Урок 11. Взаимодействие генов

Задания с ответами и объяснениями

60 заданий: по 20 начального, среднего и высокого уровня.

Из официальных материалов ЕГЭ: 40 заданий. Авторских: 20. Подборка включает открытые варианты, демоверсии и официальные методические материалы. Конкретный источник указан в версии с решениями. Уровни сложности - учебные, внутри этого урока.

Содержание

01. Начальный уровень: задания 1-20

02. Средний уровень: задания 21-40

03. Высокий уровень: задания 41-60

Источники заданий

Решайте без подсказок. Условия, генотипы, единицы измерения и форма записи ответа имеют значение. В задачах с развёрнутым ответом запишите обозначения, родителей, гаметы, потомство и вывод.

01. Начальный уровень

Задание 1. Экзаменационный источник

У львиного зева розовая окраска возникает у гетерозигот при неполном доминировании. Два таких растения скрещивают. Какой процент потомства будет иметь промежуточную окраску? Запишите число.

Правильный ответ. 50

Объяснение. Обозначим аллели A_1 и A_2. Розовые родители - A_1A2. Каждый образует гаметы A_1 и A_2 по 1/2. Потомки: 1/4 A_1A1, 1/2 A_1A2, 1/4 A_2A2. Промежуточный фенотип имеет только A_1A2, поэтому вероятность равна 1/2 = 50%. Красные и белые гомозиготы вместе тоже составляют 50%, но в искомый класс не входят.

Источник задания 1: Страница 25, раздел 3, задание 6; ответ на странице с ответами к разделу 3

Задание 2. Экзаменационный источник

Высокорослое гетерозиготное растение гороха участвует в моногибридном анализирующем скрещивании. Какова вероятность получения потомка с рецессивным признаком? Укажите процент числом.

Правильный ответ. 50

Объяснение. При полном доминировании A определяет высокий рост, a - низкий. Анализирующее скрещивание проводят с aa. Схема: Aa × aa; гаметы первого родителя A и a, второго - a. Потомки: 1/2 Aa (высокие) и 1/2 aa (низкие). Поэтому рецессивный фенотип возникает с вероятностью 50%. Это не скрещивание Aa × Aa, где было бы 25%.

Источник задания 2: Страница 24, раздел 3, практическое задание 1

Задание 3. Экзаменационный источник

При полном доминировании скрещивают организм, гомозиготный по доминантному аллелю одного из двух генов, с организмом, гомозиготным по доминантным аллелям обоих генов. Сколько фенотипов возможно у потомков? Запишите число.

Правильный ответ. 1

Объяснение. Дигомозиготный доминантный родитель имеет генотип AABB и передаёт каждому потомку A и B. Поэтому все потомки имеют генотип вида A_B_ и оба доминантных признака. Например, AABb × AABB даёт AABB и AABb, но это два генотипа одного фенотипа. Генотипическая неоднородность при полном доминировании не обязательно означает несколько фенотипов.

Источник задания 3: Страница 11, пример задания линии 4, среднее выполнение 38%, официальный ответ 1

Задание 4. Экзаменационный источник

Растение душистого горошка гетерозиготно по окраске плодов. Сколько разных фенотипов может появиться при его самоопылении, если доминирование полное?

Правильный ответ. 2

Объяснение. Самоопыление Aa даёт 1/4 AA, 1/2 Aa и 1/4 aa. AA и Aa имеют один доминантный фенотип, aa - другой, рецессивный. Итого два фенотипа при трёх генотипах. При неполном доминировании в такой же схеме было бы три фенотипа.

Источник задания 4: Открытый вариант 1, 2020, страница 2, задание 6

Задание 5. Экзаменационный источник

Гетерозиготный флокс с белыми цветками скрещивают с рецессивной гомозиготой. Какова вероятность получить рецессивное гомозиготное потомство? Укажите процент числом.

Правильный ответ. 50

Объяснение. В анализирующем скрещивании Aa × aa первый родитель даёт A и a с равными вероятностями, второй - только a. Половина потомков Aa, половина aa, поэтому искомая вероятность - 50%. Рецессивную гомозиготу нельзя заменять гетерозиготой: это изменило бы тип скрещивания.

Источник задания 5: Открытый вариант 2, 2020, страница 3, задание 6

Задание 6. Экзаменационный источник

При каком явлении гетерозиготный потомок имеет промежуточное проявление признака?

1) Сцепление генов.
2) Неполное доминирование.
3) Независимое расщепление.
4) Множественное действие генов.

Правильный ответ. 2

Объяснение. При неполном доминировании гетерозигота отличается от обеих гомозигот и имеет промежуточный фенотип, например розовые цветки между красными и белыми. Сцепление описывает совместное наследование генов одной хромосомы; независимое расщепление - распределение разных пар аллелей. Множественное действие, или плейотропия, означает влияние одного гена на несколько признаков.

Источник задания 6: Официальная демоверсия ЕГЭ-2013, задание A7, печатная страница 5; ключи в том же PDF.

Задание 7. Экзаменационный источник

Скрестили два гетерозиготных растения гороха с жёлтыми семенами (Aa). Каково соотношение фенотипов у потомства?

1) 1 : 1
2) 3 : 1
3) 1 : 1 : 1 : 1
4) 9 : 3 : 3 : 1

Правильный ответ. 2

Объяснение. При полном доминировании A задаёт жёлтые семена, a - зелёные. Оба родителя дают гаметы A и a поровну. Из четырёх равновероятных сочетаний AA, Aa, Aa, aa первые три жёлтые, последнее зелёное. Фенотипическое отношение - 3 : 1, хотя генотипическое - 1 : 2 : 1. При неполном доминировании эти два отношения совпали бы.

Источник задания 7: Официальная демоверсия ЕГЭ-2013, задание A8, печатная страница 5; ключи в том же PDF.

Задание 8. Экзаменационный источник

При скрещивании ночной красавицы с розовыми и белыми цветками половина потомства имела белые цветки (рецессивный признак). Укажите генотипы родителей.

1) BB × bb
2) Bb × bb
3) BB × Bb
4) Bb × Bb

Правильный ответ. 2

Объяснение. У ночной красавицы BB даёт красные, Bb - розовые, bb - белые цветки. Белый родитель bb образует только гаметы b. Чтобы половина потомства была bb, другой родитель должен давать b с вероятностью 1/2, то есть быть Bb. Скрещивание Bb × bb даёт 1/2 Bb (розовые) и 1/2 bb (белые).

Источник задания 8: Официальная демоверсия ЕГЭ-2014, задание A7, печатная страница 5; ключи в том же PDF.

Задание 9. Экзаменационный источник

Для какого типа скрещивания характерно фенотипическое расщепление 9 : 3 : 3 : 1 во втором поколении?

1) Анализирующее.
2) Моногибридное.
3) Дигибридное.
4) Полигибридное.

Правильный ответ. 3

Объяснение. Такое отношение получают при AaBb × AaBb, если гены наследуются независимо, по каждому признаку наблюдается полное доминирование и все генотипы одинаково жизнеспособны. Фенотипы: 9 A-B- : 3 A-bb : 3 aaB- : 1 aabb. Неаллельное взаимодействие может объединить эти классы в иные отношения, например 9 : 7 или 9 : 3 : 4. В принятой экзаменационной классификации для ровно двух пар признаков выбирают «дигибридное», а «полигибридное» обозначает большее число пар.

Источник задания 9: Официальная демоверсия ЕГЭ-2014, задание A8, печатная страница 5; ключи в том же PDF.

Задание 10. Экзаменационный источник

Какие варианты признака у дрозофилы контролируются аллелями одного гена?

1) Недоразвитые крылья и серое тело.
2) Тёмное тело и красные глаза.
3) Белые и красные глаза.
4) Серое тело и нормальные крылья.

Правильный ответ. 3

Объяснение. Аллели - варианты одного гена, занимающие один и тот же локус гомологичных хромосом. Белая и красная окраска глаз в этой экзаменационной модели - альтернативные проявления одного признака. Остальные варианты соединяют признаки разных органов или структур - окраску тела, глаз и развитие крыльев.

Источник задания 10: Официальная демоверсия ЕГЭ-2016, задание 6, печатная страница 5; ключи в том же PDF.

