого типа, а во втором — 35 с коричневой и 23 с платиновой окраской. Объясните полученные результаты. Аллельны ли гены, обуславливающие платиновую окраску? Какое скрещивание можно поставить для проверки вашего предположения?

№ 262. Алеутские голубые норки отличаются от коричневых норок дикого типа гомозиготностью по рецессивному аллелю *al*. Имперские платиновые норки тоже имеют голубой оттенок меха, но гомозиготны по другому рецессивному гену — *ip*. Двойные рецессивы имеют светло-голубую окраску, называемую сапфировой. При скрещивании коричневых норок получили 53 коричневых, 17 имперских платиновых, 24 алеутских и 8 сапфировых зверьков. Каковы генотипы исходных коричневых норок в этом скрещивании? Какая часть коричневых норок в F_1 будет гомозиготной по обоим генам?

№ 263. От скрещивания светло-бежевых норок с коричневыми в первом поколении все щенки оказались коричневыми, а во втором получилось расщепление: 114 коричневых, 11 светло-бежевых, 35 черных и 38 платиновых. Как наследуются эти окраски у норок? Определите генотипы исходных животных. Что получится, если скрестить черных особей из F_2 со светло-бежевыми? Черных и платиновых норок?

№ 264. При скрещивании кролика с нормальной длиной шерсти с ангорским длинношерстным в F_1 все крольчата имели нормальную длину шерсти, а в F_2 среди 115 потомков 63 имели нормальную длину шерсти, 30 — длинную и 22 — короткую. При скрещивании кроликов из первого поколения с исходным длинношерстным получили 50 длинношерстных, 23 короткошерстных и 25 с нормальной длиной шерсти. Объясните расщепления.

Как наследуется признак? Определите генотипы исходных кроликов.

№ 265. От скрещивания желтых кроликов с шоколадно-коричневыми кроликами были получены черные крольчата. При скрещивании их между собой во втором поколении обнаружили кроликов четырех окрасок: 60 черных, 18 шоколадно-коричневых, 16 желтых и 6 оранжевых. Объясните полученные результаты, определите генотипы родителей и потомков. Какое скрещивание следует поставить, чтобы увеличить выход оранжевых кроликов?

№ 266. При скрещивании кроликов агути с голубыми в первом поколении получили крольчат с окраской агути, а во втором — 68 агути, 17 черных и 6 голубых крольчат. Объясните полученные результаты, определите генотипы родителей. Как проверить правильность вашего предположения?

№ 267. От скрещивания белых и голубых кроликов получили в F_1 28 черных крольчат, а в F_2 — 67 черных, 27 голубых и 34 белых. Как наследуются черная, голубая и белая окраски шерсти у кроликов? Объясните расщепление. Определите генотипы родителей и потомков.

№ 268. От скрещивания оранжевых и шоколадно-коричневых кроликов в первом поколении все крольчата имели черную окраску. Во втором поколении было получено 214 крольчат:

94	черных
32	голубых
25	шоколадно-коричневых
30	желтых
10	светло-серых
12	светло-желтых (черепаховых)
9	оранжевых
2	песочных
<hr style="width: 10%; margin-left: 0;"/>	
214	

Самку песочного цвета из второго поколения скрестили с черным самцом из F_1 . От этого скрещивания в нескольких пометах родилось 46 крольчат с такими же фенотипами, как и в F_2 , но в со-

отношении 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1. Объясните результаты скрещиваний. Определите генотипы всех особей.

№ 269. В 1916 г. в Марбурге была выведена новая порода кроликов со светло-голубой окраской, названная «белкой». Эта порода была получена путем следующих скрещиваний:

P	голубой	×	шоколадно-коричневый
		↓	
F ₁		↓	черные
		↓	
F ₂	47 черных; 12 голубых; 16 шоколадно-коричневых; 6 светло-голубых («белка»)		

Объясните результаты скрещиваний, определите генотипы родителей и потомков. Какое расщепление должно быть в анализирующем скрещивании среди 65 потомков? Каких особей вы возьмете в качестве анализатора?

№ 270. Кастр скрещивал кроликов, различавшихся по длине ушей: фландров с длиной ушей 145 мм и польских с длиной ушей 85–90 мм. В первом поколении от этого скрещивания все особи имели промежуточную длину ушей 110 мм. Длина ушей 214 кроликов второго поколения варьировала от 92 до 123 мм. Сколько генами контролируется длина ушей у кроликов? Каковы генотипы родителей?

№ 271. Во втором поколении от скрещивания белых и голубых кроликов получили расщепление: 9/16 черных, 3/16 голубых и 4/16 белых особей. От скрещивания кроликов, имеющих шерсть обычной длины, с ангорским (длинная шерсть) в F₂ получили 3/4 особей с шерстью обычной длины и 1/4 — с длинной шерстью. Чем обуславливаются окраска шерсти и ее длина? Какова вероятность получения черных кроликов с длинной шерстью от скрещивания между собой гетерозиготных черных особей с обычной шерстью, если признаки наследуются независимо?

№ 272. При скрещивании черной нормальношерстной крольчихи с белым короткошерстным самцом в F₁ все крольчата черные нормальношерстные, а в F₂ получилось следующее расщепление: 31 черный нормальношерстный, 9 голубых нормальношерстных,

13 белых нормальношерстных, 8 черных короткошерстных, 3 голубых короткошерстных и 4 белых короткошерстных. Определите характер наследования признаков и генотипы родителей.

№ 273. В первом поколении от скрещивания голубых и коричневых кроликов все крольчата оказались черными, а во втором было 38 черных, 15 голубых, 17 коричневых и 3 светло-голубых. Как это можно объяснить? Каковы генотипы родителей и потомков? Какое скрещивание следует поставить для проверки вашего предположения, и какие результаты вы ожидаете получить?

№ 274. Скрестив белых ангорских длинношерстных морских свинок с рыжими короткошерстными, в первом поколении получили 25 рыжих короткошерстных потомков. Гибридов F_1 возвратно скрестили с исходными родителями. От скрещивания с белым ангорским получили 13 рыжих с короткой шерстью, 12 рыжих ангорских, 32 белых с короткой шерстью и 36 белых ангорских. От скрещивания гибридов F_1 с рыжим короткошерстным — 54 рыжих короткошерстных. Объясните результаты, определите генотипы исходных животных. Какое расщепление вы ожидаете получить от скрещивания гибридов первого поколения между собой?

№ 275. От скрещивания зеленых и алых меченосцев в первом поколении все рыбки были кирпично-красной окраски, а во втором — 50 кирпично-красных, 5 лимонных, 18 алых и 11 зеленых. Объясните расщепление. Как наследуются эти окраски? Определите генотипы исходных рыб. Что получится, если скрестить алых рыб с лимонными?

№ 276. От скрещивания кирпично-красных и лимонных меченосцев в первом поколении все рыбки оказались кирпично-красными, а во втором — 141 кирпично-красная, 40 алых, 53 зеленых и 12 лимонных. Как наследуется окраска? Определите генотипы исходных рыб и гибридов F_1 . Какое скрещивание следует поставить для проверки правильности вашего предположения, и какое расщепление вы ожидаете при этом получить?

№ 277. При скрещивании голубых гуппи с альбиносами, имеющими белую окраску и красные глаза, в первом поколении было получено 69 голубых рыб, а во втором — 68 голубых, 20 белых с тем-

ными глазами и 34 альбиноса. Объясните расщепление. Как наследуется окраска? Определите генотипы исходных рыб. Какая часть рыб второго поколения гомозиготна по окраске?

№ 278. При скрещивании голубых и светлых гуппи в первом поколении получили серых рыб, а во втором — расщепление: 56 серых, 17 голубых, 19 светлых и 7 белых. При скрещивании гибридов F_1 с белыми рыбами из второго поколения получили 17 серых, 20 голубых, 15 светлых и 19 белых. Как наследуется признак? Определите генотипы всех рыб, использованных в скрещиваниях. Что получится, если скрестить гомозиготных серых и белых рыб?

№ 279. При скрещивании серых гуппи с нормальным спинным плавником с белыми, имеющими длинный спинной плавник «шарф», в первом поколении получили серых рыб с плавником «шарф», а в F_2 — расщепление:

129	серых с плавником «шарф»
35	серых с нормальным плавником
40	голубых с плавником «шарф»
20	голубых с нормальным плавником
32	светлых с плавником «шарф»
10	светлых с нормальным плавником
12	белых с плавником «шарф»
5	белых с нормальным плавником
<hr style="width: 10%; margin-left: 0;"/>	
283	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных рыб. Что получится в анализирующем скрещивании, и каких рыб вы будете использовать в качестве анализатора? Что получится, если скрестить голубых и белых рыб из F_2 с плавником типа «шарф»?

№ 280. От скрещивания темных и белых карпов в F_1 все потомки оказались темными, а в F_2 произошло расщепление:

265	темных
82	стальных
87	оранжевых
24	белых
<hr style="width: 10%; margin-left: 0;"/>	
458	

Как наследуется признак? Определите генотипы исходных рыб. Какая окраска будет у потомков от скрещивания гомозиготных стальных и оранжевых рыб?

№ 281. От скрещивания альбиносов и окрашенных золотых рыбок в F_1 все рыбки оказались окрашенными, а в F_2 произошло расщепление: 199 окрашенных и 17 альбиносов. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных рыб и гибридов F_1 . Какое скрещивание следует поставить для проверки вашего предположения?

№ 282. От скрещивания аквариумных рыбок-меченосцев, имевших два черных пятна на хвосте, с неокрашенными рыбами в F_1 все рыбки имели черную полосу на хвосте, а в F_2 произошло расщепление:

$$\begin{array}{r} 54 \text{ с черной полосой на хвосте} \\ 16 \text{ с двумя черными пятнами на хвосте} \\ \hline 28 \text{ неокрашенных} \\ \hline 98 \end{array}$$

Объясните расщепление. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных рыбок и гибридов F_1 . Какое скрещивание следует поставить для проверки вашего предположения, и каких рыб нужно использовать в этом скрещивании?

№ 283. Скрещиваются два сорта льна, один из которых имел розовую окраску цветка и нормальные лепестки, а другой — белую окраску цветка и нормальные лепестки. В F_1 окраска цветков розовая, лепестки нормальные. В F_2 произошло расщепление: 42 розовых нормальных, 6 розовых гофрированных, 4 белых гофрированных и 16 белых нормальных. Объясните результаты.

№ 284. От брака негров и белых рождаются мулаты. Анализ потомства большого числа браков между мулатами дал расщепление 1 : 4 : 6 : 4 : 1. Среди потомков были черные, белые, мулаты, а также темные и светлые мулаты. Объясните результаты, определите количество генов, обуславливающих окраску кожи, характер их взаимодействия и генотипы родителей и потомков.

№ 285. В брак вступили два альбиноса, не состоящие в родстве. У них родилось 8 детей — пять альбиносов и три неальбиноса. Как это можно объяснить?

№ 286. У вступивших в брак альбиносов родилось 4 нормальных ребенка. Как это можно объяснить? Определите генотипы родителей и детей.

№ 287. У гриба-аскомицета *Aspergillus nidulans* окраска микроконидий (спор бесполового размножения) контролируется сцепленными генами y и w . В норме окраска микроконидий зеленая. Мутации гена y вызывают желтую окраску конидий, мутации гена w эпистатичны по отношению к гену y и поэтому приводят к белой окраске конидий. Какое расщепление ожидается в мейотическом потомстве дигетерозиготы $y^+/y w^+/w$ с зелеными конидиями? Как называется тип взаимодействия между генами y и w (кроме рецессивного эпистаза)? Какова последовательность биосинтеза пигментов?

№ 288. Длина корнеплодов у японской редьки сорта моригути составляла 70, 90, 65, 75, 115, 100, 85, 80 и 90 см; у сорта «миновале» — 70, 45, 80, 65, 50, 50, 65, 55, 75 и 50 см. Вычислите среднее арифметическое и коэффициент вариации для каждого из этих двух сортов. При выращивании редьки первого сорта на песчаных почвах средняя длина корнеплодов была $X = 102$ см. Выходит ли это за пределы интервала $X \pm 2\sigma$?

№ 289*. Фенотипическая дисперсия (V_{ph}) для длины корнеплодов редьки приблизительно равна 50. Средовая дисперсия равна 12. Какова величина коэффициента наследуемости этого признака? Более точные количественные исследования показали, что аддитивная дисперсия для этого признака равна 30. Вычислите действительный коэффициент наследуемости. Какие типы дисперсии определяют различия между этими значениями коэффициента наследуемости?

№ 290. Пусть различия между двумя растениями кукурузы, одно из которых имеет початки длиной 6 см, а другое — 18 см, обусловлены: а) двумя генами; б) тремя генами; в) четырьмя генами, которые оказывают кумулятивное действие на признак длины початка и наследуются независимо друг от друга. Растения первого поколения, полученные от скрещивания исходных форм, гибридизуют с длиннопочатковым сортом. Укажите теоретически ожидаемую долю растений с длиной початка 18 см в F_2 и F_3 для каждого из трех случаев.

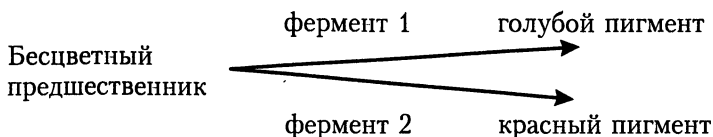
№ 291. В двух инбредных линиях овса урожайность составляет в среднем 5 и 12 г в расчете на одно растение. При самоопылении гибридов от скрещивания этих форм у 1/64 части растений урожайность составляет около 12 г на растение. Сколько генов, ответственных за урожайность, определяют различия между двумя исходными линиями? Какая часть F_2 имеет минимальную урожайность?

№ 292. У дрозофилы при трансплантации глазных имагинальных дисков на личиночной стадии в реципиентных организмах они развиваются в окрашенные глазные структуры, расположенные на брюшке мух. Бидл и Эфрусси проводили эксперименты по пересадке имагинальных дисков с использованием трех линий дрозофилы: дикого типа и с ярко-красной окраской глаз — v (vermilion, хромосома 1) и cn (cinnabar, хромосома 2). Были получены следующие результаты:

Донор	Реципиент	Окраска добавочного глаза
v/v	v/v	ярко-красная
cn/cn	cn/cn	ярко-красная
v/v	дикий тип (v^+/v^+ ; cn^+/cn^+)	дикого типа
cn/cn	дикий тип (v^+/v^+ ; cn^+/cn^+)	дикого типа
cn/cn	v/v	ярко-красная
v/v	cn/cn	дикого типа

Объясните полученные данные. Предложите эксперименты, подтверждающие выдвинутые предположения.

№ 293. У одного из видов растений цветки обычно имеют пурпурную окраску. У этого растения получено две мутации: a , которая в гомозиготном состоянии определяет голубую окраску лепестков, и b , детерминирующая в гомозиготном состоянии красный цвет венчика. Установлено, что биохимические пути синтеза пигментов выглядят следующим образом:



Какая из мутаций приводит к нарушению функции фермента 1? Фермента 2? Какой фенотип будет иметь растение генотипа AaBb? Что получится при его самоопылении? Какие результаты ожидаются в анализирующем скрещивании? Почему полученные мутации рецессивны?

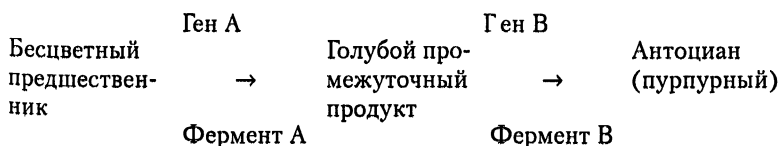
№ 294. У человека заболевание фенилкетонурия вызывается дефектом фермента 1, а алькаптонурия — фермента 2, изображенных на упрощенной схеме:



Какой фенотип ожидается у детей, которые могут появиться в браке между больными фенилкетонурией и алькаптонурией?

№ 295. Один из видов зверобоев является токсичным для альбиносов у травоядных животных, у особей с белыми пятнами это растение вызывает появление язв. Предложите возможные механизмы развития таких реакций.

№ 296. У душистого горошка синтез пурпурного пигмента антоциана контролируется двумя генами А и В, расположенными в следующем пути биосинтеза:



Какая окраска цветков наблюдается у растений из чистой линии, у которых нарушена первая реакция? Какая окраска цветков наблюдается у растений из чистой линии, в которой нарушен второй этап пути биосинтеза антоциана? Какой результат получится в первом и втором поколениях от скрещивания растений из этих двух линий? Какое расщепление ожидается в анализирующем скрещивании?

№ 297. У петунии цветки обычно пурпурной окраски дикий тип. Путем искусственного мутагенеза из линии дикого типа (№ 1) получены 3 линии с белыми цветками (№ 2–4). При скрещивании

растений исходной и мутантных линий получены следующие результаты:

- (а) № 1 × № 2 → F₁ все пурпурноцветковые → F₂ ¾ пурпурные; ¼ белые
 (б) № 1 × № 3 → F₁ все пурпурноцветковые → F₂ ¾ пурпурные; ¼ белые
 (в) № 1 × № 4 → F₁ все пурпурноцветковые → F₂ ¾ пурпурные; ¼ белые

Скрещивания белоцветковых линий между собой дали следующие результаты:

- (г) № 2 × № 3 → F₁ все белоцветковые
 (д) № 2 × № 4 → F₁ все пурпурноцветковые
 (е) № 3 × № 4 → F₁ все пурпурноцветковые

Объясните полученные результаты. Сколько генов определяют окраску цветков у петунии? Как они наследуются? Взаимодействуют ли они между собой? Если да, то как? Составьте схемы биохимических путей взаимодействия генов. Какие результаты получатся в F₂ скрещиваний г-е? Какие формы можно использовать для постановки анализирующих скрещиваний? Какие в них получатся результаты?

№ 298. Спинной плавник у самцов аквариумных рыбок гуппи может быть малым остроконечным (МО), шлейфовым остроконечным (ШО) и шлейфовым широким (ШШ). В скрещиваниях особей из чистых линий получены следующие результаты:

- (1) ШО × МО → F₁ все ШО → F₂ 197 ШО; 69 МО
 (2) ШШ × ШО → F₁ все ШШ → F₂ 243 ШШ; 79 ШО
 (3) МО × ШШ → F₁ все ШШ → F₂ 192 ШШ; 50 ШО; 17 МО

Объясните, как наследуется признак формы плавника. Как можно подтвердить сделанные утверждения? Какие результаты ожидаются при гибридизации F₁ скрещивания (3) с особями из линии с малым остроконечным плавником? Гибридов F₁ скрещивания (3) и (1)?

№ 299. У дрозофилы доминантный аллель гена Н уменьшает число щетинок на теле. В гомозиготном состоянии он летален. Доминантный аллель гена S вызывает формирование звездчатой формы глаз, обладает рецессивным летальным действием и супрессирует морфологическое проявление аллеля Н (особи

Н- S- имеют нормальное число щетинок). Какое расщепление будет наблюдаться в потомстве особей с нормальным количеством щетинок, супрессированным аллелем Н и звездчатыми глазами? Какой ожидается результат в возвратном скрещивании «бесщетиновых» гибридов F_1 с родительскими особями с нормальным числом щетинок?

№ 300. Окраска цветков дикого типа у петунии определяется антоцианом красно-пурпурного цвета. В разных лабораториях независимо были получены две сортовые линии этого растения, имеющие фенотипически идентичные белые цветки. Если венчики особей из этих линий измельчить, получить из них экстракты, а затем смешать их в одной посуде, то сначала бесцветный раствор начнет постепенно окрашиваться в пурпурно-красный цвет. Как это можно объяснить? Как различаются предполагаемые генотипы сортовых линий? Какие результаты в F_1 и F_2 ожидаются в межлинейных скрещиваниях? Какой генотип следует использовать для анализирующих скрещиваний? Как обнаружить растения с этим генотипом и отличить от других фенотипически сходных с ним?

№ 301. Аллель А у крыс обуславливает желтую окраску шерсти. Аллель В другого гена вызывает развитие черной окраски шерсти. У особей А- В- шерсть серого цвета, а у особей aabb — белого. Серого самца скрестили с желтой самкой и получили в F_1 3/8 желтых, 3/8 серых, 1/8 черных и 1/8 белых крысят. Определите генотипы родителей.

№ 302. У дрозофилы при скрещивании красноглазых самок с белоглазыми самцами в F_1 получены самки с пурпурными и самцы с красными глазами. В F_2 наблюдали расщепление и у самок, и у самцов на 3/8 пурпурноглазых, 3/8 красноглазых, 2/8 белоглазых. Объясните, как наследуется признак окраски глаз. Определите генотипы особей родительского, первого и второго поколений.

№ 303. В генетическом анализе окраски цветков у дельфиниума использовали три независимо полученных сортовые линии с белыми цветками (№ 1–3). Получены следующие результаты:

- (а) № 1 × № 2 → F₁ все белые
 (б) № 1 × № 3 → F₁ все красные
 (в) № 2 × № 3 → F₁ все белые
 (г) F₁ (б) × № 1 → 1/4 красные : 3/4 белые
 (д) F₁ (б) × № 2 → 1/8 красные : 7/8 белые
 (е) F₁ (б) × № 3 → 1/2 красные : 1/2 белые

Проведите анализ приведенных данных и установите характер наследования признака окраски цветка. Установите генотипы всех растений, встречающихся в задаче. Какие расщепления ожидаются в скрещиваниях F₁ (б) × F₁ (а) и F₁ (б) × F₁ (в)?

№ 304. У мягкой пшеницы окраска зерна определяется взаимодействием нескольких генов по типу некумулятивной полимерии. При этом может быть вовлечено разное число генов. В одном из скрещиваний краснозерной и белозерной линий в F₂ наблюдалось расщепление 63/64 красных зерен : 1/64 белых зерен. По скольким генам различаются выбранные линии? Каковы генотипы растений родительского и первого поколений? Растения F₂ возвратно скрещивались с особями из белозерной линии. Приведите примеры, в каких случаях наблюдается расщепление зерен на красные и белые: 1 : 1; 3 : 1; 7 : 1. Как вывести формулу, связывающую число менделирующих генов и расщеплением в F₂?

№ 305. У львиного зева цветки дикого типа имеют красную окраску, а мутантные формы отличаются большим разнообразием. При скрещивании чистых линий с соответствующей окраской цветков получены следующие результаты:

№ (х)	P	F ₁	F ₂
1	Оранжевая × желтая	Оранжевая	3/4 оранжевая : 1/4 желтая
2	Красная × оранжевая	Красная	3/4 красная : 1/4 оранжевая
3	Красная × желтая	Красная	3/4 красная : 1/4 желтая
4	Красная × белая	Красная	3/4 красная : 1/4 белая
5	Желтая × белая	Красная	9/16 красная : 3/16 желтая : 4/16 белая
6	Оранжевая × белая	Красная	9/16 красная : 3/16 оранжевая : 4/16 белая
7	Красная × белая	Красная	9/16 красная : 3/16 желтая : 4/16 белая

Как наследуется окраска у львиного зева? Каковы генотипы всех форм, упомянутых в задаче?

№ 306. При скрещивании растений гороха с неветвящимся стеблем и сильноветвящимся (на 7–10 побегов) получается 42 растения с неветвящимся стеблем, 87 растений с маловетвящимися стеблями (на 3–4 побега) и 50 растений с сильноветвящимися стеблями (на 7–10 побегов). При гибридизации растений из двух чистых линий с маловетвящимися стеблями в F_1 получают растения с одиночными стеблями, а в F_2 наблюдается фенотипическое расщепление на 183 неветвящихся, 130 маловетвящихся и 27 сильноветвящихся растений. Как наследуется признак ветвления стебля? Что получится при скрещивании маловетвящихся и сильноветвящихся растений из F_2 ?

№ 307. В потомстве от скрещивания желтой и черной мышей в F_1 появляются детеныши с окраской шерсти: желтой, черной, белой и агути (дикий тип) в соотношении 1 : 1 : 1 : 1. При скрещивании особей дикого типа F_1 получается расщепление на 4/8 особей дикого типа, 2/8 желтых, 2/8 черных и 1/8 белых. При скрещивании любых желтых мышей друг с другом всегда получается расщепление на желтых и белых в соотношении 2 : 1, и при скрещивании черных мышей получают черные и белые потомки в соотношении 2 : 1. Определите характер наследования признака окраски у мышей. Как поставить анализирующее скрещивание и какие в нем ожидаются результаты? Какое численное расщепление наблюдается при скрещивании черных мышей между собой, если среди их потомков есть белые особи?

№ 308. При скрещивании белых кроликов № 1 и № 2 в F_1 получается расщепление на особей с окраской шерсти дикого типа и белой в соотношении 1 : 3. При гибридизации кроликов с окраской шерсти дикого типа из F_1 наблюдается расщепление на особей с окраской шерсти дикого типа и белой в соотношении 4 : 5. При скрещивании кроликов № 1 между собой и № 2 между собой фенотипического расщепления не наблюдается. Объясните полученные результаты. Как наследуется признак окраски шерсти у кроликов в данном случае?

№ 309. При скрещивании мышей с шерстью желтой окраски и окраски дикого типа в F_1 наблюдается расщепление на $2/3$ потомков с желтой и $1/3$ особей с дикой окраской шерсти. При скрещивании некоторых особей дикого типа из F_1 получается расщепление на $2/3$ желтых и $1/3$ дикого типа. Как наследуется признак?

Образцы решения задач

Задача № 176. Тыква. Наследование окраски плода

P	бел.	×	бел.
		↓	
F_1		67 бел.	
		19 желт.	
		6 зел.	
		—	
		92	

Решение

1. Поскольку в F_1 — расщепление, исходные растения гетерозиготны.

2. Расщепление явно не соответствует расщеплению при моногенном наследовании — не $1 : 2 : 1$; предполагаем дигенное наследование. Находим величину одного возможного сочетания гамет — $92 : 16 = 5,75$. Расщепление в опыте — $67 : 5,75 = 11,6$; $19 : 5,75 = 3,3$; $6 : 5,75 = 1$, т. е. примерно $12 : 3 : 1$. Проверка H_0 о дигенном наследовании с расщеплением $12 : 3 : 1$ по χ^2 ($\chi^2 = 0,25$, $p > 0,80$) ее не отвергает. Следовательно, окраска определяется взаимодействием двух генов по типу доминантного эпистаза: А — подавитель любой окраски, в его присутствии плоды белые; а — «разрешитель» окраски, которая зависит от другого гена: В — желтая окраска, в — зеленая окраска. Оба типа окраски проявляются только в присутствии аллеля а — $aaV-$ — желтая, $aabb$ — зеленая.

Поскольку исходные растения имели белые плоды, в их генотипе есть аллель А, появление в потомстве желтых плодов свидетельствует о наличии у исходных растений аллеля В, появление зеленых плодов указывает на гетерозиготность исходных растений по обоим генам, следовательно, генотип исходных растений $AaBb$.

3. Характер расщепления свидетельствует о независимом наследовании генов А и В.

4. Скрещивание исходных растений $AaBb$ с зеленоплодным — $aabb$ — является анализирующим. В $F_{ан.}$ возможно образование четырех генотипов с равной вероятностью: $AaBb$, $Aabb$, $aaBb$, $aabb$. Особи с генотипами $AaBb$ и $Aabb$ будут иметь белые плоды, расщепление в $F_{ан.}$ — 2 бел. : 1 желт. : 1 зел.

Выводы:

1. Окраска плодов у тыквы контролируется двумя генами, взаимодействующими по типу доминантного эпистаза с расщеплением 12 : 3 : 1, гены наследуются независимо.

2. Генотип исходных растений $AaBb$.

3. При скрещивании исходных растений с зеленоплодным из F_1 произойдет расщепление — 2 бел. : 1 желт. : 1 зел.

Задача № 185. Душистый горошек. Наследование окраски и расположения цветков

P	бел. паз. × бел. верх.
	↓
F ₁	пурп. паз.
	↓
F ₂	415 пурп. паз.
	140 пурп. верх.
	350 бел. паз.
	95 бел. верх.
	<hr style="width: 100px; margin: 0 auto;"/> 1000

Решение

I. Анализ наследования каждого признака.

Окраска цветков

1. В F_1 единообразии, по-видимому, исходные растения гомозиготны.

2. В F_2 расщепление: пурп. бел.

415	350
140	95
<hr style="width: 100px; margin: 0 auto;"/>	<hr style="width: 100px; margin: 0 auto;"/>
555	445

Расщепление не моногенного типа (не 3 : 1). Предполагаем дигенное наследование. Находим величину одного возможного сочетания гамет — $1000 : 16 = 62,5$. Определяем расщепление

в опыте: $555 : 62,5 = 8,9$; $445 : 62,5 = 7,1$, т. е. примерно 9 : 7. Проверка H_0 по χ^2 ($\chi^2 = 0,29$, $p > 0,50$) ее не отвергает. Следовательно, признак контролируется двумя генами, взаимодействующими по типу комплементарности: пурпурная окраска — результат взаимодействия доминантных аллелей двух генов — А и В, каждый из которых в отдельности ни в доминантном, ни в рецессивном состоянии не дает окраски.

3. Генотипы исходных растений: $AAbb$ и $aaBB$, так как оба растения имеют белые цветки, а в F_1 цветки пурпурные, генотип гибридов F_1 — $AaBb$. Однако из опыта нельзя точно определить, какой из родителей имеет генотип $AAbb$, а какой $aaBB$.

Расположение цветков на стебле

1. В F_1 — единообразии, следовательно, исходные растения гомозиготны.

2. В F_2 — расщепление:

паз.	верх.
415	140
<u>350</u>	<u>95</u>
765	235

Поскольку имеем расщепление на два фенотипических класса с преобладанием пазушного расположения над верхушечным, предполагаем моногенное наследование. Находим величину одного возможного сочетания гамет: $1000 : 4 = 250$. Расщепление в опыте — $765 : 250 = 3,1$; $235 : 250 = 0,9$, т. е. примерно 3 : 1. Проверка гипотезы о моногенном расщеплении в соотношении 3 : 1 по χ^2 ($\chi^2 = 1,2$, $p > 0,20$) ее не отвергает.

Вводим обозначение аллелей: С — паз., с — верх. Генотипы исходных растений CC — пазушн., cc — верх., гибриды F_1 — Cc .

II. Анализ расщепления по двум признакам

H_0 : признаки наследуются независимо, следовательно, по теории вероятности должно быть следующее расщепление: (3 паз. : 1 верх.) \times (9 пурп. : 7 бел.) = 27 пурп. паз. : 21 бел. паз. : 9 пурп. верх. : 7 бел. верх. Находим величину одного возможного сочетания гамет в расщеплении — $1000 : 64 = 15,6$. Расщепление в опыте — $415 : 15,6 = 26,6$; $140 : 15,6 = 8,9$; $350 : 15,6 = 22,4$; $95 : 15,6 =$

= 6,1, т.е. примерно 27 : 9 : 21 : 7. Проверка гипотезы по χ^2 ($\chi^2 = 3,93, p > 0,20$) ее не отвергает.

Выводы:

1. Окраска цветков контролируется двумя независимо наследуемыми генами, взаимодействующими по типу комплементарности с расщеплением 9 пурп. : 7 бел.

2. Расположение цветков на стебле контролируется одним геном с доминированием пазушного расположения над верхушечным.

3. Признаки наследуются независимо, гены не сцеплены.

4. Генотипы исходных растений: бел. пазушн. ААbbСС или ааВВСС, бел. верх. — ааВВсс или ААbbсс, генотип гибридов F₁ — АаВbСс.

Задача № 186. Душистый горошек. Наследование окраски цветка

P бел. × пурп.

↓

F₁ 3/8 пурп. : 5/8 бел.

Решение

1. В F₁ — расщепление, следовательно, хотя бы один из родителей гетерозиготен.

2. По условию признак контролируется двумя генами, взаимодействующими комплементарно, расщепление в опыте — 3/8 : 5/8, следовательно, можно предположить, что один из родителей образует 4 типа гамет, т. е. является дигетерозиготой Сс Рр (пурп.), а другой — два типа гамет, т. е. гетерозиготен по одному из генов. Его возможный генотип либо С сrr, либо сс Рр:

Гаметы	С Р	С r	с Р	с r
С р	СС Рр	СС rr	Сс Рр	Сс rr
с р	Сс Рр	Сс rr	сс Рр	сс rr

Все потомки С-Р- — пурп. (3/8), все остальные — бел. (5/8).

Вывод:

Генотипы исходных растений: пурпурный Сс Рр, белый Сс rr или сс Рр.

Задача № 234. Куры. Наследование формы гребня

P ♀♀ гороховидн. гр. × ♂♂ розовидн. гр.

F₁ ♀ и ♂ ореховидн. гр.

F ₂	279	ореховидн.
	115	гороховидн.
	106	розовидн.
	35	простой
	535	

Решение

1. В F₁ — единообразии и новое проявление признака — P, очевидно, гомозиготны; признак контролируется, вероятно, не одной парой аллелей.

