

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУВПО «Удмуртский государственный университет»
Кафедра экологии животных

ЗАДАЧИ ПО БИОЛОГИИ

задачник

Издательство «Удмуртский университет»
Ижевск 2010

УДК
ББК

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом
УдГУ

Рецензент кандидат биологических наук, доцент кафедры
экологии животных Н.Е. Зубцовский

Составители – к.пед.н. Т.Г. Рысьева, к.б.н. С.В. Дедюхин,
доцент Ю.А. Тюлькин.

Задачи по биологии: Задачник / сост. Т.Г. Рысьева,
С.В. Дедюхин, Ю.А. Тюлькин. – 2-е изд., перераб.
и доп. / Ижевск: Издательство «Удмуртский
университет», 2010. 157с.

В сборник включены задачи по молекулярной
биологии, генетике, экологии различного уровня
сложности.

Адресовано студентам, обучающимся по
направлению «Биология», учителям биологии и экологии,
учащимся старших классов естественно-научного профиля.

УДК
ББК

с Т.Г. Рысьева, С.В. Дедюхин, Ю.А. Тюлькин,
сост., 2010

с ГОУВПО «Удмуртский государственный
университет», 2010

Содержание

Введение	5
Часть 1. Задачи по молекулярной биологии	6
Задачи по теме «Принцип комплементарности, правило Чаргаффа»	8
Задачи по теме «Свойства генетического кода»	11
Задачи по теме «Биосинтез белка»	15
Задачи по теме «Диссимиляция глюкозы»	18
Задачи ЕГЭ	22
Часть 2. Задачи по генетике	26
Общие правила решения генетических задач	28
Определение типов гамет при известном генотипе	31
Задачи по теме «Моногибридное скрещивание»	35
Задачи по теме «Множественный аллелизм»	42
Задачи по теме «Полигибридное скрещивание при независимом комбинировании генов»	46
Задачи по теме «Множественное действие генов»	52
Задачи по теме «Пенетрантность генов»	55
Задачи по теме «Взаимодействие неаллельных генов»	57
Задачи по теме «Пол и наследование признаков»	64
Задачи по теме «Сцепленное наследование и кроссинговер»	70
Задачи по теме «Полиплоидия»	76
Задачи по теме «Генетика популяций»	81
Задачи ЕГЭ	87
Часть 3. Задачи по экологии	93
Задачи по аутоэкологии	93
Задачи по экологии популяций	103
Задачи по экологии сообществ	112
Задачи по экологии экосистем	121
Задачи ЕГЭ	125
Ответы к задачам	128
Список литературы	155

Введение

Сборник задач состоит из трех частей, в которых представлены по разделам основные типы задач по трем направлениям современной биологии: генетике, молекулярной биологии и экологии организмов, популяций и экосистем. Решению задач каждого раздела предшествует пояснительный текст, в котором даются определения базовых понятий и указывается объем материала, знание которого необходимо для успешного решения задач; далее рассматриваются примеры решения типовых задач и предлагаются задачи для самостоятельного решения, а также ответы на них.

Сборник предназначен для использования на занятиях по следующим дисциплинам: «Генетика», «Генетика с основами селекции», «Основы экологии», «Решение задач по биологии». Умение решать задачи – один из важных показателей глубокого и осознанного усвоения материала дисциплины студентом, применения знаний. Содержание учебно-методического пособия включает теоретический и практический материал для проведения лабораторных и практических работ по выше перечисленным дисциплинам, а также для организации самостоятельной работы студентов при подготовке к семинарам, коллоквиумам, промежуточному и итоговому контролю.

Для студентов, осваивающих дополнительную квалификацию «Преподаватель», в каждую часть сборника включены задачи, предлагаемые выпускникам школы на ЕГЭ по биологии. Решение задач по биологии – один из основных приемов методики преподавания биологии в школе, потому данное пособие будет интересно и полезно

учителям биологии, школьникам при подготовке к олимпиадам и ЕГЭ.

Отличительной особенностью данного сборника от других изданий подобного типа состоит:

во-первых, в том, что в него включены задачи по разным дисциплинам, что способствует обеспечению межпредметных связей, формированию естественно-научного мировоззрения студентов;

во-вторых, в сборник включены задачи различного уровня сложности и разных типов (расчетные, ситуационные, графические, исследовательские, творческие), решение которых способствует формированию профессиональных компетенций студентов.

Работа над сборником распределилась следующим образом: часть «Задачи по молекулярной биологии» и разделы «Задачи ЕГЭ» каждой части написаны Рысьевой Т.Г., часть «Задачи по генетике» - Дедухиным С.В., часть «Задачи по экологии» - Тюлькиным Ю.А.; компьютерная верстка – Шлычковой И.С.

ЧАСТЬ 1. ЗАДАЧИ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ

Для решения задач данного типа необходимы знания о строении и свойствах ДНК и РНК, принципе комплементарности, коде ДНК и его свойствах, механизме биосинтеза белка, этапах диссимиляции глюкозы, роли АТФ в клеточном метаболизме. Необходимо знание следующих биологических понятий:

ген - участок ДНК, в матричной цепи которого зашифрована информация о первичной структуре одной полипептидной цепи; матрица для синтеза всех видов РНК.

генетический код - система записи информации о порядке аминокислот в белковой молекуле в виде последовательности нуклеотидов ДНК или РНК;

триплет (кодон) - три рядом стоящих нуклеотида ДНК или и-РНК, несущих информацию об определенной аминокислоте;

антикодон - кодовый триплет т-РНК, комплементарный кодону и-РНК и определяющий аминокислоту, которую переносит данная т-РНК;

комплементарность (дополнительность) - свойство азотистых оснований избирательно соединяться друг с другом (А-Т (У), Ц-Г);

репликация - процесс удвоения ДНК в соответствии с принципом комплементарности;

транскрипция («переписывание») - процесс синтеза и-РНК на кодирующей цепи гена в соответствии с принципом комплементарности;

трансляция - процесс синтеза белковой молекулы на рибосоме в соответствии с последовательностью кодонов и-РНК.