Задание 11. Экзаменационный источник

У ночной красавицы скрещивают гетерозиготные растения с розовыми цветками. Какова вероятность получить рецессивных гомозиготных потомков? Ответ укажите в процентах числом.

Правильный ответ. 25

Объяснение. Розовые растения имеют генотип Aa. В скрещивании Aa × Aa оба родителя образуют гаметы A и a с равными вероятностями. Потомство: AA - 1/4, Aa - 1/2, aa - 1/4. Рецессивные гомозиготы aa составляют 25%. Розовые гетерозиготы - отдельный фенотип, их доля 50%, и они не относятся к искомой группе.

Источник задания 11: Страница 36, практическое задание перед разделом 3.5

Задание 12. Экзаменационный источник

Парные гены гомологичных хромосом называют:

1) Аллельными.
2) Сцепленными.
3) Рецессивными.
4) Доминантными.

Правильный ответ. 1

Объяснение. Аллели - варианты одного гена в соответствующих локусах гомологичных хромосом. В старой экзаменационной формулировке употреблено выражение «парные гены». Сцепленными называют разные гены одной хромосомы; доминантность и рецессивность характеризуют проявление аллелей. Именно взаимодействие аллелей объясняет различия между полным доминированием, неполным доминированием и кодоминированием.

Источник задания 12: Демоверсия ЕГЭ-2009, А7, страница 5

Задание 13. Экзаменационный источник

Какой закон проявится в наследовании признаков при скрещивании организмов с генотипами Аа × Аа?

1) Единообразия.
2) Расщепления.
3) Сцепленного наследования.
4) Независимого наследования.

Правильный ответ. 2

Объяснение. Каждый родитель образует гаметы А и а. В потомстве получаются АА, Аа и аа в отношении 1 : 2 : 1: происходит расщепление. При полном доминировании фенотипическое отношение равно 3 : 1, при неполном - 1 : 2 : 1. Различие фенотипических отношений не отменяет расхождения аллелей в гаметы. Закон независимого наследования описывает совместное наследование разных пар аллелей, а здесь рассматривается одна пара.

Источник задания 13: Демоверсия ЕГЭ-2009, А8, страница 5

Задание 14. Экзаменационный источник

Как называют особей, образующих один сорт гамет и не дающих расщепления признаков в потомстве?

1) Мутантными.
2) Гетерозисными.
3) Гетерозиготными.
4) Гомозиготными.

Правильный ответ. 4

Объяснение. У гомозиготы обе копии рассматриваемого гена одинаковы: АА или аа. По этому гену в гаметы попадает один и тот же аллель, поэтому образуется один сорт гамет. У гетерозиготы Аа имеются два варианта аллеля и два типа гамет. Отсутствие расщепления у чистой линии относится к самоопылению или скрещиванию особей одного гомозиготного генотипа; оно не означает, что любой партнёр гомозиготы обязательно даст однородное потомство.

Источник задания 14: Демоверсия ЕГЭ-2010, А7, страница 5

Задание 15. Экзаменационный источник

Какие генотипы образуются у гибридов, полученных от скрещивания гетерозиготного растения томата с гладкими плодами и растения томата с опушёнными плодами?

1) Аа, аа
2) А, а
3) АА, аа
4) Аа, Аа

Правильный ответ. 1

Объяснение. Гладкий гетерозиготный родитель имеет генотип Аа, опушённый - аа. Гаметы первого А и а, второго только а. Потомки Аа и аа возникают поровну. Запись А, а описывает аллели в гаметах, а не диплоидные генотипы потомков. АА невозможно получить, поскольку второй родитель не даёт гаметы А.

Источник задания 15: Открытый КИМ 2016, вариант 101, задание 6, страница 2

Задание 16. Экзаменационный источник

Определите вероятность (%) получения потомков с доминантным проявлением признака в моногибридном скрещивании гетерозиготных гибридов между собой при полном доминировании этого признака. Ответ запишите в виде числа.

Правильный ответ. 75

Объяснение. При Aa × Aa вероятности генотипов AA, Aa и aa равны 1/4, 1/2 и 1/4. При полном доминировании AA и Aa имеют доминантный фенотип. Суммируем: 1/4 + 1/2 = 3/4 = 75%. В поле ответа требуется число процентов, поэтому записывают 75, а не 0,75. При неполном доминировании гетерозигота имела бы отдельный промежуточный фенотип.

Источник задания 16: Открытый КИМ 2018, вариант 102, задание 6, страница 2

Задание 17. Авторское задание

Чем неполное доминирование отличается от кодоминирования? Укажите, что наблюдается у гетерозиготы в каждой модели.

Правильный ответ. При неполном доминировании фенотип промежуточный; при кодоминировании различимо проявляются продукты обоих аллелей.

Объяснение. При неполном доминировании, например, гетерозиготное растение имеет розовые цветки, а гомозиготы - красные и белые. При кодоминировании I^AI^B на эритроцитах одновременно присутствуют антигены A и B. Само отношение 1 : 2 : 1 не различает эти модели: нужно знать свойства фенотипа или продуктов аллелей.

Задание 18. Авторское задание

В популяции в одном аутосомном локусе обнаружены четыре аллеля. Сколько аллелей этого локуса обычно содержит отдельная диплоидная особь? Как называется наличие более двух аллелей локуса в популяции?

Правильный ответ. Два аллеля; множественный аллелизм.

Объяснение. Диплоидная особь имеет две гомологичные аутосомы и по одной копии данного локуса в каждой. Одна копия получена от матери, другая - от отца. Четыре варианта могут встречаться у разных особей популяции; они не обязаны одновременно присутствовать в одном генотипе.

Задание 19. Авторское задание

Для образования конечного пигмента необходимы два разных фермента. Один кодируется геном A, другой - неаллельным геном B. При отсутствии любого из этих ферментов пигмент не образуется. Назовите тип взаимодействия генов и объясните ответ.

Правильный ответ. Комплементарность.

Объяснение. Продукты двух разных локусов дополняют друг друга: каждый выполняет необходимую часть процесса. Достаточности одного продукта нет. Если работоспособность задаётся A_ и B_, окраска возникает только у A_B_. Это взаимодействие разных генов, поэтому кодоминированием оно не является.

Задание 20. Авторское задание

Сопоставьте два случая: 1) несколько неаллельных генов суммируют вклад в высоту растения; 2) изменение одного гена влияет на свойства эритроцитов и состояние нескольких органов. Как называются эти явления?

Правильный ответ. 1 - кумулятивная полимерия; 2 - плейотропия.

Объяснение. При полимерии несколько локусов влияют на один признак. В кумулятивной модели их вклады складываются. При плейотропии один ген связан с несколькими фенотипическими проявлениями, например через изменение общего белка и клеточного процесса.

02. Средний уровень

Задание 21. Экзаменационный источник

Выберите три свойства, соответствующие школьной модели наследования доминантного положительного резус-фактора.

1) Аллель расположен в Y-хромосоме.
2) Признак обычно прослеживается в последовательных поколениях.
3) Гетерозиготы проявляют этот признак.
4) Ген резус-фактора сцеплен с геном группы крови АВО.
5) Признак встречается у людей обоих полов.
6) У гетерозигот проявление промежуточное.

Правильный ответ. 235

Объяснение. В школьной модели R - доминантный аутосомный аллель: RR и Rr имеют положительный резус, rr - отрицательный. Поэтому верны 2, 3 и 5. Ген не расположен в Y-хромосоме и наследуется независимо от АВО. Промежуточный фенотип гетерозиготы характерен для неполного доминирования, которого данная модель не предполагает. Слово «обычно» существенно: наблюдение каждой конкретной семьи зависит от генотипов партнёров и числа детей.

Источник задания 21: Страница 12, пример 4, задание линии 7; средний процент выполнения 52

Задание 22. Экзаменационный источник

Выберите три характеристики доминантного аутосомного аллеля и запишите номера.

1) Проявляется исключительно при полном доминировании.
2) Присутствует в генотипе гетерозиготы.
3) Наследуется сцепленно с полом.
4) Проявляется в фенотипе гибридов.
5) Подавляет проявление рецессивного аллеля.
6) Проявляется исключительно у гомозигот.