2. В F₂ — расщепление не моногенного типа — 4 фенотипических класса. Предполагаем дигенное наследование. Определяем величину одного возможного сочетания гамет — 535 : 16 = 33,4. Расщепление в опыте — 279 : 33,4 = 8,4; 115 : 33,4 = 3,5; 106 : 33,4 = 3,0; 35 : 33,4 = 1,0, т. е. примерно 9 : 3 : 3 : 1. Проверка по χ^2 ($\chi^2 = 4,14$, $p > 0,02$) гипотезы о наследовании с расщеплением 9 : 3 : 3 : 1 ее не отвергает. Следовательно, признак определяется комплементарным взаимодействием двух генов: A- B — ореховидный, A- bb — гороховидный, aa B- — розовидный и aa bb — простой. Характер расщепления свидетельствует о независимом наследовании генов A и B.

Генотипы P: гороховидный — AA bb, розовидный — aa BB, генотип гибридов F₁ — Aa Bb.

3. При скрещивании петухов с генотипом aa BB (розовидный гребень) с курами, имеющими генотип aabb (простой гребень) все особи будут иметь розовидный гребень.

Выводы:

1. Форма гребня у кур контролируется двумя независимо наследуемыми генами, взаимодействующими по типу комплементарности с расщеплением 9 : 3 : 3 : 1.

2. Генотип петухов — aa BB, кур — AA bb, генотип гибридов F₁ — Aa Bb.

3. При скрещивании исходных петухов с курами из F₂ с простым гребнем все цыплята будут иметь розовидный гребень.

Задача № 289

$$h^2 = \sigma_A^2 / \sigma_{ph}^2, \quad \sigma_A^2 = \sigma_g^2 - \sigma_D^2 - \sigma_I^2,$$

где h^2 — коэффициент наследуемости,

σ_{ph}^2 — фенотипическая дисперсия,

σ_A^2 — дисперсия, объясняемая аддитивным действием генов,

σ_D^2 — дисперсия, объясняемая взаимоотношениями доминирования,

σ_I^2 — дисперсия за счет неаллельных взаимодействий генов.

Часто σ_D^2 и σ_I^2 трудно определимы и $\sigma_A^2 \cong \sigma_g^2$.

$\sigma_g^2 = \sigma_{ph}^2 - \sigma_E^2$, где σ_E^2 — средовая дисперсия 12.

Таким образом, $h^2 = (50 - 12) : 50 = 0,76$.

При более точном определении σ_A^2 , $h^2 = 30 : 50 = 0,6$.

Раздел 4

Наследование признаков, сцепленных с полом

№ 310. Две красноглазые длиннокрылые особи дрозофилы при скрещивании между собой дали следующее потомство:

самок: $\frac{3}{4}$ красноглазых длиннокрылых, $\frac{1}{4}$ красноглазых с зачаточными крыльями;

самцов: $\frac{3}{8}$ красноглазых длиннокрылых, $\frac{3}{8}$ белоглазых длиннокрылых, $\frac{1}{8}$ красноглазых с зачаточными крыльями, $\frac{1}{8}$ белоглазых с зачаточными крыльями.

Объясните расщепления. Как наследуются данные признаки? Каковы генотипы родителей?

№ 311*. 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 потомков?

№ 312. При скрещивании самки дрозофилы с коричневыми глазами и нормальными крыльями с красноглазым самцом с обрезанными крыльями в F_1 все самки и самцы имели красные глаза и нормальные крылья, а в F_2 произошло расщепление:

самки: 161 с красными глазами и нормальными крыльями, 42 с коричневыми глазами и нормальными крыльями;

самцы: 76 с красными глазами и нормальными крыльями, 80 с красными глазами и обрезанными крыльями, 26 с коричневыми глазами и нормальными крыльями, 18 с коричневыми глазами и обрезанными крыльями.

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных мух и потомков F_1 . Что получится в F_1 и F_2 в результате обратного скрещивания?

№ 313. 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 обнаружено две самки с белыми глазами и один самец с красными глазами. Как можно объяснить появление необычных самок и самцов? Как проверить правильность вашего предположения?

№ 314*. Ниже приведены результаты двух реципрокных скрещиваний на дрозофиле:

I опыт

Прямое		Обратное	
P ♀ ярко-красные глаза	× ♂ дикого типа	P ♀ дикого типа	× ♂ ярко-красные глаза
	↓		↓
(из линии № 1)			(из линии № 1)
F_1 ♀ и ♂ дикого типа		F_1 ♀ и ♂ дикого типа	

II опыт

Прямое		Обратное	
P ♀ ярко-красные глаза	× ♂ дикого типа	P ♀ дикого типа	× ♂ ярко-красные глаза
	↓		↓
(из линии № 2)			(из линии № 2)
F_1 ♀ дикого типа		♀ и ♂ дикого типа	
♂ ярко-красные глаза			

Каков характер наследования в этих скрещиваниях? Можно ли на основании этих данных определить число генов, контролирующих окраску глаз?

№ 315. У дрозофилы ген l является рецессивным, локализованным в X-хромосоме и летальным. Каково будет численное соотношение полов в потомстве от скрещивания самки ll с нормальным самцом?

№ 316. У дрозофилы при скрещивании самки с полосковидными глазами с нормальным самцом в F_1 все самцы и самки

с полосковидными глазами. В обратном скрещивании в F_1 самки с полосковидными, а самцы с нормальными глазами. Как наследуются признаки? Каким должно быть потомство F_2 в этих скрещиваниях?

№ 317. У дрозофилы рецессивный ген желтой окраски тела (*yellow* — *y*) локализован в X-хромосоме. Определите генотип и фенотип потомства от скрещивания диплоидного самца с желтым телом с триплоидной самкой с генотипом $++y$.

№ 318. У молодых цыплят нет заметных половых различий, а между тем экономически целесообразно устанавливать для будущих 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 же после вылупления?

№ 319. У кур встречается рецессивный сцепленный с полом летальный ген, который вызывает гибель цыплят до вылупления. Нормальная самка, скрещенная с гетерозиготным по летальному гену самцом, дала 120 живых цыплят. Какое количество среди них самцов? Самок?

№ 320. 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 розовидным гребнем.

Объясните результаты, определите генотипы родителей и потомков.

№ 321. В потомстве от скрещивания рано оперившегося петуха с поздно оперившейся курицей обнаружено 20 поздно оперившихся петушков и 22 рано оперившиеся курочки. В обратном скрещивании и петушки, и курочки оперялись поздно. Объясните расщепление. Какие результаты вы ожидаете получить в F_2 реципрокных скрещиваний?

№ 322. При скрещивании золотистых петухов (породы род-айленд) с суссекскими курами, обладающими серебристым оперением, наблюдается наследование крест-накрест: в F_1 все петухи серебристые, все куры — золотистые. Как наследуется окраска? Каких результатов следует ожидать в F_1 обратного скрещивания? В F_2 в прямом и обратном скрещиваниях?

№ 323. При скрещивании рябых петухов с нерябыми курами все петушки и курочки первого поколения оказались рябыми, а в обратном скрещивании в F_1 петушки были рябые, а курочки — нерябые; в F_2 от этого скрещивания было получено 29 рябых и 31 нерябой цыпленок обоего пола. Объясните результаты. Определите генотипы исходных птиц. Какое расщепление вы ожидаете получить в F_2 прямого скрещивания среди 100 потомков?

№ 324. При скрещивании петуха с желтыми ногами с курицей, имевшей зеленые ноги, в F_1 все петушки и курочки имели желтые ноги, а в обратном скрещивании курочки были с зелеными, а петушки с желтыми ногами. В F_2 прямого скрещивания 152 цыпленка обоего пола имели желтые ноги и 49 курочек — зеленые. Как наследуется признак? Определите генотипы исходных птиц. Какое расщепление вы ожидаете получить в F_2 обратного скрещивания?

№ 325. При скрещивании курчавоперого петуха с зелеными ногами с курами, имевшими нормальное оперение и желтые ноги, в F_1 все петушки оказались курчавоперыми с желтыми ногами, а курочки — курчавоперыми с зелеными ногами. В F_2 появились петушки и курочки четырех фенотипов: 73 курчавоперые с желтыми ногами, 71 курчавоперая с зелеными ногами, 21 с нормальным оперением и желтыми ногами, 18 с нормальным оперением и зелеными ногами. Как наследуются признаки? Каковы генотипы исходных птиц? Какой результат вы ожидаете получить в F_1 и F_2 обратного скрещивания?

№ 326. При скрещивании белого самца аквариумной рыбки медаки с красной самкой в первом поколении все самцы и самки оказались красными, а в F_2 — 117 красных обоего пола и 43 белых самца. В обратном скрещивании в F_1 появилось 197 белых самцов и 230 красных самок. Как наследуется признак? Определите

генотипы исходных рыб. Какое расщепление вы ожидаете получить в F_2 обратного скрещивания среди 200 потомков?

№ 327. От скрещивания белого самца аквариумной рыбки медаки с коричневой самкой в F_1 все самки и самцы оказались коричневыми, а в F_2 — 248 коричневых, 57 голубых, 53 красных и 21 белая. Пол определить удастся у этих рыбок не раньше чем в годовалом возрасте. Через год среди выживших рыб распределение их по полу и окраске оказалось следующее:

самки: 147 коричневых и 35 красных,

самцы: 77 коричневых, 56 голубых, 16 красных и 19 белых.

Как наследуется признак? Определите генотипы исходных рыб. Что получится, если скрестить гомозиготного коричневого самца с белой самкой?

№ 328. При скрещивании серых самок аквариумных рыбок гуппи с пестроокрашенным самцом в первом поколении получены серые самки и пестрые самцы в соотношении 1 : 1. То же наблюдалось в F_2 и F_3 . Объясните полученные результаты. Определите генотипы исходных рыб.

№ 329. Ниже указано, какое потомство получается при скрещивании кошек, различающихся по окраске шерсти.

Родители		Потомство	
самцы	самки	самки	самцы
Черный	Рыжая	Черепаховая (трехцветные)	Рыжие
Рыжий	Черная	Черепаховые	Черные
Рыжий	Черепаховая	Рыжие и черепаховые	Черные и рыжие
Черный	Черепаховая	Черные и черепаховые	Черные и рыжие

Объясните результаты скрещиваний. Как наследуется окраска шерсти у кошек? Почему у котов не встречается черепаховая окраска? Напишите генотипы всех указанных выше особей.

№ 330. Если черная кошка принесла котят, один из которых имеет черепаховую окраску шерсти, а три — черную, то что вы мо-

жете сказать об окраске шерсти у отца этих котят? О поле этих котят?¹⁰

№ 331. От черной кошки и черного кота родилось три котенка: кошка с черепаховой окраской и два кота с черной окраской. Как это можно объяснить?¹⁰

№ 332. Известно, что черепаховая окраска бывает только у кошек. Сообщают, однако, что иногда (очень редко) рождаются коты с черепаховой окраской. Как это можно объяснить?¹⁰

№ 333. При скрещивании кошки, имеющей черепаховую окраску шерсти (трехцветные), с рыжим котом в нескольких пометах получено 18 черепаховых и 14 рыжих кошек, 16 рыжих и 17 черных котов. Скрещивание черепаховой кошки с черным котом дало 10 черепаховых и 13 черных кошек, 11 рыжих и 8 черных котов. Объясните результаты.

№ 334. Во Франции Дрие обнаружил трех бесшерстных телят. Все они были мужского пола. Родителями двух из них были нормальная корова и нормальный бык. Кроме этих двух бычков от тех же родителей родилась нормальная телка. Третий бесшерстный бычок родился от возвратного скрещивания нормальной телки с ее нормальным отцом, от которого с другими неродственными коровами было получено 180 нормальных телят. Можно ли на основании этих данных определить, как наследуется бесшерстность? Напишите возможные генотипы всех особей, упомянутых в задаче. Как можно проверить ваше предположение?

№ 335. Отсутствие потовых желез у людей наследуется как рецессивный признак, сцепленный с полом. Юноша, не страдающий этим заболеванием, женится на здоровой девушке, отец которой лишен потовых желез, а мать и ее предки здоровы. Какова вероятность того, что сыновья и дочери от этого брака будут страдать отсутствием потовых желез? Если жены сыновей и мужа дочерей будут здоровыми, то будут ли здоровы их дети?

¹⁰ Окраска шерсти у кошек контролируется одним геном, локализованным в X-хромосоме. Гетерозиготы имеют черепаховую окраску.

№ 336. 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 все сыновья были здоровы. Какова генетическая обусловленность этого заболевания?

№ 337. Отец и сын — дальтоники, а мать различает цвета нормально. Определите генотипы родителей и ребенка. Правильно ли будет сказать, что в этой семье сын унаследовал свой недостаток от отца?

№ 338*. Девушка, имеющая нормальное зрение, отец которой был дальтоником, выходит замуж за мужчину с нормальным зрением, отец которого также был дальтоником. Какое зрение может быть у потомства от этого брака?

№ 339. Нормальные в отношении зрения 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, детей и внуков?

№ 340. 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?

№ 341. Женщина с нормальным зрением, оба родителя которой имели нормальное зрение, выходит замуж за мужчину с нормальным зрением. От этого брака родилась дочь с нормальным зрением и сын-дальтоник. И дочь, и сын вступили в брак с нормальными в отношении зрения людьми. У дочери родилось два сына, один из которых оказался дальтоником. Все дети сына —

три мальчика и две девочки — были нормальными в отношении зрения. Составьте родословную этой семьи. Каковы генотипы всех лиц, упомянутых в задаче? Какое зрение может быть у правнуков, если в дальнейшем все партнеры в браках будут иметь нормальное зрение?

№ 342. Мужчина с голубыми глазами и нормальным зрением, 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 оказался дальтоником. Составьте родословную и определите генотипы всех членов этой семьи.

№ 343. От двух нормальных по зрению родителей родилась дочь с нормальным зрением. Впоследствии она вышла замуж за мужчину-дальтоника, который имел нормальных по зрению брата и сестру. От этого брака родилась одна дочь-дальтоник. Родители хотят знать, какова вероятность рождения у них других детей-дальтоников. Составьте родословную этой семьи, определите генотипы всех членов семьи и вероятность рождения от этой пары детей с нормальным зрением и дальтоников.

№ 344. Женщина-дальтоник имеет нормальных по зрению мать и брата. Какова вероятность того, что ее первый сын будет дальтоником?

№ 345. Кареглазая женщина, обладающая нормальным зрением, отец которой имел голубые глаза и страдал дальтонизмом, выходит замуж за голубоглазого мужчину, имеющего нормальное зрение. Какого потомства можно ожидать от этой пары в отношении указанных признаков?

№ 346. Мужчина-дальтоник женится на женщине с нормальным зрением. У них рождаются нормальные по зрению дочери и сыновья, которые все вступают в брак с нормальными в отношении зрения людьми. Какие из внуков могут быть дальтониками? Какие из правнуков обнаружат дальтонизм, если среди внуков все браки произойдут между двоюродными родственниками?

№ 347. Какой ребенок может родиться в браке между женщиной-дальтоником и нормальным по зрению мужчиной при нерасхождении X-хромосом у матери? Каким будет пол этого ребенка?

№ 348. Отец и сын страдают гемофилией, мать здорова. Каковы наиболее вероятные генотипы родителей и ребенка?

№ 349. 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 крови 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.

№ 350. 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. Определите генотипы членов этой семьи. Какова вероятность того, что дочь является носительницей гемофилии?

№ 351. У человека отсутствие потовых желез проявляется как сцепленный с полом рецессивный 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 у второго сына также проявятся обе эти аномалии? Какова вероятность того, что их третьим ребенком будет нормальная девочка?

№ 352. Здоровый (негемофилик) мужчина с группой крови АВ женился на здоровой женщине с группой крови 0, отец которой страдал гемофилией. Определите их генотипы. Какие фенотипы можно ожидать в потомстве этих супругов и с какой вероятностью?

№ 353. Мужчина с группой крови АВ, страдающий дальтонизмом, женится на девушке с нормальным зрением и группой крови 0.

Отец девушки — дальтоник и имеет группу крови А. От этого брака родилось двое детей: девочка с нормальным зрением и группой крови А и мальчик с нормальным зрением и группой крови В. Составьте родословную этой семьи, укажите генотипы всех членов семьи. Какова вероятность рождения у этих людей детей-дальтоников? Могут ли родиться дети с группами крови родителей?

№ 354. У населения Средиземноморских стран распространен один из видов анемии — талассемия, которая обуславливается аутосомным рецессивным геном, вызывающим в гомозиготе наиболее тяжелую форму заболевания — большую талассемию, обычно смертельную для детей. В гетерозиготе проявляется менее тяжелая форма — малая талассемия.

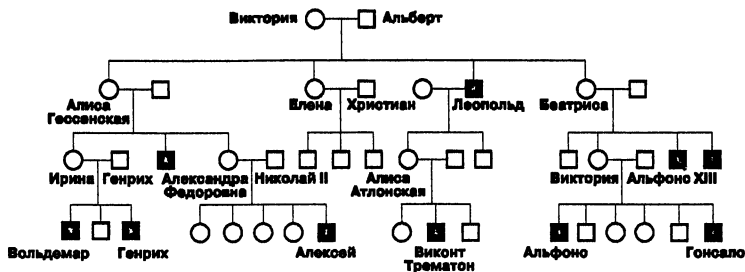
Женщина-дальтоник с малой талассемией вышла замуж за человека с нормальным зрением и также с малой талассемией. Определите генотипы этих двух людей. Укажите возможные фенотипы и генотипы детей от такого брака. Какой части детей угрожает смерть от талассемии?

№ 355. Способность различать вкус фенилтиокарбамида (ФТК) доминирует над неспособностью различать вкус данного вещества. Признак не сцеплен с полом.

Женщина с нормальным зрением, различающая вкус ФТК, вышла замуж за дальтоника, неспособного различать вкус ФТК. У них было две дочери, не страдавшие дальтонизмом и различающие вкус ФТК, и четыре сына, ни один из которых не страдал дальтонизмом, причем два различали вкус ФТК, а два — не различали. Каковы генотипы родителей и детей? Определите вероятность гетерозиготности матери по гену дальтонизма.

№ 356. У человека есть наследственное аллергическое заболевание — геморрагический диатез, вызываемый рецессивным геном. Аллели этого гена находятся в X- и Y-хромосоме. Определите, какие будут дети и внуки, если родители: а) жена и все ее предки здоровы, а муж болен; б) муж и все его предки здоровы, а жена больна?

№ 357. Ниже представлена родословная английской королевы Виктории. На основе анализа этой родословной проанализируйте наследование гемофилии.



№ 358. Коулман с сотрудниками исследовали аномалию — своеобразное дрожание тела, наблюдаемое у бронзовых индеек, которое оказалось наследственным и получило наименование «вибрирование». Жизнеспособность этих птиц была нормальной. При разведении их в себе получилось аномальное потомство. Однако когда «вибрирующих» индюков скрещивали с нормальными индейками, то все потомки женского пола были аномальны, а все потомки мужского пола — нормальны. Как наследуется аномалия? Определите возможные генотипы.

№ 359. У собаки в помете 8 щенков, половина из них — самцы. Один очень рано обнаружил признаки гемофилии. Определите вероятность гемофилии у остальных щенков. Сколько щенков и какого пола окажутся носителями гемофилии? С помощью какого скрещивания можно с большой вероятностью выявить носителей гемофилии среди этих собак?

№ 360. Пыльцой мужского растения дремы с зелеными листьями опыляют цветки женских растений с желто-зелеными листьями. В F_1 женские растения имеют зеленые листья, а мужские — желто-зеленые. В обратном скрещивании все гибридные растения были зеленые. Как это можно объяснить? Какого потомства в F_2 от этих скрещиваний вы ожидаете получить? Определите генотипы исходных растений.

Образцы решения задач

Задача № 311

Объект: дрозофила

Признаки: 1) окраска глаз и 2) длина крыльев.

Условие:

P ♀ красноглазые × ♂ красноглазые
 длиннокрылые длиннокрылые



F₁

♀♀		♂♂	
Красноглазые, длиннокрылые	154	Красноглазые, длиннокрылые	98
Красноглазые, зачаточные крылья	48	Красноглазые, зачаточные крылья	25
—		Белоглазые, длиннокрылые	95
—		Белоглазые, зачаточные крылья	32
Σ	202	Σ	250

Вопросы:

- 1) Какова генетическая обусловленность признаков?
- 2) Каковы генотипы потомков и родителей?

Решение

Анализ наследования каждого признака проводится отдельно.

1. Окраска глаз

Красноглазые	♀♀ 202	♂♂ 123	Σ 325
Белоглазые	♀♀ —	♂♂ 127	Σ 127

В F₁ наблюдается расщепление на два фенотипических класса с преобладанием красноглазых особей, причем белоглазыми оказываются только самцы. Расщепление уже в F₁ свидетельствует о гетерозиготности исходных особей. Предполагаем моногенные различия родительских форм. Определяем величину одного сочетания гамет в расщеплении: $452 : 4 = 113$. Определяем расщепление в опыте: $325 : 113 = 2,88$; $127 : 113 = 1,12$; что похоже на $3/4$ красноглазых : $1/4$ белоглазых. Проверка гипотезы о моногенном отличии с расщеплением $3 : 1$ по χ^2 ($\chi^2 = 2,31 < 3,84$ при $p < 0,05$) ее не отвергает. Тот факт, что минимальный фенотипический класс представлен только особями гетерогаметного пола, свидетельствует о сцеплении признака с полом. Вводим обозначения аллелей начиная с F₁. Родительские особи: самки $\frac{A}{a}$, самцы $\frac{A}{a}$.

2. Длина крыльев

В F_1 наблюдается расщепление на два фенотипических класса с преобладанием класса длиннокрылых особей. При этом каждый класс представлен особями обоих полов. Это свидетельствует о несцепленности признака с полом. Суммарное расщепление составляет 347 длиннокрылых : 105 особей с зачаточными крыльями. Наличие расщепления свидетельствует о гетерозиготности родительских особей. Определяем величину одного сочетания гамет: $452 : 4 = 113$. Определяем расщепление в опыте — $347 : 113 = 3,1$; $105 : 113 = 0,9$, что похоже на $3 : 1$. Проверка гипотезы о моногенных различиях родительских форм ($H_0 3 : 1$) по χ^2 ($\chi^2 = 0,76 < 3,84$ при $p < 0,05$) ее не отвергает. Вводим обозначения аллелей B — длиннокрылый, b — зачаточные крылья. Генотип родителей Bb .

3. Анализ совместного наследования двух признаков

По-видимому, признаки наследуются независимо, так как один из них наследуется сцепленно с полом, а другой — аутосомно. Ожидаемое расщепление по двум признакам:

$(3/4 \text{ красноглазых} + 1/4 \text{ белоглазых } \delta \delta) (3/4 \text{ длиннокрылых} + 1/4 \text{ с зачаточными крыльями}) = 9/16 \text{ красноглазых длиннокрылых} + 3/16 \text{ красноглазых с зачаточными крыльями} + 3/16 \text{ белоглазых длиннокрылых } \delta \delta + 1/16 \text{ белоглазых } \delta \delta \text{ с зачаточными крыльями.}$

Проверка расщепления по χ^2 ($\chi^2 = 3,37 < 7,8$ при трех степенях свободы; $p < 0,05$).

Выводы:

1. Признак окраски контролируется одним геном, локализованным в X-хромосоме, аллель красноглазости доминирует над аллелем белоглазости.

2. Признак длины крыльев контролируется одним геном, локализованным в аутосоме, аллель длиннокрылости доминирует над аллелем зачаточных крыльев.

3. Признаки наследуются независимо, т. е. располагаются в негомологичных хромосомах.

4. Генотипы особей родительского поколения: самки $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$, самцы $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$.

Задача № 314. Дрозофила. Наследование окраски глаз

Решение

1. В первом опыте реципрокные скрещивания показали одинаковые результаты. Очевидно, признак не сцеплен с полом.

2. Во втором скрещивании результаты реципрокных скрещиваний разные — в одном направлении скрещивания проявилось наследование крисс-кросс, следовательно, признак сцеплен с полом.

3. Точно определить число генов, контролирурующих окраску глаз, нельзя, так как отсутствуют данные о расщеплении. Однако можно сказать, что окраска глаз у дрозофилы контролируется не менее чем двумя генами, один из которых локализован в аутосоме, а другой — в X-хромосоме.

Задача № 338. Человек. Наследование дальтонизма



Решение

Известно, что дальтонизм — рецессивный признак, сцепленный с полом, контролируемый одним геном. Введем обозначение аллелей: D — норм. зрен., d — дальтонизм.

Признак, сцепленный с полом, обязательно проявляется у мужчин, так как они гемизиготны по этому признаку. Следовательно, можно записать генотипы всех мужчин: отцы-дальтоники имеют генотип \underline{d} , мужчина с нормальным зрением \underline{D} . Женщина имеет нормальное зрение, следовательно, в ее генотипе есть аллель D. Поскольку одну X-хромосому женщина всегда получает от отца, она гетерозиготна, ее генотип $\underline{D}/\underline{d}$, она является носителем дальтонизма. Оба родителя могут образовать два типа гамет:

♂	♀	\underline{D}	\underline{d}
\underline{D}		$\underline{D}/\underline{D}$	$\underline{D}/\underline{d}$
→		$\underline{D}/\underline{d}$	$\underline{d}/\underline{d}$

Следовательно, от этого брака могут родиться девочки с нормальным зрением, причем половина из них — носительницы дальтонизма; среди мальчиков половина окажется дальтониками.

Раздел 5

Наследование при сцеплении и кроссинговере

№ 361*. В анализирующем скрещивании от гетерозиготы AaBb были получены следующие результаты:

AB	903
Ab	101
aB	98
ab	<u>898</u>
	2000

Объясните расщепление. Если гены сцеплены, то в каком состоянии — в «притяжении» или в «отталкивании» они находятся в гетерозиготе?

№ 362. Гены A, B и C локализованы в одной хромосоме в указанном порядке. Процент перекреста между A и B — 8, между B и C — 25. Определите расстояние между генами A и C.

№ 363. Определите процент перекреста между двумя генами, если перекрест происходит с одинаковой частотой у самок и самцов и скрещивание двух гетерозигот AaBb дает четыре типа потомков, обладающих одинаковой жизнеспособностью. Наименьший фенотипический класс составляет 1 % от всего потомства.

№ 364. Проведите генетический анализ результатов двух анализирующих скрещиваний тригетерозигот.

	Скрещивание № 1	Скрещивание № 2
ABC	255	84
ABc	20	76
AbC	128	82

Abc	124	78
aBC	136	86
aBc	140	74
abC	28	82
abc	<u>266</u>	<u>80</u>
	1097	642

№ 365*. Установлено, что гены сцеплены и расположены в хромосоме в следующем порядке: А – В – С. Расстояние между генами А и В – 8 % кроссинговера, между генами В и С – 10 %. Коэффициент совпадения равен 0,6. Каково ожидаемое соотношение фенотипов в потомстве анализирующего скрещивания (в %) растения с генотипом АВсаbС?

№ 366. Гены А, В и С локализованы в одной хромосоме в указанном порядке. Процент перекреста между А – В равен 30, а между В – С равен 20. Какое потомство получится при скрещивании гомозиготной особи ABC с гомозиготной особью abc и при скрещивании гибридов F₁ с исходной особью abc?

№ 367. Гены А, В и С локализованы в одной хромосоме в указанном порядке. Процент перекреста между А – В равен 20, между В – С равно 10. Коэффициент коинциденции равен 0,5. Особь, гомозиготная по ABC, скрещена с особью, гомозиготной по abc. Какие гаметы будут образовываться у особей F₁ и с какой частотой? Каково будет соотношение фенотипов в потомстве возвратного скрещивания F₁ с особью abc? Какие особи будут являться двойными кроссоверами?

№ 368. Проведите генетический анализ результатов анализирующего скрещивания тригетерозиготы AaBbCc:

ABC	71	aBC	18
ABc	3	aBc	11
AbC	14	abC	2
Abc	17	abc	<u>64</u>
			200

№ 369*. Проведите генетический анализ результатов двух анализирующих скрещиваний тригетерозигот AaBbCc:

	Скрещивание № 1	Скрещивание № 2
ABC	126	–
ABc	10	164
AbC	64	2
Abc	62	1
aBC	68	2
aBc	70	3
abC	14	172
abc	133	–
	<u>547</u>	<u>344</u>

№ 370. Проведите генетический анализ результатов двух анализирующих скрещиваний тригетерозигот AaBbCc:

	Скрещивание № 1	Скрещивание № 2
ABC	42	–
ABc	38	3
AbC	41	46
Abc	39	68
aBC	43	72
aBc	37	48
abC	41	2
abc	40	1
	<u>321</u>	<u>240</u>

№ 371. В анализирующем скрещивании от дигетерозиготы AaBb получено:

AB	243
Ab	762
aB	758
ab	<u>237</u>
	2000

Каков характер наследования генов? Если они сцеплены, то каково расстояние между ними? Определите генотип гетерозиготы. Какое соотношение фенотипов было бы в потомстве анализирующего скрещивания, если бы исходно скрещивали гомозиготные особи AABV и aabb?

№ 372. Проведите генетический анализ результатов анализирующего скрещивания тригетерозиготы AaBbCc:

ABC 29	aBC 239
ABc 235	aBc 24
AbC 27	abC 215
Abc 210	abc <u>21</u>
	1000

№ 373. В анализирующем скрещивании дигетерозиготы произошло расщепление на четыре фенотипических класса в соотношении: 42,4 % — AB, 6,9 % — Ab, 7,0 % — aB и 43,7 % — ab. Как наследуются гены? Каков генотип гетерозиготы? Что получится, если дигетерозиготы скрестить между собой?

№ 374. Проведите генетический анализ результатов анализирующего скрещивания тригетерозиготы AaBbCc:

ABC 1270	aBC 65
ABc 95	aBc 7
AbC 6	abC 86
Abc 68	abc <u>1275</u>
	2872

№ 375. Проведите генетический анализ результатов анализирующего скрещивания тригетерозиготы AaBbCc:

ABC 64	
ABc 28	
AbC 3	
abC 30	
abc <u>72</u>	
	197

№ 376. Проведите генетический анализ результатов двух анализирующих скрещиваний тригетерозигот AaBbCc:

	Скрещивание № 1	Скрещивание № 2
ABC	151	19
ABc	290	40
AbC	37	289
Abc	20	150
aBC	21	148
aBc	39	291
abC	288	37
abc	<u>147</u>	<u>21</u>
	993	995

Объясните расщепления. Определите генотипы исходных форм. Если гены сцеплены, то определите расстояние между ними и порядок их расположения в хромосоме. Определите, имеет ли место интерференция.

№ 377. У кроликов ген рецессивной белой пятнистости сцеплен с геном, обуславливающим другой рецессивный признак – шерсть ангорского типа. Сила сцепления между этими генами – 14 % кроссинговера. Гомозиготного короткошерстного пятнистого кролика скрещивают с ангорским непятнистым. Определите генотипы исходных кроликов и в какой фазе – «притяжения» или «отталкивания» – находятся в данном скрещивании гены. Какое расщепление будет наблюдаться в анализирующем скрещивании особей из F_1 ?

№ 378. Скрещивается гомозиготный пегий короткошерстный кролик с гладкоокрашенным ангорским, и потомки F_1 возвратно скрещены с гладкоокрашенным ангорским. При этом получено следующее потомство:

72	пегих короткошерстных
69	гладкоокрашенных ангорских
11	пегих ангорских
<u>13</u>	гладкоокрашенных короткошерстных
165	

Как наследуется признак? Определите генотипы исходных животных и гибридов F_1 . Что получится, если скрестить гетеро-

зиготных гладкоокрашенных короткошерстных кроликов с пегими ангорскими, если гладкоокрашенность доминирует над пегостью, а короткая шерсть над ангорской?

№ 379. В первом поколении от скрещивания серебристых рябых кур с золотистыми нерябыми петухами получили 34 золотистые нерябые курицы и 29 серебристых рябых петухов. Петухов из F_1 скрестили с курами из F_1 . В потомстве от этого скрещивания были получены петухи и куры четырех фенотипов:

282	серебристые рябые
206	золотистых рябых
226	серебристых нерябых
<u>266</u>	золотистых нерябых
980	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных птиц и гибридных петухов из F_1 .

№ 380. Шесть петухов, гетерозиготных по сцепленным с полом генам карликовости (а) и серебристости (В), скрещивали с нормальными золотистыми курами. Всех петушков от этого скрещивания выбраковали, а курочек в возрасте пяти месяцев классифицировали следующим образом:

♀ ♀ F_1 от петухов	№ 1, 3, 4	№ 2, 5, 6
нормальных золотистых	153	12
карликовых серебристых	137	15
нормальных серебристых	13	164
карликовых золотистых	<u>11</u>	<u>174</u>
	314	365

Чем вы объясните различия в результатах скрещиваний? Какова сила сцепления между генами а и В? Почему анализировали только курочек?

№ 381. Дигетерозиготных медленно оперяющихся петухов с серебристым окрасом скрестили с быстро оперяющимися золотистыми курами. Результаты этих скрещиваний приведены ниже в таблице.

Фенотип F_1 Петухи	Медленно оперяющиеся серебристые	Медленно оперяющиеся золотистые	Быстро оперяющиеся серебристые	Быстро оперяющиеся золотистые
1. Петухи, получившие оба доминантных гена от одного родителя	70	28	21	59
2. Петухи, получившие доминантные гены от разных родителей	12	24	26	9

Как наследуются признаки? Объясните результаты скрещиваний и разницу между ними.