правило Чаргаффа – правило соответствия количества пуриновых (А+Г) нуклеотидов в молекуле ДНК количеству пиримидиновых (Т+Ц) нуклеотидов.

Следствие: в любой двуцепочной структуре нуклеиновых кислот количество адениловых нуклеотидов равно количеству тимидиловых (уридиловых), а количество гуаниловых нуклеотидов равно количеству цитидиловых, т. е. $A = T(U)$; $G = C$;

экзон – фрагмент гена эукариот, несущий информацию о структуре белковой молекулы;

интрон – фрагмент гена эукариот, не несущий информации о структуре белковой молекулы;

зрелая и-РНК (матричная) – и-РНК эукариот, образовавшаяся в результате рестрикции и сплайсинга и состоящая только из экзонов;

диссимиляция глюкозы – процесс ферментативного расщепления и окисления глюкозы;

фосфорилирование – процесс образования АТФ из АДФ и остатка фосфорной кислоты;

анаэробный гликолиз – процесс ферментативного расщепления глюкозы без участия кислорода до двух молекул пировиноградной кислоты;

аэробный гликолиз – процесс ферментативного расщепления и окисления органических веществ (в том числе, глюкозы) до конечных продуктов с участием кислорода как акцептора электронов в ходе окислительного фосфорилирования;

дыхание – процесс окисления сложных органических веществ до более простых с целью аккумуляции энергии в АТФ.

Раздел 1. Задачи по теме «Принцип комплементарности, правило Чаргаффа»

Для решения задач этого типа необходимо знание принципа комплементарности, строения и свойств ДНК и РНК, правила Чаргаффа.

Примеры решения задач

Задача 1. Достроить вторую цепочку молекулы ДНК, имеющую следующую последовательность нуклеотидов в одной цепи: АТТЦГАЦГГЦТАТАГ. Определить ее длину, если один нуклеотид составляет 0,34 нм по длине цепи ДНК.

Решение:

1. Вторая цепочка ДНК строится по принципу комплементарности (А-Т, Г-Ц):

1-ая цепь ДНК – А Т Т Ц Г А Ц Г Г Ц Т А Т А Г

| | | | | | | | | | | | | |

2-ая цепь ДНК – Т А А Г Ц Т Г Ц Ц Г А Т А Т Ц

2. $L_{\text{ДНК}} = L_{\text{нукл}} \times n_{\text{нукл}}$. в одной цепи ДНК = $0,34 \text{ нм} \times 15 = 5,1 \text{ нм}$

Ответ: вторая цепь ДНК имеет состав нуклеотидов ТААГЦТГЦЦГАТАТЦ, длина ДНК составляет 5,1 нм.

Задача 2. В молекуле ДНК тимидиловый нуклеотид составляет 16% от общего количества нуклеотидов. Определите количество (в процентах) каждого из остальных видов нуклеотидов.

Решение:

1. По правилу Чаргаффа количество Т в ДНК = А; следовательно А будет 16%.

2. В сумме А+Т = 32%, следовательно Г + Ц = 100% - 32% = 68%.

3. По правилу Чаргаффа количество Г = Ц, т. е. $G = C = 68 : 2 = 34\%$.

Ответ: количество адениловых нуклеотидов в ДНК равняется 16%, гуаниловых - 34%, цитидиловых - 34%.

Задача 3. Химический анализ показал, что 28% от общего числа нуклеотидов данной и-РНК приходится на адениловые, 6% - на гуаниловые, 40% - на уридилы нуклеотиды. Каков должен быть нуклеотидный состав соответствующего участка одной цепи гена, информация с которого «переписана» на данную и-РНК?

Решение:

1. Подсчитываем процентное содержание цитидиловых нуклеотидов в молекуле и-РНК: $C = 100\% - 28\% - 6\% - 40\% = 26\%$.

2. Зная, что и-РНК синтезируется с кодирующей цепи гена по принципу комплементарности (причем Т заменяется на У), подсчитываем процентный состав нуклеотидов в одной цепочке гена:

Ц и-РНК = Г гена = 26%,

Г и-РНК = Ц гена = 6%,

А и-РНК = Т гена = 28%,

У и-РНК = А гена = 40%.

Ответ: нуклеотидный состав одной из цепей гена следующий: гуаниловых нуклеотидов - 26%, цитидиловых - 6%, тимидиловых - 28%, адениловых - 40%.

Задачи для самостоятельного решения

1. Одноцепочный фрагмент молекулы ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов: ЦГТГАТТТТГГТТГТА. Какой будет структура этой ДНК после репликации?

2. Какое строение будет иметь молекула и-РНК, если порядок нуклеотидов в цепочке гена, на котором она синтезируется, имеет следующую последовательность: ГТГТААЦГАЦЦГАТАТТТГТА? Какова длина молекулы ДНК, если длина одного нуклеотида 0,34 нм?

3. Определить процентное содержание каждого нуклеотида на участке ДНК со следующей последовательностью нуклеотидов в одной цепочке: АААГТЦГГЦАТТГ.

4. Химический анализ показал, что фрагмент кодирующей цепи молекулы ДНК (гена) бактериофага имеет такую структуру: ТТТТТГАГГАТЦА. Укажите состав противоположной цепи ДНК, состав и-РНК.

5. Сколько содержится тимидиловых, адениловых и цитидиловых нуклеотидов (в отдельности) во фрагменте молекулы ДНК, если в нем обнаружено 880 гуаниловых нуклеотидов, которые составляют 22 % от общего количества нуклеотидов в этом фрагменте молекулы ДНК? Какова длина этого фрагмента ДНК?

6. Укажите последовательность нуклеотидов в обеих цепочках фрагмента ДНК, если известно, что РНК, построенная на этом участке ДНК, имеет следующее строение АГУАЦЦГАУАЦУУГАУУУАЦГ. Какова длина этого фрагмента ДНК, если длина одного нуклеотида 0,34 нм?