Правильный ответ. 245

Объяснение. Доминантный аллель присутствует у гетерозиготы и влияет на её фенотип: верны 2 и 4. Пункт 5 описывает маскировку рецессивного фенотипа, а не уничтожение или физическое подавление другой копии гена. При неполном доминировании маскировка неполная, поэтому пункт 1 неверен. Аутосома не является половой хромосомой (3 неверен); проявление возможно у гетерозигот (6 неверен). В строгой генетической записи доминирование - отношение аллелей для конкретного измеряемого признака.

Источник задания 22: Страница 24, раздел 3, практическое задание 2

Задание 23. Экзаменационный источник

Скрестили сорта земляники с красными и белыми плодами. У всех растений первого поколения плоды были розовыми. При скрещивании гибридов первого поколения получили 17 растений с красными плодами, 37 с розовыми и 15 с белыми. Определите генотипы родителей и потомков F1 и F2.

Правильный ответ. P: AA × aa; F1: Aa. F2: красные AA, розовые Aa, белые aa; ожидаемое отношение 1 : 2 : 1.

Объяснение. При неполном доминировании каждому генотипу соответствует свой фенотип: AA - красные плоды, Aa - розовые, aa - белые. Исходные родители дают гаметы A и a, поэтому все F1 - Aa. Гибриды дают гаметы A и a поровну; при Aa × Aa получаются 1/4 AA, 1/2 Aa и 1/4 aa. Наблюдаемые числа 17, 37 и 15 относятся к этим генотипам соответственно. Это конечная выборка, поэтому численности не обязаны точно равняться теоретическому отношению 1 : 2 : 1.

Источник задания 23: Страницы 34-35, разобранный пример раздела о моногибридном скрещивании

Задание 24. Экзаменационный источник

Гетерозиготную курицу с гребнем и голыми ногами скрестили с дигомозиготным петухом с гребнем и оперёнными ногами. Гребень (A) и оперение ног (B) - доминантные признаки; гены не сцеплены. Затем скрестили двух гибридов F1 с разными генотипами. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы F1 и F2. Составьте обе схемы и назовите проявляющийся закон наследования.

Правильный ответ. P: Aabb × AABB. F1: 1/2 AABb, 1/2 AaBb. Второе скрещивание: AABb × AaBb. В F2 все с гребнем, 3/4 с оперёнными и 1/4 с голыми ногами.

Объяснение. A - гребень, a - его отсутствие; B - оперённые, b - голые ноги. Курица Aabb даёт Ab и ab, петух AABB - только AB. Поэтому F1 состоит из AABb и AaBb поровну, все с гребнем и оперёнными ногами. Во втором скрещивании AABb даёт AB и Ab, а AaBb - AB, Ab, aB, ab. Восемь равновероятных сочетаний образуют AABB (1/8), AABb (2/8), AAbb (1/8), AaBB (1/8), AaBb (2/8), Aabb (1/8). Генотипы с B- имеют оперённые ноги, bb - голые; отсутствие гребня невозможно, поскольку один родитель AA. Гены независимо комбинируются по третьему закону Менделя. Наличие двух признаков само по себе не гарантирует отношение 9 : 3 : 3 : 1: оно требует скрещивания двух дигетерозигот.

Источник задания 24: Страница 37, разобранный пример раздела 3.5

Задание 25. Экзаменационный источник

При дигибридном скрещивании и независимом наследовании признаков у родителей с генотипами AABb и aabb в потомстве наблюдается расщепление в соотношении:

1) 9 : 3 : 3 : 1
2) 1 : 1 : 1 : 1
3) 3 : 1
4) 1 : 1

Правильный ответ. 4

Объяснение. Первый родитель даёт гаметы AB и Ab поровну, второй - только ab. Потомки: 1/2 AaBb и 1/2 Aabb. По локусу A все потомки одинаковы, а по B получаются два класса поровну. Поэтому отношение 1 : 1. Наличие двух изучаемых локусов само по себе не означает четырёх фенотипов: необходимо учитывать генотип каждого родителя.

Источник задания 25: Демоверсия ЕГЭ-2010, А30, страница 9

Задание 26. Экзаменационный источник

Сколько фенотипов проявится у гибридов при скрещивании дигетерозиготного растения гороха с гомозиготным по рецессивным признакам растением, если признаки наследуются независимо друг от друга, а доминирование полное? В ответе запишите только соответствующее число.

Правильный ответ. 4

Объяснение. Скрещивание AaBb × aabb. Дигетерозигота даёт гаметы AB, Ab, aB, ab по 1/4, второй родитель - ab. Возникают AaBb, Aabb, aaBb, aabb: четыре различных сочетания доминантных и рецессивных проявлений. Каждый фенотип имеет вероятность 1/4. Ответом служит число фенотипов 4, а не их соотношение 1 : 1 : 1 : 1. Эти четыре генотипических класса могут объединяться при неаллельном взаимодействии, но такого взаимодействия в данном условии не задано.

Источник задания 26: Открытый КИМ 2019, вариант 101, задание 6, страница 2

Задание 27. Экзаменационный источник

У собак чёрная шерсть доминирует над коричневой, а длинная - над короткой; гены не сцеплены. От чёрной длинношёрстной самки при анализирующем скрещивании получено 3 чёрных длинношёрстных и 3 коричневых длинношёрстных щенка. Определите генотипы родителей и потомства, соответствующие фенотипам. Составьте схему решения и объясните результат. Рассматривайте перечисленные классы как заданный тип расщепления в экзаменационной модели.

Правильный ответ. A - чёрная шерсть, a - коричневая; B - длинная, b - короткая. P: AaBB × aabb; G: AB, aB и ab. F: 1/2 AaBb - чёрные длинношёрстные, 1/2 aaBb - коричневые длинношёрстные.

Объяснение. Анализирующий партнёр имеет рецессивные признаки и генотип aabb. Расщепление по окраске 1 : 1 соответствует Aa × aa. Отсутствие расщепления по длине шерсти в принятой модели соответствует BB × bb: все потомки Bb. Поэтому у матери AaBB; она образует гаметы AB и aB поровну. Два фенотипа не означают сцепление генов: по одному из двух локусов у матери нет гетерозиготности. В реальной малой семье шесть длинношёрстных щенков сами по себе не исключают Bb у матери; вывод BB требует именно указанной модельной трактовки данных.

Источник задания 27: ФИПИ, 2015. Часть 2, задания линии 40 (С6), задание 40 (2). Условие и критерии на странице 45 локального PDF.

Задание 28. Экзаменационный источник

Определите соотношение фенотипов потомков в анализирующем скрещивании дигетерозиготной самки мухи дрозофилы при независимом наследовании генов. Ответ запишите в виде последовательности цифр, показывающих соотношение получившихся фенотипов.

Правильный ответ. 1111

Объяснение. Анализирующее скрещивание: AaBb × aabb. Самка образует AB, Ab, aB, ab по 1/4, рецессивный партнёр - только ab. Генотипы потомков AaBb, Aabb, aaBb, aabb равновероятны и при стандартной модели полного доминирования дают четыре фенотипа. Отношение 1 : 1 : 1 : 1 в поле ответа записывается без разделителей: 1111. Ответ 4 обозначал бы число классов, но здесь требуется именно отношение. Независимость генов задана условием: сцепленное наследование к этому расчёту не применяют.

Источник задания 28: Официальный открытый КИМ ЕГЭ-2021, задание 6, страница 3 (сохранённая копия оригинала).

Задание 29. Экзаменационный источник

При скрещивании томатов с красными и жёлтыми плодами получено потомство, у которого половина плодов была красная, а половина жёлтая. Каковы генотипы родителей?

1) АА × аа
2) Аа × АА
3) АА × АА
4) Аа × аа

Правильный ответ. 4 - Аа × аа.

Объяснение. В модели полного доминирования расщепление на два фенотипа поровну получается при анализирующем скрещивании. Гетерозигота Аа образует гаметы А и а, а гомозигота аа - только а. Потомство: 1/2 Аа и 1/2 аа. АА × аа даёт только Аа; скрещивания с АА в остальных вариантах также не дают рецессивных гомозигот. Здесь требуется восстановить родителей по потомству, а не вычислить долю при уже заданных генотипах.

Источник задания 29: Официальная демоверсия ЕГЭ 2003, задание А35; страницы PDF 8; ключ - 13.