№ 382. От скрещивания белых кур без хохла с черными хохлатыми петухами в F_1 все цыплята оказались белыми хохлатыми, а в F_2 произошло расщепление:

5005 белых хохлатых
 2505 белых без хохла
 2460 черных хохлатых
 30 черных без хохла
 10 000

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных птиц и гибридов F_1 . Какое расщепление вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании, и каких птиц вы предполагаете использовать для него?

№ 383. Куры с длинными ногами и простым гребнем при скрещивании с петухом-коротконожкой с розовидным гребнем, получившим коротконогость от отца, а розовидный гребень от матери, дали следующее потомство:

5 коротконожек с розовидным гребнем
 103 коротконожки с простым гребнем
 89 длинноногих с розовидным гребнем
 12 длинноногих с простым гребнем
 209

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных птиц.

№ 384. Кастрл в опыте на крысах обнаружил, что расстояние между генами Cu и s равно 43,5 % кроссинговера, между Cu и b — 45,2 %, между s и b — 7 %. Начертите карту хромосомы. Соблюдается ли в этом случае закон аддитивности? Если нет, то почему? Какие данные нужно иметь, чтобы более точно определить расстояние между генами Cu и b ?

№ 385. Цвет глаз у крыс обуславливается взаимодействием генов P и R . Рецессивные аллели (один или оба) обуславливают светлую окраску глаз. Скрещены гомозиготные темноглазые крысы с двойными рецессивами и потомки F_1 от этого скрещивания возвратно скрещены с двойными рецессивами. При этом получено следующее потомство: 1255 темноглазых, 1777 светлоглазых. Потомков F_1 , полученных при скрещивании светлоглазых особей с генотипами $PPgg$ и $ppRR$, также скрестили с двойными рецессивами. При этом получили следующее потомство: 174 темноглазых и 1540 светлоглазых. Каков характер наследования генов p и r ? Определите генотипы гетерозигот F_1 в этих скрещиваниях и объясните разницу между этими скрещиваниями.

№ 386. От скрещивания гибридных желтых небледных мышей с мышами агути бледными было получено расщепление:

52	агути небледных
188	желтых небледных
41	желтая бледная
<u>174</u>	агути бледных
455	

Как наследуются признаки? Объясните полученные результаты, определите генотипы исходных мышей.

№ 387. Скрещены две линии мышей: в одной из них животные имеют извитую шерсть нормальной длины, в другой — длинную прямую. От гибридов F_1 с нормальной прямой шерстью в анализирующем скрещивании получили 26 мышат с нормальной прямой шерстью, 100 — с нормальной извитой, 98 — с длинной прямой и 24 — с длинной извитой. Объясните расщепление. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных мышей

и гибридов F_1 . Какое расщепление должно быть в F_2 , если гибриды F_1 получать от скрещивания мышей с длинной извитой шерстью с мышами, имеющими прямую шерсть нормальной длины?

№ 388. У дрозофилы рецессивный ген *cut* (*ct*), обуславливающий вырезки на крыльях, и рецессивный ген *tan* (*t*), обуславливающий темную окраску тела, сцеплены с полом. Можно ли установить расстояние между этими генами, скрещивая гетерозиготную самку с самцом, доминантным по обоим признакам? Объясните, какое скрещивание следует поставить для определения расстояния между этими генами. Определите генотипы мух во всех скрещиваниях.

№ 389. При скрещивании дрозофил получено следующее потомство:

Самцы	Самки
75 с красными глазами, серым телом и длинными крыльями	92 с красными глазами, серым телом и длинными крыльями
70 с белыми глазами, желтым телом и длинными крыльями	75 с белыми глазами, желтым телом и длинными крыльями
21 с белыми глазами, желтым телом и зачаточными крыльями	20 с красными глазами, серым телом и зачаточными крыльями
27 с красными глазами, серым телом и зачаточными крыльями	28 с белыми глазами, желтым телом и зачаточными крыльями
2 с красными глазами, желтым телом и длинными крыльями	215
1 с белыми глазами, серым телом и зачаточными крыльями	
<hr/> 196	

Как наследуются признаки? Определите генотипы и фенотипы исходных мух. Если гены сцеплены, определите расстояние между ними.

№ 390. При скрещивании самок дрозофилы с серым телом и нормальными щетинками с самцом, имеющим желтое тело и расщепленные щетинки, в F_1 и самки, и самцы имеют серое тело и нормальные щетинки. В F_1 обратного скрещивания наблюдается

крисс-кросс наследование по обоим признакам, а в F_2 получили многочисленное потомство, среди которого 3 % особей имели серое тело и расщепленные щетинки или желтое тело и нормальные щетинки. Как это можно объяснить? Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных мух и гибридов F_1 прямого и обратного скрещиваний.

№ 391. В F_2 от скрещивания нормальной самки дрозофилы с самцом, имевшим черное тело и загнутые кверху крылья, было получено 87 чернотелых мух с загнутыми кверху крыльями и 269 нормальных. Как наследуются признаки? Объясните полученные результаты, определите генотипы исходных мух и генотип и фенотип гибридов F_1 .

№ 392. Гомозиготная по гену *cinnabar* (сн, ярко-красные глаза) самка скрещена с самцом *black* (b, черное тело). Какое расщепление можно ожидать в F_2 и анализирующем скрещивании, если расстояние между этими генами равно 10 морганидам?

№ 393. У дрозофилы белые глаза и скоканные крылья обусловлены рецессивными генами, локализованными в половой хромосоме. Расстояние между ними 15 % кроссинговера. Каким будет потомство от скрещивания гомозиготной красноглазой длиннокрылой самки дрозофилы с белоглазым комкокрылым самцом? Каким будет потомство от скрещивания самки F_1 с белоглазым комкокрылым самцом? Каким будет потомство от скрещивания самца F_1 с белоглазой комкокрылой самкой?

№ 394. У дрозофилы ген киноварной окраски глаз находится в локусе 33, а ген рассеченного крыла — в локусе 65 половой хромосомы. Оба признака — киноварная окраска глаз и рассеченное крыло — рецессивны. Гомозиготная самка с киноварными глазами и нормальными крыльями была скрещена с самцом, имевшим нормальную окраску глаз и рассеченные крылья. Определите генотипы и соотношение фенотипов (по самкам и самцам отдельно) в F_1 и F_2 .

№ 395. У дрозофилы в одном опыте по изучению сцепления генов было получено следующее расщепление в F_2 :

	Самки	Самцы
ABC	248	2
ABc	—	37
AbC	—	28
Abc	—	171
aBC	252	190
aBc	—	26
abC	—	42
abc	—	4
	500	500

Определите генотипы родителей. Определите расположение генов в хромосоме и рассчитайте расстояние между ними.

№ 396. У дрозофилы доминантный ген, определяющий «лопастную» форму глаз, располагается в той же аутосоме, что и рецессивный ген укороченности тела. Гомозиготную самку с укороченным телом и «лопастными» глазами скрестили с нормальным самцом. Какими окажутся гибриды первого поколения, и каким будет потомство F_2 , если расстояние между генами равно 0,5 % кроссинговера?

№ 397. У дрозофилы рецессивные признаки — срезанные крылья и гранатовые глаза — сцеплены между собой. Доминантные аллели этих генов обуславливают нормальную длину крыльев и красную окраску глаз. В одном опыте было получено следующее потомство F_2 :

Самцы	Самки
106 с красными глазами и длинными крыльями	26 с красными глазами и длинными крыльями
98 с красными глазами и со срезанными крыльями	77 с гранатовыми глазами и длинными крыльями
204	75 с красными глазами и со срезанными крыльями
	22 с гранатовыми глазами и со срезанными крыльями
	200

В какой хромосоме — в половой или аутосоме — локализованы гены? Определите генотипы родителей и расстояние между генами.

№ 398. Ниже приведены результаты двух скрещиваний на дрозофиле:

1. Самка черная с длинными крыльями × самец серый с короткими крыльями; самки F_1 × самцы черные с короткими крыльями:

F_a	272	серые с длинными крыльями
	774	черные с длинными крыльями
	801	серая с короткими крыльями
	<u>239</u>	черных с короткими крыльями
	2086	

2. Самка черная с короткими крыльями × самец дикого типа; самки F_1 × самцы черные с короткими крыльями:

F_a	360	серых с длинными крыльями
	103	черные с длинными крыльями
	97	серых с короткими крыльями
	<u>314</u>	черных с короткими крыльями
	874	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных мух, генотип и фенотип самок F_1 в обоих скрещиваниях. Чем объясняется разница между этими скрещиваниями?

№ 399. При скрещивании самок дрозофилы с белыми глазами, вильчатыми щетинками и уменьшенными крыльями с самцами, имевшими красные глаза, нормальные щетинки и нормальные крылья, в F_1 получили самок с красными глазами, нормальными щетинками и нормальными крыльями и белоглазых самцов с вильчатыми щетинками и уменьшенными крыльями. В F_2 было получено следующее расщепление среди самок и самцов:

542	с красными глазами, нормальными щетинками и нормальными крыльями
68	с красными глазами, нормальными щетинками и уменьшенными крыльями
138	с красными глазами, вильчатыми щетинками и нормальными крыльями

- 262 с красными глазами, вильчатыми щетинками и уменьшенными крыльями
- 266 с белыми глазами, нормальными щетинками и нормальными крыльями
- 130 с белыми глазами, нормальными щетинками и уменьшенными крыльями
- 64 с белыми глазами, вильчатыми щетинками и нормальными крыльями
- 530 с белыми глазами, вильчатыми щетинками и уменьшенными крыльями

2000

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных форм. Если гены сцеплены, то определите силу сцепления между ними и порядок их расположения в хромосоме. Проверьте, имеет ли место интерференция.

№ 400. При скрещивании самок дрозофилы с желтым цветом тела, киноварным цветом глаз и обрезанными крыльями с самцами дикого типа в F_1 все самки оказались дикого типа, а самцы — желтые с киноварными глазами и обрезанными крыльями, а во втором поколении самки и самцы дали следующее расщепление:

- 1781 с серым телом, красными глазами и нормальными крыльями
- 53 с серым телом, красными глазами и обрезанными крыльями
- 296 с серым телом, киноварными глазами и нормальными крыльями
- 470 с серым телом, киноварными глазами и обрезанными крыльями
- 442 с желтым телом, красными глазами и нормальными крыльями
- 265 с желтым телом, красными глазами и обрезанными крыльями
- 48 с желтым телом, киноварными глазами и нормальными крыльями
- 1712 с желтым телом, киноварными глазами и обрезанными крыльями

5067

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных мух и F_1 . Если гены сцеплены, определите расстояние между ними и порядок их расположения в хромосоме.

№ 401. Ниже приведены результаты двух скрещиваний на дрозофиле:

1. Самка черная с дуговидными крыльями × самец серый прямокрылый:

самки F_1 × самец черный с дуговидными крыльями. От этого скрещивания получено следующее расщепление:

1641	серая прямокрылая
1180	черных прямокрылых
1251	серая с дуговидными крыльями
<u>1532</u>	черные с дуговидными крыльями
5604	

2. Самка черная прямокрылая × самец серый с дуговидными крыльями:

самки F_1 × самец черный с дуговидными крыльями. От этого скрещивания получено следующее расщепление:

281	серая прямокрылая
335	серых с дуговидными крыльями
336	черных прямокрылых
<u>239</u>	черных с дуговидными крыльями
1191	

Как наследуются признаки? Определите генотип исходных мух и F_1 . Чем можно объяснить разницу результатов в этих скрещиваниях?

№ 402. Ниже приведены данные по перекресту между генами black — b, curved — cu, purple — pr, speck — sp, Star — S и vestigial — vg, которые локализованы во второй хромосоме дрозофилы.

Гены	Всего мух	Кроссоверов, %
b — cu	62679	22,7
b — pr	48931	6,2
b — sp	685	47,0
b — S	16507	37,0
b — vg	20153	17,0

Гены	Всего мух	Кроссоверов, %
cu — pr	51136	20,0
cu — sp	10042	30,0
cu — S	19870	46,0
cu — vg	1720	8,2
pr — sp	11985	46,0
pr — S	8155	43,0
pr — vg	13601	12,0
sp — S	7135	48,0
sp — vg	2054	36,0
S — vg	450	43,0

На основании этих данных постройте хромосомную карту по этим шести генам. Помните, что определения на коротких расстояниях точнее, чем на длинных.

№ 403. От скрещивания самцов дрозофилы с темно-коричневыми глазами и волосатым телом с самками дикого типа в F_1 все мухи были дикого типа. В возвратном скрещивании самок из F_1 с исходным самцом получили расщепление: 1264 мухи дикого типа, 8 — с красными глазами и волосатым телом, 5 — с темно-коричневыми глазами и нормальным телом и 1277 — с темно-коричневыми глазами и волосатым телом. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных мух и гибридов F_1 . Какое расщепление вы ожидаете получить в потомстве от скрещивания гибридов F_1 между собой?

№ 404. От скрещивания растений кукурузы с желтым непрозрачным (тусклым) эндоспермом зерна с растением, имевшим белый прозрачный эндосперм, в F_1 все зерна имели желтый прозрачный эндосперм, а в F_2 произошло расщепление: 777 зерен имели желтый непрозрачный эндосперм, 7 — желтый прозрачный, 10 — белый непрозрачный и 773 — белый прозрачный эндосперм. Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений и гибридов F_1 , а также фенотип анализатора.

№ 405. У кукурузы сморщенность листьев, карликовость растений и глянцеvitость всходов контролируются тремя рецессивными генами (a, b, c). В анализирующем скрещивании тригетерозиготы было получено следующее расщепление:

ABC	522	aBC	120
ABc	533	aBc	112
AbC	113	abC	537
Abc	117	abc	<u>530</u>
			2584

Объясните расщепление, определите генотип гетерозиготных растений.

№ 406. У кукурузы позеленение проростков, глянецвитость и варьирующая стерильность обусловлены тремя рецессивными генами (a, b, c). В анализирующем скрещивании тригетерозиготы были получены следующие результаты:

ABC	235	aBC	60
ABc	40	aBc	4
AbC	7	abC	48
Abc	62	abc	<u>270</u>
			726

Определите генотип гетерозиготы. Если гены сцеплены, то определите расстояние между ними и порядок их расположения в хромосоме. Проверьте, есть ли интерференция.

№ 407. У кукурузы мучнистость эндосперма доминирует над восковидностью, фиолетовая окраска проростков — над зеленой. Гены, контролирующие эти признаки, локализованы в 9 хромосоме, расстояние между ними — 12 % кроссинговера. Какой фенотип и генотип будут иметь растения F₁ от скрещивания гомозиготных растений с мучнистым эндоспермом и зеленой окраской проростков с растением, имевшим восковидный эндосперм и фиолетовые проростки? Какое расщепление по фенотипу вы ожидаете получить в F₂ этого скрещивания?

№ 408. У кукурузы окрашенность семян доминирует над неокрашенностью, а гладкий эндосперм доминирует над морщинистым. Скрещено растение с окрашенными гладкими семенами с растением, имеющим неокрашенные морщинистые семена. В F₁ все семена были окрашенные гладкие. В результате анализирующего скрещивания с гибридом первого поколения получены семена четырех типов:

- 4032 окрашенных гладких
- 149 окрашенных морщинистых
- 152 неокрашенных гладких
- 4035 неокрашенных морщинистых
- 8368

Объясните результаты, определите генотип исходных форм. Какое расщепление вы ожидаете получить в F_2 от скрещивания гибридов первого поколения?

№ 409*. При скрещивании растений кукурузы, имеющей зеленые всходы, зеленые листья, без лигулы, с растениями, имеющими золотистые всходы, темно-зеленые листья, с лигулой, в F_1 получили растения с зелеными всходами, темно-зелеными листьями, без лигул. Растения F_1 скрестили с анализатором. Результаты этого анализирующего скрещивания представлены ниже:

F_a	22	зеленые всходы, темно-зеленые листья, без лигулы
	275	зеленые всходы, зеленые листья, без лигулы
	74	зеленые всходы, темно-зеленые листья, с лигулой
	128	зеленые всходы, зеленые листья, с лигулой
	112	золотистые всходы, темно-зеленые листья, без лигулы
	66	золотистые всходы, зеленые листья, без лигулы
	305	золотистые всходы, темно-зеленые листья, с лигулой
	<u>18</u>	золотистые всходы, зеленые листья, с лигулой
	1000	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений, растений F_1 и анализатора.

№ 410. У томата высокий рост растения доминирует над низким, гладкий эпидермис — над шероховатым. От скрещивания двух растений получили расщепление: 208 высоких гладких, 9 высоких шероховатых, 6 низких гладких, 195 низких шероховатых растений. Объясните расщепление. Определите генотипы исходных растений и их фенотип.

№ 411. У томатов высокий рост стебля доминирует над карликовым, шаровидная форма плода — над грушевидной.

Скрещено гомозиготное высокое растение с шаровидными плодами с гомозиготным карликовым, имеющим грушевидные плоды. В F_2 получено расщепление:

1650	высоких с шаровидными плодами
230	высоких с грушевидными плодами
220	карликовых с шаровидными плодами
<u>400</u>	карликовых с грушевидными плодами
2500	

Объясните результаты, определите фенотип растений F_1 . Какое расщепление вы ожидаете получить в анализирующем скрещивании, и какие растения вы будете использовать в этом скрещивании?

№ 412. У томатов опушенность доминирует над отсутствием опушенности, узловатость стебля — над гладкостебельностью, устойчивость — над чувствительностью к *Cladosporium*.

Гомозиготные опушенные узловатые чувствительные растения были скрещены с гомозиготными неопушенными гладкостебельными устойчивыми растениями. Гибриды F_1 были использованы в анализирующем скрещивании, в котором получено следующее расщепление:

342	опушенных узловатых чувствительных
80	опушенных узловатых устойчивых
11	опушенных гладкостебельных чувствительных
84	опушенных гладкостебельных устойчивых
78	неопушенных узловатых чувствительных
7	неопушенных узловатых устойчивых
72	неопушенных гладкостебельных чувствительных
<u>326</u>	неопушенных гладкостебельных устойчивых
1000	

Каков характер наследования признаков? Определите генотипы исходных растений и гибридов F_1 . Если гены сцеплены, то определите расстояние между ними и порядок их расположения в хромосоме.

№ 413. При скрещивании высокого растения томата с грушевидными плодами с карликовым растением с шаровидными плодами в F_1 все растения оказались высокими с шаровидными плодами. Какое расщепление должно произойти в F_2 , если все признаки контролируются моногенно, гены локализованы в одной хромосоме и расстояние между ними 16 % кроссинговера?

№ 414. При скрещивании растений китайской примулы с коротким пестиком, фуксиновыми цветками и зеленым рыльцем с растением, имевшим длинный пестик, красные цветки и красное рыльце, в F_1 все растения имели короткий пестик, фуксиновые цветки и зеленые рыльца. Растения F_1 возвратно скрестили с растением с длинным пестиком, красными цветками и красным рыльцем. В результате этого скрещивания было получено следующее потомство:

1063	с коротким пестиком, фуксиновыми цветками, зеленым рыльцем
634	с коротким пестиком, фуксиновыми цветками, красным рыльцем
39	с коротким пестиком, красными цветками, зеленым рыльцем
156	с коротким пестиком, красными цветками, красным рыльцем
180	с длинным пестиком, фуксиновыми цветками, зеленым рыльцем
54	с длинным пестиком, фуксиновыми цветками, красным рыльцем
526	с длинным пестиком, красными цветками, зеленым рыльцем
1032	с длинным пестиком, красными цветками, красным рыльцем
<hr/>	
3684	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных форм и F_1 . Если гены сцеплены, определите расстояния между ними и порядок их расположения в хромосоме.

№ 415. Растение китайской примулы с коротким пестиком и кремовой окраской цветков, скрещенное с растением с длинным пестиком и красной окраской цветков, дало в F_1 растения с коротким пестиком и кремовыми цветками, которые были возвратно скрещены с растением, имеющим длинный пестик и красные цветки. Результаты этого скрещивания приведены ниже:

1697	с коротким пестиком и кремовыми цветками
195	с коротким пестиком и красными цветками
234	с длинным пестиком и кремовыми цветками
<u>1558</u>	с длинным пестиком и красными цветками
3684	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений.

№ 416. При скрещивании стелющихся, опушенных, белоцветковых растений гороха с кустистыми, голыми растениями, имеющими окрашенные цветки, все растения F_1 оказались стелющимися, опушенными и имели окрашенные цветки. При скрещивании такого растения из F_1 с кустистым, голым, белоцветковым растением было получено:

63	стелющихся, опушенных с окрашенными цветками
207	стелющихся, опушенных с белыми цветками
65	стелющихся, голых с окрашенными цветками
210	стелющихся, голых с белыми цветками
213	кустистых, опушенных с окрашенными цветками
67	кустистых, опушенных с белыми цветками
208	кустистых, голых с окрашенными цветками
<u>70</u>	кустистых, голых с белыми цветками
1103	

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений.

№ 417*. Гомозиготное стелющееся растение гороха с окрашенными цветками скрещивается с гомозиготным кустистым растением с белыми цветками. В F_2 получилось следующее расщепление:

20	стелющихся с белыми цветками
128	стелющихся с окрашенными цветками
30	кустистых с белыми цветками
<u>22</u>	кустистых с окрашенными цветками
200	

Объясните результаты скрещиваний, определите генотипы исходных растений, генотип и фенотип растений F_1 .

№ 418. При скрещивании душистого горошка с усами и яркой окраской цветков с растениями без усов, имеющими бледную окраску цветков, в F_1 все растения были с яркими цветками и усами. В F_2 было получено 424 растения с яркими цветками и усами, 102 — с яркими цветками и без усов, 99 — с бледными цветками и усами и 89 — с бледными цветками и без усов. При скрещивании яркоцветковых растений без усов с растениями, имеющими бледные цветки и усы, гибриды первого поколения были такими же, как и в первом скрещивании, а в F_2 было получено 797 растений с яркими цветками и усами, 298 — бледноцветковых с усами, 300 — яркоцветковых без усов и 37 — бледноцветковых без усов. Объясните расщепления. Как наследуются эти признаки?

№ 419. Изобразите порядок расположения спор в аске нейроспоры с генотипом $ABab$ в случаях:

- 1) отсутствия перекреста на участке между генами и центромерой;
- 2) наличия перекреста на участке между центромерой и ближайшим к ней геном;
- 3) наличия одного перекреста между генами А и В.

№ 420*. Определите расстояние гена а от центромеры на основании порядка расположения спор в 100 асках нейроспоры:

Число асков	Споры			
	1+2	3+4	5+6	7+8
44	а	а	+	+
48	+	+	а	а
2	а	+	а	+
3	а	+	+	а
2	+	а	+	а
1	+	а	а	+

Знаком «+» обозначены нормальные аллели генов.

№ 421. Допустим, что у нейроспоры после определенного скрещивания споры в асках расположились в следующем порядке:

Число асков	Споры			
	1+2	3+4	5+6	7+8
92	a b	a b	++	++
2	a b	++	a b	++
2	a b	++	++	a b
1	a b	a +	+ b	++
1	a b	a +	++	+ b
1	a +	a b	+ b	++
1	a +	a b	++	+ b

Знаком «+» обозначены нормальные аллели генов.

Сцеплены ли гены а и b? Если они не сцеплены, то на каком расстоянии от своей центromеры находится каждый ген? Если они сцеплены, то постройте кроссоверную карту для генов а и b и их центromеры.

№ 422. При анализе гетерозигот нейроспоры АВ/ab по признакам А и В установлено, что из 240 спор 200 имеют проявление признака b, 40 — а. На каком расстоянии от центromеры и друг относительно друга находятся гены?

№ 423. У нейроспоры мутант № 1 не способен синтезировать аминокислоту аргинин (arg), а мутант № 2 не синтезирует тиамин (thi). Дигетерозигота по этим мутациям дает аски со следующим порядком расположения спор:

Число асков	Споры			
	1+2	3+4	5+6	7+8
24	arg thi	arg thi	++	++
27	++	++	arg thi	arg thi
26	arg +	arg +	+ thi	+ thi
23	+ thi	+ thi	arg +	arg +

Как наследуются гены? Как они располагаются относительно своей центromеры (или центromер)?

№ 424. Диплоидная клетка хламидомонады, гетерозиготная по двум генам А и В, возникла в результате слияния двух гаплоидных клеток с генотипами АВ и ab, соответственно. Предположим,

что среди клеток, возникших в результате мейоза, в опыте оказалось следующее число клеток разного типа:

221	AB
232	ab
54	Ab
66	aB

Чему равна частота рекомбинантов по генам А и В в этом скрещивании?

№ 425. Диплоидная тригетерозиготная клетка хламидомонады возникла в результате слияния двух гаплоидных клеток с генотипами ABC и abc. Предположим, что частота рекомбинантов по генам В и С составляет 18 %, по генам А и С — 8 %, по генам А и В — 23 %. Сколько типов дочерних клеток может возникнуть в результате мейоза? Какова последовательность генов на карте, и какова ожидаемая частота двойных рекомбинантов?

№ 426. У нормальной по зрению и свертываемости крови женщины родилось восемь сыновей: четыре дальтоника, два гемофилика, один нормальный по обоим признакам и один дальтоник, страдающий гемофилией. Как это можно объяснить? Определите предполагаемые генотипы женщины и всех ее сыновей.

№ 427*. У *Aspergillus nidulans* гены *adG*, *biA*, *pabaA*, *proA* и *yA* расположены в хромосоме I. Указанные гены контролируют, соответственно, потребность в аденине, биотине, пара-аминобензойной кислоте, пролине; последний ген *y* определяет окраску конидий, в норме она зеленая, а у мутанта — желтая. Гетерозиготный диплоид содержит нормальные аллели этих генов в одном гомологе, а мутантные — в другом. Для анализа митотического кроссинговера у растущего вегетативно диплоида отобрали диплоидные рекомбинанты *y/y*, образующие желтые пятна на зеленом газоне *y/y*⁺. Анализ генотипов у 182 рекомбинантов обнаружил следующее расщепление:

$ad^+/ad\ bi/bi\ paba^+/paba\ pro^+/pro\ y/y$	— 42
$ad^+/ad\ bi/bi\ paba/paba\ pro^+/pro\ y/y$	— 129
$ad^+/ad\ bi/bi\ paba/paba\ pro/pro\ y/y$	— 11

Установите порядок расположения генов в хромосоме I и определите, где это возможно, расстояния между генами и между генами и центромерой. Изобразите схему митотического кроссинговера.

№ 428. Гены *anA*, *pabaA*, *riboA* и *suA* расположены в хромосоме I *Aspergillus nidulans*. Три первых гена контролируют потребность в аневрине (витаине В₁), пара-аминобензойной кислоте и рибофлавине, соответственно. Мутация в гене *suA* супрессирует мутацию *ad20* (потребность в аденине), поэтому гомозиготы *suA/suA ad20/ad20* растут на синтетической среде без аденина. Гетерозиготный диплоид содержит нормальные аллели генов *anA*, *pabaA*, *riboA* и *suA* в одном гомологе хромосомы I, а мутантные аллели — в другом. Кроме того, диплоид гомозиготен по мутации в гене *ad20* (*ad20* и *suA* локализованы в разных плечах хромосомы I). Для анализа митотического кроссинговера Понтекорво и Кейфер отобрали в потомстве вегетативно растущего диплоида рекомбинанты *suA/suA*. Анализ генотипов у 261 рекомбинанта обнаружил следующее расщепление:

<i>su/su an⁺/an ribo⁺/ribo paba⁺/paba</i>	— 59
<i>su/su an⁺/an ribo/ribo paba⁺/paba</i>	— 21
<i>su/su an/an ribo/ribo paba⁺/paba</i>	— 181

Установите порядок изученных генов в хромосоме I. Определите, где это возможно, расстояния между генами и между генами и центромерой. Какая селективная среда была использована для отбора рекомбинантов *suA/suA*?

Образцы решения задач

Задача № 361

P	AaBb	×	aabb
		↓	
F _a	AB	—	903
	Ab	—	101
	aB	—	98
	ab	—	<u>898</u>
			2000

Решение

В потомстве анализирующего скрещивания дигетерозиготы возникло четыре фенотипических класса. Если бы гены А и В наследовались независимо, то следовало ожидать расщепления в отношении 1 : 1 : 1 : 1. Преобладание форм с фенотипом родителей (АВ и аb) свидетельствует о сцепленном наследовании. Потомки рекомбинантного типа Аb и аВ могли возникнуть в результате кроссинговера между генами А и В у гетерозиготы.

Определяем процент кроссинговера:

$$[(101 + 98) \times 100] : 2000 = 9,9 \%$$

Вывод: гены А и В локализованы в одной хромосоме на расстоянии 9,9 % кроссинговера.

Задача № 365

По условию генотип гибрида АВс/аbС, расстояния между А–В 8 %, между В–С 10 % кроссинговера.

1. По процентам кроссинговера между А–В и В–С определяем долю теоретически ожидаемых двойных кроссоверов:

$$0,8 \times 0,10 \times 100 \% = 0,8 \%, \text{ их фенотип } Abc \text{ и } aBC.$$

2. Зная коэффициент совпадения $C = 0,6$ и процент теоретически ожидаемых двойных кроссоверов (0,8 %), можно определить процент двойных кроссоверов в опыте (х):

$$x = 0,8 \times 0,6 = 0,48\%.$$

Следовательно, в опыте должно быть 0,24 % особей с фенотипом Abc и 0,24 % с фенотипом aBC.

3. Определяем долю фенотипов, возникающих в результате кроссинговера между генами А–В и В–С:

а) фенотипы кроссоверов по генам А–В: AbC, aBc, (Abc, aBC – двойные кроссоверы). Доли особей с фенотипами Abc и aBC установлены в пункте 2: 0,24Abc и 0,24aBC. Расстояние между А–В 8 %. Определяем долю кроссоверов с фенотипами AbC + aBC = 8 % – 0,48 % = 7,52 %, т. е. AbC = 3,76 %; aBc = 3,76 %;

б) фенотипы кроссоверов по генам В–С: ABC, abc (Abc, aBC – двойные кроссоверы). Расстояние между генами В – С 10 %, следовательно, доля кроссоверов с фенотипами ABC + abc = 10 % – 0,48 % = 9,52 %, т. е. ABC = 4,76 %; abc = 4,76 %.

4. Особь с генотипом АВс/аbС может образовать (в %) восемь фенотипов (2^3):

ABC — 4,76
 ABc —
 AbC — 3,76
 Abc — 0,24
 aBC — 0,24
 aBc — 3,76
 abC —
 abc — 4,76.

Фенотипы ABc и abC — некроссоверы (родительский тип). Их доли определим, приняв сумму всех классов за 100 %:

$$100\% - [(2 \times 4,76) + (2 \times 3,76) + (2 \times 0,24)] = 82,48\%.$$

Следовательно, доля ABc 41,24 %, доля abC 41,24 %.

Вывод: в опыте следует ожидать расщепления (в %):

ABC — 4,76
 ABc — 41,24
 AbC — 3,76
 Abc — 0,24
 aBC — 0,24
 aBc — 3,76
 abC — 41,24
 abc — 4,76.

Задача № 369

Результат скрещивания № 1

ABC	126
ABc	10
AbC	64
Abc	62
aBC	68
aBc	70
abC	14
abc	<u>133</u>
	547

Решение

1. Определение характера наследования генов

Расщепление по генам А и В:

AB	Ab	aB	ab
126	64	68	133
<u>10</u>	<u>62</u>	<u>70</u>	<u>14</u>
136	126	138	147

Расщепление близко к расщеплению 1 : 1 : 1 : 1, можно предположить, что гены наследуются независимо. Проверка по χ^2 ($\chi^2 = 3,6$, $p > 0,30$) не отвергает данного предположения.

Расщепление по генам В и С:

BC	Vc	bC	bc
126	10	64	133
<u>68</u>	<u>70</u>	<u>14</u>	<u>62</u>
194	80	78	195

Расщепление не соответствует расщеплению в F_2 при независимом наследовании (не 1 : 1 : 1 : 1). Следовательно, можно утверждать, что гены сцеплены, некроссоверы BC и bc, гены входили в скрещивание в состоянии «притяжения» и фенотипы кроссоверов Vc и bC.

Процент кроссинговера между генами В и С: $[(80 + 78) \times 100 \%] : 547 = 28,9 \%$.

Расщепление по генам А и С:

AC	Ac	aC	ac
126	62	14	133
<u>64</u>	<u>10</u>	<u>68</u>	<u>70</u>
190	72	82	203

Аналогично предыдущему можно сказать, что гены А и С сцеплены, некроссоверы AC и ac, гены входили в скрещивание в фазе «притяжения» и фенотипы кроссоверов Ac и aC.

Процент кроссинговера между генами А и С: $[(72 + 82) \times 100 \%] : 547 = 28,1 \%$.

Поскольку ген А сцеплен с геном С и ген В сцеплен с С, то гены А и В сцеплены, они входили в скрещивание в фазе «притяжения», фенотип кроссоверов Ab и aB.