7. В молекуле ДНК адениловые нуклеотиды составляют 15%. Определить процентное содержание остальных нуклеотидов и длину этого фрагмента ДНК, если в нем содержится 700 цитидиловых нуклеотидов, а длина одного нуклеотида равна 0,34 нм.

8. Какова длина фрагмента молекулы ДНК, если в ней содержится 3600 адениловых нуклеотидов, что

составляет 18% от количества всех нуклеотидов, а длина одного нуклеотида 0,34 нм?

9. Каков нуклеотидный состав ДНК, если в и-РНК содержится гуанина-8%, аденина-32%, урацила-20%?

10. Фрагмент зрелой и-РНК инсулина имеет следующий состав:
УУУГУУГАУЦААЦАЦУУАУГУГГГУЦАЦАЦ.

Определите длину фрагмента ДНК, если экзоны составляют 20% всех нуклеотидов гена.

Раздел 2. Задачи по теме «Свойства генетического кода»

Для решения этих задач необходимо знание свойств кода ДНК, умение пользоваться таблицей генетического кода.

Примеры решения задач

Задача 1. В белке содержится 51 аминокислота. Сколько нуклеотидов будет в цепи гена, кодирующей этот белок, и сколько - в соответствующем фрагменте молекулы ДНК?

Решение:

Поскольку генетический код триплетен, т. е. одна аминокислота кодируется тремя нуклеотидами, то количество нуклеотидов в кодирующей цепи гена будет $51 \times 3 = 153$, а в двухцепочечной ДНК количество нуклеотидов будет вдвое больше, т. е. $153 \times 2 = 306$.

Ответ: в кодирующей цепи гена будет содержаться 153 нуклеотида, во фрагменте ДНК-306.

Задача 2. В кодирующей цепи гена содержится 600 нуклеотидов. Сколько аминокислот содержится в молекуле белка, информация о которой закодирована в этом гене, если в конце гена имеются два стоп - триплета?

Решение:

1. Поскольку в конце гена имеются два стоп - кодона, то 6 нуклеотидов (2×3) не несут информации о структуре белка. Значит, информация о данном белке закодирована в цепочке из 594 ($600 - 6$) нуклеотидов.

2. Основываясь на триплетности кода, подсчитаем количество аминокислот: $594 : 3 = 198$.

Ответ: в молекуле белка содержится 198 аминокислот.

Задача 3. В белке содержится 25 аминокислот. Сколько нуклеотидов содержится в кодирующей цепи гена, если три «знака препинания» стоят в конце гена?

Решение:

1. Определим количество нуклеотидов в кодирующей части соответствующей цепи гена: $25 \times 3 = 75$.

2. Поскольку каждый «знак препинания» содержит 3 нуклеотида, то общее количество нуклеотидов в кодирующей цепи гена составляет $75 + 3 \times 3 = 84$.

Ответ: в кодирующей цепи гена содержится 84 нуклеотида.

Задача 4. Длина фрагмента молекулы ДНК бактерии равняется 20,4 нм. Сколько аминокислот будет в белке, кодируемом данным фрагментом ДНК?

Решение:

1. Определим число нуклеотидов в кодирующей цепи гена: $20,4 \text{ нм} : 0,34 \text{ нм} = 60$.

2. Исходя из триплетности кода определяем количество аминокислот в белке: $60 : 3 = 20$.

Ответ: в белке будет 20 аминокислот.

Задача 5. Длина гена 34,68 нм. Какова масса молекулы белка, кодируемой данным геном, если по одному регуляторному триплету находится в начале и в

конце гена, длина одного нуклеотида - 0,34 нм, а масса одной аминокислоты - 100 а. е.?

Решение:

1. Находим количество нуклеотидов в кодирующей цепи гена: $34,68 \text{ нм} : 0,34 \text{ нм} = 102$.

2. Учитывая, что по одному регуляторному триплету находится в начале и в конце кодирующей цепи гена, находим количество нуклеотидов, несущих информацию о структуре белка: $102 - 2 \times 3 = 96$.

3. Зная, что за каждую аминокислоту отвечает один триплет нуклеотидов, определяем количество аминокислот в молекуле белка: $96 : 3 = 32$.

4. Находим массу белковой молекулы: $100 \text{ а. е.} \times 32 = 3200 \text{ а. е.}$

Ответ: масса белковой молекулы 3200 а. е.

Задачи для самостоятельного решения

1. Сколько аминокислот содержится в белке, если во фрагменте молекулы ДНК, в которой зашифрована информация об этом белке, содержится 100 адениловых и 200 гуаниловых нуклеотидов?

2. Сколько кодонов содержит участок кодирующей цепи ДНК со следующей последовательностью нуклеотидов: ААТГГЦЦАТГЦТТАТЦГГАГЦЦА? Сколько аминокислот будет в белке, кодируемом этим фрагментом гена?

3. Пользуясь таблицей генетического кода, определите, какие аминокислоты кодируются триплетами ЦАТ, ТТТ, ГАТ. Какими триплетами в ДНК закодированы аминокислоты валин, фенилаланин, триптофан?

4. Участок молекулы белка включает следующие аминокислоты: -лей-вал-лиз-алан-. Какова масса участка

одной цепи гена, кодирующей данный белок, если масса одного нуклеотида равна 350?

5. Относительная молекулярная масса белка равна 40 000, масса одного нуклеотида - 350, длина одного нуклеотида 0,34 нм, масса одной аминокислоты 100. Определить массу цепи гена, кодирующей этот белок.

6. Считая, что средняя относительная молекулярная масса аминокислоты около 110, а нуклеотида - 300, определите, что тяжелее - белок или кодирующий его ген? Во сколько раз?

7. В ДНК содержится информация о 150 аминокислотах, тимидиловых нуклеотидов в ней в 1,5 раза больше, чем гуаниловых. Определить, сколько нуклеотидов (по отдельности) содержится в ДНК и какова её длина.