Задание 30. Экзаменационный источник

При скрещивании двух морских свинок с чёрной шерстью (доминантный признак) получено потомство, среди которого особи с белой шерстью составили 25%. Каковы генотипы родителей?

1) АА × аа
2) Аа × АА
3) Аа × Аа
4) АА × АА

Правильный ответ. 3 - Аа × Аа.

Объяснение. Белый потомок аа получил по а от каждого родителя. Оба родителя чёрные, поэтому у каждого есть и доминантный А: оба Аа. Скрещивание Аа × Аа даёт 1/4 АА, 1/2 Аа, 1/4 аа, что согласуется с 25% белых. Если хотя бы один родитель АА, белых аа не будет.

Источник задания 30: Официальная демоверсия ЕГЭ 2004, задание А35; страницы PDF 7; ключ - 13.

Задание 31. Экзаменационный источник

В условной аутосомной модели отсутствие малых коренных зубов наследуется как доминантный признак. Один супруг имеет малые коренные зубы, у другого они отсутствуют и он гетерозиготен по этому признаку. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомства. Какова вероятность рождения ребёнка без малых коренных зубов?

Правильный ответ. Р: аа × Аа. Потомство: 1/2 Аа - без малых коренных зубов, 1/2 аа - с малыми коренными зубами. Вероятность - 50%.

Объяснение. Обозначим А - аллель отсутствия малых коренных зубов в заданной модели, а - их наличия. Родитель с рецессивным признаком имеет аа и образует гаметы а. Гетерозиготный родитель Аа образует гаметы А и а поровну. Сочетания Аа и аа равновероятны. Вероятность 1/2 относится к каждому рождению, а не гарантирует ровно половину детей в конкретной семье. Это учебная одногенная модель условия, а не универсальное объяснение причин отсутствия зубов у человека.

Источник задания 31: Официальная демоверсия ЕГЭ 2005, задание С6; страницы PDF 12, 18.

Задание 32. Авторское задание

У львиного зева A_1A1 задаёт красные цветки, A_2A2 - белые, A_1A2 - розовые. Розовое растение скрестили с белым. Запишите генотипы родителей и гамет, определите генотипы, фенотипы и вероятности потомков.

Правильный ответ. $A_1A2 \times A_2A2$; 1/2 A_1A2 - розовые, 1/2 A_2A2 - белые.

Объяснение. Розовый родитель образует гаметы A_1 и A_2 с вероятностью 1/2 каждая; белый - только A_2. Получаются два равновероятных сочетания A_1A2 и A_2A2. Красных A_1A1 быть не может, потому что белый родитель не передаёт A_1. Фенотипическое и генотипическое расщепления равны 1 : 1.

Задание 33. Авторское задание

При независимом наследовании локусов A/a и B/b пигмент образуется только у растений A_B_. Все остальные генотипы бесцветны. Скрестили AaBb × AaBb. Все зиготы одинаково жизнеспособны. Определите доли окрашенных и бесцветных потомков и назовите модель взаимодействия.

Правильный ответ. 9/16 окрашенных и 7/16 бесцветных; комплементарность.

Объяснение. В каждом моногибридном скрещивании Aa × Aa вероятность A_ равна 3/4, аналогично P(B_) = 3/4. Для окраски нужны оба события: (3/4) × (3/4) = 9/16. Бесцветные A_bb, aaB_ и aabb составляют 3/16 + 3/16 + 1/16 = 7/16. Продукты обоих генов необходимы для одного результата.

Задание 34. Авторское задание

В модели окраски шерсти B_E_ - чёрная окраска, bbE_ - коричневая, B_ee и bbee - светлая. Локусы наследуются независимо, жизнеспособность потомков одинакова. Скрестили BbEe × BbEe. Выведите вероятности трёх фенотипов и объясните действие ee.

Правильный ответ. 9/16 чёрных, 3/16 коричневых, 4/16 светлых; ee эпистатично локусу B/b.

Объяснение. P(B_E_) = 3/4 × 3/4 = 9/16. P(bbE_) = 1/4 × 3/4 = 3/16. Светлая окраска возникает при ee независимо от второго локуса, поэтому её вероятность равна 1/4 = 4/16. Сумма вероятностей равна 1. Генотип ee маскирует различие B_ и bb; он не удаляет аллели B/b из генома.

Задание 35. Авторское задание

Признак развивается при наличии хотя бы одного доминантного аллеля A или B. Их эффекты не суммируются. Локусы независимы. Скрестили AaBb × AaBb, все потомки одинаково жизнеспособны. Какова вероятность отсутствия признака? Выведите полное фенотипическое расщепление.

Правильный ответ. Отсутствие признака - 1/16; с признаком : без признака = 15 : 1.

Объяснение. Признак отсутствует только у aabb. P(aa) = 1/4 и P(bb) = 1/4, поэтому P(aabb) = 1/16. Все остальные классы A_B_, A_bb и aaB_ имеют одинаковый фенотип и в сумме составляют 15/16. Это модель некумулятивной полимерии.

Задание 36. Авторское задание

В кумулятивной модели два независимых локуса вносят равный вклад: каждый доминантный аллель добавляет одну условную единицу признака. Скрещивание AaBb × AaBb. Влияния среды и различий жизнеспособности нет. Сколько фенотипических классов возникает и в каком соотношении?

Правильный ответ. Пять классов, соответствующих 0, 1, 2, 3 и 4 доминантным аллелям; 1 : 4 : 6 : 4 : 1.

Объяснение. Каждый локус даёт 0, 1 или 2 доминантных аллеля с вероятностями 1/4, 1/2 и 1/4. При сложении вкладов двух независимых локусов получаются доли 1/16, 4/16, 6/16, 4/16 и 1/16. Средний класс включает AAbb, AaBb и aaBB. Крайние классы представлены только aabb или AABB.

Задание 37. Авторское задание

У мышей Aa - жёлтая окраска, aa - серая. Генотип AA приводит к гибели эмбриона. Скрестили двух жёлтых мышей. Определите распределение генотипов при оплодотворении и фенотипов среди живых потомков.

Правильный ответ. Зиготы: 1/4 AA, 1/2 Aa, 1/4 aa. Среди живых: 2/3 жёлтых Aa и 1/3 серых aa.

Объяснение. Aa × Aa даёт обычное генотипическое расщепление 1 : 2 : 1. После гибели AA остаётся 3/4 исходного числа зигот. Доли выживших нужно нормировать: (1/2)/(3/4) = 2/3 для Aa и (1/4)/(3/4) = 1/3 для aa. Отношение живых жёлтых и серых равно 2 : 1.

Задание 38. Авторское задание

Гетерозиготное растение имеет промежуточный внешний фенотип. Исследователь утверждает, что это доказывает отсутствие кодоминирования на уровне белков. Достаточен ли такой вывод? Предложите проверку.

Правильный ответ. Недостаточен. Нужно исследовать продукты обоих аллелей, например разделить варианты белка электрофорезом.

Объяснение. Внешний количественный признак и молекулярный состав относятся к разным уровням описания. В клетке могут одновременно присутствовать два различимых варианта белка, а их суммарное действие - давать промежуточную окраску. Обнаружение обоих вариантов продукта свидетельствует о кодоминантном проявлении на этом молекулярном уровне. Один внешний цвет не определяет механизм.

Задание 39. Авторское задание

Растения одного генотипа выращивали при разном питании; высота различалась. Можно ли заключить, что высота не имеет наследственной основы? Как организовать сравнение разных генотипов?

Правильный ответ. Нет. Нужно сравнить разные генотипы в одинаковых контролируемых условиях и с повторностями.

Объяснение. Различия одинакового генотипа в разных условиях показывают влияние среды и норму реакции, но не отсутствие генетического вклада. Чтобы оценить наследственные различия, используют одинаковые питание, свет, температуру, возраст измерения и достаточное число повторов. Дополнительный факторный опыт с несколькими средами позволяет проверить взаимодействие генотипа и среды.

Задание 40. Авторское задание

В скрещивании Aa × Aa половина эмбрионов AA погибает, тогда как все Aa и aa выживают. Определите долю выживших от числа исходных зигот и генотипическое распределение среди выживших. Покажите нормировку.