Процент кроссинговера между генами А и В: $[(126 + 138) \times 100 \%] : 547 = 48,3 \%$.

Итак, все три гена наследуются сцепленно, т. е. локализованы в одной хромосоме.

2. Определение порядка расположения генов в хромосоме

Наибольший процент кроссинговера между генами А и В. Следовательно, гены А и В расположены по краям исследуемого участка хромосомы, ген С между ними, чуть ближе к А.

А	28,1	С	28,9	В
---	------	---	------	---

Очевидно, что в данном случае не соблюдается правило аддитивности:

$$AB = AC + BC = 28,1 \% + 28,9 \% = 57 \% \neq 48,3 \%$$

При расчете частот кроссоверов по генам А и В не были учтены двойные кроссоверы (AcB и aCb), их доля составляет: $[(10 + 14) \times 100 \%] : 547 = 4,4 \%$. С учетом двойных кроссоверов расстояние между генами А и В составляет 57 % (48,3 % + 2 × 4,4 %).

Зная расстояния между генами А и С (28,1 %) и между генами В и С (28,9 %), можно выяснить, наблюдается ли на данном участке хромосомы интерференция. Для этого находим коэффициент совпадения (С):

$$C = \frac{\text{процент двойных кроссоверов в опыте}}{\text{процент теоретически ожидаемых двойных кроссоверов}}$$

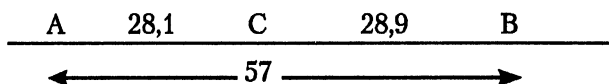
$$C = 0,04 : (0,281 \times 0,289) \times 100 \% = 0,5.$$

Так как $C < 1$, можно утверждать, что имеет место положительная интерференция, равная

$$I = 1 - 0,5 = 0,5 (50 \%).$$

Выводы:

1. Гены А, В и С локализованы в одной хромосоме; карта участка



2. Генотип исходных форм: $\frac{ACB}{ACB}$ и $\frac{acb}{acb}$.

3. Генотип гибридов $F_1 \frac{ACB}{acb}$.

4. На изученном участке хромосомы имеется положительная интерференция (0,5).

Задача № 409. Кукуруза. Наследование окраски всходов, лигулы и окраски листьев

I. Анализ наследования каждого признака

1) Окраска всходов

В F_2 расщепление:

зеленые	золотистые
275	112
22	66
74	305
128	18
499	501

H_0 : моногенное наследование, расщепление 1 : 1.

В F_1 — зеленая окраска всходов, следовательно, зеленая окраска — доминантный признак. А — зеленая окраска, а — золотистая окраска.

2) Наличие — отсутствие лигулы

В F_a расщепление:

листья с лигулой	листья без лигулы
74	22
128	275
305	112
<u>18</u>	<u>66</u>
525	475

H_0 : расщепление 1 : 1, моногенное наследование ($\chi^2 = 2,5$; $p > 0,20$).

H_0 не отвергается.

В F_1 растения без лигулы, следовательно, отсутствие лигулы на листьях — доминантный признак. В — листья без лигулы, в — листья с лигулой.

3) Окраска листьев

В F_a расщепление:

зеленые	темно-зеленые
275	22
128	74
66	112
<u>18</u>	<u>305</u>
487	513

H_0 : расщепление 1 : 1 моногенное наследование ($\chi^2 = 0,68$; $p > 0,70$).

H_0 не отвергается.

В F_1 темно-зеленые листья, следовательно, темно-зеленые листья — доминантный признак. С — темно-зеленые, с — зеленые.

Генотипы родительских растений: ААВВсс и ааbbCC, генотип гибридов F_1 АаВbCc.

II. Анализ характера совместного наследования признаков

1) Окраска всходов — наличие лигулы (гены А и В)

В F_a расщепление на 4 класса:

АВ	Аb	aВ	ab
297	202	178	323

Поскольку расщепление не 1 : 1 : 1 : 1 ($\chi^2 = 41,6$; $p < 0,01$), признаки наследуются сцепленно, т. е. гены локализованы в одной хромосоме, кроссоверные классы — Ab и aB , процент кроссинговера между генами $A-B$: $[(202 + 178) \times 100 \%] : 1000 = 38 \%$.

2) Окраска листьев — лигула (гены B и C)

В F_2 расщепление на 4 класса:

BC	Bc	bC	bc
134	341	379	146

Поскольку расщепление явно не 1 : 1 : 1 : 1 — признаки наследуются сцепленно, т. е. гены локализованы в одной хромосоме, кроссоверные классы BC и bc , процент кроссинговера между генами B и C : $[(134 + 146) \times 100 \%] : 1000 = 28 \%$.

Поскольку ген A сцеплен с геном B , а ген B сцеплен с геном C , гены $A-C$ также сцеплены.

Расщепление в F_2 :

AC	Ac	aC	ac
96	403	417	84

Кроссоверные классы AC и ac . Процент кроссинговера между генами A и C : $[(96 + 84) \times 100 \%] : 1000 = 18 \%$.

3) Определение порядка расположения генов в хромосоме

Наибольшее расстояние между генами A и B (38%). Следовательно, гены локализованы в хромосоме в следующем порядке:

A C B.

Очевидно, что нарушено правило аддитивности:

$$AB = AC + CB = 18 \% + 28 \% = 46 \% \neq 38 \%$$

Генотип исходной формы $\frac{AcB}{aCb}$.

Это нарушение связано с тем, что при определении процента кроссинговера между генами A и B не были учтены двойные кроссоверы (Abc и aBC).

Процент двойных кроссоверов = $[(22 + 18) \times 100 \%] : 1000 = 4 \%$.
 Расстояние между генами A и B с учетом двойных кроссоверов: $(38 \% + 2 \times 4 \%) = 46 \%$.

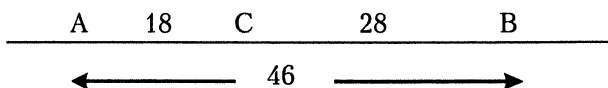
4) Зная проценты кроссинговера между генами A и B , B и C , можно выяснить, наблюдается ли интерференция на участке $A-B$, вычислив коэффициенты совпадения (C):

$$C = 0,04 \times 100 \% : (0,18 \times 0,28) = 4 : 5,04 = 0,7.$$

Поскольку $C < 1$, можно утверждать, что кроссинговер в области А–В препятствует прохождению кроссинговера в области В–С, т. е. имеет место положительная интерференция, равная: $I = 1 - 0,7 = 0,3$.

Выводы:

1. Окраска всходов контролируется одним геном, зеленая окраска – доминантный признак (А).
2. Отсутствие – наличие лигулы контролируется одним геном, отсутствие лигулы – доминантный признак (В).
3. Окраска листьев контролируется одним геном, темно-зеленая окраска – доминантный признак (С).
4. Гены А, В и С локализованы в одной хромосоме; карта участка:



5. В изученном районе хромосомы имеет место положительная интерференция (0,3).

Задача № 417. Горох. Наследование формы стебля и окраски цветков.

Р	стелющ. окраш. цв. × кустист. бел. цв.	×	
		↓	
F ₁		?	
		↓	
F ₂	128 стелющ. с окраш. цв.		
	20 стелющ. с бел. цв.		
	22 кустист. с окраш. цв.		
	30 кустист. с бел. цв.		
	200		

Решение

- I. Анализ наследования каждого признака
- В F₂ расщепление:

Форма стебля	
стелющ.	кустист.
128	22
<u>20</u>	<u>30</u>
148	52

Расщепление на два фенотипических класса с преобладанием стелющейся формы стебля позволяет предположить моногенное расщепление. Определяем величину одного возможного сочетания гамет: $200 : 4 = 50$; расщепление в опыте: $148 : 50 = 2,9$; $52 : 50 = 1,0$, т. е. примерно 3 : 1. Проверка H_0 по χ^2 ($\chi^2 = 0,1$; $p > 0,70$) расщепление в отношении 3 : 1 не отвергает. Вводим обозначение аллелей: А – стелющ. ст., а – кустист. ст.

Расщепление в F_2 :

Окраска цветков

окрашен.	бел.
128	20
<u>22</u>	<u>30</u>
150	50

Расщепление в опыте точно соответствует расщеплению при моногенном наследовании. Вводим обозначение аллелей: В – окрашен. цв., b – бел. цв.

II. Анализ наследования двух признаков

Поскольку в F_2 произошло расщепление, несвойственное расщеплению при независимом наследовании (не 9 : 3 : 3 : 1), очевидно, что признаки наследуются сцепленно и появление четырех фенотипических классов свидетельствует о прошедшем кроссинговере. Гены входили в скрещивание в фазе «притяжения», генотипы исходных растений $\frac{AB}{AB}$ и $\frac{ab}{ab}$, растения F_1 имеют генотип $\frac{AB}{ab}$, они имеют стелющийся стебель и окрашенные цветки.

У дигетерозиготного растения может образоваться четыре типа гамет в разных соотношениях (некрссоверных больше):

Гаметы ♀ \ Гаметы ♂		Некрссоверные		Крссоверные	
		<u>AB</u>	<u>ab</u>	<u>Ab</u>	<u>aB</u>
Некрссоверные	<u>AB</u>	$\frac{AB}{AB}$	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{AB}{Ab}$	$\frac{AB}{aB}$
	<u>ab</u>	$\frac{AB}{Ab}$	$\frac{ab}{ab}$	$\frac{Ab}{ab}$	$\frac{aB}{ab}$
Крссоверные	<u>Ab</u>	$\frac{AB}{Ab}$	$\frac{Ab}{ab}$	$\frac{Ab}{Ab}$	$\frac{Ab}{aB}$
	<u>aB</u>	$\frac{AB}{aB}$	$\frac{ab}{aB}$	$\frac{Ab}{aB}$	$\frac{aB}{aB}$

Очевидно, что определить процент кроссинговера по кроссовым классам Ab и aB в данном случае нельзя, так как часть кроссоверов фенотипически не проявится вследствие доминирования (см. решетку Пеннета). Для определения процента кроссинговера находим долю двойных рецессивов в расщеплении, которые представляют собой некроссовый класс: $30 : 200 = 0,15$.

Определяем долю гамет некроссового типа ab , она равна $\sqrt{0,15} = 0,39$ (39 %). Поскольку частоты некроссовых гамет разного типа одинаковы, частота гамет AB также 39 %. Доля кроссоверных гамет равна $100 \% - 2 \times 39 \% = 22 \%$, что соответствует частоте кроссинговера между генами A и B .

Выводы:

1. Признак формы стебля у гороха наследуется моногенно с доминированием стелющегося стебля над кустистым.
2. Окраска цветков наследуется моногенно с доминированием окрашенности над неокрашенностью.
3. Признаки наследуются сцепленно, гены локализованы в одной хромосоме на расстоянии 22 % кроссинговера.

Задача № 420

Решение

Порядок расположения спор $aa++$ и $++aa$ свидетельствует об отсутствии кроссинговера между геном a и центромерой (расхождение аллелей в I делении мейоза); все остальные типы расположения спор в аске свидетельствуют о прошедшем кроссинговере между геном a и центромерой (расхождение аллелей во II делении мейоза). Процент кроссоверных асков равен: $[(2 + 3 + 2 + 1) \times 100 \%] : 100 = 8 \%$. Однако в каждом кроссоверном аске только 50 % спор являются кроссоверными. Следовательно, расстояние между геном a и центромерой равно 4 %.

Задача № 427

Решение

При решении задачи следует исходить из следующих особенностей кроссинговера в соматических клетках: (1) кроссинговер происходит здесь с низкой частотой, что практически исключает возможность двойных обменов, усложняющих картирование ге-

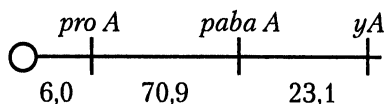
нов; (2) рецессивные маркеры выходят в гомозиготу тем чаще, чем более они удалены от центromеры, поэтому частота гомозиготизации является мерой их расстояний от центromеры, а следовательно, и друг от друга; (3) рецессивные маркеры, расположенные дистально по отношению к маркеру-селектору (в данном случае к маркеру *yA*), автоматически выходят в гомозиготу вместе с ним; (4) гены, локализованные в другом плече хромосомы, чем маркер-селектор, всегда остаются в гетерозиготе.

Всего было изучено 182 рекомбинанта *y/y*. Среди них были обнаружены следующие частоты гомозиготизации неселективных маркеров: *bi/bi* – 182; *ad/ad* – 0; *paba/paba* – 129 + 11 = 140; *pro/pro* – 11. Из этих данных следует, что ген *biA* находится дистальнее гена *yA*, а ген *adG* локализован в другом плече хромосомы и что порядок генов в хромосоме I следующий: *adG* – 0 (центromера) – *proA* – *pabaA* – *yA* – *biA*.

Результаты расщепления позволяют определить расстояния генов *proA*, *pabaA* и *yA* от центromеры и друг от друга. Для этого всю длину участка хромосомы от гена *yA* до центromеры примем за 100 %. Тогда доля гомозигот *paba/paba* среди гомозигот *y/y* определит расстояние между *pabaA* и центromерой: $D(0-paba) = 140 \times 100/182 = 76,9 \%$. Аналогичным образом, $D(0-pro) = 11 \times 100/182 = 6 \%$.

С другой стороны, доля рекомбинантов *y/y*, сохранивших гетерозиготность *paba+/paba*, служит мерой расстояния между этими генами: $D(paba-y) = 42 \times 100/182 = 23,1 \%$. Аналогичным образом, $D(pro-y) = (42 + 129) \times 100/182 = 171 \times 100/182 = 94 \%$. Расстояние между *paba* и *pro* 70,9 %.

Карта изученного участка хромосомы I:



Нетрудно заметить, что проценты рекомбинации при использовании митотического кроссинговера являются условными единицами, которые отличаются от процентов мейотического кроссинговера.

Раздел 6

Генетическое картирование у прокариот

№ 429. Установите генотипы следующих штаммов *E. coli*.

Для обозначения генотипов используйте символы: *pro*⁺, *pro*, *ade*⁺, *ade* (не нуждается в пролине, ауксотроф по пролину, не нуждается в аденине, ауксотроф по аденину, соответственно).

Штамм	Минимальная среда			
	без добавок	с добавлением аденина	с добавлением пролина	с добавлением аденина и пролина
1	–	–	+	+
2	+	+	+	+
3	–	–	–	+
4	–	+	–	+

№ 430. Установите генотипы следующих штаммов *E. coli*:

Для обозначения генотипов используйте символы: *leu*⁺, *leu*, *thr*⁺, *thr* (прототроф по лейцину, ауксотроф по лейцину, прототроф по пролину, ауксотроф по пролину, соответственно).

Штамм	Минимальная среда			
	без добавок	с добавлением треонина	с добавлением лейцина	с добавлением треонина и лейцина
1	–	–	–	+
2	–	+	–	+
3	+	+	+	+
4	–	–	+	+

№ 431. Проведено скрещивание штаммов *Escherichia coli* HfrH Str^s (прототроф, чувствителен к стрептомицину) и F⁻ Thr⁻ Leu⁻ Str^r (ауксотроф по треонину и по лейцину, устойчив к стрептомицину). Отобранные на соответствующей селективной среде рекомбинанты Thr⁺ Str^r или Leu⁺ Str^r по своему половому типу являются F⁻. Однако среди них могут находиться и клоны F'. Каков механизм их возникновения? Как проверить, не является ли предназначенный для дальнейшей работы рекомбинантный клон F'?

№ 432. Проведено скрещивание штамма *Escherichia coli* F⁻ *proA recA rpsL* [ауксотроф по пролину, полностью подавлена способность осуществлять кроссинговер, устойчив к стрептомицину (фенотип Str^r)] с тремя типами прототрофных и чувствительных к стрептомицину донорных штаммов: F⁺, F'*proA*⁺ и HfrH. Сопоставьте результаты этих скрещиваний.

№ 433. При конъюгации у *Escherichia coli* установлены такие последовательности передачи генетических маркеров для донорных штаммов: HfrH: *0-thr-leu-proA-purE-trp-his*; HfrC: *0-purE-proA-leu-thr-ilo-mal-rpsL*; Hfr KL19: *0-trp-his-tyrA-thy*; Hfr AB313: *0-mal-rpsL-thy-tyrA-his-trp*; Hfr PK191: *0-his-tyrA-thy-rpsL-mal-ilo*; Hfr KL14: *0-rpsL-mal-ilo-thr-leu-proA*. Постройте генетическую карту хромосомы *E. coli*.

№ 434. При конъюгации у *Escherichia coli* установлены последовательности передачи генетических маркеров для донорных штаммов: Hfr B7: *0-purB-gal-lac-leu*; HfrH: *0-leu-lac-gal-purB-his*; Hfr P10: *0-argE-rpsL-metC-tyrA-purC*; Hfr KL16: *0-tyrA-purC-his-man-purB-gal*; HfrC: *0-lac-leu-argE-rpsL*. Постройте генетическую карту хромосомы *E. coli*.

№ 435*. Для картирования генов *leuA* (2 мин), *proA* (6 мин), *lacZ* (8 мин) и *purE* (12 мин) у *Escherichia coli* методом прерывания конъюгации лучше всего использовать в качестве донора штамм HfrH (прототроф, чувствителен к стрептомицину). Какой генотип должен иметь реципиентный штамм? Почему для контрселекции (подавления роста) клеток донорного штамма следует использовать стрептомицин (хромосомный ген чувствительности – устойчивости к стрептомицину *rpsL*, 72 мин)? Какие среды для обнаружения рекомбинантов следует приготовить? Как проводить отбор

рекомбинантов? Какие рекомбинанты будут образовывать колонии на этих средах? Изобразите предполагаемый график кинетики появления рекомбинантов.

№ 436. С помощью метода прерывания конъюгации проведите картирование следующих генов *Escherichia coli*: *pyrC* (23 мин), *trpA* (27 мин) и *manA* (36 мин) (ауксотрофность по цитозину или урацилу, ауксотрофность по триптофану, неспособность сбрасывать маннозу, т. е. использовать ее в качестве единственного источника углерода). По генетической карте *E. coli* выберите донорные штаммы, пригодные для планируемого скрещивания. Какой реципиентный штамм следует использовать для скрещивания? Какие среды следует использовать для отбора и анализа рекомбинантов? Изобразите предполагаемый график кинетики появления рекомбинантов.

№ 437. С помощью метода прерывания конъюгации проведите картирование следующих генов *Escherichia coli*: *cysC* (59 мин), *tyrA* (57 мин) и *purC* (53 мин) (ауксотрофность по цистеину, тирозину и аденину). По генетической карте *E. coli* выберите донорные штаммы, пригодные для планируемого скрещивания. Какой реципиентный штамм следует использовать для скрещивания? Какие среды следует использовать для отбора и анализа рекомбинантов? Изобразите предполагаемый график кинетики появления рекомбинантов.

№ 438. С помощью метода прерывания конъюгации проведите картирование следующих генов *Escherichia coli*: *argE* (90 мин), *ilvA* (85 мин) и *mtlC* (81 мин) (ауксотрофность по аргинину, ауксотрофность по изолейцину и валину, неспособность сбрасывать маннитол, т. е. использовать его в качестве единственного источника углерода). По генетической карте *E. coli* выберите донорные штаммы, пригодные для планируемого скрещивания. Какой реципиентный штамм следует использовать для скрещивания? Какие среды следует использовать для отбора и анализа рекомбинантов? Изобразите предполагаемый график кинетики появления рекомбинантов.

№ 439. J.R. Roth и К.Е. Sanderson (1966) провели конъюгационное скрещивание у *Salmonella typhimurium* между штаммами

HfrA *hisD23* (нуждается в гистидине, чувствителен к стрептомицину) и F⁻ *ilvC401 metE338 rpsL* (нуждается в изолейцине и валине одновременно, в метионине, устойчив к стрептомицину). На карте хромосомы сальмонеллы гены *ilvC* и *metE* находятся на расстоянии ~1 мин друг от друга. Исследователи прерывали скрещивание через интервалы в 2 мин или позволяли ему пройти 60 мин без прерывания. В качестве селективного маркера для отбора рекомбинантов использовали либо маркер *ilvC*⁺ (в этом случае маркер *metE*⁺ служил как неселективный), либо *metE*⁺ (*ilvC*⁺ тогда был неселективным маркером). Для контрселекции донорных клеток в селективные среды добавляли стрептомицин. Ниже приведены результаты скрещивания:

Селективный маркер <i>ilvC</i> ⁺		Селективный маркер <i>metE</i> ⁺	
Время скрещивания, мин	Доля рекомбинантов, унаследовавших неселективный маркер донора, %	Время скрещивания, мин	Доля рекомбинантов, унаследовавших неселективный маркер донора, %
6	0	—	—
8	15	8	88
10	33	10	85
12	31	12	81
16	65	16	84
60	73	60	89

Объясните результаты скрещивания.

№ 440. Скрещивание донорного штамма *Escherichia coli* HfrH Str^s (прототроф, чувствителен к стрептомицину) с реципиентным штаммом F⁻ Thr⁻ Gal⁻ Lac⁻ Leu⁻ Pro⁻ Trp⁻ Str^r (ауксотроф по треонину, неспособен использовать галактозу и лактозу в качестве источника углерода, ауксотроф по лейцину, пролину, триптофану, устойчив к стрептомицину) проводили в течение 40 мин, после чего делали высеv на селективную среду для отбора рекомбинантов по проксимальному донорному маркеру, т. е. *thr*⁺. После этого 200 клонов полученных эксконъюгантов Thr⁺ Str^r анализировали

на предмет наследования неселективных маркеров. Среди них оказалось: Gal⁺ — 22 %, Lac⁺ — 40 %, Leu⁺ — 99 %, Pro⁺ — 62 %, Trp⁺ — 1 %. Определите порядок расположения соответствующих генов в хромосоме *E. coli*. Какие среды следует использовать для анализа рекомбинантов?

№ 441. Скрещивание донорного штамма *Escherichia coli* Hfr P801 (прототоф, чувствителен к стрептомицину) с реципиентным штаммом F⁻ Ilv⁻ Leu⁻ Thr⁻ Mal⁻ Str^r (ауксотроф одновременно по изолейцину и валину, по лейцину, по треонину, не способен использовать мальтозу в качестве источника углерода, устойчив к стрептомицину) проводили в течение 40 мин, после чего делали высев на селективную среду для отбора рекомбинантов по проксимальному маркеру донора, в данном случае по *leu*⁺. После этого у клонов полученных рекомбинантов Leu⁺ Str^r анализировали наследование неселективных маркеров. Среди них обнаружено: Ilv⁺ — 33 %, Thr⁺ — 96 %, Mal⁺ — 5 %. Определите порядок расположения соответствующих генетических маркеров в хромосоме *E. coli*.

№ 442*. Проведено скрещивание между штаммами *Escherichia coli* Hfr P801 (прототроф, чувствителен к стрептомицину) и F⁻ *araA ilvH leuA rpsL* (не способен использовать арабинозу в качестве источника углерода, ауксотроф одновременно по изолейцину и валину, ауксотроф по лейцину, устойчив к стрептомицину). Из экспериментов по прерыванию конъюгации известно, что в скрещиваниях со штаммом HfrP801 маркер *araA*⁺ входит в реципиентную клетку последним из трех изучаемых генов, не считая гена *rpsL*⁺ (фенотип Str^s), который вообще не должен передаваться реципиенту. Рекомбинанты Ara⁺ Str^r отбирали на среде, содержащей вместо глюкозы арабинозу (в качестве единственного источника углерода), лейцин, изолейцин и валин, а также стрептомицин. 370 клонов полученных рекомбинантов проверили на наличие неселективных маркеров *leuA*⁺ и *ilvH*⁺ и получили следующие результаты:

Ara ⁺ Ilv ⁺ Leu ⁺	—	358
Ara ⁺ Ilv ⁺ Leu ⁻	—	0
Ara ⁺ Ilv ⁻ Leu ⁺	—	5
Ara ⁺ Ilv ⁻ Leu ⁻	—	7

Какие среды следует использовать для анализа неселективных маркеров? Каков порядок генов на карте хромосомы *E. coli*? Определите расстояние между генами в условных рекомбинационных единицах (%).

№ 443. Проведено скрещивание между штаммами *Escherichia coli* Hfr KL19 (прототроф, чувствителен к стрептомицину) и $F^- ribA galU trpA rpsL$ [ауксотроф по рибофлаविнолу, не способен использовать галактозу в качестве источника углерода, ауксотроф по триптофану, устойчив к стрептомицину (Str^r)]. Из экспериментов по прерыванию конъюгации известно, что в скрещиваниях с донором KL19 маркер $ribA^+$ входит в реципиентную клетку последним из трех изучаемых генов. Рекомбинанты $Rib^+ Str^r$ отбирали на соответствующей селективной среде. 420 клонов полученных рекомбинантов проверили на наличие неселективных маркеров gal^+ и trp^+ и получили следующие результаты:

$Rib^+ Gal^+ Trp^+$	—	369
$Rib^+ Gal^+ Trp^-$	—	0
$Rib^+ Gal^- Trp^+$	—	24
$Rib^+ Gal^- Trp^-$	—	27

Какие среды следует использовать для отбора рекомбинантов $Rib^+ Str^r$ и анализа их генотипов? Каков порядок генов на карте хромосомы *E. coli*? Определите расстояние между генами в условных рекомбинационных единицах (%).

№ 444. Компетентные клетки штамма *Bacillus subtilis* $Str^s Arg^-$ (чувствителен к стрептомицину, ауксотроф по аргинину) трансформировали ДНК из клеток штамма $Str^r Arg^+$ (устойчив к стрептомицину, прототроф по аргинину) или в отдельном эксперименте смесью ДНК из штаммов $Str^r Arg^-$ и $Str^s Arg^+$. Результаты скрещиваний представлены в таблице.

Трансформирующая ДНК	Частота трансформантов в %		
	$Str^r Arg^-$	$Str^s Arg^+$	$Str^r Arg^+$
$str^r arg^+$	6,5	6,0	0,26
$str^r arg^- + str^s arg^+$	5,7	4,8	0,09

Объясните полученные результаты.

№ 445. Компетентные клетки *Bacillus subtilis*, дефектные по генам *a*, *b*, *c* и *d*, трансформировали ДНК из штамма дикого типа. Результаты анализа генотипов у полученных трансформантов представлены ниже как количество трансформантов на 10 000 компетентных клеток, обработанных донорной ДНК.

Генотипы трансформантов	Кол-во колоний трансформантов	Генотипы трансформантов	Кол-во колоний трансформантов
<i>a</i> ⁺	1021	<i>a</i> ⁺ <i>c</i> ⁺	73
<i>b</i> ⁺	1053	<i>a</i> ⁺ <i>d</i> ⁺	62
<i>c</i> ⁺	1039	<i>b</i> ⁺ <i>c</i> ⁺	570
<i>d</i> ⁺	1087	<i>b</i> ⁺ <i>d</i> ⁺	968
<i>a</i> ⁺ <i>b</i> ⁺	69	<i>c</i> ⁺ <i>d</i> ⁺	641

Объясните полученные результаты. Определите порядок расположения генов в хромосоме *B. subtilis*.

№ 446. Имеются устойчивый и чувствительный к антибиотикам А, В, С и D штаммы *Streptococcus pneumoniae*. Для локализации генов выделили ДНК из клеток устойчивого штамма и обработали ею клетки чувствительного штамма. Обработанные клетки выселили на среды, содержащие различные комбинации антибиотиков. Получены следующие результаты:

Антибиотик, добавленный к агару	Число колоний
А	1046
В	1092
С	1105
Д	1083
АВ	61
АС	607
АД	918
ВС	72
ВД	55
СД	754
—	10 000

Какие гены сцеплены и в каком порядке они располагаются в молекуле ДНК?

№ 447*. С помощью трансформации клеток хромосомной ДНК проведена серия двухфакторных скрещиваний между мутантами *Bacillus subtilis*, дефектными по разным этапам биосинтеза триптофана (*ant*, *indA*, *indB*, *trp*) и по биосинтезу гистидина (*hisH*). Известно, что в хромосоме *B. subtilis* указанные гены тесно сцеплены. Результаты скрещиваний приведены в таблице (У. Хэйс, 1965).

Скрещивание	Генотип реципиента	Генотип донора	Прототрофные трансформанты, в % от общего кол-ва
1	<i>trp</i>	<i>indB</i>	11,8
2	<i>trp</i>	<i>ant</i>	43,5
3	<i>trp</i>	<i>hisH</i>	26,6
4	<i>hisH</i>	<i>trp</i>	19,0
5	<i>indA</i>	<i>ant</i>	27,3
6	<i>indA</i>	<i>hisH</i>	44,9
7	<i>indB</i>	<i>hisH</i>	41,4
8	<i>ant</i>	<i>hisH</i>	67,4

Общее количество трансформантов для каждого скрещивания подсчитывали на минимальной среде с добавлением вещества, необходимого для роста клеток донорного штамма, например в скрещивании 1 это индол, а в скрещивании 3 — гистидин.

Определите порядок генов биосинтеза триптофана относительно гена *hisH* в хромосоме *B. subtilis*.

№ 448. При отборе прототрофных рекомбинантов, полученных с помощью общей трансдукции, на поверхности селективной среды можно увидеть под микроскопом микроколонии, в численном отношении значительно превосходящие крупные колонии трансдуктантов. Объясните природу этих микроколоний.

№ 449. Гены изолейцин-валинового оперона у *Salmonella typhimurium* котрансдуцируются с *hisR* — регуляторным геном биосинтеза гистидина, мутации которого приводят к формированию шероховатых колоний на среде, содержащей высокую концентрацию глюкозы. С помощью фага P22 проведены трансдукционные скрещивания, в которых в качестве донора использовали мутант $HisR^-$, а в качестве реципиентов мутанты $IlvA^-$ и $IlvC^-$.

Среди отобранных на соответствующей селективной среде рекомбинантов PivA^+ оказалось около 5 % мутантов HisR^- , а среди PivC^+ было 0,8 % HisR^- (по данным J.R. Roth K.E. Sanderson, 1966). Определите последовательность анализируемых генов в хромосоме сальмонеллы.

№ 450*. В эксперименте по трансдукции у *Escherichia coli*, осуществляемой фагом P1, в качестве донора использовали прототрофный штамм, устойчивый к азиду натрия (Azi^r), а в качестве реципиента — штамм $\text{Leu}^- \text{Thr}^- \text{Azi}^s$ (ауксотроф по лейцину и по треонину, чувствителен к азиду). Обработанные фаголизатом реципиентные клетки высевали на селективные среды для отбора определенных типов рекомбинантов: Leu^+ , Thr^+ и $\text{Leu}^+ \text{Thr}^+$. У выросших колоний рекомбинантов анализировали неселективные маркеры. Среди трансдуктантов Leu^+ оказалось Azi^r — 48 % и Thr^+ — 2 %. Среди Thr^+ не было ни одного клона Azi^r , а Leu^+ — 3 %. Ни один из редких клонов $\text{Leu}^+ \text{Thr}^+$ не был Azi^r . Какие среды были использованы для отбора и анализа трансдуктантов? Определите порядок изученных маркеров в хромосоме *E. coli*. Оцените размер генома фага P1.

№ 451. В эксперименте по трансдукции у *Escherichia coli*, осуществляемой фагом P1, в качестве донора использовали штамм дикого типа, а в качестве реципиента — штамм $\text{Ara}^- \text{Leu}^- \text{Thr}^-$ (не способен использовать арабинозу в качестве источника углерода, ауксотроф по лейцину и по треонину). Обработанные фаголизатом реципиентные клетки высевали на селективную среду, содержащую арабинозу в качестве единственного источника углерода, а также лейцин и треонин. Выросшие на этой среде колонии перепечатаывали на следующие минимальные среды: (1) с добавлением лейцина, (2) с добавлением треонина и (3) без добавок.

Оказалось, что 6 % трансдуктантов растут на среде с лейцином, 69 % трансдуктантов — на среде с треонином и ни один не растет на минимальной среде без добавок. Каков генотип исходных и выросших на двух первых диагностических средах трансдуктантов? Какой генотип клонов вы ожидали получить на минимальной среде без добавок? Установите порядок маркеров на карте. С каким из крайних генов более тесно сцеплен средний ген? Оцените размер генома фага P1.

Образцы решения задач

Для решения задач этого раздела необходимо иметь элементарные представления о генетической номенклатуре у бактерий. Все генотипические символы выделяются курсивом. Каждый локус или ген обозначается тремя малыми буквами. Разные локусы, мутации в которых приводят к одинаковому фенотипу, снабжаются различными заглавными буквами, например гены, контролирующие биосинтез пролина, обозначаются как *proA*, *proB*, *proC* и т. д. Так же обозначаются и мутантные аллели генов. Разные мутантные аллели одного гена отличаются номерами: *proA1*, *proA2*, ... *proA127* и т. д. При выделении новой мутации, когда еще неизвестно, к какому гену она относится, ее серийный номер пишут через дефис, который заменяет заглавную букву: *pro-33*, *pro-57* и т. д. Аллели дикого типа снабжаются надстрочным знаком «+»: *proA*⁺, *proB*⁺. Для обозначения фенотипов используют те же трехбуквенные символы, но с первой заглавной буквой и без курсива, без буквенных обозначений локусов и без серийных номеров аллелей. Нормальный фенотип обозначается надстрочным знаком «+», мутантный — знаком «-». Таким образом, фенотип, обусловленный любой мутацией по биосинтезу пролина, обозначается одним символом *Pro*⁻, нормальный фенотип — символом *Pro*⁺.