8. Известно, что фрагмент кодирующей цепи гена бактерии содержит 30% гуаниловых, 25% адениловых, 45% цитидиловых нуклеотидов, а его длина составляет 122,4 нм. Определить, сколько аминокислот будет содержаться во фрагменте молекулы белка, кодируемого этим геном? Сколько нуклеотидов каждого вида содержится на участке ДНК, в котором расположен данный ген?

9. Фрагмент ДНК собаки содержит 600 тимидиловых нуклеотидов. Определить количество аминокислот в белковой молекуле, если экзоны составляют 10% всех нуклеотидов кодирующей цепи гена, а количество гуаниловых нуклеотидов в этом фрагменте ДНК равняется 35%.

10. Фрагмент кодирующей цепи гена мыши содержит 1800 нуклеотидов. Из них 600 приходится на интроны. Кодирующая часть (экзоны) данного фрагмента

гена содержат 300 адениловых, 200 тимидиловых, 100 гуаниловых нуклеотидов. Определите:

- 1) длину данного фрагмента ДНК;
- 2) количество кодонов в зрелой и-РНК;
- 3) процентное содержание нуклеотидов каждого вида в зрелой и-РНК;
- 4) количество аминокислот в соответствующем фрагменте молекулы белка.

Раздел 3. Задачи по теме «Биосинтез белка»

Для решения этого типа задач необходимы знания о механизме биосинтеза белка (транскрипции, трансляции), принципе комплементарности, свойствах генетического кода, умение пользоваться таблицей генетического кода.

Примеры решения задач

Задача 1. Участок ДНК содержит последовательно расположенные нуклеотиды ААГТГТГАЦТТА. Укажите аминокислотный состав белковой цепи, кодируемой этим участком ДНК.

Решение:

1. Распределяем участок ДНК на триплеты: ААГ ТГТ ГАЦ ТТА.

2. Используя таблицу генетического кода, переводим эти триплеты ДНК на язык аминокислот (этот этап работы можно проводить, «синтезируя» сначала и-РНК по цепи ДНК, а затем по ней - молекулу белка):

кодоны ДНК	ААГ ТГТ ГАЦ ТТА
кодоны и-РНК	УУЦ АЦА ЦУГ ААУ
аминокислоты	фен – тре – лей - асп

Ответ: аминокислотный состав белковой цепи будет следующий: фен-тре-лей-асп.

Задача 2. В молекуле белка следующая последовательность аминокислот: тре-лей-тир-лиз-сер-гли. Постройте участок и-РНК, на котором закодирован этот белок.

Решение:

Используя таблицу генетического кода, находим кодоны и-РНК данных аминокислот и, выбирая любой из них, «синтезируем» молекулу и-РНК:

аминокислоты тре – лей – тир – лиз – сер – гли,
молекула и-РНК АЦУ-ЦУУ-УАУ-ААА-УЦУ-ГГУ.

Ответ: структура и-РНК будет следующая:
АЦУЦУУУАУАААУЦУГГУ.

Задача 3. Начальная часть молекулы белка имеет следующую структуру: цис - фен - тир. Какие т-РНК (с какими антикодонами) могут участвовать в синтезе этого белка?

Решение:

Зная, что антикодоны т-РНК комплементарны кодомам и-РНК, по таблице генетического кода находим все возможные триплеты, кодирующие данные аминокислоты:

аминокислота	антикодоны т-РНК
цистеин (цис)	АЦА, АЦГ
фенилаланин (фен)	ААА, ААГ
тирозин (тир)	АУА, АУГ

Ответ: в синтезе белка могут участвовать т-РНК со следующими антикодонами: АЦА, АЦГ, ААА, ААГ, АУА, АУГ.

Задачи для самостоятельного решения

1. Покажите порядок аминокислот в белке, если известно, что и-РНК, по которой он строится, имеет

следующую последовательность нуклеотидов:
АААЦААГУУАЦАГАУУУЦ.

2. С какой последовательности мономеров начинается полипептид, если в гене он закодирован следующей последовательностью нуклеотидов: ГТТЦТААААГГГЦЦЦ? Как изменится последовательность мономеров полипептида, если под воздействием облучения между восьмым и девятым нуклеотидами гена встроится тимидиловый нуклеотид?

3. Фрагмент белковой молекулы имеет следующий состав аминокислот: тре-ала-лиз-вал. Определите фрагмент одной цепи гена, кодирующей этот полипептид.

4. На участке левой (условно) цепи ДНК нуклеотиды расположены в такой последовательности: АЦААТААААГТТ. Какую первичную структуру имеет полипептид, если кодирующей является правая цепь ДНК?

5. Какие т-РНК (с какими антикодонами) участвуют в синтезе белка по матрице следующей и-РНК: АААЦААГУУАЦА?

6. Какие т-РНК участвуют в синтезе белка, зашифрованного следующей последовательностью нуклеотидов кодирующей цепи ДНК: ААТЦАЦГАТЦЦТ?

7. В каком случае образовавшийся белок будет сильнее отличаться от первоначального: 1) ионизирующая радиация «выбивает» из гена 1 нуклеотид; 2) ионизирующая радиация «выбивает» из гена 3 рядом стоящих нуклеотида?

8. Какие изменения в гене приводят к развитию серповидно-клеточной анемии, если известно, что у больного человека гемоглобин в седьмой позиции содержит аминокислоту валин вместо глутаминовой, характерной для гемоглобина здоровых людей?

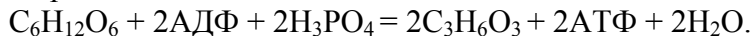
9. Под воздействием ионизирующей радиации цитидиловый нуклеотид в кодирующей цепи гена заменяется на тимидиловый. Как изменится аминокислотный состав белковой молекулы, если белок до облучения был следующим: вал-цис-тре-фен-цис?

10. Фрагмент белковой молекулы имеет следующий состав аминокислот: -ала-тре-вал. Определите фрагмент цепи гена, которая его кодирует. Какие т-РНК могут участвовать в синтезе этого белка?