Правильный ответ. Выживает 7/8 исходных зигот; среди них AA : Aa : aa = 1 : 4 : 2, то есть 1/7, 4/7 и 2/7.

Объяснение. До отбора AA = 1/4, Aa = 1/2, aa = 1/4. После отбора от исходных зигот остаётся 1/8 AA, 1/2 Aa и 1/4 aa. Их сумма 7/8. Делим каждую долю на 7/8: (1/8)/(7/8) = 1/7; (1/2)/(7/8) = 4/7; (1/4)/(7/8) = 2/7. Знаменатель изменяется для всех классов, а не только для частично погибающего.

03. Высокий уровень

Задание 41. Экзаменационный источник

Два неаллельных несцепленных гена совместно определяют высоту растения по модели полимерии. Максимальная высота - 215 мм, высота рецессивной дигомозиготы - 175 мм. Скрестили растения с этими крайними значениями. Первое поколение оказалось единообразным; после его самоопыления получены пять классов в отношении 1 : 4 : 6 : 4 : 1. Запишите оба скрещивания, гаметы, генотипы родителей и потомства. Укажите высоту каждого класса и объясните её изменение.

Правильный ответ. P: AABB × aabb; F1: AaBb, 195 мм. F2: 215, 205, 195, 185 и 175 мм в отношении 1 : 4 : 6 : 4 : 1.

Объяснение. Вклад доминантного аллеля: (215 − 175)/4 = 10 мм. P даёт гаметы AB и ab; все F1 - AaBb. При самоопылении F1 гаметы AB, Ab, aB, ab равновероятны. F2: AABB - 215 мм (1/16); AABb и AaBB - 205 мм (по 2/16); AAbb и aaBB - 195 мм (по 1/16), AaBb - 195 мм (4/16); Aabb и aaBb - 185 мм (по 2/16); aabb - 175 мм (1/16). Больше доминантных аллелей - выше растение.

Источник задания 41: Страницы 53-54, пример 2 линии 28, условие и критерии

Задание 42. Экзаменационный источник

Два аутосомных несцепленных гена определяют хохлатость и качество оперения уток. Доминантная гомозигота по хохлатости погибает до вылупления. От скрещивания хохлатых птиц с нормальным оперением получили в том числе бесхохлых с шелковистым оперением. Затем скрестили полученных хохлатых птиц, гомозиготных по нормальному оперению; среди потомков оказалось два фенотипа. Для обоих скрещиваний запишите генотипы родителей и гамет, генотипы и фенотипы потомков. Объясните отношения фенотипов среди живых.

Правильный ответ. Первое скрещивание AaBb × AaBb: среди живых 6 : 2 : 3 : 1. Второе AaBB × AaBB: 2 хохлатых : 1 бесхохлый, все с нормальным оперением.

Объяснение. A - хохлатость, AA летален; B - нормальное оперение. В первом скрещивании гаметы AB, Ab, aB, ab. Живые: AaBB (2/16) и AaBb (4/16) - хохлатые нормальные; Aabb (2/16) - хохлатые шелковистые; aaBB (1/16) и aaBb (2/16) - бесхохлые нормальные; aabb (1/16) - бесхохлые шелковистые. AABB (1/16), AABb (2/16), AAbb (1/16) погибают. Во втором скрещивании гаметы AB и aB; 1/4 AABB погибает, 1/2 AaBB и 1/4 aaBB выживают, давая 2 : 1.

Источник задания 42: Страница 15, пример задания из второй части КИМ ЕГЭ-2023

Задание 43. Экзаменационный источник

АВО и резус-фактор наследуются аутосомно и независимо. Аллели АВО: I^A, I^B и i; положительный резус R доминирует над отрицательным r. У женщины группа О(I), у мужчины - В(III); оба резус-положительны. У них родился резус-отрицательный ребёнок. Составьте схемы для всех допустимых генотипов родителей, укажите генотипы и фенотипы потомства и вероятность рождения резус-отрицательного ребёнка.

Правильный ответ. Мать iiRr; отец I^BI^BRr или I^BiRr. Вероятность Rh− в обоих случаях 25%.

Объяснение. Ребёнок rr получил r от каждого родителя, следовательно, оба Rr. Гаметы матери iR, ir. Если отец I^BI^BRr, его гаметы I^BR, I^Br; все дети I^Bi, с генотипами RR : Rr : rr = 1 : 2 : 1. Фенотипы: 3/4 В Rh+ и 1/4 В Rh−. Если отец I^BiRr, он даёт I^BR, I^Br, iR, ir. Генотипы детей: I^BiRR - 1/8, I^BiRr - 2/8, I^Birr - 1/8, iiRR - 1/8, iiRr - 2/8, iirr - 1/8. Фенотипы В Rh+, В Rh−, О Rh+, О Rh− идут в отношении 3 : 1 : 3 : 1. По резусу в сумме 1/4 отрицательных. Из условия нельзя выбрать только один генотип отца по АВО.

Источник задания 43: Открытый вариант 1, 2020, страница 8, задание 28

Задание 44. Экзаменационный источник

У мышей доминантная гомозигота по длине хвоста имеет длинный хвост, гетерозигота - укороченный, а рецессивная гомозигота погибает до рождения. Две чёрные длиннохвостые мыши дали потомство: 3 чёрных длиннохвостых : 1 коричневая длиннохвостая. В другом скрещивании двух чёрных короткохвостых мышей среди потомков наблюдали расщепление по генотипу 1 : 2 : 1 : 2. Составьте обе схемы, укажите генотипы и фенотипы родителей и потомства, объясните второе расщепление.

Правильный ответ. A - чёрная окраска, a - коричневая; BB - длинный хвост, Bb - короткий, bb - летальный. I: AaBB × AaBB. II: AABb × AaBb (пол родителей можно поменять).

Объяснение. I. Гаметы обоих родителей AB и aB. Потомки: 1 AABB : 2 AaBB : 1 aaBB; фенотипы 3 чёрных длиннохвостых : 1 коричневая длиннохвостая. II. Гаметы AABb: AB, Ab; гаметы AaBb: AB, Ab, aB, ab. Среди восьми равновероятных сочетаний: AABB - 1, AABb - 2, AaBB - 1, AaBb - 2, AAbb - 1, Aabb - 1. Последние два генотипа летальны. Поэтому у шести живых сочетаний отношение генотипов 1 : 2 : 1 : 2; все чёрные, длиннохвостых 2/6, короткохвостых 4/6. Один из родителей гомозиготен по окраске: при AaBb × AaBb живых генотипических классов было бы шесть, а не четыре.

Источник задания 44: Открытый вариант 2, 2020, страница 8, задание 28

Задание 45. Экзаменационный источник

Признаки группы крови и резус-фактора не сцеплены. Группу крови определяют три аллеля одного гена: i, I^A и I^B. Аллели I^A и I^B доминируют над i; вместе они определяют группу AB (IV). Генотип ii соответствует группе O (I). Положительный резус-фактор R доминирует над отрицательным r. У отца группа AB (IV) и отрицательный резус, у матери - группа O (I) и положительный резус; мать гомозиготна по резус-фактору. Составьте схему решения. Определите генотипы родителей и возможные генотипы, группы крови и резус-фактор детей. Объясните результаты. Какой закон наследственности используется в этой модели?

Правильный ответ. Мать iiRR, отец I^AI^Brr. Потомство: 1/2 I^AiRr - A (II), Rh+; 1/2 I^BiRr - B (III), Rh+. Модель независимого наследования признаков.

Объяснение. P: ♀ iiRR × ♂ I^AI^Brr. Мать образует один тип гамет iR; отец - I^Ar и I^Br, каждый с вероятностью 1/2. F_1: I^AiRr и I^BiRr в отношении 1 : 1. Все дети получат R от матери и r от отца, поэтому будут резус-положительными. Группы O и AB у детей этой пары невозможны: от матери каждый получает только i, а от отца - только I^A или I^B. В официальных критериях указан закон независимого наследования Менделя; несцепленность генов задана в условии. Само это скрещивание не доказывает несцепленность экспериментально, поскольку ни один родитель не является дигетерозиготой. Кодоминирование проявляется в группе AB отца, где выражены оба аллеля одного гена.

Источник задания 45: Официальная демоверсия ЕГЭ-2011, С6: печатная страница 14, критерии на странице 20 (PDF-развороты 7 и 10).