Если картируется определенный ген, например *proA*, а не *proB* или *proC*, для записи скрещивания используют генотипические символы. Но они неудобны, когда в скрещивании участвуют маркеры чувствительности — устойчивости, так как по правилам генетической номенклатуры знаки чувствительности (*s*) и устойчивости (*r*) можно применять только в фенотипических символах. Например, устойчивость к стрептомицину определяется мутантным аллелем гена *rpsL*, а чувствительность (на самом деле норма) — аллелем дикого типа *rpsL*⁺. Им соответствуют фенотипы *Str*^r и *Str*^s. Очевидно, что в этом случае для записи скрещивания проще пользоваться фенотипическими символами. Поэтому в условиях разных задач применены как генотипические, так и фенотипические обозначения.

Задача № 435

Решение

Реципиентный штамм для скрещивания должен иметь генотип *F*⁻ *leuA proA lacZ purE rpsL* (нуждается в лейцине, пролине,

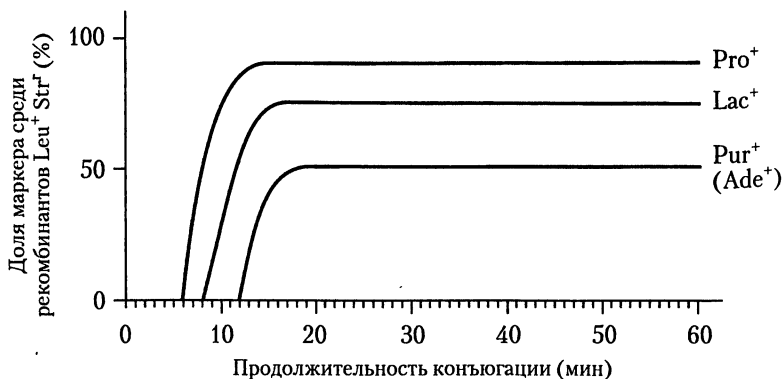
не способен использовать лактозу в качестве источника углерода, нуждается в пурине (аденине), устойчив к стрептомицину — Str^r). Для элиминации прототрофных клеток донора целесообразно использовать стрептомицин, так как донорный маркер rpsL^+ (Str^s) (72 мин) практически не передается в реципиентные клетки штаммом HfrH.

Среды для обнаружения рекомбинантов готовят на основе минимальной среды с добавлением стрептомицина. В среду для выявления клонов рекомбинанта Leu^+ надо внести пролин и аденин, для рекомбинанта Pro^+ — лейцин и аденин, для Pur^+ — лейцин и пролин. Среда для обнаружения Lac^+ должна содержать лактозу в качестве единственного источника углерода и все вещества, в которых нуждается реципиентный штамм, т. е. лейцин, пролин и аденин.

Рекомбинанты можно отбирать двумя способами: 1) часто проводят отбор по самому проксимальному из изучаемых маркеров (если это уже известно), и затем у полученных рекомбинантов производят анализ остальных маркеров, которые будут выступать в качестве неселективных; 2) можно высевать пробы из конъюгационной смеси на селективные среды для отбора всех типов рекомбинантов одновременно. Оба способа дают сходные результаты.

Предполагаемый график кинетики появления рекомбинантов для анализа по первому способу имеет следующий вид:

Кинетика появления рекомбинантов в скрещивании
HfrH x F-leuA proA lacZ purE rpsL

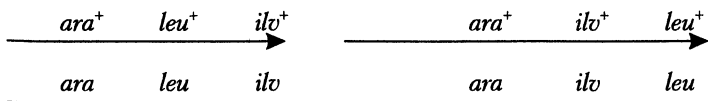


Точка пересечения кривой, изображающей кинетику появления рекомбинанта, с осью абсцисс указывает время переноса соответствующего гена данным штаммом Hfr. Именно эта величина используется для картирования гена. Из-за асинхронности формирования конъюгирующих пар частота рекомбинанта возрастает во времени, но затем выходит на плато. Уровни этих плато для разных рекомбинантов тем ниже, чем дальше отстоят соответствующие гены от точки начала переноса хромосомы (0) данным донорным штаммом. Это объясняется спонтанными разрывами конъюгирующих пар, происходящими помимо прерываний скрещивания, производимых экспериментатором. Чем более удален донорный маркер от точки 0, тем больше разрывов произойдет до того, как он войдет в реципиентную клетку.

Задача № 442

Решение

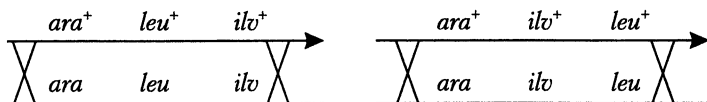
Для анализа генотипов рекомбинантов $Ara^+ Str^r$ следует использовать две синтетические среды (обе содержат арабинозу или глюкозу в качестве источника углерода и стрептомицин): одна с добавлением лейцина (без изолейцина и валина), вторая с добавлением изолейцина и валина (без лейцина). В этом скрещивании донорный маркер $araA^+$ передавался реципиентам последним, следовательно, маркеры $leuA^+$ и $ilvH^+$ обязательно вошли в реципиентные клетки. Из-за малых расстояний между генами метод прерывания конъюгации для определения последовательности их расположения непригоден. Необходимо картировать гены по частотам рекомбинации между ними. Здесь полезно представить два возможных порядка расположения генов схематически (верхняя линия соответствует фрагменту донорной ДНК, стрелка указывает направление передачи хромосомы; нижняя линия изображает участок хромосомы реципиента):



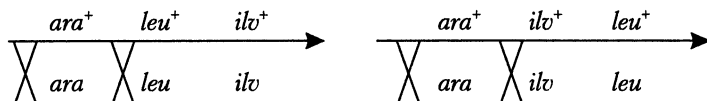
Рекомбинация между линейным фрагментом донорной ДНК и кольцевой хромосомой реципиента осуществляется путем парных обменов. Из приведенной в условии таблицы очевидно

резкое преобладание рекомбинантов 1-го типа — $Ara^+ Ilv^+ Leu^+$, для появления которого необходимы два кроссинговера, произошедших где-то по обе стороны вне участка хромосомы, несущего эти гены.

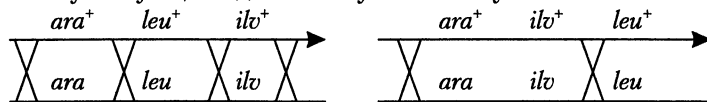
Известно также, что при конъюгации у *E. coli* кроссинговер происходит наиболее эффективно на концах донорного фрагмента.



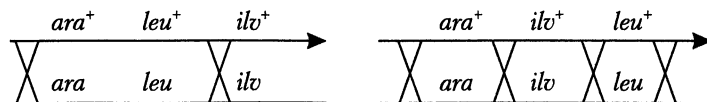
Рекомбинанты 4-го типа — $Ara^+ Ilv^- Leu^-$ также возникают в результате одной пары обменов, но один из них происходит в узком отрезке между изучаемыми генами, что снижает частоту этих рекомбинантов.



Для образования рекомбинантов 2-го типа — $Ara^+ Ilv^+ Leu^-$ при порядке генов, представленном на левой схеме, необходимы четыре обмена, а по правой схеме — только два обмена. Четыре кроссинговера одновременно — событие более редкое, чем два. Тот факт, что в проведенном эксперименте рекомбинанты 2-го типа отсутствуют, свидетельствует в пользу левой схемы.



Для возникновения рекомбинантов 3-го типа — $Ara^+ Ilv^- Leu^+$, наоборот, необходимы два обмена по левой схеме и четыре по правой.



Частота этих рекомбинантов сравнима с таковой для 4-го типа, что подтверждает правильность левой схемы.

Определим расстояния между генами в условных рекомбинационных единицах (%). В результате кроссинговера между генами *araA* и *ilvH* возникают рекомбинанты $Ara^+ Ilv^-$ (5 + 7). Следовательно, расстояние между *araA* и *ilvH* $(5 + 7) \times 100/370 = 3,2\%$. Аналогичным образом, расстояние между *araA* и *leuA* $7 \times 100/370 =$

= 1,9 %, между *ilvH* и *leuA* $5 \times 100/370 = 1,3$ %. Эти расчеты также доказывают порядок генов, приведенный в левой схеме. Вывод — карта исследуемого участка хромосомы *E. coli*:

<i>ara A</i>	1,9	<i>leu A</i>	1,3	<i>ilvH</i>
--------------	-----	--------------	-----	-------------

Задача № 447

Решение

Наличие котрансформации подтверждает оговоренное в условии сцепление приведенных в таблице генов. Очевидно также, что прототрофные рекомбинанты между различными мутантами по биосинтезу триптофана могут возникнуть только в результате кроссинговера между сайтами мутаций. Второй кроссинговер, необходимый для интеграции донорного фрагмента в реципиентную хромосому, должен произойти где-то в другом месте, в зависимости от взаиморасположения маркеров донора и реципиента. Например, если предположить, что схема расположения маркеров для скрещивания 1 имеет следующий вид:

	<i>indB</i>	+	
донор			
участок кроссинговеров	1	2	3
реципиент	+	<i>trp</i>	

то первый кроссинговер должен произойти в узком участке 2 между *indB* и *trp*, а второй — где-то в широком участке 3 справа от *trp* (его ширина ограничивается размером донорного фрагмента).

В такой системе доля прототрофных рекомбинантов определяется частотой кроссинговера между сайтами мутаций и служит мерой расстояния между ними. Сопоставив расстояния между мутациями попарно, получим карту исследуемого участка хромосомы *Bacillus subtilis*. Наибольшая частота кроссинговера (67,4 %) наблюдается между *ant* и *his*, они являются крайними на карте. Далее следует располагать картируемые гены по отношению к *his*, который чаще представлен в скрещиваниях, чем *ant*. Судя по данным таблицы, ближайшим к гену *his* является ген *trp* (19 и 26,6%, возьмем среднее значение 22,8 %). Далее располагаются *indB* (41,4 %) и *indA* (44,9 %). Расстояние между *indA* и *indB* можно

определить по разнице их расстояний от *his*: $44,9 - 41,4 = 3,5$. В целом карта имеет следующий вид:

<i>ant</i>	<i>indA</i>	<i>indB</i>	<i>trp</i>	<i>his</i>
27,3	3,9	11,8	22,8	

Обратите внимание на то, что при схеме постановки скрещиваний, использованной в этой задаче, неприемлем способ оценки сцепления генов по частотам их котрансформации (как в задаче № 422).

Задача № 450

Решение

В этом эксперименте для отбора трансдуктантов Leu^+ использовали минимальную среду с добавлением треонина, для отбора трансдуктантов Thr^+ — минимальную среду с добавлением лейцина, трансдуктантов $Thr^+ Leu^+$ — минимальную среду без добавок. На карте хромосомы *E. coli*, полученной методом прерывания конъюгации, гены *thr*-оперона занимают положение 0, принятое за начало отсчета, а гены *leu*-оперона и локус устойчивости к азиду натрия находятся на 2-й мин. Метод прерывания конъюгации недостаточно чувствителен, чтобы определить расстояние между локусами *leu* и *azi* и порядок их расположения на карте. Степень сцепления генов можно оценивать по частоте их котрансдукции. Тот результат, что среди трансдуктантов Leu^+ оказалось 48 % Azi^r , а среди Thr^+ не было ни одного Azi^r , свидетельствует, что локус *azi* расположен ближе к генам *leu*-оперона, чем к генам *thr*-оперона и дистальнее, т. е. несколько более удален от *thr*, чем *leu*. Только 3 % рекомбинантов Thr^+ унаследовали также маркер leu^+ , следовательно, оба локуса удалены друг от друга настолько, что редко оказываются в одном трансдуцирующем фрагменте, вмещающемся в частицу фага P1. Но так как такие события в принципе происходят, можно заключить, что размер трансдуцирующего фрагмента примерно совпадает с расстоянием между генами *thr* и *leu*. Благодаря тому, что среди трансдуктантов Thr^+ не было ни одного с фенотипом Azi^r , можно уточнить размер трансдуцирующего фрагмента: он соответствует расстоянию между *thr* и отстоящим от него на 2 мин сайтом, расположенным между *leu* и *azi*. 2 мин карты *E. coli* составляют 1/50 длины хромосомы, т. е. ~64 тыс. п. н. (исходя из размера хромосомы 3,2 млн п. н.). Размер трансдуцирующего фрагмента равен размеру генома несущего его бактериофага.

Раздел 7

Структура и функция гена

№ 452. Покажите, как отразится на последующей трансляции добавление цитидилового нуклеотида к началу данной кодирующей последовательности:

5'-ACA CGA CAA GAU AAC UGG CCA
Thr Arg His Asp Asn Trp Pro

Используйте таблицу генетического кода (см. Приложение).

№ 453. Покажите, как отразится на последующей трансляции добавление аденилового нуклеотида к началу данной кодирующей последовательности:

5'-AUG GUG CAG ACU GAG GAC CAC
Met Val Gln Thr Lys Asn His

Используйте таблицу генетического кода (см. Приложение).

№ 454*. Три независимо полученных гистидинзависимых мутанта были обозначены как *hisA*, *hisC* и *hisD*. Клеточные суспензии мутантов были высеяны штрихами на чашку с агаризованной глюкозо-солевой (минимальной) средой с добавлением ограниченного количества гистидина, достаточного для обеспечения слабого роста клеток *his*-мутантов.

Штрихи расположены на среде в виде треугольника таким образом, чтобы они не соприкасались друг с другом (рис. 7.1) На обоих концах штриха *hisA* и на одном конце штриха *hisC*, обращенном к *hisD*, отмечен обильный рост (зачернен).

Объясните природу обильного роста клеток. Зачем необходимо добавлять ограниченное количество гистидина в среду? В каком порядке в пути биосинтеза гистидина расположены энзиматические этапы, блокированные мутациями *hisA*, *hisC* и *hisD*?

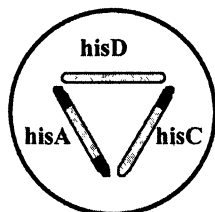


Рис. 7.1
к задаче № 454

№ 455. Три независимо полученных триптофанзависимых мутанта были обозначены как *trpA*, *trpC* и *trpE*. Клеточные суспензии мутантов были высеяны штрихами на чашку с агаризованной глюкозо-солевой (минимальной) средой с добавлением ограниченного количества триптофана, достаточного для обеспечения слабого роста клеток *trp*-мутантов.

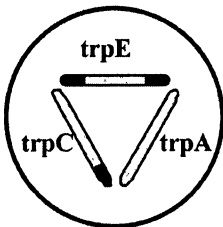


Рис. 7.2
к задаче № 455

Штрихи расположены на среде в виде треугольника таким образом, чтобы они не соприкасались друг с другом (рис. 7.2). На обоих концах штриха *trpE* и на одном конце штриха *trpC*, обращенном к *trpA*, отмечен обильный рост (зачернен).

Объясните природу обильного роста клеток. Зачем необходимо добавлять ограниченное количество триптофана в среду? В каком порядке в пути биосинтеза триптофана расположены энзиматические этапы, блокированные мутациями *trpA*, *trpC* и *trpE*?

№ 456. Четыре независимо полученных аргининзависимых мутанта были обозначены как *argE*, *argG*, *argH* и *argI*. Клеточные суспензии мутантов были высеяны штрихами на чашку с агаризованной глюкозо-солевой (минимальной) средой с добавлением ограниченного количества аргинина, достаточного для обеспечения слабого роста клеток *arg*-мутантов.

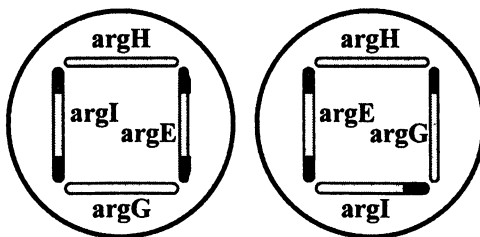


Рис. 7.3 к задаче № 456

Штрихи расположены на среде в виде четырехугольника таким образом, чтобы они не соприкасались друг с другом (рис. 7.3). На некоторых концах штрихов отмечен обильный рост (зачернен).

Объясните природу обильного роста клеток. Зачем необходимо добавлять ограниченное количество аргинина в среду? В каком порядке в пути биосинтеза аргинина расположены энзиматические этапы, блокированные мутациями *argE*, *argG*, *argH* и *argI*?

№ 457*. На рис. 7.4 представлена карта семи делеций, использованных С. Бензером для картирования района *rII* генома бактериофага T4. Делеции изображены горизонтальными линиями.

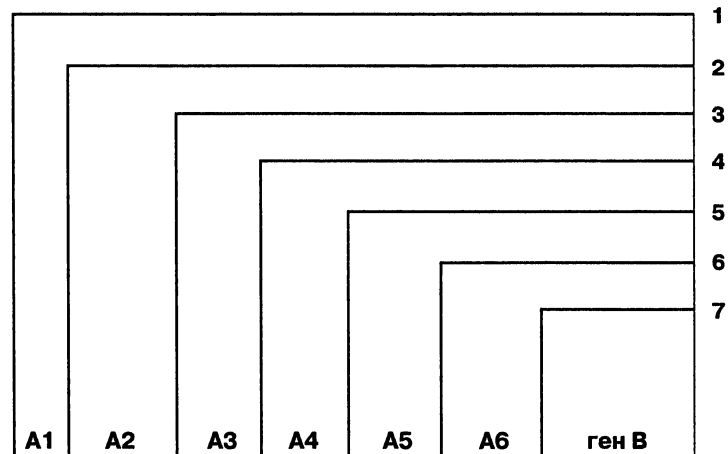
Карта района *rII*

Рис. 7.4 к задаче № 457

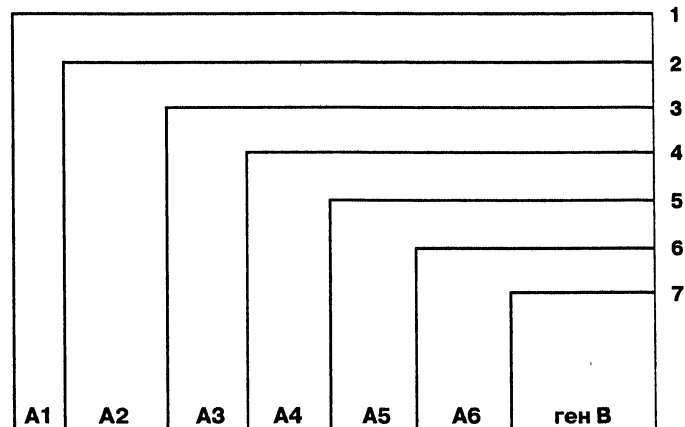
Семь точковых мутантов *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* скрестили попарно с каждым делеционным мутантом. Результаты скрещивания представлены в таблице:

Делеция	Точковый мутант						
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
1. (<i>r1272</i>)	–	–	–	–	–	–	–
2. (<i>r1241</i>)	–	–	–	–	+	–	–
3. (<i>rJ3</i>)	–	–	+	–	+	–	–
4. (<i>rPT1</i>)	+	–	+	–	+	–	–
5. (<i>rPB242</i>)	+	–	+	–	+	–	+
6. (<i>rA105</i>)	+	–	+	–	+	+	+
7. (<i>r638</i>)	+	–	+	+	+	+	+

Появление в результате скрещиваний рекомбинантов дикого типа обозначено знаком «+», их отсутствие — знаком «–».

Определите порядок расположения точковых мутаций на карте района *rII*.

№ 458. На рис. 7.5 представлена карта семи делеций, использованных С. Бензером для картирования района *rII* генома бактериофага T4. Делеции изображены горизонтальными линиями.



Карта района *rII*

Рис. 7.5 к задаче № 458

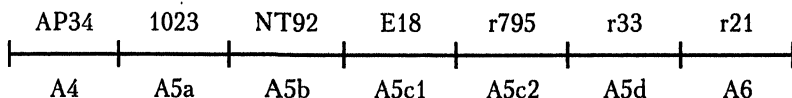
Семь точковых мутантов *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* скрестили попарно с каждым делеционным мутантом. Результаты скрещивания представлены в таблице:

Делеция	Точковый мутант						
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
1. (<i>r1272</i>)	-	-	-	-	-	-	-
2. (<i>r1241</i>)	+	-	-	-	-	-	-
3. (<i>rJ3</i>)	+	-	+	-	-	-	-
4. (<i>rPT1</i>)	+	+	+	-	-	-	-
5. (<i>rPB242</i>)	+	+	+	-	+	-	-
6. (<i>rA105</i>)	+	+	+	-	+	-	+
7. (<i>r638</i>)	+	+	+	+	+	-	+

Появление в результате скрещиваний рекомбинантов дикого типа обозначено знаком «+», их отсутствие — знаком «-».

Определите порядок расположения мутаций на карте района *rII*.

№ 459. Делеция *r1589* — одна из 47 «малых» делеций, использованных С. Бензером для картирования района *rII* хромосомы бактериофага T4, захватывает участок в сегменте A5 гена *rIIA*. Карта этого участка и прилегающих к нему соседних участков имеет следующий вид:



Результаты скрещивания делеционного мутанта *r1589* с точковыми мутантами представлены в таблице:

Точковый мутант	<i>AP34</i>	<i>1023</i>	<i>NT92</i>	<i>E18</i>	<i>r795</i>	<i>r33</i>	<i>r21</i>
<i>r1589</i>	+	+	+	-	-	-	+

Возникновение рекомбинантов дикого типа в результате скрещиваний обозначено знаком «+», их отсутствие — знаком «-».

Локализуите делецию на генетической карте сегмента A5 района *rII*.

№ 460. Шесть гаплоидных штаммов дрожжей, ауксотрофных по лизину, изучены в тесте на комплементарность с гаплоидными тестерными штаммами противоположного типа спаривания, ауксотрофными по разным генам биосинтеза лизина (*LYS2*, *LYS4*, *LYS5*, *LYS7*). Результаты теста приведены в таблице:

Тестеры	Исследуемые мутанты					
	1	2	3	4	5	6
<i>lys2</i>	+	+	+	-	+	-
<i>lys4</i>	-	+	+	+	+	+
<i>lys5</i>	+	+	-	+	+	+
<i>lys7</i>	+	+	+	+	-	+

«+» — рост диплоидного гибрида на минимальной среде без лизина, «-» — отсутствие роста.

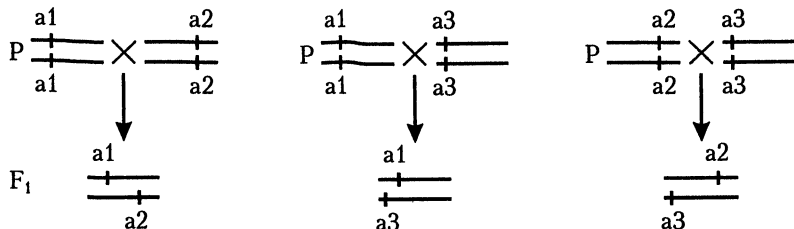
«+» — комплементация мутаций, «-» — отсутствие комплементации. Пустая клетка — данную комбинацию мутаций не тестировали. Распределите мутации по трем генам.

№ 465. Проанализируйте результаты теста на комплементацию 12 рецессивных точковых мутаций у многоклеточного эукариотического объекта:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Мутанты
-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	1
	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	2
		-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	3
			-	+	+	+	+	+	+	+	+	4
				-	+	+	+	+	+	+	+	5
					-	+	-	+	-	+	+	6
						-	+	+	+	-	-	7
							-	+	-	+	+	8
								-	+	+	+	9
									-	+	+	10
										-	-	11
											-	12

«+» — дикий фенотип компаундов, «-» — мутантный фенотип компаундов. Определите число генов и распределите по ним мутации. Почему скрещивания 1 × 2 и 1 × 5 дают разные результаты?

№ 466. Объясните результаты анализа рецессивных мутаций $a1$, $a2$ и $a3$ в функциональном тесте на аллелизм.



Фенотип: нормальный

мутантный

мутантный

№ 467. Получены различные мутанты *Escherichia coli*, нуждающиеся в аспарагиновой кислоте, треонине и метионине. Характеристики мутантов приведены в таблице:

Мутант	Нуждается в метаболите						Накапливает метаболит
	аспарагиновая к-та	гомосерин	гомосерин-фосфат	треонин	гомоцистеин	метионин	
<i>aspA</i>	+	-	-	-	-	-	фумаровая к-та
<i>metA</i>	-	-	-	-	+	+	гомосерин
<i>metH</i>	-	-	-	-	-	+	гомоцистеин
<i>thrC</i>	-	-	-	+	-	-	гомосерин-фосфат
<i>thrB</i>	-	-	+	+	-	-	гомосерин
<i>thrA</i>	-	+	+	+	-	-	аспарагиновая к-та

Знак «+» означает рост на минимальной среде с добавлением соответствующего метаболита, «-» — отсутствие роста.

Определите последовательность этапов биосинтеза соответствующих аминокислот и расположите гены в порядке контролируемых ими этапов.

№ 468*. У *Bacillus subtilis* получены ауксотрофные мутанты, дефектные по различным этапам биосинтеза триптофана. Характеристики мутантов приведены в таблице:

Мутант	Рост на минимальной среде с добавлением метаболита				Накапливает метаболит
	антраниловая к-та	КФАДРФ ¹¹	индол	триптофан	
<i>trpA</i>	-	-	-	+	индол-3-глицеро-фосфат
<i>trpC</i>	-	-	+	+	КФАДРФ
<i>trpD</i>	-	+	+	+	антраниловая к-та
<i>trpE</i>	+	+	+	+	хоризмовая к-та

Знак «+» означает рост клеток на соответствующей среде, «-» — отсутствие роста.

¹¹ КФАДРФ - енол - 1 - (о-карбоксифениламино) - 1-дезоксирибулозо-фосфат.

Определите последовательность стадий биосинтеза триптофана и расположите гены в порядке контролируемых ими этапов.

№ 469. Независимо выделено пять мутантов *E. coli*, нуждающихся для роста в веществе F. Ранее установлено, что несколько веществ от А до F являются промежуточными метаболитами процесса биосинтеза F, но их последовательность в пути биосинтеза неизвестна. Каждое вещество было протестировано на способность поддерживать рост каждого из пяти мутантов. Результаты приведены в таблице. Знак «+» означает рост, знак «-» — отсутствие роста.

Мутант	Тестируемое вещество					
	А	В	С	Д	Е	F
1	-	-	-	-	-	+
2	+	+	+	+	-	+
3	-	+	-	+	-	+
4	-	-	-	+	-	+
5	-	+	+	+	-	+

а) Какой порядок веществ от А до F в пути биосинтеза?

б) Какой этап пути блокирован у каждого мутанта?

№ 470. Как будут синтезироваться продукты генов *lacZ* и *lacY* у следующих стабильных меродиплоидов (гетерогенот) *E. coli*, образованных с помощью полового фактора F':

$$\begin{array}{lll}
 1. \frac{\Gamma^{\text{O}^+Z^+Y^+}}{\Gamma^{\text{O}^CZ^+Y^-}} & 2. \frac{\Gamma^{\text{O}^+Z^-Y^+}}{\Gamma^{\text{O}^+Z^+Y^-}} & 3. \frac{\Gamma^{\text{O}^CZ^+Y^+}}{\Gamma^{\text{O}^+Z^-Y^-}} \\
 4. \frac{\Gamma^{\text{O}^CZ^-Y^+}}{\Gamma^{\text{O}^+Z^-Y^-}} & 5. \frac{\Gamma^{\text{O}^+Z^+Y^-}}{\Gamma^{\text{O}^+Z^-Y^+}} & 6. \frac{\Gamma^{\text{O}^CZ^+Y^-}}{\Gamma^{\text{O}^+Z^-Y^+}}
 \end{array}$$

№ 471. Как будут синтезироваться продукты генов *lacZ* и *lacY* у следующих стабильных меродиплоидов (гетерогенот) *E. coli*, образованных с помощью полового фактора F':

$$\begin{array}{lll}
 1. \frac{\Gamma^{\text{S}}\text{O}^+Z^+Y^-}{\Gamma^{\text{O}^CZ^-Y^+}} & 2. \frac{\Gamma^{\text{S}}\text{O}^+Z^+Y^-}{\Gamma^{\text{O}^+Z^-Y^+}} & 3. \frac{\Gamma^{\text{S}}\text{O}^+Z^+Y^+}{\Gamma^{\text{O}^+Z^+Y^+}}
 \end{array}$$

Γ^{S} – мутация гена *I*, приводящая к неспособности белка-репрессора взаимодействовать с индукторами *lac*-оперона.

Образцы решения задач

Задача № 454

Решение

Эта задача является примером теста на синтрофизм. Тест основан на том, что мутационный блок процесса биосинтеза определенного клеточного соединения прекращает дальнейшее использование промежуточного метаболита, занимающего место в цепи биосинтеза непосредственно перед блокированной стадией. В результате промежуточный метаболит накапливается в мутантной клетке и может выделяться в ростовую среду. Такие мутантные клетки способны поддерживать выделяемым ими метаболитом рост других мутантных клеток, у которых блокированы более ранние этапы данной цепи биосинтеза.

Лимитированное количество конечного продукта пути биосинтеза, в данном случае гистидина, необходимо для поддержания слабого роста штрихов мутантных клеток, позволяющего им выделять в среду диффундирующие метаболиты.

Обильный рост на концах штрихов клеток *hisA* и *hisC* объясняется тем, что они получают необходимый для их роста метаболит от клеток *hisD*, а клетки *hisA* еще и от *hisC*. Поскольку клетки *hisD* поддерживают рост *hisA* и *hisC*, ген *hisD* занимает место в контроле биосинтеза гистидина после *hisA* и *hisC*. Клетки *hisC* поддерживают рост *hisA*, следовательно ген *hisC* расположен после гена *hisA*. Порядок генов в контроле процесса биосинтеза гистидина: *hisA* → *hisC* → *hisD*.

Задача № 457

Решение

Подход к решению задачи основан на том, что рекомбинант дикого типа между точковой мутацией и делецией может образоваться только в том случае, если они не перекрываются на генетической карте. Если провести проекции концов семи делеций на карту, то они разделят последнюю на шесть сегментов в гене *A* и на ген *B*. Если точковая мутация рекомбинирует только с несколькими делециями, то она локализуется в сегменте, расположенном слева от самой протяженной из этих делеций.

1. Мутация a рекомбинирует с делециями 4–7, но не с делециями 1–3. Следовательно, она локализована в сегменте $A3$.

2. Мутация b не рекомбинирует ни с одной из делеций в гене A . Следовательно, она расположена в гене B .

3. Мутация c не рекомбинирует с делециями 1 и 2, но рекомбинирует с остальными. Следовательно, она локализована в сегменте $A2$.

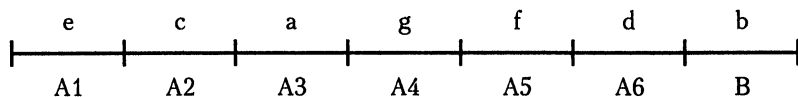
4. Мутация d рекомбинирует только с делецией 7, следовательно она в сегменте $A6$.

5. Мутация e не рекомбинирует только с делецией 1, следовательно, она в сегменте $A1$.

6. Мутация f не рекомбинирует с 1–5 и рекомбинирует с 6 и 7, располагаем ее в сегменте $A5$.

7. Мутация g не рекомбинирует с 1–4 и рекомбинирует с 5–7. Локализуем ее в сегменте $A4$.

Таким образом, карта района rII хромосомы фага T4 выглядит следующим образом:



Задача № 461

Решение

1. Мутация $a1$ некомплементарна мутации $a2$, следовательно, обе мутации аллельны и принадлежат к одному гену (обозначим его как ген $A1$). Мутация $a2$ некомплементарна также и мутации ab , значит, ab также относится к гену $A1$.

2. Мутация $a7$ некомплементарна $a4$, а $a4$ некомплементарна $a3$, все три мутации находятся в одном гене $A2$.

3. Мутация $a5$ комплементарна и $a4$ (ген $A2$), и ab (ген $A1$), следовательно, она представляет третий ген — $A3$.

Вывод: исследованные мутации локализованы в трех генах следующим образом (скобки указывают, что порядок расположения заключенных в них мутаций на карте гена не установлен):

ген $A1$	ген $A2$	ген $A3$
<u>$(a1, a2, ab)$</u>	<u>$(a3, a4, a7)$</u>	<u>$a5$</u>

Задача № 464*Решение*

Обозначим три оговоренных в условии гена как $A1$, $A2$ и $A3$. По этим генам распределим мутации.

1. Мутации $a1$ и $a4$ относятся к одному гену (аллельны), так как они не комплементируют. То же относится и к паре мутаций $a4$ и $a6$. Следовательно, $a1$, $a4$ и $a6$ относятся к одному гену — $A1$.

2. Мутации $a1$ и $a2$ находятся в разных генах, так как они комплементарны. Можно полагать, что $a2$ расположена в другом гене, $A2$.