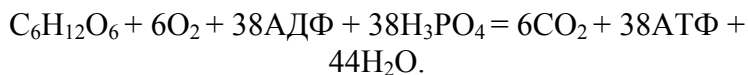
Раздел 4. Задачи по теме «Диссимиляция глюкозы»

Для решения задач этого типа необходимо знание уравнений диссимиляции глюкозы:

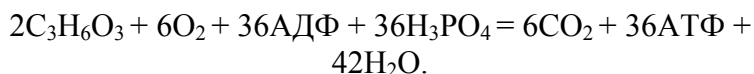
1. Уравнение неполного расщепления глюкозы (анаэробного гликолиза), происходящего при недостатке кислорода:



2. Уравнение полного (кислородного) расщепления глюкозы:



3. Уравнение расщепления молочной кислоты, накопившейся в мышцах в результате анаэробного гликолиза:



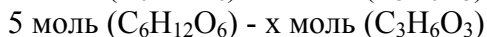
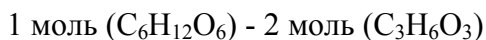
При решении задач также необходимо знать, что в одной макроэргической связи молекулы АТФ аккумулируется 40 кДж/моль.

Примеры решения задач

Задача 1. В процессе диссимиляции произошло расщепление 7 моль глюкозы, из которых полному расщеплению подверглось только 2 моль. Определить: сколько моль молочной кислоты и углекислого газа образовалось; сколько моль АТФ синтезировано и сколько энергии в них аккумулировано; сколько моль кислорода израсходовано на дальнейшее окисление образовавшейся молочной кислоты?

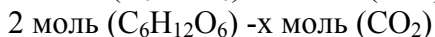
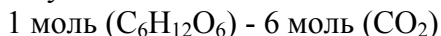
Решение:

1. По уравнению 1 определяем количество молочной кислоты, если неполному расщеплению подверглось 5 моль глюкозы:



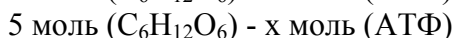
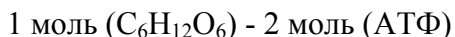
$$x = 10 \text{ моль } (\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)$$

2. По уравнению 2 определяем количество образовавшегося углекислого газа:

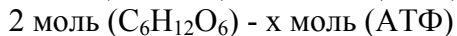
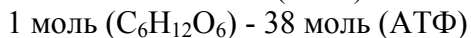


$$x = 12 \text{ моль } (\text{CO}_2)$$

3. По уравнениям 1 и 2 определяем количество образовавшейся АТФ:



$$x = 10 \text{ моль } (\text{АТФ})$$



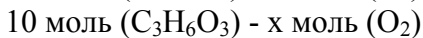
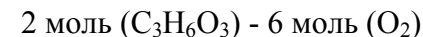
$$x = 76 \text{ моль } (\text{АТФ})$$

Общее количество АТФ - 86 моль (10 + 76).

4. Зная, что в АТФ запасается 40 кДж/моль энергии, определяем общее количество аккумулированной энергии:

$$E = 40 \text{ кдж} \times 86 = 3440 \text{ кдж}$$

5. По уравнению 3 определяем количество кислорода:



$$x = 30 \text{ моль } (\text{O}_2)$$

Ответ: образовалось 10 моль $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$, 12 моль CO_2 , 86 моль АТФ, в которых аккумулировано 3440 кдж E; на расщепление $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ необходимо 30 моль O_2 .

Задача 2. Мышцы ног при беге со средней скоростью за 1 мин расходуют 24 кдж E. Определите сколько глюкозы (в граммах) израсходуют мышцы ног за 25 мин бега, если кислород доставляется кровью к мышцам в достаточном количестве?

Решение:

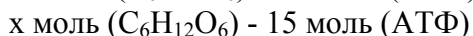
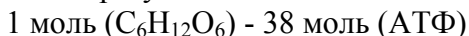
1. Определяем сколько E необходимо мышцам для работы:

$$24 \text{ кдж} \times 25 \text{ мин} = 600 \text{ кдж}$$

2. Поскольку эта энергия может быть только в виде АТФ, узнаем сколько необходимо моль АТФ:

$$600 \text{ кдж} : 40 \text{ кдж} = 15 \text{ моль}$$

3. По уравнению 1 определяем, сколько глюкозы при расщеплении образует это количество АТФ:



$$x = 0,4 \text{ моль } (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$$

4. Переведём количество глюкозы в граммы:



$$x = 72 \text{ г } (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$$

Ответ: мышцы ног за 25 мин бега израсходуют 72 г глюкозы.

Задачи для самостоятельного решения

1. В процессе диссимиляции произошло расщепление 17 моль глюкозы, из которых кислородному расщеплению подверглось 3 моль. Определите:

- а) сколько молочной кислоты и углекислого газа при этом образовалось;
- б) сколько АТФ при этом образовано;
- в) сколько энергии и в какой форме аккумулировано в этих молекулах АТФ;
- г) сколько кислорода израсходовано на окисление образовавшейся молочной кислоты?

2. В результате диссимиляции глюкозы в клетках образовалось 5 моль молочной кислоты и 27 моль углекислого газа. Определите:

- а) сколько всего глюкозы израсходовано;
- б) сколько из них подверглось только неполному и сколько полному расщеплению;
- в) сколько АТФ при этом синтезировано и сколько энергии аккумулировано;
- г) сколько моль кислорода израсходовано на окисление образовавшейся молочной кислоты?

3. Сколько энергии запасается в форме АТФ, если в процессе диссимиляции глюкозы в клетках образовалось 4 моль молочной кислоты и 21 моль CO_2 ?

4. В процессе диссимиляции произошло расщепление 15 моль глюкозы, из которых кислородному окислению подверглось 5 моль. Определить: сколько энергии запасено в АТФ; сколько углекислого газа выделилось?

5. В процессе диссимиляции произошло расщепление 10 моль глюкозы, из которых полному расщеплению подверглось только 3 моль. Определите,

сколько АТФ, молочной кислоты и углекислого газа при этом образовалось?