Задание 46. Экзаменационный источник

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

Правильный ответ. A - круглая форма, a - удлинённая; B - зелёная окраска, b - полосатая. Первое скрещивание: aaBB × Aabb → 1/2 AaBb и 1/2 aaBb. Второе: aaBB × AABB → все AaBB; либо aaBB × AABb → 1/2 AaBB и 1/2 AaBb.

Объяснение. В стандартной модели задачи перечисленные классы потомства отражают закономерные результаты, а не случайную малую выборку. Во втором скрещивании удлинённый родитель даёт только аллель a, а круглый партнёр должен давать только A: круглая форма доминантна, его генотип по форме AA. В первом скрещивании круглый партнёр даёт и круглых, и удлинённых потомков, поэтому он Aa. Все потомки от зелёного и полосатого родителей зелёные: зелёная окраска доминантна, исходный зелёный родитель BB, полосатый bb. Первое P: aaBB × Aabb; G: aB и Ab, ab; F: AaBb (круглые зелёные) и aaBb (удлинённые зелёные), по 1/2. Для второго зелёного партнёра возможны оба генотипа AABB и AABb. С AABB он даёт гамету AB и только AaBB; с AABb - гаметы AB и Ab, потомство AaBB и AaBb поровну. Все эти потомки круглые зелёные. Здесь рассматривается исходная модель полного доминирования; отличающиеся фенотипические отношения при эпистазе и комплементарности требуют отдельного условия.

Источник задания 46: ФИПИ. Методические материалы для предметных комиссий ЕГЭ-2018. Страница 37, линия 28, пример 1; условие и критерии.

Задание 47. Экзаменационный источник

Чёрного хохлатого петуха скрестили с такой же курицей. Получили 20 цыплят: 10 чёрных хохлатых, 5 бурых хохлатых, 3 чёрных без хохла и 2 бурых без хохла. Доминантные признаки - чёрное оперение (A) и хохлатость (B). Составьте схему решения, определите генотипы родителей и потомков. Объясните появление четырёх фенотипических групп с точки зрения цитологических основ скрещивания. В принятой в критериях модели гены наследуются независимо.

Правильный ответ. P: AaBb × AaBb; G обоих родителей: AB, Ab, aB, ab. Потомки: A_B_ - чёрные хохлатые; aaB_ - бурые хохлатые; A_bb - чёрные без хохла; aabb - бурые без хохла. Теоретическое отношение этих групп 9 : 3 : 3 : 1.

Объяснение. Бурые и бесхохлые потомки показывают, что оба родителя несут a и b. Родители сами чёрные и хохлатые, поэтому оба AaBb. Независимое расхождение двух пар гомологичных хромосом при мейозе даёт четыре типа гамет по 1/4. Генотипы потомков: AABB - 1/16, AABb - 2/16, AaBB - 2/16, AaBb - 4/16, aaBB - 1/16, aaBb - 2/16, AAbb - 1/16, Aabb - 2/16, aabb - 1/16. В четырёх фенотипических группах фактически насчитали 10, 5, 3 и 2 цыплёнка. Небольшая выборка может отклоняться от теоретического отношения 9 : 3 : 3 : 1; нельзя выдавать наблюдённые числа за точные вероятности. Само наличие четырёх групп без дополнительных данных ещё не доказывает отсутствие сцепления: здесь независимость - условие принятой модели.

Источник задания 47: ФИПИ, 2015. Часть 2, задания линии 40 (C6), задание 40 (1). Условие и критерии на странице 42 локального PDF.

Задание 48. Экзаменационный источник

В системе ABO группы крови определяются аллелями I^A, I^B и i; i рецессивен по отношению к I^A и I^B. Голубоглазая женщина с группой O(I) вступает в брак с дигетерозиготным кареглазым мужчиной с группой B(III). В условной экзаменационной модели A - карие глаза, a - голубые, локусы наследуются независимо. Составьте схему решения. Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы возможного потомства. Какое соотношение групп крови ожидается у детей?

Правильный ответ. P: aa ii × Aa I^Bi. Потомство: Aa I^Bi, Aa ii, aa I^Bi, aa ii, каждый генотип с вероятностью 1/4. Группы B(III) и O(I) ожидаются в отношении 1 : 1.

Объяснение. Мать образует только гаметы ai. У отца гаметы AI^B, Ai, aI^B, ai возникают по 1/4. Получаем четыре сочетания: карие глаза и B(III), карие глаза и O(I), голубые глаза и B(III), голубые глаза и O(I). По каждому признаку отношение 1 : 1; совместное отношение 1 : 1 : 1 : 1. У каждого человека остаются только два аллеля локуса ABO, хотя в популяции их три. Группы A(II) и AB(IV) у этой пары не ожидаются: аллель I^A отсутствует. Одногенная схема цвета глаз здесь является упрощением условия ЕГЭ; реальный цвет глаз человека имеет более сложную генетическую основу.

Источник задания 48: ФИПИ, 2015. Часть 2, задания линии 40 (C6), задание 40 (3). Условие и критерии на странице 47 локального PDF.

Задание 49. Экзаменационный источник

У овец серая окраска шерсти (A) доминирует над чёрной, а рогатость (B) - над комолостью, то есть отсутствием рогов. Гены не сцеплены. В гомозиготном состоянии аллель серой окраски вызывает гибель эмбрионов. Какое жизнеспособное потомство по генотипу и фенотипу и в каком соотношении можно ожидать от скрещивания дигетерозиготной овцы с гетерозиготным серым комолым самцом? Составьте схему решения, объясните результат и назовите закон наследственности.

Правильный ответ. P: AaBb × Aabb. Среди живых: 2 AaBb - серые рогатые : 2 Aabb - серые комолые : 1 aaBb - чёрные рогатые : 1 aabb - чёрные комолые. Доли 1/3, 1/3, 1/6, 1/6. Независимое наследование признаков.

Объяснение. Гаметы овцы: AB, Ab, aB, ab по 1/4; гаметы самца: Ab, ab по 1/2. Из восьми равновероятных сочетаний AABb и AAbb (по 1/8) погибают. До отбора AaBb и Aabb имеют долю по 2/8, aaBb и aabb - по 1/8. Выживает 6/8 = 3/4 исходных зигот; деление каждой доли на 3/4 даёт 1/3, 1/3, 1/6, 1/6. Локусы расходятся независимо, но летальность AA меняет соотношение среди живых. В исходном критерии оба погибающих класса ошибочно названы комолыми: AABb генетически рогатый; это не влияет на их гибель из-за AA.

Источник задания 49: ФИПИ, 2015. Часть 3, зачёт, задача 40 (C6) об овцах. Условие и критерии на страницах 54-55 локального PDF.

Задание 50. Экзаменационный источник

У мышей гены окраски шерсти и длины хвоста не сцеплены. BB - длинный хвост, Bb - короткий; bb вызывает гибель эмбрионов. При скрещивании самки с чёрной шерстью и коротким хвостом с самцом с белой шерстью и длинным хвостом получили 50% чёрных длиннохвостых и 50% чёрных короткохвостых мышей. Затем полученную чёрную короткохвостую самку скрестили с белым короткохвостым самцом. Составьте схемы решения, определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомства в двух скрещиваниях. Найдите отношение фенотипов во втором скрещивании и объясните его.

Правильный ответ. A - чёрная окраска, a - белая. P_1: AABb × aaBB → 1/2 AaBB и 1/2 AaBb. P_2: AaBb × aaBb; среди живых AaBB : AaBb : aaBB : aaBb = 1 : 2 : 1 : 2.

Объяснение. Все потомки первого скрещивания чёрные: в стандартной модели чёрная окраска доминантна, чёрный родитель AA, белый aa. По хвосту Bb × BB даёт BB и Bb поровну. Гаметы первого скрещивания: AB, Ab и aB; F_1: AaBB - чёрные длиннохвостые и AaBb - чёрные короткохвостые. Для второго скрещивания берут AaBb и aaBb. Их гаметы: AB, Ab, aB, ab и aB, ab. До отбора: AaBB - 1/8, AaBb - 2/8, Aabb - 1/8, aaBB - 1/8, aaBb - 2/8, aabb - 1/8. Генотипы Aabb и aabb погибают. Выживает 3/4 зигот. Среди живых чёрные длиннохвостые составляют 1/6, чёрные короткохвостые - 1/3, белые длиннохвостые - 1/6, белые короткохвостые - 1/3. Поэтому отношение 1 : 2 : 1 : 2 относится именно к выжившим.