ген $A1$	ген $A2$	ген $A3$
<u>$(a1\ a2\ a6)$</u>	<u>$a2$</u>	<u> </u>

3. Мутации $a2$ и $a3$ комплементируют, т. е. относятся к разным генам, то же можно сказать о паре мутаций $a3$ и $a4$. Это означает, что $a3$ не принадлежит ни к гену $A1$, ни к гену $A2$ и, следовательно, может быть отнесена к третьему гену — $A3$.

ген $A1$	ген $A2$	ген $A3$
<u>$(a1\ a4\ a6)$</u>	<u>$a2$</u>	<u>$a3$</u>

4. Мутация $a5$ комплементарна $a1$ (ген $A1$) и $a3$ (ген $A3$), следовательно, не локализуется ни в одном из этих генов. Остается отнести ее к гену $A2$.

ген $A1$	ген $A2$	ген $A3$
<u>$(a1\ a4\ a6)$</u>	<u>$(a2\ a5)$</u>	<u>$a3$</u>

5. Мутация $a7$ не находится ни в гене $A1$ (так как она комплементарна $a6$), ни в гене $A2$ (комплементарна $a5$). Следовательно, она локализуется в гене $A3$.

Вывод: семь мутаций локализованы в трех генах следующим образом (скобки указывают, что порядок заключенных в них мутаций на карте гена не установлен):

ген $A1$	ген $A2$	ген $A3$
<u>$(a1\ a4\ a6)$</u>	<u>$(a2\ a5)$</u>	<u>$(a3\ a7)$</u>

Задача № 468*Решение*

При решении следует исходить из известного факта: если исследуемый мутант растет на минимальной синтетической среде

только при условии внесения в нее определенного метаболита, то у него блокирован какой-то этап метаболической цепи перед биосинтезом этого метаболита, т. е. метаболит занимает в цепи биосинтеза место после мутационного блока. Другие, более ранние предшественники, находящиеся в метаболической цепи перед блоком, не могут обеспечить рост мутанта. С другой стороны, если мутант накапливает определенный метаболит, то у него блокирован этап цепи биосинтеза сразу после накапливаемого метаболита.

1. Мутант *trpE* растет при добавлении в среду любого из приведенных в условии метаболитов и при этом накапливает хоризмовую кислоту, следовательно, у него блокирован ранний этап до биосинтеза этих метаболитов, но непосредственно после хоризмовой кислоты.

2. Мутант *trpD* способен использовать все метаболиты, кроме анраниловой кислоты, и накапливает в среде последнюю. Это означает, что мутационный блок располагается сразу после синтеза анраниловой кислоты, а анраниловая кислота в цепи биосинтеза находится после хоризмовой, но перед КФАДРФ, индолом и триптофаном.

3. Мутант *trpC* не способен использовать для своего роста анраниловую кислоту и КФАДРФ и накапливает последний. Следовательно, мутация *trpC* прерывает цепь биосинтеза сразу после КФАДРФ, а сам КФАДРФ находится в цепи после анраниловой кислоты, но перед индолом и триптофаном.

4. Мутант *trpA* растет только на среде с триптофаном и накапливает индол-3-глицерофосфат. Можно заключить, что цепь биосинтеза у него блокирована на позднем этапе между индол-3-глицерофосфатом и триптофаном. Очевидно также, что индол-3-глицерофосфат синтезируется после индола: мутант *trpA* не растет на среде с индолом, т. е. блок находится *где-то* после индола, но накапливает индол-3-глицерофосфат, т. е. блок идентифицируется *непосредственно* после индол-3-глицерофосфата.

Таким образом, последовательность метаболитов в цепи биосинтеза триптофана следующая: хоризмовая кислота → анраниловая кислота → КФАДРФ → индол → индол-3-глицерофосфат → триптофан. Порядок генов, контролирующих последовательные этапы биосинтеза триптофана (не путать его с генетической картой!): *trpE* → *trpD* → *trpC* → *trpA*.

Раздел 8

Молекулярная генетика

№ 472*. Рассчитайте среднее расстояние между сайтами рестриктаз *EcoRI* (5'-GAATTC) и *MboI* (5'-GATC) в геномной ДНК.

№ 473. Рассчитайте среднее расстояние между сайтами рестриктазы *HphI* (5'-GGTGA) в геномной ДНК.

№ 474. Рассчитайте среднее расстояние между сайтами рестриктазы *HaeII* (5'-PuGCGCPu) в геномной ДНК. Pu и P_y — любой пуриновый или пиримидиновый нуклеотид, соответственно.

№ 475. Рассчитайте среднее расстояние между сайтами рестриктазы *HinfI* (5'-GANTC) в геномной ДНК. N — любой нуклеотид.

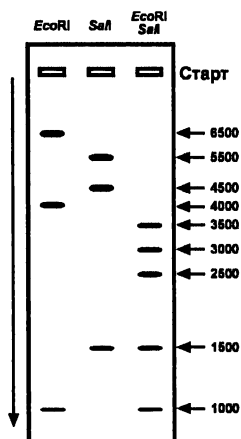


Рис. 8.1 к задаче
№ 476

№ 476. Линейный фрагмент ДНК обработали рестриктазой *EcoRI*, рестриктазой *SalI* и их смесью. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.1. Цифры справа указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционную карту фрагмента.

№ 477. Плазмиду pUC19 обработали рестриктазами *BseSI*, *BspHI* и их смесью. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.2. Цифры справа указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционную карту плазмиды.

№ 478. Линейный фрагмент ДНК обработали рестриктазой *EcoRV*, рестриктазой *NdeII* и их смесью. Продукты реакций

разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.3. Цифры справа указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционную карту фрагмента.

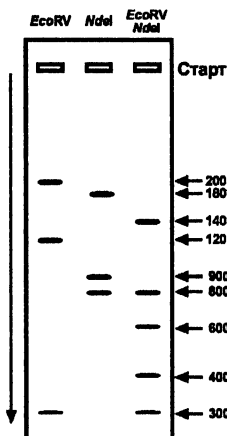


Рис. 8.3 к задаче № 478

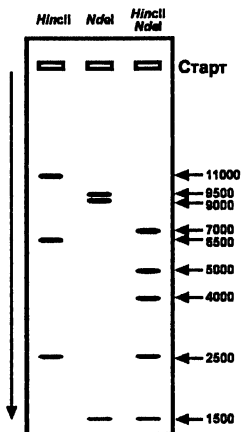


Рис. 8.5 к задаче № 480

№ 479. Плазмидную ДНК обработали рестриктазами *BclI*, *Hin1I* и их смесью. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.4. Цифры справа указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционную карту плазмиды.

№ 480. Линейный фрагмент ДНК обработали рестриктазой *HincII*, рестриктазой *NdeI* и их смесью. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.5. Цифры справа указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционную карту фрагмента.

№ 481*. Линейный фрагмент ДНК обработали рестриктазой *EcoRI*, рестриктазой *BamHI* и их смесью. Продукты реакций раз-

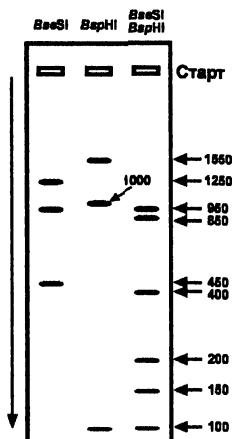


Рис. 8.2 к задаче № 477

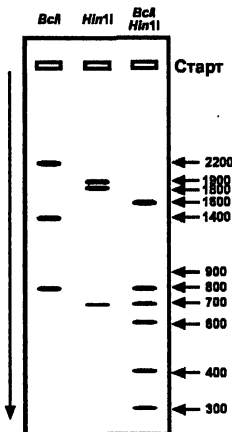


Рис. 8.4 к задаче № 479

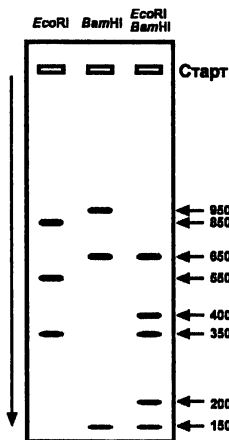


Рис. 8.6 к задаче № 481

лили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.6. Цифры справа указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционную карту фрагмента.

№ 482*. Вирионную (линейную) ДНК бактериофага λ обработали рестриктазой *PvuI*, рестриктазой *NcoI*, а также смесью обеих рестриктаз. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.7. Цифры справа указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Определите координаты сайтов *PvuI* и *NcoI* в ДНК фага λ .

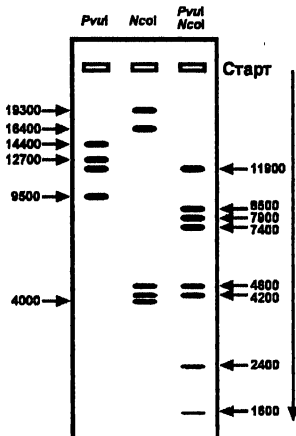


Рис. 8.7 к задаче № 482

Результаты электрофореза представлены на рис. 8.7. Цифры справа указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Определите координаты сайтов *PvuI* и *NcoI* в ДНК фага λ .

№ 483. Плазмидную ДНК обработали рестриктазами *EcoRV*, *HindIII* и их смесью. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.8. Цифры справа указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционную карту плазмиды.

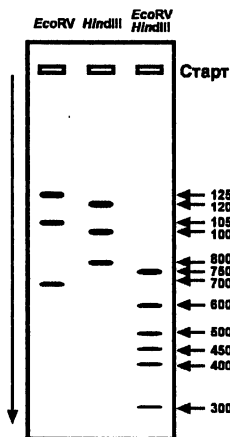


Рис. 8.8 к задаче № 483

№ 484. Линейный фрагмент ДНК обработали рестриктазой *MluI*, рестриктазой *NdeI* и их смесью. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на

рис. 8.9. Цифры справа указывают приближенные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционную карту фрагмента.

№ 485. Линейный фрагмент ДНК обработали рестриктазой *Bsp*PI, рестриктазой *Kpn*I и их смесью. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.10. Цифры справа указывают приближенные размеры фрагментов в п. н.

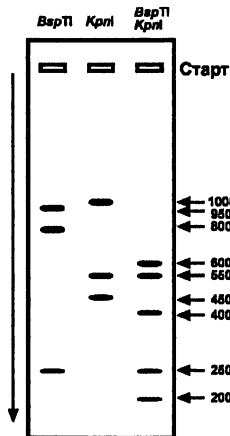


Рис. 8.10
к задаче № 485

а) Постройте рестрикционную карту фрагмента.

б) Как выглядел бы гель, если бы этот же фрагмент был кольцевым? Изобразите картину электрофореза.

№ 486. Плазмиду рGEM-T обработали рестриктазами *Ban*I, *Ear*I и их смесью. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.11. Цифры справа указывают приближенные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционную карту плазмиды.

№ 487. Плазмиду рBluescript KS(+) обработали рестриктазами *Bce*AI, *Ear*I, *Rsa*I и их попарными смесями. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.12. Цифры указывают приближенные размеры фрагментов в п. н.

а) Постройте рестрикционную карту плазмиды.



Рис. 8.9 к задаче
№ 484

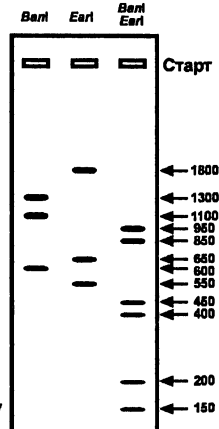


Рис. 8.11
к задаче № 486

б) Изобразите картину электрофореза при обработке вышеуказанной плазмиды смесью всех трех рестриктаз.

№ 488. В плазмиду встроили линейный фрагмент ДНК. Исходную плазмиду и плазмиду со вставкой обрабатывали рестриктазами *DraI*, *HpaI* и их смесью. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Электрофореграмма представлена на рис. 8.13. Цифры указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционную карту исходной плазмиды и плазмиды со вставкой.

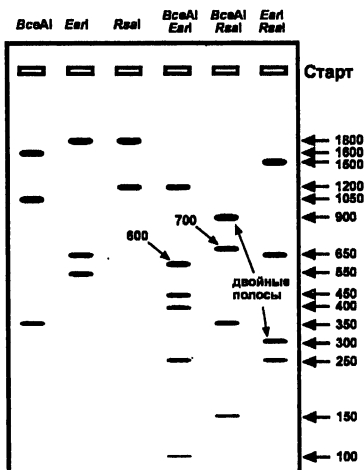


Рис. 8.12 к задаче № 487

№ 489. В плазмиду встроили линейный фрагмент ДНК. Исходную плазмиду и плазмиду со вставкой обрабатывали рестриктазами *BglII*, *VspI* и их смесью. Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Электрофореграмма представлена на рис. 8.14. Цифры указывают приблизительные размеры фрагментов в п. н. Постройте рестрикционные карты исходной плазмиды и плазмиды со вставкой.

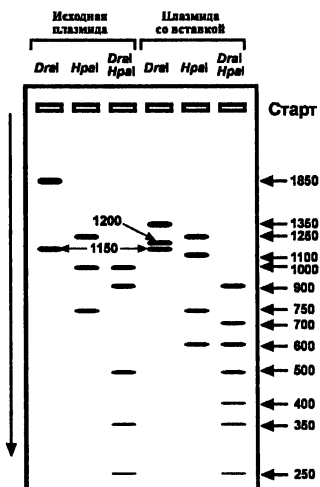


Рис. 8.13 к задаче № 488

№ 490. На практике размер фрагмента определяют, сравнивая расстояние, пройденное фрагментом от старта в агарозном геле, с подвижностями набора фрагментов известной длины (такой набор называют набором маркеров молекулярной массы).

Линейный фрагмент ДНК обработали рестриктазой *Pst*I, рестриктазой *Xho*I и их смесью (рис. 8.15). Продукты реакций разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. На последнюю дорожку (М) нанесли набор маркеров молекулярных масс. Цифры справа указывают размеры маркеров в п. н.

а) Постройте график зависимости пробега фрагмента от его размера.

б) С помощью полученного графика определите размеры фрагментов ДНК, получившихся при обработке исходного фрагмента рестриктазами.

в) Постройте рестрикционную карту исходного фрагмента.

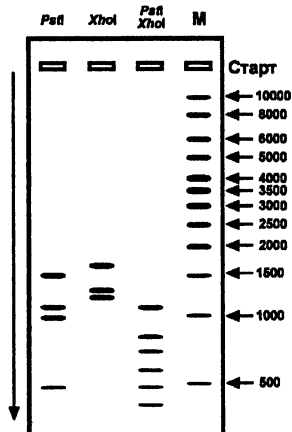


Рис. 8.15 к задаче № 490

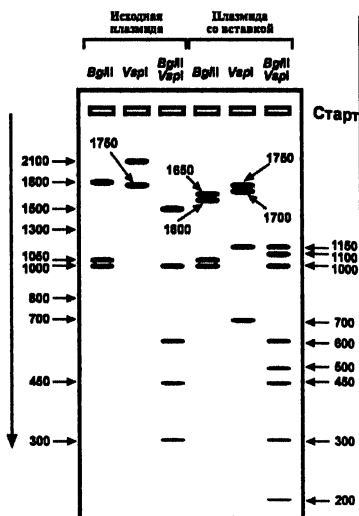


Рис. 8.14 к задаче № 489

№ 491. В плазмиду pUC4K (рис. 8.16А) по сайту *Sca*I встроили фрагмент ДНК (рис. 8.16Б), несущий ген *lac*I *E. coli*. Получили плазмиды, отличающиеся друг от друга ориентацией фрагмента в плазмиде (клон 1 и клон 2). Эти плазмиды и исходную плазмиду pUC4K обработали рестриктазой *Vci*VI, продукты реакции разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием (рис. 8.16В). На последнюю дорожку геля (М) нанесли набор маркеров молекулярных масс. Цифры справа указывают размеры маркеров в п. н.

Нарисуйте схемы плазмид с разными ориентациями встроеного фрагмента, соответствующие дорожкам 2 и 3 (клон 1 и клон 2).

№ 492. В плазмиду pUC4K (рис. 8.17А) по сайту *Sma*I встроили фрагмент ДНК, несущий ген *ara*B *Salmonella typhimurium*

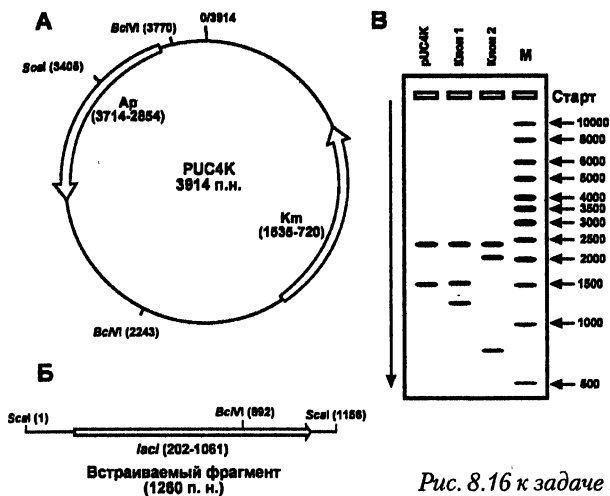


Рис. 8.16 к задаче № 491

(рис. 8.17Б). Получили две плазмиды, отличающиеся друг от друга ориентацией фрагмента в плазмиде. Эти плазмиды, исходную плазмиду pUC4K и две другие произвольно выбранные плазмиды обработали рестриктазой *SalI*, продукты реакции разделили в агарозном геле и окрасили бромистым этидием. Результаты электрофореза представлены на рис. 8.17 В. Цифры справа указывают размеры фрагментов в п. н. Найдите дорожки, на которых находятся фрагменты исходной плазмиды pUC4K и плазмид со вставками гена *araB* в одной и другой ориентации.

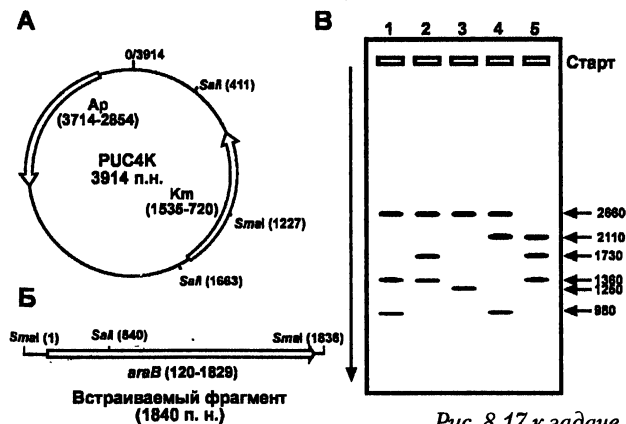
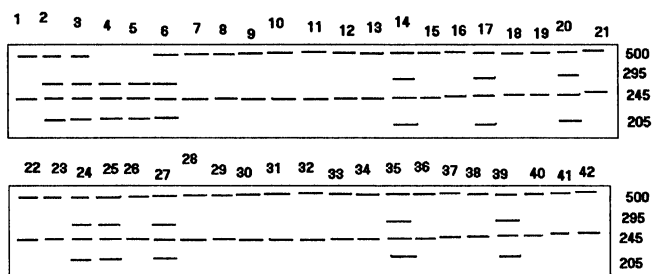


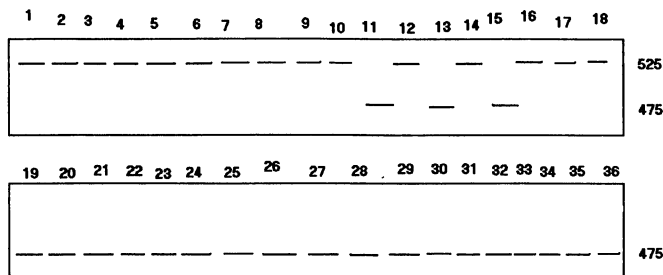
Рис. 8.17 к задаче № 492

№ 493. Представлены электрофореграммы исследования полиморфизма экзона 9 гена *VDR-3* (ядерный рецептор витамина D) рестриктазой *TaqI* в контрольной выборке (дорожки 1–21) и у больных остеопорозом (22–42). Цифрами справа обозначены длины фрагментов ДНК в п. н. Составьте возможные варианты рестрикционной карты аллелей *T* (с одним сайтом рестрикции) и *t* (с двумя сайтами рестрикции), если исходная длина амплифицированного фрагмента экзона 9 составляет 745 п. н. и в нем есть два сайта для рестриктазы *TaqI*, один из которых полиморфный, а другой — нет.

Определите частоту аллелей *T* и *t* в контрольной выборке и у больных. Предложите гипотезу о причинах различий частот.

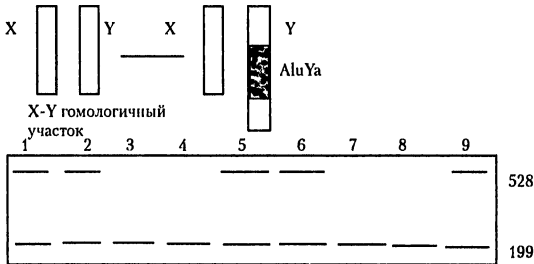


№ 494. В популяциях лося на Дальнем Востоке среди обычных вариантов митохондриальной ДНК выявлены варианты с делецией 75 п. н. в области гипервариабельного сегмента I (ГВСI) D-петли. Определите частоту делеции в выборке из 18 дальневосточных (дорожки 1–18) и 18 северо-американских лосей (дорожки 19–36) на основе представленных электрофореграмм продуктов ПЦР-амплификации их ГВСI митохондриальной D-петли. Цифрами справа обозначены длины полученных фрагментов ДНК в п. н.

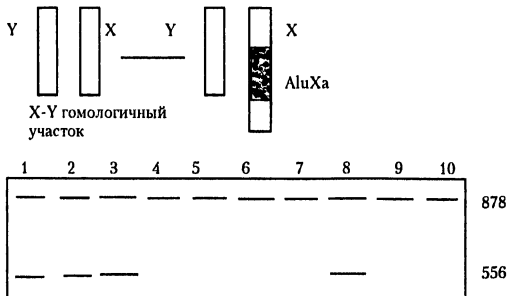


Предложите объяснения причин возникновения наблюдаемых особенностей распространения гаплотипа митохондриальной ДНК с делецией 75 п. н. у лосей в Азии и Америке.

№ 495. В Y-хромосоме человека на участке, гомологичном X-хромосоме, имеется вставка мобильного элемента AluYa протяженностью 329 п. н. Определите процент мужчин в изученной группе жертв теракта (дорожки 1–9) на основе представленной электрофореграммы продуктов ПЦР-амплификации участка генома, затронутого этой инсерцией. Цифрами справа обозначены длины фрагментов ДНК в п. н.



№ 496. В X-хромосоме человека на участке, гомологичном Y-хромосоме, имеется вставка мобильного элемента AluXa протяженностью 322 п. н. Определите, какие дорожки на представленной электрофореграмме продуктов ПЦР-амплификации участка генома, затронутого этой инсерцией, соответствуют образцам ДНК женщин, погибших из-за теракта. Цифрами справа обозначены длины фрагментов ДНК в п. н.



№ 499. В кодирующей части гена *CRR5* рецептора хемокинов описаны две мутации, приводящие к дефекту рецептора *CRR5*: делеция 32 п. н. (*CRR5del32*) и замена одного нуклеотида в положении 303 (*CRR5m303*), которая приводит к возникновению стоп-кодона и нарушению синтеза белка. Гомозиготы *CRR5del32 / CRR5del32* и *CRR5m303/CRR5m303*, а также гетерозиготы по обеим мутациям в транспозиции устойчивы к ВИЧ-1 инфекции, так как вирус не может использовать дефектный рецептор *CRR5* для проникновения в клетку. В таблице показаны результаты идентификации рассматриваемых мутаций после ПЦР-амплификации с последующим рестрикционным анализом продуктов рестриктазой *HincII* (в случае мутации *CRR5m303* сайт *HincII* исчезает) в группе риска по заражению ВИЧ-1. Праймеры фланкируют фрагмент гена *CRR5*, в котором возникают обе мутации. Размер ПЦР-продукта составляет 620 п. н., а с делецией — 588 п. н. Установите генотипы изученных людей и определите, кто из них может быть устойчив к ВИЧ-1 инфекции.

Номер образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Длины фрагментов ПЦР-ПДФ (п.н.) ¹²	620		620			620	620	620			
		588	588	588	588						
					419			419		419	419
				387		387	387		387	387	
				201	201	201	201	201	201	201	201

№ 500. В выборке из 33 человек выявлены генотипы с полиморфизмом длин минисателлитного повтора в интроне 7 гена фактора 7 свертываемости крови (мономер 37 п. н.), которые показаны в таблице. Аллели *H8*, *H7*, *H6* и *H5* имеют по 8, 7, 6 и 5 повторов, соответственно. Длина аллеля *H7* составляет 526 п. н. Известно, что носители генотипа *H7/H7* имеют меньший риск летального инфаркта миокарда, а с носители генотипа *H5/H8* — более высокий риск. Определите частоты аллелей с соответствующим

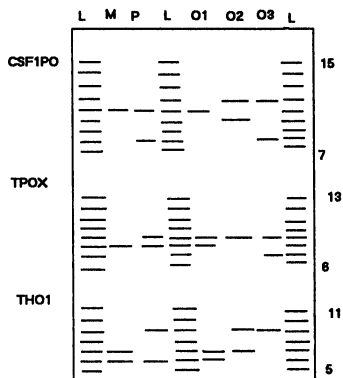
¹² По материалам Пятой международной конференции по биотехнологии. Рахманалиев и др. Сборник трудов / Под ред. В. И. Покровского. Т. 1. М., 2004. С. 217–218.

количеством повторов в изученной популяции и определите процент генотипов $H7/H7$ и $H5/H8$. Сделайте описательный прогноз о подверженности данной популяции инфаркту миокарда с летальным исходом на основе распределения генотипов изученного локуса.

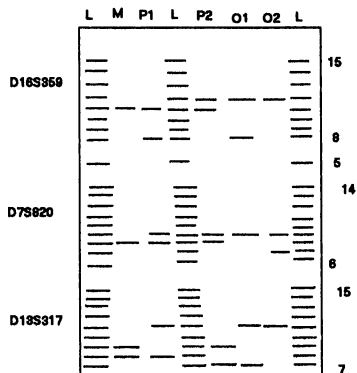
Номер образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Длины фрагментов ПЦР (п. н.)			563		563	563				563	563
	526	526	526	526		526	526	526	526		526
	489	489									
			452	452							
Номер образца	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Длины фрагментов ПЦР (п. н.)		563	563		563	563				563	563
	526		526	526			526	526	526		526
		489				489	489		489		
			452	452						452	
Номер образца	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Длины фрагментов ПЦР (п. н.)	563				563	563				563	563
		526	526			526	526	526	526		526
		489		489				489	489		
			452	452		452				452	

№ 501*. Представлена электрофореграмма, полученная при окрашивании серебром 4%-го денатурирующего полиакриламидного геля, на который нанесены пробы с продуктами ПЦР-амплификации трех тетрануклеотидных микросателлитных локусов (CSF1PO, TPOX и THO1), применяемых для идентификации личности, в образцах ДНК матери (M), ребенка (P) и трех предполагаемых отцов (O1, O2 и O3). L – маркер, который состоит из амплифицированных фрагментов изучаемого локуса с различным количеством повторов, цифрами справа обозначено количество

повторов. Определите генотипы и установите, какой из предполагаемых отцов может быть исключен на основании этого анализа.

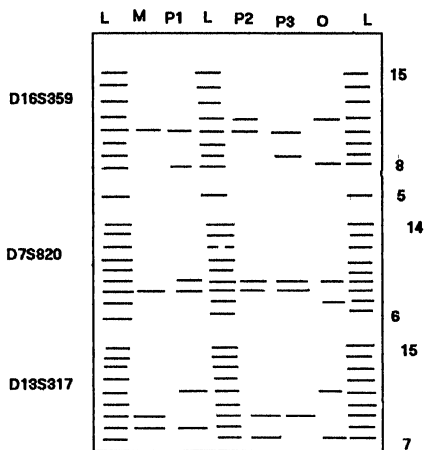


№ 502. Представлена электрофореграмма, полученная при окрашивании серебром 4%-го денатурирующего полиакриламидного геля, на который нанесены пробы с продуктами ПЦР-амплификации трех тетра nukлеотидных микросателлитных локусов (D16S539, D7S820 и D13S317), применяемых для идентификации личности, в образцах ДНК матери (M), двух ее детей (P1 и P2) и двух предполагаемых отцов (O1 и O2). L — маркер, который состоит из амплифицированных фрагментов изучаемого локуса с различным количеством повторов, цифрами справа обозначено количество повторов. Установите, какой из предполагаемых



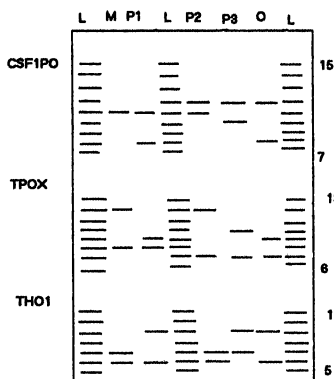
отцов не является таковым, и определите генотипы у всех изученных лиц.

№ 503. Представлена электрофореграмма, полученная при окрашивании серебром 4%-го денатурирующего полиакриламидного геля, на который нанесены пробы с продуктами ПЦР-амплификации трех тетрануклеотидных микросателлитных локусов (D16S539, D7S820 и D13S317), применяемых для идентификации личности, в образцах ДНК отца (О), матери (М), троих их детей (P1, P2 и P3). L — маркер, который состоит из амплифицированных фрагментов изучаемого локуса с различным количеством повторов, цифрами справа обозначено количество повторов. Определите генотипы всех обследованных лиц. Установите, кто из детей не может быть ребенком этого отца.



№ 504. Представлена электрофореграмма, полученная при окрашивании серебром 4%-го денатурирующего полиакриламидного геля, на который нанесены пробы с продуктами ПЦР-амплификации трех тетрануклеотидных микросателлитных локусов (CSF1PO, TPOX и THO1), применяемых для идентификации личности, в образцах ДНК отца (О), матери (М), троих их детей (P1, P2 и P3). L — маркер, который состоит из амплифицированных фрагментов изучаемого локуса с различным количеством повторов, цифрами справа обозначено количество повторов. Опре-

делите генотипы и установите, кто из детей не может быть ребенком этих родителей.



№ 505. В таблице представлены результаты индивидуального анализа 11 микросателлитных локусов Y-хромосомы у 24 мужчин из одной деревни с одной фамилией. Цифры указывают количество микросателлитных повторов в конкретном локусе. Кто из изученных мужчин может быть близкими родственниками на основе представленных данных?

Локус	Номер образца											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DYS391	11	11	11	11	11	11	10	10	11	12	11	10
DYS389I	14	11	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10
DYS439	13	13	13	13	13	13	14	13	13	14	13	14
DYS389II	25	25	25	25	25	25	26	25	25	26	25	32
DY393	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	14	14
DYS390	21	21	21	21	21	21	21	21	21	22	21	21
DYS385	23	24	23	23	23	23	23	23	23	24	23	24
DYS438	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12
DYS437	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	14	14
DYS19	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12
DYS392	15	15	15	15	15	15	15	16	15	16	15	15

Локус	Номер образца											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DYS391	11	11	11	11	11	11	9	11	11	11	11	10
DYS389I	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10
DYS439	13	13	13	13	13	13	14	13	13	13	13	14
DYS389II	25	25	25	25	25	25	26	25	25	25	25	32
DY393	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
DYS390	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
DYS385	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	24
DYS438	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
DYS437	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
DYS19	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
DYS392	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Примечание к задачам № 501–505: Близкие родственники должны иметь одинаковый набор аллелей изученных микросателлитных локусов Y-хромосомы.

№ 506. Проведен анализ девяти микросателлитных локусов Y-хромосомы в группе из 16 мужчин. В таблице цифрами представлено количество повторов в каждом локусе. Известно, что в выборке были изучены дед, отец и сын. Определите, какие номера могут соответствовать им.

Номер образца	Локус								
	DYS 390	DYS 389I	DYS 389II	DYS 385a	DYS 385b	DYS 391	DYS 392	DYS 393	DYS 394
1	24	10	17	11	13	11	11	13	17
2	25	10	16	15	15	11	12	14	16
3	25	10	17	11	15	11	11	13	16
4	26	11	18	14	14	10	11	13	15
5	24	10	19	14	15	11	11	14	17
6	22	9	16	15	18	11	10	14	15
7	25	10	17	11	15	11	11	13	16
8	25	10	18	14	14	11	11	13	17
9	25	10	17	11	14	10	11	13	15

Номер образца	Локус								
	DYS 390	DYS 389I	DYS 389II	DYS 385a	DYS 385b	DYS 391	DYS 392	DYS 393	DYS 394
10	22	9	16	15	18	12	10	14	15
11	22	9	16	15	19	11	10	14	15
12	24	10	18	14	15	11	11	14	17
13	24	10	19	14	16	11	11	14	17
14	26	11	18	14	14	10	11	14	15
15	26	11	18	14	14	10	11	13	16
16	25	10	17	11	15	11	11	13	16

№ 507. Результаты анализа девяти микросателлитных локусов Y-хромосомы в шести образцах ДНК солдат, погибших в локальном военном конфликте (№ 1–6) представлены в таблице. Такой же анализ проведен у шести мужчин из семей солдат, пропавших без вести в том же конфликте (№ 7–12). Цифры соответствуют количеству повторов в каждом локусе. Определите, какие из образцов могут соответствовать близким родственникам.