6. При выполнении вольных упражнений мышцы рук за 1 мин расходуют 12 кдж энергии. Определите, накопится ли в мышцах молочная кислота и сколько кислорода необходимо для 8 мин работы мышц, если идёт полное расщепление глюкозы?

7. Мышцы ног при беге со средней скоростью за 1 мин расходуют 24 кдж энергии. Определите, сколько граммов глюкозы и моль кислорода должно быть принесено кровью к мышцам за 10 мин бега, если идет полное окисление глюкозы?

8. При выполнении вольных упражнений мышцы рук за 1 мин расходуют 12 кдж энергии. Определить, на сколько мин хватит мышцам энергии, образовавшейся при полном расщеплении в них 21,3 г глюкозы?

Раздел 5. Задачи ЕГЭ

1. В ДНК зародыша пшеницы 15% нуклеотидов с тиминном. Определите содержание (в %) нуклеотидов с аденином, гуанином и цитозином в молекуле ДНК. Ответ поясните.

2. Фрагмент нуклеотидной цепи ДНК имеет последовательность ЦЦАТАГЦ. Определите нуклеотидную последовательность второй цепи и общее число водородных связей, которые образуются между двумя цепями ДНК. Объясните полученные результаты.

3. Какую длину имеет участок молекулы ДНК, в которой закодирована первичная структура инсулина, если молекула инсулина содержит 51 аминокислоту, а один нуклеотид занимает 0,34 нм в цепи ДНК? Сколько тРНК

будет участвовать в переносе этого количества аминокислот к месту синтеза? Ответ поясните.

4. Участок одной из двух цепей молекулы ДНК содержит 300 нуклеотидов с аденином (А), 100 нуклеотидов с тиминем (Т), 150 нуклеотидов с гуанином (Г) и 200 нуклеотидов с цитозином (Ц). Какое количество нуклеотидов с А, Т, Г и Ц содержится в двуцепочечной молекуле ДНК? Сколько аминокислот должен содержать белок, кодируемый этим участком молекулы ДНК? Ответ поясните.

5. В процессе трансляции участвовало 30 молекул тРНК. Определите число аминокислот, входящих в состав синтезируемого белка, а также число триплетов и нуклеотидов в гене, который кодирует этот белок.

6. Информационная часть иРНК содержит 120 нуклеотидов. Определите число аминокислот, входящих в кодируемый ею белок, число триплетов в участке гена, кодирующих первичную структуру этого белка.

7. Фрагмент цепи иРНК имеет последовательность нуклеотидов: ЦЦЦАЦЦЦАГУА. Определите последовательность нуклеотидов на ДНК, антикодоны тРНК и последовательность аминокислот во фрагменте молекулы белка, используя таблицу генетического кода.

8. Фрагмент цепи ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов: ГТГТТТГАГЦАТ. Определите последовательность нуклеотидов на иРНК, антикодоны тРНК и последовательность аминокислот во фрагменте молекулы белка, используя таблицу генетического кода.

9. Последовательность нуклеотидов в цепи ДНК:
-ГТТЦГТААГЦАТГГГЦТ-

В результате мутации одновременно выпадают второй и шестой нуклеотиды. Запишите новую последовательность нуклеотидов в цепи ДНК. Определите по ней последовательность нуклеотидов в иРНК и последовательность аминокислот в полипептиде. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

10. Известно, что все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице. Фрагмент молекулы ДНК, на которой синтезируется участок центральной петли тРНК, имеет следующую последовательность нуклеотидов: ГЦЦТААТТАЦГГГЦА. Установите нуклеотидную последовательность участка тРНК, который синтезируется на данном фрагменте, и аминокислоту, которую будет переносить эта тРНК в процессе биосинтеза белка, если третий триплет соответствует антикодону тРНК. Ответ поясните. Для решения задания используйте таблицу генетического кода.

11. В биосинтезе полипептида участвуют молекулы тРНК с антикодонами УАЦ, УУУ, ГЦЦ, ЦАА в данной последовательности. Определите соответствующую последовательность нуклеотидов на иРНК, ДНК и последовательность аминокислот во фрагменте молекулы белка, используя таблицу генетического кода.

12. Участок молекулы ДНК имеет следующий состав: ГАТГААТАГТГЦТТЦ. Перечислите не менее 3-х последствий, к которым может привести случайная замена седьмого нуклеотида тимина (Т) на цитозин (Ц).

Таблица генетического кода (и-РНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	–	–	А
	Лей	Сер	–	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

Правила пользования таблицей

Первый нуклеотид в триплете берётся из левого вертикального ряда, второй – из верхнего горизонтального ряда и третий из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трёх нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.

ЧАСТЬ 2. ЗАДАЧИ ПО ГЕНЕТИКЕ

Решение генетических задач представляет собой проведение генетического анализа закономерностей наследования.

Для решения задач по генетике необходимо знание следующих генетических терминов и понятий:

аллельные гены (аллели) - гены, расположенные в одинаковых локусах (местах) гомологичных хромосом и определяющие альтернативные (взаимоисключающие) признаки;

доминантный ген – ген, кодирующий признак, проявляющийся как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состоянии;

рецессивный ген - ген, кодирующий признак, подавляемый в гетерозиготном состоянии и проявляющийся только в гомозиготном состоянии;

генотип - совокупность генов организма; при решении генетических задач употребляется в узком значении, как совокупность генов, определяющих рассматриваемые в задаче признаки;

фенотип - совокупность всех (морфологических, биохимических, физиологических, этологических и т. д.) признаков организма; при решении генетических задач употребляется в узком значении как совокупность признаков, наследование которых анализируется в данной задаче;

гомозигота - организм (клетка), содержащий идентичные аллели данных генов и образующий один сорт гамет;

гетерозигота - организм (клетка), содержащий разные аллели данных генов и образующий несколько сортов гамет;

гемизигота - организм, имеющий только одну аллель данного гена;

гибриды – особи, получаемые в результате скрещивания (гибридизации) организмов с различными признаками;

гибридные поколения – совокупность гибридов первого, второго и последующих поколений, при условии, что гибриды каждого поколения скрещиваются между собой;

генетический анализ – совокупность генетических методов, позволяющих понять закономерности наследования признаков;

гибридологический анализ – главный элемент генетического анализа, сущность которого состоит в анализе наследования отдельных пар признаков в потомстве скрещиваемых организмов, различающихся по одной или нескольким парам альтернативных признаков. Разработан Г. Менделем (1865 г.).