Источник задания 50: ФИПИ, 2016. Учебные материалы для экспертов ПК. Линия 40, задание 40 (1) о мышах, страницы 65-66 локального PDF.

Задание 51. Экзаменационный источник

У крупного рогатого скота красной окраске соответствует AA, светлой - aa, а гетерозиготные особи Aa имеют чалую окраску. Комолость, то есть отсутствие рогов (B), доминирует над рогатостью (b). Гены аутосомные и не сцеплены. Красных комолых коров скрещивали с чалыми рогатыми быками; получили красных комолых и чалых комолых потомков. Гибридов F_1 с разными фенотипами скрестили между собой. Составьте схемы решения, определите генотипы родителей и потомков в обоих скрещиваниях, отношение фенотипов в F_2. Какой закон наследственности проявляется? Обоснуйте ответ.

Правильный ответ. P_1: AABB × Aabb; F_1: 1/2 AABb - красные комолые и 1/2 AaBb - чалые комолые. P_2: AABb × AaBb. F_2: красные комолые : чалые комолые : красные рогатые : чалые рогатые = 3 : 3 : 1 : 1.

Объяснение. Гаметы первого скрещивания: AB и Ab, ab. Красный родитель AA; отсутствие рогатых потомков в принятой модели требует BB у коровы, поскольку бык bb. Во втором скрещивании гаметы AABb: AB, Ab; гаметы AaBb: AB, Ab, aB, ab. Из восьми равновероятных сочетаний получаются AABB - 1/8, AABb - 2/8, AaBB - 1/8, AaBb - 2/8, AAbb - 1/8, Aabb - 1/8. Красные комолые AABB и AABb суммарно дают 3/8; чалые комолые AaBB и AaBb - 3/8; каждый рогатый класс - 1/8. Светлых aa нет: красный родитель второго скрещивания передаёт только A. Действует закон независимого наследования разных локусов. Чалость у реального скота образуется сочетанием окрашенных и белых волос и служит примером кодоминирования; различимость трёх генотипов не означает автоматически промежуточное окрашивание каждого волоса.

Источник задания 51: ФИПИ, 2016. Учебные материалы для экспертов ПК. Анализ ответов, пример 1, задача 40 (1) о крупном рогатом скоте, страницы 73-74 локального PDF.

Задание 52. Экзаменационный источник

При скрещивании двух сортов томата с красными шаровидными и жёлтыми грушевидными плодами в первом поколении все плоды шаровидные, красные. В стандартной модели независимого наследования двух локусов определите генотипы родителей, гибридов первого поколения и соотношение фенотипов второго поколения, полученного при скрещивании гибридов F_1.

Правильный ответ. P: AABB × aabb; F_1: AaBb. F_2: 9 красных шаровидных : 3 красных грушевидных : 3 жёлтых шаровидных : 1 жёлтый грушевидный.

Объяснение. A - красные, a - жёлтые плоды; B - шаровидные, b - грушевидные. Единообразие F_1 в принятой модели чистых родительских сортов соответствует AABB × aabb. Их гаметы AB и ab, все гибриды AaBb. Каждый гибрид образует AB, Ab, aB, ab с вероятностью 1/4. При AaBb × AaBb вероятность A_ равна 3/4, B_ - 3/4. Независимость даёт A_B_ = 9/16, A_bb = 3/16, aaB_ = 3/16, aabb = 1/16. Доминантные признаки наследуются независимо; это исходная модель для сравнения с изменёнными отношениями при эпистазе и комплементарности.

Источник задания 52: Официальная демоверсия ЕГЭ 2004, задание C6; страницы PDF 12, 19.

Задание 53. Экзаменационный источник

При скрещивании томата с пурпурным стеблем (A) и красными плодами (B) и томата с зелёным стеблем и красными плодами получили 722 растения с пурпурным стеблем и красными плодами и 231 растение с пурпурным стеблем и жёлтыми плодами. Составьте схему решения. Определите генотипы родителей, потомства первого поколения и соотношения генотипов и фенотипов потомства.

Правильный ответ. P: AABb × aaBb; F_1: AaBB : AaBb : Aabb = 1 : 2 : 1. Фенотипы: пурпурные с красными плодами : пурпурные с жёлтыми плодами = 3 : 1.

Объяснение. Зелёный родитель aa. Все 953 потомка пурпурные, что в стандартном решении соответствует AA у пурпурного родителя. У двух красноплодных родителей есть жёлтые потомки bb, значит оба родителя Bb. Гаметы AABb: AB и Ab; гаметы aaBb: aB и ab. Четыре равновероятных сочетания: AaBB, AaBb, AaBb, Aabb. Генотипическое отношение 1:2:1, фенотипическое 3:1. Ожидаемые численности из 953: 714,75 красноплодных и 238,25 жёлтоплодных; наблюдаемые 722 и 231 близки к ним, но не обязаны совпадать точно. Вывод AA принят в экзаменационной модели; отсутствие класса в конечной выборке само по себе не является абсолютным доказательством генотипа.

Источник задания 53: Официальная демоверсия ЕГЭ 2007, задание C6; страницы PDF 13, 20.

Задание 54. Авторское задание

В учебной модели три локуса наследуются независимо. По системе ABO родители имеют генотипы I^Ai и I^Bi. По двум другим локусам оба родителя - AaBb; условный признак развивается только при A_B_. Жизнеспособность всех генотипов одинакова. Какова вероятность ребёнка с группой O и с указанным признаком? Составьте схему расчёта.

Правильный ответ. 9/64, или 14,0625%.

Объяснение. По ABO скрещивание $I^Ai \times I^Bi$ даёт I^AI^B, I^Ai, I^Bi и ii по 1/4; для O нужен ii. По двум независимым локусам AaBb × AaBb вероятность A_B_ равна 3/4 × 3/4 = 9/16. Все три локуса независимы, поэтому совместная вероятность равна 1/4 × 9/16 = 9/64. Это условная учебная модель дополнительного признака, а не описание конкретного заболевания человека.

Задание 55. Авторское задание

В потомстве скрещивания двух дигетерозигот получено 180 красных, 62 жёлтых и 78 бесцветных растений. Локусы независимы. Предложите согласующуюся с данными модель взаимодействия и рассчитайте ожидаемые численности для 320 растений. Объясните, почему совпадение с отношением не доказывает механизм.

Правильный ответ. Возможна модель 9 : 3 : 4; ожидается 180 красных, 60 жёлтых и 80 бесцветных.

Объяснение. Если A создаёт жёлтый предшественник пигмента, а B превращает его в красный, то A_B_ красные (9/16), A_bb жёлтые (3/16), aaB_ и aabb бесцветные (4/16). Умножение долей на 320 даёт 180, 60 и 80. Небольшие отклонения возможны в конечной выборке. Для доказательства нужны данные о генотипах, биохимическом пути и жизнеспособности; одинаковые отношения могут возникать по разным причинам.

Задание 56. Авторское задание

При скрещивании двух дигетерозигот получено 120 растений с признаком и 8 без него. Предположите модель взаимодействия двух независимых локусов, выведите ожидаемое расщепление и укажите ограничение вывода.

Правильный ответ. Возможна некумулятивная полимерия: 15 : 1, признак отсутствует у aabb.

Объяснение. 120 : 8 сокращается до 15 : 1. Если A_ или B_ достаточно для признака, то без признака только aabb, вероятность которого в AaBb × AaBb равна 1/4 × 1/4 = 1/16. Для 128 потомков это 8 без признака и 120 с ним. Числа согласуются с моделью, но сами по себе не доказывают, что отсутствуют другие причины, например различия выживаемости.

Задание 57. Авторское задание

Для образования пигмента нужны функциональные продукты двух независимых локусов A и B. Рецессивные гомозиготы aa или bb не образуют соответствующий активный продукт. Скрестили два бесцветных растения aaBB × AAbb. Гибриды F1 затем скрестили между собой. Определите генотипы и фенотипы F1, гаметы F1 и фенотипическое расщепление F2.