Номер образца	Локус								
	DYS 390	DYS 389I	DYS 389II	DYS 385a	DYS 385b	DYS 391	DYS 392	DYS 393	DYS 394
1	23	10	16	13	13	9	11	12	14
2	23	10	16	13	16	9	11	13	14
3	24	9	18	14	15	11	11	13	16
4	24	10	17	16	16	10	11	13	13
5	25	10	16	11	14	10	11	13	17
6	24	9	18	14	15	11	11	13	16
7	25	10	16	11	14	10	11	13	17
8	24	10	18	15	15	11	11	13	16
9	23	10	16	13	16	9	11	13	14
10	25	10	16	14	14	10	11	13	17
11	23	10	16	13	16	10	12	12	14
12	24	10	17	16	16	10	11	13	13

№ 508. У 25 мужчин из одной деревни получены данные по анализу девяти микросателлитных локусов Y-хромосомы, представленные в таблице. Цифры соответствуют количеству

повторов в каждом локусе. Определите вероятные группы близких родственников по мужской линии.

Номер образца	Локус								
	DYS 390	DYS 389I	DYS 389II	DYS 385a	DYS 385b	DYS 391	DYS 392	DYS 393	DYS 394
1	23	10	16	13	13	9	11	12	14
2	23	10	16	13	13	9	11	12	14
3	24	9	18	14	15	11	11	13	16
4	24	10	17	16	16	10	11	13	13
5	23	10	16	13	13	9	11	12	14
6	24	9	18	14	15	11	11	13	16
7	25	10	17	11	15	11	11	13	16
8	25	10	17	11	15	11	11	13	16
9	25	10	17	11	15	11	11	13	16
10	24	10	17	16	16	10	11	13	13
11	23	10	19	14	15	10	11	13	16
12	25	10	17	11	15	11	11	13	16
13	25	10	16	12	15	11	11	13	17
14	23	10	17	14	16	9	13	12	15
15	24	10	17	14	11	10	13	13	13
16	24	10	17	16	16	10	11	13	13
17	23	11	17	13	17	10	13	13	13
18	24	9	18	14	15	11	11	13	16
19	25	10	17	11	15	11	11	13	16
20	24	9	18	14	15	11	11	13	16
21	23	9	16	12	18	10	11	12	15
22	23	9	16	12	18	10	11	12	15
23	25	10	16	12	15	11	11	13	17
24	25	10	16	12	15	11	11	13	17
25	24	9	18	14	15	11	11	13	16

№ 509. У 25 человек из одной деревни определены нуклеотидные последовательности гипервариабельного сегмента I (ГВСI) митохондриальной D-петли. В таблице представлены номера нуклеотидов ГВСI D-петли, которые были полиморфными. Неполиморфные нуклеотиды не указаны. В выборке изучены мать, ее три дочери и два сына. Определите образцы, которые могут соответствовать этим людям.

Номер образ- ца	Номер нуклеотида в ГВС1																								
	69	93	126	129	144	145	162	163	167	172	183	186	189	270	278	292	294	289	304	356					
1	С	Т	Т	Г	Т	Г	А	А	С	Т	А	С	Т	С	С	С	С	Т	Т	Т					
2	Т		С			А								С											
3																				С					
4			С				Г												С						
5																				С					
6				А						С										С					
7					С						С	Т													
8			С				Г												С						
9																				С					
10			С				Г						С												
11									Т								Т								
12															Т					С					
13																				С					
14		С					Г											Т							
15																				С					
16		С					Г				С														
17	Т		С			А								С											
18	Т		С			А								С											
19																									
20	Т																								
21		С					Г												Т						
22	Т		С			А																			
23							Г				С								С						
24																				С					
25							Г				С								С						

Примеры решения задач

Задача № 472

Решение

Для решения задачи достаточно рассмотреть одну цепь ДНК. Каждый нуклеотид встречается в ДНК с частотой, близкой к $1/4$. Тогда частота 6-нуклеотидной последовательности *EcoRI*-сайта будет равна $(1/4)^6 = 1/4096$, т. е. расстояние между сайтами должно быть ~4 тыс. п. н. Для 4-нуклеотидного сайта частота встречаемости есть $(1/4)^4 = 1/256$, т. е. расстояние ~0,25 т. п. н.

Задачи на рестрикционное картирование ДНК

Основной принцип рестрикционного картирования ДНК основан на сопоставлении результатов гидролиза исследуемого фрагмента каждой рестриктазой в отдельности и совместного гидролиза обоими ферментами. Полученные фрагменты разделяют путем электрофореза в агарозном или акриламидном геле. По подвижности фрагментов оценивают их размеры в парах нуклеотидов (п. н.). Результат двойного гидролиза показывает, содержится ли внутри фрагмента, образуемого одной рестриктазой, сайт(ы) для узнавания второй рестриктазой. Если содержится, то такой фрагмент исчезает в геле и заменяется на два или более субфрагментов, при этом сумма размеров последних равна размеру фрагмента. Сопоставление размеров фрагментов, образующихся в разных реакциях, позволяет локализовать сайты рестрикции. Рассмотрим это на примерах задач № 481 и 482.

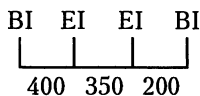
Задача № 481

Решение

Из электрофореграммы видно, что исследуемый фрагмент содержит два сайта *Vat*NI и два сайта *Eco*RI (далее для упрощения будем использовать для них сокращения VI и EI, соответственно).

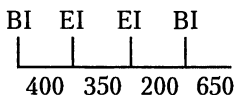
Чтобы построить рестрикционную карту фрагмента, сравним размеры фрагментов, полученных при отдельной и двойной рестрикции.

Фрагмент EI 350 п. н. не расщепляется при двойной рестрикции, следовательно, 2 EI-сайта находятся на расстоянии 350 п. н. друг от друга. VI-фрагмент 950 п. н. после обработки EI дает три фрагмента: 200, 350 и 400 п. н. Следовательно, фрагменты 200 и 400 п. н. располагаются по разные стороны фрагмента 350 п. н.:

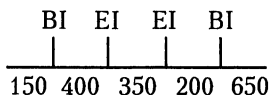


EI-фрагмент 850 п. н. расщепляется на 200 и 650 п. н., следовательно, к фрагменту 200 п. н. примыкает фрагмент 650 п. н. Сам же фрагмент 650 п. н. не входит ни в какой другой фрагмент, следо-

вательно, он располагается на конце анализируемого фрагмента ДНК:



Для фрагмента 550 п. н. остаются субфрагменты 400 и 150 п. н. Следовательно, субфрагмент 150 п. н. располагается на другом конце анализируемого фрагмента ДНК:



Задача № 482

Решение

Решение задачи удобно провести в такой последовательности.

Сначала рассмотрим первую и третью дорожки. Можно считать, что любой фрагмент первой дорожки (*PvuI*) включает один, два или более субфрагментов, возникающих в результате дополнительной обработки рестриктазой *NcoI* (третья дорожка); при этом любой фрагмент третьей дорожки входит в состав только одного из фрагментов первой дорожки. На данном этапе надо определить, из каких фрагментов третьей дорожки состоит каждый из фрагментов первой дорожки. Введем сокращения PI и NI для *PvuI* и *NcoI*, соответственно.

Удобно рассматривать фрагменты первой дорожки в порядке возрастания размеров.

Таблица 1

Фрагменты первой дорожки (PI)	Фрагменты третьей дорожки (PI+NI)
9500 п. н.	1600 п. н., 7900 п. н.
11900 п. н.	11900 п. н.
12700 п. н.	4200 п. н., 8500 п. н.
14400 п. н.	2400 п. н., 4600 п. н., 7400 п. н.

Аналогичным образом рассмотрим вторую и третью дорожки.

Таблица 2

Фрагменты второй дорожки (NI)	Фрагменты третьей дорожки (PI+NI)
4000 п. н.	1600 п. н., 2400 п. н.
4200 п. н.	4200 п. н.
4600 п. н.	4600 п. н.
16400 п. н.	7900 п. н., 8500 п. н.
19300 п. н.	7400 п. н., 11900 п. н.

После этого строим карту. Удобно делать это, начиная с какого-либо фрагмента, расщепляющегося на два при обработке смесью рестриктаз (например, NI-фрагмент 16 400 п. н.), а дальше заглядывая в первую и вторую таблицы попеременно.

Этапы построения карты представлены на рисунке.

1. Выписываем все фрагменты в порядке их размещения на дорожках (по мере локализации фрагментов будем удалять их из списка). Начинаем анализ NI-фрагмента 16 400 п. н. (обведен прямоугольником).

2. NI-фрагмент 16 400 п. н. расщепляется PI на субфрагменты 8500 и 7900 п. н., следовательно, сайт PI находится внутри. Отмечаем (исходя из табл. 1), что PI+NI-фрагмент 8500 п. н. входит в состав PI-фрагмента 12 700 п. н. вместе в фрагментом 4200 п. н.

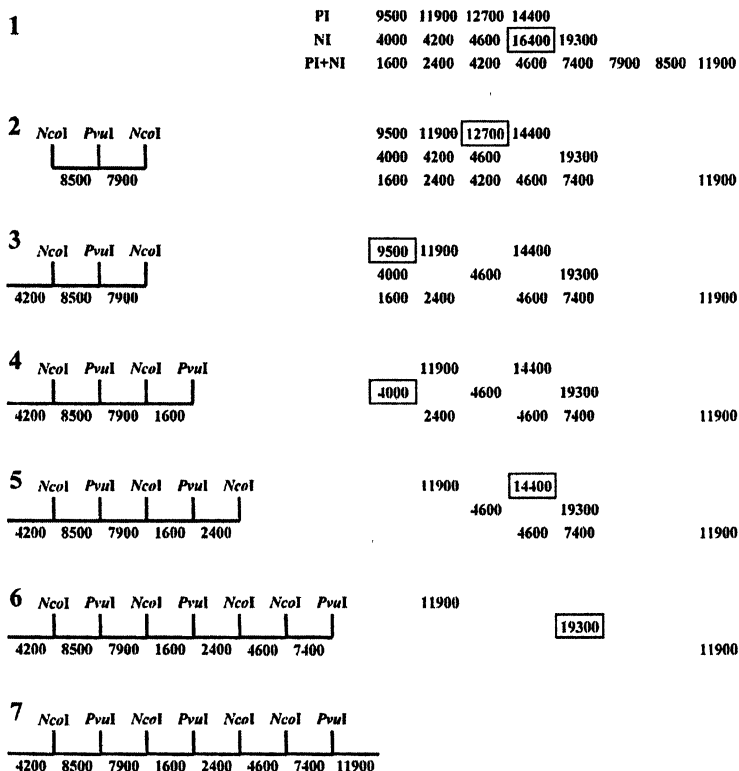
3. Пририсовываем фрагмент 4200 п. н. к фрагменту 8500 п. н. Фрагмент 4200 п. н. не входит в состав никакого другого фрагмента, следовательно, он является концевым. Также из табл. 1 видим, что PI+NI-фрагмент 7900 п. н. входит в состав PI-фрагмента 9500 п. н. вместе в фрагментом 1600 п. н.

4. Пририсовываем фрагмент 1600 п. н. к фрагменту 7900 п. н., переходим к рассмотрению NI-фрагмента 4000 п. н.

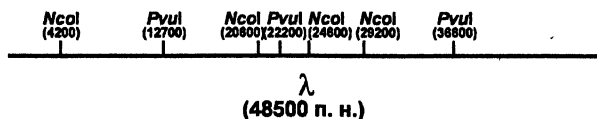
5. Пририсовываем фрагмент 2400 п. н. к фрагменту 1600 п. н., переходим к рассмотрению PI-фрагмента 14 400 п. н.

6. PI-фрагмент 14 400 п. н. состоит из трех субфрагментов. Из них фрагмент 4600 п. н. является NI-фрагментом, а PI+NI-фрагмент 7400 п. н. входит в состав NI-фрагмента 19 300 п. н. Поэтому пририсовываем фрагменты 4600 п. н. и 7400 п. н.

7. Оставшийся PI-фрагмент 11 900 п. н. является концевым.



Если просчитать координаты сайтов рестрикции, то рестрикционная карта ДНК фага λ будет выглядеть следующим образом:



Задача № 501

Решение

ГЕНОТИПЫ CSF1PO: М – 11/11, Р – 8/11, О1 – 11/11, О2 – 12/10, О3 – 8/12;

ТРОХ: М – 8/8, Р – 8/9, О1 – 8/9, О2 – 8/8, О3 – 7/9;

ТНО1: М – 6/7, Р – 6/9, О1 – 6/7, О2 – 7/9, О3 – 9/9. Исключаются О1 и О2.

Раздел 9

Хромосомные и геномные мутации

№ 510. Какое соотношение фенотипов вы ожидаете получить в потомстве, полученном при самоопылении автотетраплоида $AAaaBBbb$, если имеют место независимое наследование, полное доминирование по обоим генам и случайное хромосомное расщепление?

№ 511. Какое соотношение фенотипов вы ожидаете получить в потомстве, полученном при самоопылении автотетраплоида $AAaaBbbb$, если имеют место независимое наследование, полное доминирование по обоим генам и случайное хромосомное расщепление?

№ 512*. Какие фенотипы и в каком соотношении могут возникнуть при реципрокных скрещиваниях двух трисомиков Aaa и AAa при условии полного доминирования; следует учитывать, что у отцовских растений жизнеспособны только гаплоидные гаметы.

№ 513. Какие фенотипы и в каком соотношении могут возникнуть при реципрокных скрещиваниях трисомиков с генотипом AAa при условии полного доминирования; следует учитывать, что у отцовских растений жизнеспособны только гаплоидные гаметы.

№ 514. У дрозофилы встречаются жизнеспособные трисомии по IV хромосоме. Самка с нормально развитыми глазами, трисомик по IV хромосоме с генотипом AAa скрещивается с безглазым самцом с генотипом aa . Какое потомство получится от этого скрещивания?

№ 515. Скрещиваются два автотетраплоидных растения львиного зева с генотипами $AAAA$ и $aaaa$. Определите окраску цветка

в F_1 и расщепление по фенотипу в F_2 , если имеют место кумулятивное действие аллелей и случайное хромосомное расщепление. АААА — темно-красная окраска цветка, АААа — красная, ААаа — светло-красная, Аааа — розовая и аааа — белая.

№ 516. Укажите ожидаемые соотношения генотипов и фенотипов в потомстве от следующих реципрокных скрещиваний диплоидов кукурузы с трисомиками при условии доминирования красной окраски зерна над белой: ♀Ааа × ♂аа, ♀аа × ♂Ааа, ♀Ааа × ♂Аа, ♀Аа × ♂Ааа, ♀ААа × ♂Аа, ♀Аа × ♂ААа (у отцовских растений жизнеспособны только гаплоидные гаметы).

№ 517. Какое соотношение фенотипов вы ожидаете получить от скрещивания автотетраплоида АААа с диплоидом Аа при условии полного доминирования и случайного хромосомного расщепления у полиплоида?

№ 518*. Какое соотношение генотипов и фенотипов вы ожидаете получить от скрещивания автотетраплоидов с генотипом ААаа, если имеют место полное доминирование и случайное хромосомное расщепление?

№ 519. Какое соотношение фенотипов вы ожидаете получить в потомстве от скрещивания автотетраплоидов с генотипами АААа и Аааа, если имеют место кумулятивное действие аллелей и случайное хромосомное расщепление?

№ 520. В каком поколении и с какой вероятностью появятся белоцветковые растения от скрещивания тетраплоидных гомозиготных пурпурноцветкового и белоцветкового растений дурмана при условии полного доминирования и случайного хромосомного расщепления?

№ 521. При скрещивании тетраплоидных растений дурмана с пурпурными цветками в F_1 было получено 3226 растений с пурпурными и 107 с белыми цветками. Объясните расщепление и определите генотипы исходных растений.

№ 522. При скрещивании тетраплоидных растений дурмана с пурпурными цветками в F_1 получили 396 растений с пурпурными

и 40 с белыми цветками. Объясните расщепление и определите генотипы исходных растений.

№ 523. Какое потомство по окраске плодов должно получиться при самоопылении тетраплоидного растения томата с розовыми плодами с генотипом ААаа, при случайном хромосомном расщеплении и кумулятивном действии аллелей? АААА — темно-красная окраска, АААа — красная, ААаа — розовая, Аааа — светло-розовая и аааа — белая.

№ 524. Опишите два способа получения аллотетраплоида из двух исходных близких видов с диплоидным набором равным 20.

№ 525. Как можно синтезировать пентаплоид? Триплоид генотипа Ааа? Как из диплоида Вb получить тетраплоид ВВbb? Как можно сконструировать тетраплоид Сссс?

№ 526. Растение аллотетраплоид ААbb получен в результате гибридизации исходных форм АА и bb. Какое фенотипическое расщепление получится в результате самоопыления аллотетраплоида, если конъюгируют только хромосомы исходных видов? Если они не конъюгируют друг с другом, но конъюгируют хромосомы разного происхождения?

№ 527. В род пшениц (*Triticum*) входят как диплоидные, так и полиплоидные виды. При скрещивании некоторых из них получены следующие результаты:

Скрещивание	Конъюгация хромосом в профазе мейоза I
Вид 1 × вид 2	7 бивалентов + 7 унивалентов
Вид 3 × вид 2	7 бивалентов + 14 унивалентов
Вид 1 × вид 3	14 бивалентов + 7 унивалентов

Объясните результаты скрещиваний. Определите, сколько и каких хромосом содержится в кариотипе каждого вида. Узнайте, какие виды диплоидные, а какие полиплоидные (алло- или автополиплоидные).

№ 528. При гибридизации трех видов хлопчатника получены следующие результаты:

Скрещивание	Конъюгация хромосом в профазе мейоза I
Вид 1 × вид 2	13 малых бивалентов + 13 больших унивалентов
Вид 1 × вид 3	13 больших бивалентов + 13 малых унивалентов
Вид 2 × вид 3	13 больших унивалентов + 13 малых унивалентов

Проанализируйте результаты и объясните эволюционное происхождение разных видов хлопчатника. Как можно подтвердить сделанные заключения?

№ 529. Растение-автотетраплоид $AAaaBBbb$ является дигетерозиготным (каждый локус определяет развитие отдельного признака), при этом A и B располагаются вблизи центромер негомологичных хромосом. Определите, какие типы гамет и в каком соотношении формирует этот организм. С какой частотой будут выщепляться генотипы $AAaaBBBb$; $aaaabbbb$?

№ 530. Какие из перечисленных ниже аномалий у человека не связаны с нерасхождением хромосом в мейозе: а) синдром Марфана; б) синдром Эдвардса; в) полидактилия; г) синдром ХУУ; д) синдром Клайнфельтера; е) синдром Дауна; ж) синдром «кошачьего крика»; з) синдром Тернера?

№ 531. Женщина с синдромом Тернера страдает дальтонизмом, хотя у ее отца и матери зрение нормальное. Как это можно объяснить? У кого из родителей произошло нерасхождение хромосом? Если предположить, что ген дальтонизма тесно сцеплен с центромерой, можно ли определить, в каком делении мейоза произошло нерасхождение хромосом? Как объяснить проявление цветовой слепоты у мужчины с синдромом Клайнфельтера, родившегося у нормальных по зрению родителей?

№ 532. Как можно объяснить дальтонизм одного глаза и нормальное зрение второго, если такой мозаицизм наблюдается у женщин? У мужчин? (Предположите, что аллель дальтонизма рецессивный, а ген расположен в X-хромосоме.)

№ 533. У человека известно несколько случаев мозаицизма по половым хромосомам. Объясните, каким образом могут появиться следующие варианты мозаиков: $(XX)(X0)$ (организм состоит из двух типов клеток с наборами хромосом XX и $X0$); $(XX)(XXYY)$;

(X0)(XXX); (XX)(XY); (X0)(XX)(XXX). Представьте другие типы мозаицизма по половым хромосомам.

№ 534. У сладкого перца трисомик по одной из пар хромосом был опылен нормальным диплоидным растением, гомозиготным по рецессивному гену а. Какое расщепление по признаку, который кодирует этот ген, ожидается в анализирующем скрещивании потомков F_1 , если а лежит в той же хромосоме, по которой наблюдается анеуплоидия? Какое расщепление будет наблюдаться, если ген а расположен в негомологичной хромосоме?

№ 535. У одного из видов растений гены А, В, С и D тесно (почти абсолютно) сцеплены. Цветки растения генотипа аВсD/AbCd облучили рентгеновскими лучами, а затем исследовали в анализирующем скрещивании. В потомстве обнаружилось несколько экземпляров фенотипа ABCD. Каковы четыре возможные причины их появления? Объясните, какая из них наиболее вероятна.

№ 536. Допустим, что окраска цветков у одного из видов растений определяется двумя генами К (красная окраска, $K > k$) и С (синяя окраска, $C > c$), которые лежат в негомологичных хромосомах близко к центромерам. У растения получена тетраплоидная форма с бивалентным типом мейоза. Гибриды F_1 , полученные от скрещивания KKKKсссс × ккккСССС, подвергнуты самоопылению. Какое получится расщепление во втором поколении?

№ 537. У кукурузы два локуса А и В расположены на расстоянии 28 единиц карты в одном и том же плече хромосомы. Парacentрическая инверсия захватывает примерно четверть этого расстояния, но не включает ни один из локусов. С какой частотой происходит кроссинговер между А и В у растений: а) гетерозиготных по инверсии; б) гомозиготных по ней?

№ 538. У арабидопсиса гены а, b, с, d, e, f составляют одну группу сцепления. В результате скрещивания гомозиготного по рецессивным аллелям и гомозиготного по аллелям дикого типа растений получено потомство, половина которого имеет нормальный фенотип, а половина — мутантный по b и с. Объясните полученные результаты.

№ 539. Из гаплоидной культуры дрожжей получено 100 спонтанных мутаций *ade1*, которые помимо недостаточности по аденину отличаются по красному цвету колоний. При анализе частоты реверсий в каждом из мутантных штаммов путем выращивания их на минимальной среде обнаружено, что в 17 из них даже после воздействия эффективными дозами мутагенов колонии не образуются. К какому типу относятся мутации в этих 17 штаммах?

№ 540. В двух линиях пшеницы между генами А и В, расположенными в одной хромосоме, наблюдаются разные частоты рекомбинации. В линии 1 (нормальной) она составляет 35 %, а в линии 2 (аномальной) — всего 10 %. При скрещивании линий 1 и 2 между собой формируются гибриды с пониженной плодовитостью. В чем причина различий в частотах кроссинговера? Какой вид хромосомных перестроек (инверсия или делеция) может содержаться в аномальной линии? Как расположена перестройка по отношению к маркерам А и В? Почему у гибридов снижена фертильность?

№ 541. Нарисуйте схему расположения хромосом и хроматид в метафазе I мейоза у растения генотипа АВ*СDEF/ab*cdef (хроматиды пронумеруйте) (звездочкой помечена центромера). Каковы будут результаты двойного кроссинговера, вовлекающего три нити, если первое событие произойдет между генами С и D в хроматидах 2 и 4, а второе — между генами Е и F в хроматидах 1 и 4? Если первый кроссинговер осуществится между локусами А и В в хроматидах 1 и 3, а второй — между D и Е хроматид 2 и 3? Изобразите схему расположения хромосом в анафазе II в обоих случаях. Напишите генотипы жизнеспособных гамет, получающихся в результате обоих типов мейоза. Какое они дадут потомство в анализирующем скрещивании?

№ 542. Как выглядят хромосомы гетерозиготы по инверсии NOPRST/nsrpt в момент конъюгации в профазе мейоза I? Какие продукты мейоза образуются в результате двойного кроссинговера между генами O—P и R—S, если он вовлекает все четыре хроматиды, три хроматиды? Какова жизнеспособность полученных продуктов мейоза?

№ 543. Напишите схему эксперимента по обнаружению летальных мутаций в аутосомах у дрозофилы с использованием инверсий.

№ 544. У дрозофилы мутация D (расставленные крылья), расположенная в хромосоме 3, является доминантной с рецессивным летальным действием. Самец генотипа D/d был обработан мутагеном и скрещен с самками d/d. Его сыновья генотипа D/d индивидуально скрещивались с самками d/d. В одной из пробирок было получено потомство: самки с расставленными крыльями — 0, с нормальными крыльями — 121; самцы с расставленными крыльями — 115, с нормальными крыльями — 0. Какова наиболее вероятная причина такого расщепления? Изобразите схемы хромосом всех встречающихся в задаче генотипов. Мутагены какой группы наиболее часто вызывают такие изменения структуры хромосом?

№ 545. Какое потомство и в каком соотношении получится в анализирующем скрещивании самцов дрозофилы, гетерозиготных по реципрокной транслокации между хромосомами 2 и 3, которые маркированы аллелями Vg и Se, соответственно, и хромосомам нормальной структуры, меченных мутантными аллелями vg и se? Линия-анализатор имеет нормальные неаберрантные хромосомы. Учтите факт, что у дрозофилы анеуплоиды по аутосомам нежизнеспособны.

№ 546. Самцов дрозофилы дикого типа, облученных рентгеновскими лучами, скрещивали с самками, гомозиготными по мутации w (белые глаза). Из 5000 мужских потомков большая часть, как и ожидалось, оказались белоглазыми, но два самца имели красную окраску глаз (дикий фенотип). Генотипы этих исключительных самцов были исследованы в анализирующих скрещиваниях с белоглазыми самками. В них наблюдались следующие результаты: у самца 1 — все самки белоглазые, все самцы красноглазые; у самца 2 — половина самок и самцов белоглазые, другая половина самок и самцов — красноглазые. Объясните результаты обоих анализирующих скрещиваний. Как можно подтвердить предложенные объяснения?

№ 547. У нейроспоры аскоспоры, несущие делеции хромосом, погибают и выглядят белыми, а те, которые несут дубликации участков хромосом, жизнеспособны и имеют темную окраску. Какого расположения спор в асках следует ожидать в результате скрещивания штамма с нормальной структурой хромосом и штамма,

несущего реципрокную транслокацию, перицентрическую инверсию, парацентрическую инверсию при наличии и отсутствии кроссинговера?

№ 548. Самок дрозофилы, полученных от скрещивания самок линии *w* [мутация *white* (белые глаза), X-хромосома] и самцов дикого типа, облучили рентгеновскими лучами и индивидуально скрестили с самцами из линии *w*. Большая часть мутагенизированных самок давала регулярное потомство (а), тогда как у нескольких из них появлялись только красноглазые дочери и белоглазые сыновья (б). При скрещивании исключительных красноглазых самок с линейными белоглазыми самцами в последующих поколениях появлялись красноглазые самки и белоглазые самцы (в). Объясните полученные результаты. Каким должно было быть регулярное потомство (а)? В каком соотношении находятся самки и самцы в потомстве исключительных самок? В чем различия между особями (б) и (в)? Как можно использовать полученные измененные линии?

Образцы решения задач

Задача № 512

Решение

Прямое скрещивание: ♀ *Aa* × ♂ *AAa*.

Материнское растение может образовать четыре, а отцовское — два типа гамет в следующем соотношении:

♀ \ ♂	♀	2Aa	2a	A	aa
2A		4AAa	4Aa	2AA	2Aaa
a		2Aaa	2aa	Aa	aaa

Соотношение фенотипов в потомстве: 17A : 1a.

Обратное скрещивание: ♀ *AAa* × ♂ *Aaa*.

Материнское растение может образовать четыре, а отцовское — два типа гамет в следующем соотношении:

♀ \ ♂	♀	2Aa	2a	AA	a
2aa		4Aaaa	4Aaa	2AAaa	2aaa
A		2AAa	2AA	AAA	Aa

Соотношение фенотипов в потомстве: 8А : 1а.

Задача № 518

Решение

При случайном хромосомном расщеплении тетраплоиды с генотипом Аааа могут дать три типа гамет в соотношении: 1АА : 1аа : 4Аа. Следовательно, в потомстве от скрещивания таких особей должно произойти следующее расщепление:

♂ \ ♀	АА	4Аа	аа
АА	АААА	4АААа	ААаа
4Аа	4АААа	16ААаа	4Аааа
аа	ААаа	4Аааа	аааа

Соотношение фенотипов в расщеплении при условии полного доминирования 35А : 1а; соотношение генотипов 1АААА : 8АААа : 18Аааа : 8Аааа : 1аааа.

Раздел 10

Генетика популяций

№ 549. В популяции 16 % людей имеют группу крови N. Определите долю лиц с группами крови M и MN в этой популяции при условии панмиксии.

№ 550. Популяция состоит из трех генотипов — AA, Aa и aa в соотношении 1/4 : 1/2 : 1/4. В каком соотношении в двух следующих поколениях будут представлены эти генотипы при условии самоопыления?

№ 551. В популяции, состоящей из 100 млн людей, 40 тыс. поражено заболеванием, вызываемым рецессивным геном. Если этим лицам воспрепятствовать в воспроизведении потомства и если численность популяции не изменится, то сколько больных будет в следующем поколении?

№ 552. Из 84 тыс. детей, родившихся в течение 10 лет в родильных домах города K, у 210 детей обнаружен патологический рецессивный признак. Популяция этого города отвечает условиям панмиксии и генотипического равновесия для двухаллельной генетической системы. Определите частоту рецессивного аллеля в данной популяции и установите ее генетическую структуру.

№ 553. По некоторым данным частоты аллелей групп крови системы АВ0 среди европейского населения представлены в таблице:

Этнические группы	Частоты аллелей		
	I ^A	I ^B	I ⁰
Русские	0,249	0,189	0,562
Буряты	0,165	0,277	0,558
Англичане	0,251	0,05	0,699

Определите процентное соотношение людей с группами крови А, В, АВ и 0 среди русских, бурятов и англичан.

№ 554. В популяции людей одного города в период между 1928 и 1942 гг. родилось 26 тыс. детей, из которых 11 были больны талассемией (анемия Кули), наследуемой по рецессивному типу (двухаллельная система). Определите частоту рецессивного аллеля и генотипическую структуру популяции.

№ 555. Наследственная метгемоглобинемия (повышенное содержание метгемоглобина в крови вследствие дефекта фермента диафоразы) наследуется как рецессивный признак. В популяции эскимосов Аляски болезнь встречается с частотой 0,09 %. Определите частоту гетерозигот в популяции.

№ 556. Фруктозурия, наследуемая по рецессивному типу, встречается в популяции с частотой $7 \cdot 10^{-6}$. Определите частоты аллелей и генотипов в этой популяции. На какое число особей популяции приходится один носитель заболевания?

№ 557. В популяции встречаемость заболевания, связанного с гомозиготностью по рецессивному гену, составляет 1 на 400 человек. Определите долю носителей заболевания и частоты разных генотипов в этой популяции в допущении двухаллельного механизма генного контроля изучаемого признака.

№ 558*. При определении групп крови в городе обнаружено, что среди 4200 человек 1218 имеет группу крови М, 882 человека — группу N и 2100 — группу MN. Определите частоты аллелей в популяции.

№ 559. При определении групп крови MN в трех популяциях были получены следующие результаты:

1. В популяции белого населения США частоты групп крови составляли: М — 29,16 %, N — 21,26 %, MN — 49,58 %.

2. В популяции эскимосов Восточной Гренландии: М — 83,48 %, N — 0,88 % и MN — 15,64 %.

3. В популяции коренного населения Австралии: М — 3,0 %, N — 67,4 % и MN — 29,6 %.

Определите частоты аллелей М и N в каждой из трех популяций.

№ 560. В популяциях Европы частота болезни Тэй-Сакса (детская форма амавротической идиотии), наследуемой по рецессивному типу, составляет $4 \cdot 10^{-3}$. На какое число особей в популяции приходится один носитель?

№ 561. Из 27 312 детей, родившихся в городе, у 32 обнаружен патологический рецессивный признак. Определите частоты аллелей в популяции и установите, на какое число новорожденных приходится один носитель заболевания.

№ 562. Искусственно созданная популяция состоит из 60 % гомозигот по аллелю А и 40 % гетерозигот. В каком поколении и с какой вероятностью в этой популяции проявится рецессивный ген при условии панмиксии?

№ 563. В популяции А частота рецессивного аллеля равна 20 %, в популяции Б, имеющей такую же численность, частота этого аллеля равна 4 %. Каковы будут частоты генотипов, если объединить популяции и в новой популяции будет иметь место панмиксия?

№ 564. Группа особей состоит из 30 гетерозигот Аа и 1000 гомозигот АА. Определите частоты аллелей А и а в популяции и частоты генотипов в ней в следующем поколении при условии панмиксии.

№ 565. Определите частоты доминантного и рецессивного аллелей в группе особей, состоящей из 60 гомозигот ВВ и 40 гомозигот bb; в группе, состоящей из 160 особей ВВ и 40 особей bb. Определите частоты генотипов в потомстве этих групп при условии панмиксии.