возвратные скрещивания – скрещивания гибридов с родительскими формами;

анализирующее скрещивание – скрещивание формы с доминантными признаками, генотип которой нужно определить, с формой, гомозиготной по рецессивным признакам;

статистические (вероятностные) закономерности – закономерности, основанные на случайных по своей природе событиях, происходящих с определенной вероятностью (выполняются в больших выборках; в малых выборках возможны отклонения, обусловленные случайными причинами);

кроссинговер – взаимный (реципрокный) обмен гомологичными участками гомологичных хромосом; происходит в профазе первого деления мейоза.

Общие правила решения генетических задач

При решении генетических задач применяется система условных обозначений: А, В, С и т.д. - доминантный ген; а, b, с и т. д. - рецессивный ген; Р - родительское поколение; F₁, F₂, F₃ и т. д. - первое, второе, третье и т. д. поколения гибридов; F_b - потомство от возвратного скрещивания; F_a - потомство от анализирующего скрещивания. Для обозначения генотипа организма гены часто пишут в строчку (AaBb). Данную форму записи называют записью в генном выражении. Такая запись не отражает локализацию генов в хромосомах, поэтому ею нельзя пользоваться при решении задач на сцепленное наследование. Этому недостатка лишена запись в хромосомном выражении:



Параллельные линии здесь обозначают гомологичные хромосомы. При записи генотипов в задачах на сцепленное с полом наследование хромосома гетерогаметного пола обозначается символом \neg . Еще один способ записи генотипов в задачах на сцепленное с полом наследование состоит в символическом обозначении половых хромосом заглавными буквами латинского алфавита (X^AX^a, X^aY).

При анализе наследования удобно пользоваться *фенотипическими радикалами*, т. е. записями тех частей генотипов организмов, которые определяют их фенотипы. Например, генотипы Aabb и AAbb будут иметь фенотипический радикал Ab. Поскольку при таком фенотипическом радикале за доминантной аллелью А могут быть скрыты аллели А и а, можно в радикале после А ставить прочерк (A_). Фенотипический радикал b говорит о том, что второй аллелью может быть только

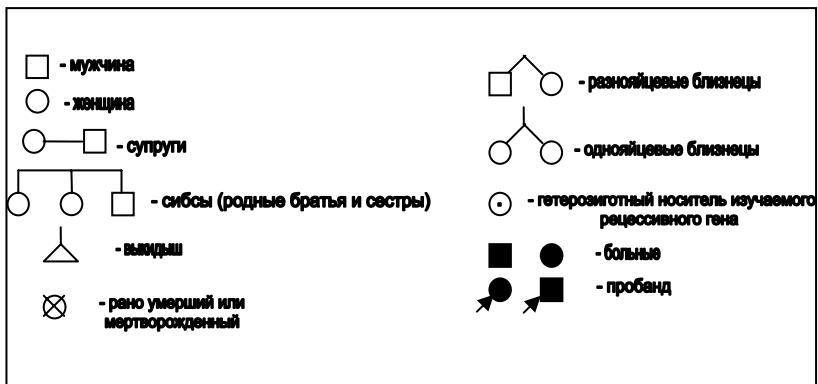
рецессивная аллель *b*. Поэтому в радикал можно вписать и эту аллель - *bb*. Подставляя в фенотипический радикал на место прочерка разные аллели, можно получить все генотипы, которые соответствуют этому радикалу. Например, радикалу *aaB_* соответствуют генотипы *aaBB* и *aaBb*.

Для правильного восприятия условия задачи необходимо соответствующим образом его оформить. Чаще всего применяется вариант записи, аналогичный записи условия химической задачи. В этом случае с левой стороны тетради в графе «Дано» записываются словесно в виде букв и цифр все исходные данные. Под горизонтальной чертой записывается вопрос задачи, а справа за вертикальной чертой - ее решение. При написании схемы скрещивания на первое место обычно ставят материнскую особь, на второе - отцовскую.

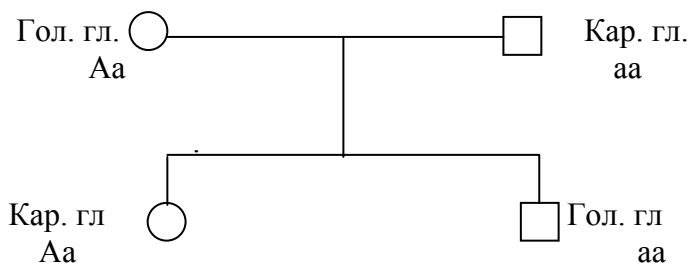
Пример оформления задачи:

<p>Дано:</p> <p><i>A</i> - ген карих глаз <i>a</i> - ген голубых глаз ♀ - с карими глазами ♂ - с голубыми глазами <i>F</i>₁ - ♀ - с карими гл. ♂ - с голубыми гл.</p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p>Генотипы родителей?</p>	<p>Решение:</p> <p>P фенотип ♀ кар. гл. × ♂ гол.гл генотип <i>Aa</i> <i>aa</i> гаметы <i>A</i> <i>a</i> <i>a</i></p> <p>F₁ фенотип ♀ кар. гл.; ♂ гол.гл. генотип <i>Aa</i> <i>aa</i></p> <p style="text-align: center;">Ответ: ♀ - <i>Aa</i>, ♂ - <i>aa</i></p>
---	--

Возможен и другой вариант оформления задачи, когда условие записывается в виде генеалогической схемы. Для написания генеалогических схем применяется система условных обозначений:



При использовании генеалогической схемы оформление решения выглядит следующим образом:



Отметим, что наличие ответа обязательно при любой схеме оформления решения задачи. Количество пунктов в ответе должно соответствовать количеству вопросов.