Правильный ответ. F1 - все AaBb, окрашенные; гаметы AB, Ab, aB, ab по 1/4. F2 - 9 окрашенных : 7 бесцветных.

Объяснение. У первого родителя отсутствует продукт A, у второго - продукт B; их единственные типы гамет aB и Ab. У гибрида AaBb присутствуют оба активных продукта, поэтому происходит восстановление окраски. В F2 окрашены только A_B_ (9/16). Бесцветны A_bb (3/16), aaB_ (3/16), aabb (1/16). Это комплементарность.

Задание 58. Авторское задание

В биохимическом пути фермент A превращает бесцветный предшественник в жёлтый продукт, фермент B - жёлтый продукт в красный. a и b не обеспечивают активности соответствующих ферментов. Локусы независимы; все потомки одинаково жизнеспособны. Для AaBb × AaBb определите фенотипы четырёх классов A_B_, A_bb, aaB_, aabb и их суммарное фенотипическое соотношение. Какой генотип маскирует действие второго локуса?

Правильный ответ. A_B_ - красные; A_bb - жёлтые; aaB_ и aabb - бесцветные. Красные : жёлтые : бесцветные = 9 : 3 : 4. aa маскирует B/b.

Объяснение. У A_B_ работают обе стадии, поэтому образуется конечный красный продукт (9/16). У A_bb работает только первая стадия и накапливается жёлтый продукт (3/16). У aaB_ и aabb не возникает даже жёлтого субстрата: наличие B уже не меняет фенотип. Эти классы объединяются в 3/16 + 1/16 = 4/16 бесцветных. Это рецессивный эпистаз первого звена пути.

Задание 59. Авторское задание

Количественный признак определяется четырьмя независимыми аутосомными локусами с одинаковым суммирующимся вкладом каждого доминантного аллеля. Скрещены особи AaBbCcDd × AaBbCcDd. Влияния среды нет. Сколько фенотипических классов возможно? Обоснуйте ответ и определите вероятности двух крайних классов.

Правильный ответ. Девять классов: от 0 до 8 доминантных аллелей. Каждый крайний класс имеет вероятность 1/256.

Объяснение. В четырёх диплоидных локусах суммарно восемь аллелей, поэтому возможны девять значений их доминантного числа: 0, 1, …, 8. Минимальный класс aabbccdd имеет вероятность (1/4)^4 = 1/256; максимальный AABBCCDD - такую же. Остальные классы получаются несколькими сочетаниями генотипов. Число классов 2n + 1 применимо здесь из-за равенства вкладов, независимости локусов и отсутствия средового размывания.

Задание 60. Авторское задание

Исследователь получил фенотипическое расщепление 9 : 7 и объявил, что комплементарность доказана. Назовите не менее трёх дополнительных проверок, необходимых для обоснования модели, и объясните, что устанавливает каждая.

Правильный ответ. Проверка генотипов родителей и потомков; проверка независимого наследования и жизнеспособности; исследование функций продуктов генов или дополнительные диагностические скрещивания.

Объяснение. Генотипирование проверяет, действительно ли родители AaBb и окраска связана с A_B_. Анализ гамет или потомства диагностического скрещивания помогает проверить независимость локусов. Учёт зигот, эмбрионов и живого потомства выявляет возможный отбор. Измерение ферментативной активности или восстановление функции недостающего продукта проверяет необходимость обоих продуктов в одном пути. Само отношение является статистическим наблюдением, а не доказательством механизма.

Источники заданий

Демонстрационные варианты и официальные методические задания отмечены своими названиями. Их наличие в подборке не означает, что они использовались на состоявшемся экзамене. Решения и пояснения подготовлены для этого урока.

1. Страница 25, раздел 3, задание 6; ответ на странице с ответами к разделу 3 Открыть документ.

2. Страница 24, раздел 3, практическое задание 1 Открыть документ.

3. Страница 11, пример задания линии 4, среднее выполнение 38%, официальный ответ 1 Открыть документ.

4. Открытый вариант 1, 2020, страница 2, задание 6 Открыть документ.

5. Открытый вариант 2, 2020, страница 3, задание 6 Открыть документ.

6. Официальная демоверсия ЕГЭ-2013, задание А7, печатная страница 5; ключи в том же PDF. Открыть документ.

7. Официальная демоверсия ЕГЭ-2013, задание А8, печатная страница 5; ключи в том же PDF. Открыть документ.

8. Официальная демоверсия ЕГЭ-2014, задание А7, печатная страница 5; ключи в том же PDF. Открыть документ.

9. Официальная демоверсия ЕГЭ-2014, задание А8, печатная страница 5; ключи в том же PDF. Открыть документ.

10. Официальная демоверсия ЕГЭ-2016, задание 6, печатная страница 5; ключи в том же PDF. Открыть документ.

11. Страница 36, практическое задание перед разделом 3.5 Открыть документ.

12. Демоверсия ЕГЭ-2009, А7, страница 5 Открыть документ.

13. Демоверсия ЕГЭ-2009, А8, страница 5 Открыть документ.

14. Демоверсия ЕГЭ-2010, А7, страница 5 Открыть документ.

15. Открытый КИМ 2016, вариант 101, задание 6, страница 2 Открыть документ.

16. Открытый КИМ 2018, вариант 102, задание 6, страница 2 Открыть документ.

21. Страница 12, пример 4, задание линии 7; средний процент выполнения 52 Открыть документ.

22. Страница 24, раздел 3, практическое задание 2 Открыть документ.

23. Страницы 34-35, разобранный пример раздела о моногибридном скрещивании Открыть документ.

24. Страница 37, разобранный пример раздела 3.5 Открыть документ.

25. Демоверсия ЕГЭ-2010, А30, страница 9 Открыть документ.

26. Открытый КИМ 2019, вариант 101, задание 6, страница 2 Открыть документ.

27. ФИПИ, 2015. Часть 2, задания линии 40 (С6), задание 40 (2). Условие и критерии на странице 45 локального PDF. Открыть документ.

28. Официальный открытый КИМ ЕГЭ-2021, задание 6, страница 3 (сохранённая копия оригинала). Открыть документ.

29. Официальная демоверсия ЕГЭ 2003, задание А35; страницы PDF 8; ключ - 13. Открыть документ.

30. Официальная демоверсия ЕГЭ 2004, задание А35; страницы PDF 7; ключ - 13. Открыть документ.

31. Официальная демоверсия ЕГЭ 2005, задание С6; страницы PDF 12, 18. Открыть документ.

41. Страницы 53-54, пример 2 линии 28, условие и критерии Открыть документ.

42. Страница 15, пример задания из второй части КИМ ЕГЭ-2023 Открыть документ.

43. Открытый вариант 1, 2020, страница 8, задание 28 Открыть документ.

44. Открытый вариант 2, 2020, страница 8, задание 28 Открыть документ.

45. Официальная демоверсия ЕГЭ-2011, С6: печатная страница 14, критерии на странице 20 (PDF-развороты 7 и 10). Открыть документ.

46. ФИПИ. Методические материалы для предметных комиссий ЕГЭ-2018. Страница 37, линия 28, пример 1; условие и критерии. Открыть документ.

47. ФИПИ, 2015. Часть 2, задания линии 40 (С6), задание 40 (1). Условие и критерии на странице 42 локального PDF. Открыть документ.

48. ФИПИ, 2015. Часть 2, задания линии 40 (С6), задание 40 (3). Условие и критерии на странице 47 локального PDF. Открыть документ.

49. ФИПИ, 2015. Часть 3, зачёт, задача 40 (С6) об овцах. Условие и критерии на страницах 54-55 локального PDF. Открыть документ.

50. ФИПИ, 2016. Учебные материалы для экспертов ПК. Линия 40, задание 40 (1) о мышах, страницы 65-66 локального PDF. Открыть документ.

51. ФИПИ, 2016. Учебные материалы для экспертов ПК. Анализ ответов, пример 1, задача 40 (1) о крупном рогатом скоте, страницы 73-74 локального PDF. Открыть документ.

52. Официальная демоверсия ЕГЭ 2004, задание С6; страницы PDF 12, 19. Открыть документ.

53. Официальная демоверсия ЕГЭ 2007, задание С6; страницы PDF 13, 20. Открыть документ.