№ 566. В одной популяции имеется три генотипа по аутосомному локусу в соотношении 9АА : 6Аа : 1аа. Находится ли данная популяция в состоянии генетического равновесия? Рассчитайте генотипический состав популяции следующего поколения при панмиксии.

№ 567. Группа состоит из 50 % особей генотипа АА и 50 % генотипа аа. Какое соотношение генотипов установится в первом и втором поколениях в этой популяции при условии панмиксии?

№ 568. Четыре искусственно созданные группы особей имеют следующие частоты генотипов:

1. 60 % AA и 40 % aa.
2. 40 % AA, 40 % Aa и 20 % aa.
3. 30 % AA, 60 % Aa и 10 % aa.
4. 20 % AA и 80 % aa.

Определите соотношение генотипов AA, Aa и aa в первом поколении в каждой группе при условии панмиксии.

№ 569. При изучении панмиктической популяции было установлено, что гомозиготы по рецессивным аллелям a, b, c, e и k встречаются в популяции со следующей частотой: aa — 1 %, bb — 0,1 %, cc — 0,01 %, ee — 0,001 % и kk — 0,0001 %. Определите для каждого из пяти генов частоты рецессивного аллеля и гетерозиготных генотипов.

№ 570. Искусственно созданная популяция состоит из 20 особей с генотипом AA, 1 — с генотипом aa и 40 — с генотипом Aa. Определите соотношение генотипов в F₄ в случае панмиксии и при самооплодотворении.

№ 571. На остров ветром занесло семечко однолетнего самоопыляющегося растения, гетерозиготного по одному гену. Как будет выглядеть растительный покров на острове через три года, если предположить, что все особи выживают, производя одно поколение в год? Какова вероятность нахождения через пять лет растения, идентичного по генотипу с прародительским?

№ 572. Соотношение гомозиготных опушенных растений ржи (AA) и неопушенных (aa) в выборке 4 : 1. Определите генетическую структуру первого и третьего поколений от скрещивания этих растений при условии панмиксии.

№ 573. Какое соотношение зеленых растений и хлорофильных мутантов гороха можно ожидать в пятом поколении от самоопыления гетерозиготного растения? Хлорофильная мутация — рецессивный признак, мутанты жизнеспособны. Горох — строгий самоопылитель.

№ 574. В опыте в один ящик поместили 30 пар дрозофил с красными глазами и 60 — с ярко-красными глазами, наследуемыми по

рецессивному типу. Какое соотношение по окраске глаз вы ожидаете получить в F_6 при условии панмиксии и отсутствии мутаций и отбора? Исходные мухи гомозиготны.

№ 575. В популяции крупного рогатого скота 4169 особей имели красную окраску, 3780 чалую и 756 белую. Определите соотношение аллелей и генотипов в F_3 этой популяции при условии панмиксии (чалую окраску имеют особи, гетерозиготные по аллелям красной и белой окрасок).

№ 576. В популяции мышей в течение одного года родилось 2 % альбиносов (рецессивный признак). Определите частоты аллелей и долю гетерозигот в этой популяции при условии панмиксии.

№ 577. Дж. Нил и У. Шелл (1958) приводят следующие данные о частоте рецессивного гена нечувствительности к фенилтиокарбамиду среди различных групп населения земного шара:

древнеевропейская	0,50
кавказская	0,65
негроидная	0,45

Вычислите частоту встречаемости лиц, чувствительных к фенилтиокарбамиду, среди популяций каждой из этих групп (двухаллельная система генного контроля).

№ 578. По системе групп крови MN выделяются три группы крови: MM, MN и NN, определяемые, соответственно, генотипами $L^M L^M$, $L^M L^N$, $L^N L^N$. В сводке К. Штерна (1965) приведены следующие частоты аллеля L^M (%) среди различных групп населения:

белое население США	54
афроамериканцы	53,2
индейцы США	77,6
эскимосы Восточной Гренландии	91,3
айны	43
австралийские аборигены	17,8

Определите генетическую структуру указанных популяций.

№ 579. На одном из островов было отстреляно 10 000 лисиц, из них оказалось 9991 рыжая и 9 белых особей. Рыжий цвет доминирует над белым. Определите процентное соотношение рыжих гомозиготных, рыжих гетерозиготных и белых лисиц.

№ 580. Из 14 345 лисиц, изученных Ромашовым и Ильиной, 12 лисиц черные, 678 — промежуточной окраски, а 13 655 лисиц — рыжие. Найдите частоты аллелей черной и рыжей окраски меха в популяции лисиц. Соответствуют ли наблюдаемые численности ожидаемым из уравнения Харди–Вайнберга?

№ 581. В популяции 18 % особей имеет группу крови М. Определите, какой процент особей с группами крови N и MN можно ожидать в этой популяции при панмиксии.

№ 582. Определите, является ли равновесной популяция из 100 человек, в которой люди с группой крови М составляют 33 %, MN — 34 % и N — 33 %.

№ 583. Изолированная популяция состоит из лиц, имеющих группу крови М. В нее вливаются иммигранты, численность которых равна численности коренной популяции. Среди иммигрантов 25 % имеют группу крови N. В смешанном населении произошли браки со случайным подбором пар, и в следующем поколении установилось равновесие. Определите доли каждой группы крови системы MN.

№ 584. Определите, какая из приведенных ниже популяций находится в состоянии равновесия:

- | | |
|-------------|-----------------------------|
| а) 100 % AA | г) 1 % AA, 98 % Aa, 1 % aa |
| б) 100 % aa | д) 32 % AA, 64 % Aa, 4 % aa |
| в) 100 % Aa | е) 4 % AA, 32 % Aa, 64 % aa |

№ 585. Частота лиц, чувствующих вкус ФТК (фенилтиокарбамида), в одной из популяций составляет 70 %. В выделенной группе из 150 человек оказалось 135 человек, ощущающих ФТК. Является ли найденное отклонение от нормы статистически значимым?

№ 586. У тихоокеанского лосося-нерки, *Oncorhynchus nerka* (Walbaum), методом электрофореза в крахмальном геле обнаружены три генотипа по локусу фосфоглюкомутазы (Pgm) в пропорции 3819AA : 2271AA' : 255A'A'.

1. Оцените частоты аллелей A и A'.
2. Сопоставьте фактические численности генотипов с ожидаемыми из уравнения Харди-Вайнберга. О чем может свидетельствовать обнаруживаемый избыток гетерозигот?

№ 587. В предположении устойчивого генотипического равновесия под давлением стабилизирующего отбора определите для распределения в предыдущей задаче приспособленности генотипов (w_i), среднюю приспособленность популяции (\bar{w}) и рассчитайте равновесную частоту (\hat{p}) аллеля А.

№ 588. В популяции нерки методом электрофореза в полиакриламидном геле обнаружен полиморфизм в локусе лактатдегидрогеназы (*Ldh*). Соотношение трех генотипов — 2734СС : 2815СС' : 815С'С'. Сопоставьте фактические численности генотипов с ожидаемыми из уравнения Харди-Вайнберга. Каковы могут быть объяснения обнаруживаемого дефицита гетерозигот?

№ 589. При исследовании генетической изменчивости в одной и той же популяции по двум полиморфным локусам одновременно обнаруживается принципиально разная картина — избыток гетерозигот в локусе *Pgm* (задача № 586) и дефицит гетерозигот в локусе *Ldh* (задача № 588). Чем можно объяснить такого рода различия: а) в случае панмиктической популяции; б) в случае подразделенной популяции?

№ 590. По результатам обследования различных популяций человека по группе крови MN рассчитайте частоты генотипов и аллелей, а также ожидаемое число гетерозиготных индивидуумов в каждой выборке. Проверьте, совпадают ли наблюдаемые и ожидаемые значения для числа гетерозигот в каждой выборке.

Популяции	Число обладателей группы крови			
	M	MN	N	Всего
Эскимосы	475	89	5	569
Русские	195	215	79	489
Японцы	356	519	225	1100
Египтяне	140	245	117	502
Папуасы	14	48	138	200

№ 591. В одном из родильных домов Копенгагена среди 94 075 новорожденных Мёрх насчитал 10 ахондропластических карликов; у 8 из них были здоровые родители. Учитывая, что ахондроплазия наследуется по моногенному доминантному типу, определите частоту мутирования: а) прямым методом; б) непрямым

методом [в предположении равновесия между мутационным процессом и отбором и с учетом того, что коэффициент размножения (приспособленности) ахондропластических карликов $w = 0,2$].

№ 592. Эффективную численность популяции N_e можно оценить с помощью уравнения

$$N_e = \frac{4N_m N_f}{N_m + N_f},$$

где N_m и N_f — число самцов и самок, потомство от которых образует новое поколение. Если $N_m = N_f$, то $N_e = N_m + N_f$; таким образом, эффективная численность популяции N_e обычно меньше суммарной численности самцов и самок. Предположим, что в стаде 100 быков и 400 коров, используемых для получения потомства. Какова эффективная численность популяции? На соседней ферме 500 коров, и все они искусственно осеменяются спермой одного быка. Какова эффективная численность популяции в этом случае?

№ 593. При сильных отклонениях долей самцов и самок в популяции от равновесного соотношения ее генетически эффективная величина (N_e) (см. № 592) больше зависит от малочисленного пола. Тот же эффект имеет место, если средняя величина N_e оценивается для совокупности популяций, рассеянных по ареалу и различающихся численностью, или для одной и той же популяции при колебаниях во времени (в поколениях) числа скрещивающихся в ней особей. В случае циклических колебаний на интервале n

поколений $N_e = \tilde{N}$, где $\tilde{N} = n / \sum_{i=1}^n (1/N_i)$, т. е. N_e соответствует гармонической средней. Рассчитайте \tilde{N} для пяти поколений одной популяции при значениях N_i , равных 10, 10^2 , 10^3 , 10^4 и 10^5 особей.

№ 594. В исходном поколении (t_0) популяции гетерозиготность (H_0) по одному диаллельному локусу равна 0,5. Какова будет частота гетерозигот в 10-м поколении, если эффективная численность популяции (N_e), равная 20 особям, предполагается стабильной во времени, а давление отбора отсутствует.

№ 595*. Альбинизм у человека контролируется рецессивным аллелем диаллельного локуса (A, a). Частота встречаемости аль-

биносов в европейском населении $\approx 1:17000$. Определите частоту гетерозигот в этой популяции при допущении равновесия Харди-Вайнберга.

№ 596. Генетическое сходство (I) и генетическое расстояние (D) между популяциями X и Y можно определить по формулам М. Нея. Согласно одному из таких приемов, идентичность аллельных генов (т. е. гомозиготность) в двух популяциях для j -локуса

$I_j = \Sigma x_i y_i / \sqrt{\Sigma x_i^2 \Sigma y_i^2}$, где x_i и y_i — частоты i -го аллеля в популяциях X и Y, соответственно. Для совокупности локусов обобщенная генетическая идентичность выборок $I = \bar{J}_{xy} / \sqrt{\bar{J}_x \bar{J}_y}$, где \bar{J}_x , \bar{J}_y и \bar{J}_{xy} —

арифметические средние по всем локусам, т. е. $\bar{J}_x = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^m x_i^2$;

$\bar{J}_y = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^m y_i^2$, $\bar{J}_{xy} = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^m x_i y_i$, где m — число аллелей. $D = -\ln I$.

Рассчитайте величины I и D для двух популяций, изученных по трем независимым двухаллельным полиморфным генам:

Локус 1: в обеих популяциях фиксирован один и тот же аллель, т. е. $x_1 = 1, y_1 = 1$.

Локус 2: в популяциях фиксированы альтернативные аллели, т. е. $x_1 = 1, y_1 = 0; x_2 = 0, y_2 = 1$.

Локус 3: в популяции X соответствующие частоты составляют: $x_1 = 0,2; x_2 = 0,8; (x_1 + x_2 = 1)$; в популяции Y — $y_1 = 0,7; y_2 = 0,3, (y_1 + y_2 = 1)$.

№ 597*. Как может повлиять структура генофонда на показатели генетического сходства (расстояний) между популяциями, если в выборке изученных локусов преобладают: а) гены, испытывающие давление стабилизирующего отбора; б) гены, испытывающие давление разнообразящего отбора?

№ 598. Какое соотношение зеленых растений и хлорофильных мутантов гороха можно ожидать в пятом поколении от самоопыления гетерозиготного растения? Хлорофильная недостаточность — рецессивный признак, мутанты жизнеспособны, горох — строгий самоопылитель.

№ 599. Какие методы оценки эффектов естественного отбора в природных популяциях вы знаете?

№ 600. В чем суть представлений «нейтралистов» и «селекционистов» о генетической структуре вида? Каковы современные представления о соотношении селективно-нейтральных и адаптивных процессов в дифференциации вида?

Образцы решения задач

Задача № 558

Решение

Поскольку речь идет о системе полиморфизма с кодоминантной экспрессией генов, частота аллелей M и N определяется методом прямого подсчета: $pM = (1218 + 1050)/4200 = 0,54$; $qN = (882 + 1050)/4200 = 0,46$.

Задача № 595

Решение

Поскольку речь идет о двухаллельной системе с полным доминированием, оценка генных частот возможна лишь путем извлечения корня квадратного из доли гомозигот по рецессивному аллелю в допущении равновесия Харди-Вайнберга ($p^2 + 2pq + q^2 = 1$). Следовательно, $qa = \sqrt{1/17000} \cong 0,0077$; $pA = 1 - qa \cong 0,9923$, а частота гетерозигот $2pq \cong 0,0153$, т. е. $\sim 1,5\%$.

Задача № 597

Решение

Надежные оценки генетического сходства (точнее – родства) популяций возможны лишь в том случае, когда средний уровень генетической дифференциации по выборке изучаемых локусов соответствует селективно-нейтральному. Если преобладают гены, испытывающие давление стабилизирующего отбора, генетическое сходство возрастает; если же в выборке изучаемых локусов преобладают испытывающие давление разнообразящего отбора, генетическое сходство популяций уменьшается. Ясно, что в обоих случаях реальная картина межпопуляционных различий искажается.

Приложение 1. Правило выписывания гамет

Число типов гамет определяется по формуле 2^n , где n — число генов, представленных в генотипе в гетерозиготном состоянии.

Правило выписывания гамет основано на законе чистоты гамет, согласно которому в каждую гамету попадает один аллель от каждой аллельной пары. Например, если расщепление происходит по трем генам, число возможных типов гамет равно $2^3 = 8$. Следовательно, среди 8 типов гамет, образуемых тригибридом $AaBbCcDD$, четыре типа будут содержать аллель A , четыре — аллель a :

A	a
A	a
A	a
A	a

По гену B также четыре из восьми гамет получают аллель B , четыре — аллель b , которые могут попасть в гамету либо с A , либо с a :

AB	aB
AB	aB
Ab	ab
Ab	ab

Аллели C и c также будут представлены в гаметах с равной вероятностью в сочетании с аллелями генов A и B :

ABC	aBC
ABc	aBc
AbC	abC
Abc	abc

По гену D расщепления не происходит, следовательно, во всех гаметах должен быть аллель D . Таким образом, гибрид $AaBbCcDD$ может образовать восемь типов гамет:

ABCD	aBCD
ABcD	aBcD
AbCD	abCD
AbcD	abcD

Если гены не сцеплены (при независимом наследовании), частоты гамет разного типа равновероятны. Если гены сцеплены, образуются те же типы гамет, но частоты их определяются частотами рекомбинации между генами.

Приложение 2. Метод χ^2

Поскольку расщепления имеют статистический характер, результаты опытов подвержены случайным отклонениям от теоретически ожидаемых соотношений. С другой стороны, расхождение между экспериментальными данными и гипотезой может означать, что истинное расщепление отличается от предполагаемого, например нарушены условия менделевского наследования (гибель гамет или зигот определенного генотипа, сцепление генов и т. д.). Таким образом, вопрос о соответствии данных опыта и предлагаемой для их объяснения гипотезы может быть поставлен иначе: можно ли отнести наблюдаемое отклонение за счет случайности?

Для оценки возможности случайного отклонения чаще всего применяют метод χ^2 . В соответствии с этим методом для каждого класса в расщеплении подсчитывают величину $(O - H)^2/O$, где O и H — теоретически ожидаемая и наблюдаемая величины класса. Сумма этих величин по всем классам, показатель χ^2 , служит мерой отклонения экспериментального расщепления от теоретического. В таблице Фишера (Приложение 3) приведены границы, которые превышают вычисленное значение χ^2 с заданной вероятностью p , если отклонение вызвано случайными причинами. Если χ^2 окажется достаточно большим, так что вероятность его случайного осуществления в опыте мала, отклонение считают неслучайным, или статистически достоверным. Пороговый уровень вероятности (уровень значимости) обычно выбирают равным 5 %, т. е. гипотеза отвергается, если значение χ^2 выше того, что дано в графе $p = 0,05$ при соответствующем числе степеней свободы. Число степеней свободы на единицу меньше общего числа классов. Применение метода χ^2 еще не утверждает гипотезу: если $p > 0,05$, можно лишь сказать, что нет оснований для ее отклонения.

Следует иметь в виду, что метод χ^2 дает хорошие результаты, только если объем выборки и ожидаемые численности классов достаточно велики. Если степень свободы одна, то ожидаемая численность каждого класса должна быть не меньше пяти. Если число степеней свободы больше единицы, ожидаемое число осо-

бей в каждом классе должно быть не меньше единицы. Если эти условия не выполняются, можно объединить несколько классов (при этом для определения числа степеней свободы, разумеется, необходимо использовать число новых классов). Кроме того, метод χ^2 неприменим к расщеплениям, выраженным в относительных величинах (долях или процентах).

Поясним сказанное на примере.

Задача № 240. Куры. Наследование окраски оперения

Скрестив кур с белым и черным оперением, в первом поколении получили только белых цыплят, а во втором — 56 белых и 14 черных. Повторив опыт, во втором поколении получили 163 белых и 37 черных цыплят. Объяснить расщепления. Как наследуется белая и черная окраска оперения у кур, использованных в скрещиваниях? Каковы генотипы исходных особей? Чем можно объяснить разницу между первым и вторым опытами? Как проверить правильность вашего предположения?

Решение

1. Опыт I	Р	бел.	×	черн.	
	F ₁	бел.			В F ₁ единообразии —
	F ₂	56 бел.			Р гомозиготны
				<u>14</u> черн.	
				70	

H₀: расщепление 3 : 1, моногенное наследование.

Величина одного класса в расщеплении: 70 : 4 = 17,5.

Расщепление в опыте: 56 : 17,5 = 3,2; 14 : 17,5 = 0,8, т. е. ~ 3 : 1 ($\chi^2 = 0,93$, $p > 0,50$). H₀ не отвергается.

2. Опыт II	Р	бел.	×	черн.	
	F ₁	бел.			
	F ₂	163 бел.			
				<u>37</u> черн.	
				200	

Единообразие в F₁ подтверждает гомозиготность птиц Р. Поскольку в этом скрещивании использовали тех же птиц, что и в опыте I, проверяем по χ^2 уже предложенную гипотезу о моногенном наследовании с расщеплением 3 : 1 ($\chi^2 = 4,5$, $p > 0,02$). H₀ — отвергается!

Предлагаем другую гипотезу (H_0^2) — расщепление идет по двум несцепленным генам. Тогда величина одного класса в расщеплении: $200 : 16 = 12,5$. Расщепление в опыте: $163 : 12,5 = 13$, $37 : 12,5 = 2,9$, т. е. $\sim 13:3$. $\chi^2 = 0,007$, $p > 0,90$. H_0^2 не отвергается.

3. Проверка по χ^2 гипотезы H_0^2 в опыте I:

F_2 : $56 : 14 \sim 13 : 3$, $\chi^2 = 0,10$, $p > 0,70$. H_0^2 не отвергается.

4. Проверка по χ^2 гипотезы H_0^2 по суммарным данным двух опытов: F_2 : 270 бел. : 51 черн. $\sim 13 : 3$ ($\chi^2 = 0,0024$, $p > 0,95$). Различия в результатах опытов объясняются малой величиной выборки в первом опыте: метод χ^2 на большей выборке позволил отвергнуть ложную гипотезу о моногенном наследовании с расщеплением $3 : 1$.

Выводы:

1. Признак контролируется двумя генами, взаимодействующими по типу доминантного эпистаза: А — ген-эпистатор (подавитель), а — «разрешитель» окраски, В — черная окраска, в — белая окраска. Таким образом, белую окраску имеют птицы, в генотипе которых есть эпистатор А: А-В-, А-bb, и птицы с генотипом aabb. Черная окраска у птиц с генотипами aaBB и aaBb. Гены не сцеплены.

2. Генотипы птиц в скрещиваниях: Р бел. Aabb, черн. aaBB, F_1 бел. AaBb, F_2 бел. 13 (9 АВ + 3 Ab + 1 ab) : черн. 3 aB.

Приложение 3. Значения χ^2 при разных степенях свободы (по Фишеру)

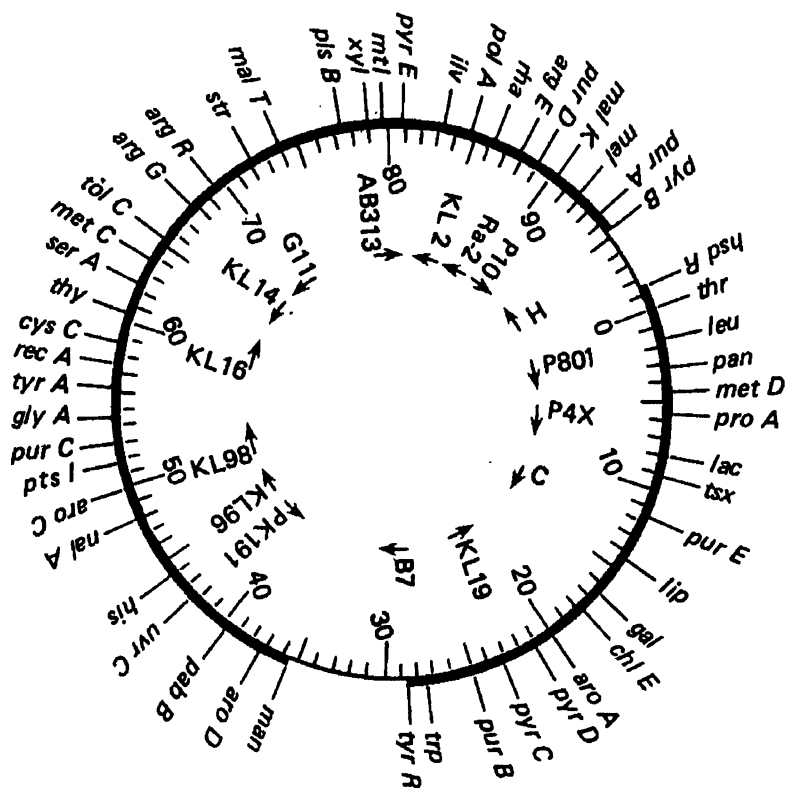
Число степеней свободы	Вероятность (p) случайности отклонения													
	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	
1	0,0002	0,0006	0,004	0,016	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	5,412	6,635	
2	0,0201	0,0404	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	7,824	9,210	
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	9,837	11,341	
4	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	11,668	13,277	
5	0,554	0,752	1,145	1,610	2,343	3,000	4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	13,388	15,086	
6	0,872	1,134	1,635	2,204	3,070	3,828	5,348	7,231	8,558	10,654	12,592	15,033	16,812	
7	1,239	1,564	2,167	2,833	3,822	4,671	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	16,622	18,475	

Приложение 4. Некоторые типы расщеплений при моногенном и дигенном¹³⁾ наследовании признака

Тип расщепления	F ₂	F _{ан.}
Моногенное (различие по одной паре аллелей)	<p>3A : 1a – полное доминирование 1AA : 2Aa : 1aa – неполное доминирование, кодминирование</p>	<p>1 : 1 – при всех типах аллельных взаимодействий: 1A : 1a или 1Aa : 1a</p>
Дигенное (различие по двум парам аллелей)	<p>I. Комплементарное взаимодействие 9AB : 3Ab : 3aB : 1ab 9AB : 6(Ab + aB) : 1ab 9AB : 3Ab : 4(aB + ab) 9AB : 7(Ab + aB + ab)</p> <p>II. Эпистаз 13(AB + Ab + ab) : 3aB 12(AB + Ab) : 3aB : 1ab</p> <p>III. Полимерия (некумулятивная) 15(9a₁A₂ + 3A₁a₂ + 3a₁A₂) : 1a₁a₂</p>	<p>1AB : 1Ab : 1aB : 1ab 1AB : 2(Ab + aB) : 1ab 1AB : 1Ab : 2(aB + ab) 1AB : 3(Ab + aB + ab)</p> <p>3(AB + Ab + ab) : 1aB 2(AB + Ab) : 1aB : 1ab 3(A₁A₂ + A₁a₂ + a₁A₂) : 1a₁a₂</p>

¹³⁾ Рассмотрены случаи расщепления с участием несцепленных генов.

Приложение 5.
 Генетическая карта *E. coli*
 (по С.Т. Инге-Вейтманову, 1989)



Стрелки на внутренней стороне кольца означают сайты интеграции F-фактора и направление переноса донорных маркеров.

*Приложение 6.
Таблица генетического кода*

Первая буква в кодоне	Вторая буква в кодоне				Третья буква в кодоне
	U	C	A	G	
U	Фен	Сер	Тир	Цис	U C A G
	Фен	Сер	Тир	Цис	
	Лей	Сер	Стоп	Стоп	
	Лей	Сер	Стоп	Три	
C	Лей	Про	Гис	Арг	U C A G
	Лей	Про	Гис	Арг	
	Лей	Про	Гли	Арг	
	Лей	Про	Гли	Арг	
A	Иле	Тре	Асн	Сер	U C A G
	Иле	Тре	Асн	Сер	
	Иле	Тре	Лиз	Арг	
	Мет	Тре	Лиз	Арг	
G	Вал	Ала	Асп	Гли	U C A G
	Вал	Ала	Асп	Гли	
	Вал	Ала	Глу	Гли	
	Вал	Ала	Глу	Гли	

Список литературы

- Гершкович Ф.* Генетика. М.: Наука, 1968.
- Инге-Вечтомов С.Г.* Генетика с основами селекции. М.: Высшая школа, 1989.
- Мюнтцинг А.* Генетика. М.: Мир, 1967.
- Орлова Н.Н.* Сборник задач по общей генетике. М.: Изд-во МГУ, 1982.
- Орлова Н.Н., Глазер В.М., Ким А.И., Кокшарова Т.А., Алтухов Ю.П.* Сборник задач по общей генетике: Учебн. пособие / Под ред. М.М. Аслаяна. М.: Изд-во МГУ, 2001.
- Палеев Н.Г.* Сборник задач по генетике. Ростов-на-Дону: «Ростов-на-Дону: СевКавинВЭС», 1993.
- Рытов Г.Л.* Задачник по генетике для абитуриентов и школьников. Самара: Самарский ун-т, 1998.
- Хатт Ф.* Генетика животных. М.: Колос, 1969.
- Хелевин Н.В., Лобанов А.М., Колесова О.Ф.* Задачник по общей и медицинской генетике. М.: Высшая школа, 1984.
- Штерн К.* Основы генетики человека. М.: Медицина, 1965.
- Griffiths A. J.F., Miller J.H., Suzuki D.T., Lewontin R.C., Gelbart W.M.* An introduction to genetic analysis. N. Y.: W.H. Freeman and company, 2000.
- Lewin B.* Genes VII. N. Y.: Oxford University Press inc, 2000.

Учебное издание

**Вадим Моисеевич Глазер
Александр Иннокентьевич Ким
Нина Николаевна Орлова и др.**

ЗАДАЧИ ПО СОВРЕМЕННОЙ ГЕНЕТИКЕ

Учебное пособие

Под редакцией профессора *М. М. Асланяна*

Выпускающий редактор *Игнатова Е. С.*

Редактор *Есакова Г. Г.*

Корректоры *Иванова Н. В., Комарова Н. Ю.*

Художник *Анисимова О. В.*

Компьютерная верстка *Данилюк С. М.*

Сдано в набор 10.11.04. Подписано в печать 21.04.05.

Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Гарнитура «Petersburg». Печать офсетная.

Усл.-печ. л. 13,02. Тираж 3000 экз. Заказ № 2347.

ООО «Издательство «КДУ», 119234, Москва, а/я 587

Тел./факс: (095) 939-40-36, 939-40-51

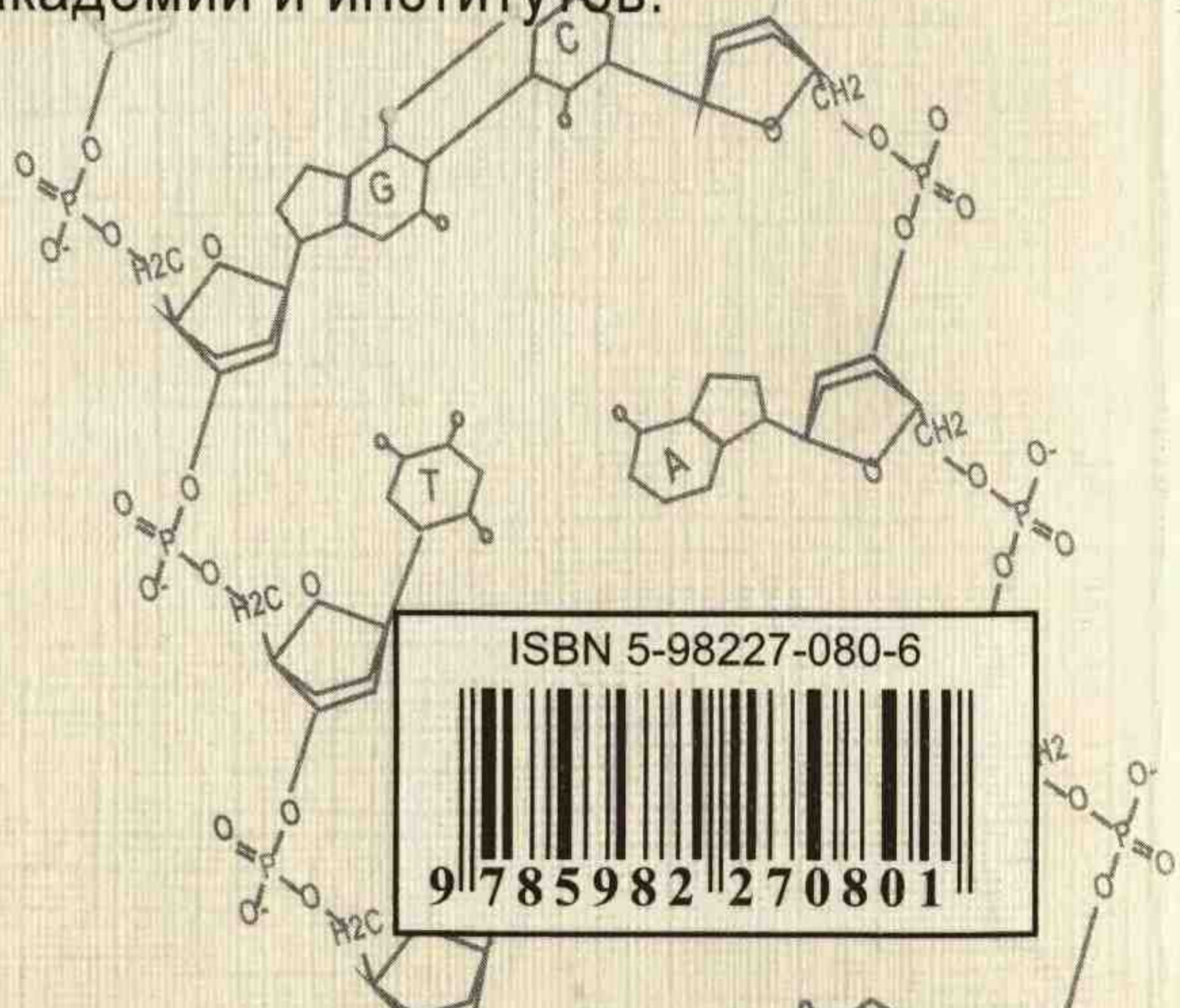
E-mail: kdu@kdu.ru [Http://www.kdu.ru](http://www.kdu.ru)

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных диапозитивов в ОАО «Дом печати — ВЯТКА».
610033, г. Киров, ул. Московская, 122.



Настоящее пособие содержит 600 задач по всем разделам курса «Генетика». Широкий спектр биологических объектов и признаков, на примере которых составлены задачи, позволяют оценить интегральную роль генетики в системе биологических дисциплин. Наряду с традиционными типами в сборник включены задачи по генетическому картированию у прокариот, структуре и функции гена, наследованию признаков у полиплоидов и мутантов, анализу генетических процессов в популяциях, биохимической и молекулярной генетике и ДНК-диагностике.

Пособие предназначено для студентов и преподавателей биологических, медицинских, педагогических и сельскохозяйственных специальностей университетов, академий и институтов.



УНИВЕРСИТЕТ
книжный дом

ISBN 5-98227-080-6



9 785982 270801