Приступая к решению задачи, прежде всего, следует записать схему скрещиваний и проанализировать ее. Необходимо обратить внимание на фенотипы и количественные соотношения гибридов в каждом поколении, при необходимости определить доминантные и рецессивные признаки. В случаях, когда особи родительского поколения имеют различные фенотипы,

единообразии гибридов первого поколения свидетельствует о гомозиготности исходных форм. Расщепление уже в первом поколении свидетельствует о гетерозиготности хотя бы одной из исходных форм. Если особи родительского поколения имеют одинаковые фенотипы, то окончательный вывод о генотипах исходных форм можно сделать, лишь проанализировав расщепление в F_2 . Далее нужно определить тип наследования, рассматриваемый в задаче (моно- или полигенное, независимое комбинирование генов или сцепленное наследование и т. п.). Алгоритм определения типов наследования изложен в соответствующих разделах пособия.

Раздел 1. Определение типов гамет при известном генотипе

Для решения задач данного раздела необходимы знания о закономерностях независимого комбинирования и сцепленного наследования генов, механизмах мейоза и гаметогенеза. Количество сортов гамет, образуемых организмом, при независимом комбинировании или неполном сцеплении генов можно определить по формуле 2^n , где n - число генов, по которым данный организм гетерозиготен.

Примеры решения задач

Задача 1. Определите, какие гаметы и в каком соотношении образует организм с генотипом $AaBbCcDd$, если известно, что все гены наследуются независимо друг от друга.

Решение:

Организм с данным генотипом гомозиготен по генам В и с, гетерозиготен по генам А и D. Таким образом, число генов, по которым организм гетерозиготен, равно двум. Подставив число 2 в формулу для определения количества сортов гамет, получаем $2^2 = 4$ сорта гамет. Теперь определим сорта гамет:

генотип	AaBBccDd
гаметы	ABcD ABcd aBcD aBcd

При независимом комбинировании генов образование любого сорта гамет равновероятно, поэтому в данном случае все гаметы образуются с частотой 25%.

Ответ: данный организм образует 4 сорта гамет: 25% - ABcD, 25% - ABcd, 25% - aBcD, 25% - aBcd.

Задача 2. Генотип организма AaBbdd. Аллели А и b располагаются в одной хромосоме, а и В - в другой. Ген d наследуется независимо от генов А и В. Какие сорта гамет и с какой частотой образует этот организм, если: 1) гены А и В проявляют полное сцепление; 2) между генами А и В возможен кроссинговер в 20% случаев?

Решение:

1. При полном сцеплении генов особи, гетерозиготные даже по нескольким сцепленным генам, образуют лишь по два сорта гамет (как при моногибридном скрещивании). Таким образом, в первом случае, указанная в задаче гетерозигота образует только два сорта гамет. Оба сорта гамет образуются с одинаковой вероятностью - по 50%:

генотип	<u>Ab</u>	<u>d</u>
	aB	d

гаметы	50% Abd	50% aBd
--------	---------	---------

2. По условию задачи расстояние между сцепленными генами составляет 20%, значит частота

образования кроссоверных гамет также составляет 20%. Т. к. у родительской особи в одной из гомологичных хромосом находились гены Ab , а в другой - aB , то кроссоверными являются гаметы ABd и abd , т. к. в них наблюдаются новые комбинации генов - AB и ab . Оба сорта кроссоверных гамет образуются с одинаковой вероятностью - по 10% (20:2), некроссоверные гаметы (Abd и aBd) образуются с вероятностью по 40% ((100-20):2):

генотип	\underline{Ab}	\underline{d}
	aB	d

гаметы 40% Abd 40% aBd 10% ABd 10% abd

Ответ: 1) 50% - Abd , 50% - aBd ; 2) 10% - ABd , 10% - abd , 40% - Abd , 40% - aBd .

Задача 3. У человека рецессивный ген гемофилии (h) и рецессивный ген дальтонизма (d) локализованы в X-хромосоме на расстоянии 9,8 сантиморгана. Определите, какие гаметы и в каком количестве образуют лица, имеющие следующие генотипы:

а) женщина с генотипом $X^{Dh}X^{dH}$;

б) мужчина, рецессивный по обоим генам?

Решение:

1. Расстояние между генами отражает примерный процент кроссинговера между ними и соответственно относительную долю кроссоверных гамет (9,8 %). Т.к. образование кроссоверных гамет есть результат одного события то и их соотношение должно быть примерно равно. В данном случае кроссоверных гамет X^{DH} и X^{dh} образуется приблизительно по 4,9 % каждого типа.

Женщина продуцирует некроссоверные гаметы типа X^{Dh} и X^{dH} приблизительно по 45,1% каждого типа.

2. Мужчина является гемизиготой по анализируемым генам, т.к. Y-хромосома не содержит соответствующих аллелей, поэтому он продуцирует два типа гамет (X^{dh} и Y) в равном соотношении (по 50%).

Ответ: а) X^{Dh} и X^{dH} (по 45,1%), X^{DH} и X^{dh} (по 4,9 %);
б) X^{dh} и Y (по 50%).

Задачи для самостоятельного решения

1. Генотип организма – AabbDDCcEe. Определите, какие гаметы и с какой частотой он образует, если известно, что все гены находятся в негомологичных друг другу хромосомах.

2. Определите, какие гаметы, и с какой частотой образует тригетерозиготный организм, являющийся потомком от скрещивания родительских форм с генотипами AAbbCC и aaBBcc при полном сцеплении генов.

3. Генотип организма – MmnnPp. Аллели генов M и N расположены в одной паре хромосом, а гена P – в другой. Определите вероятности образования гамет различных сортов этим организмом.

4. Аллели генов F и J расположены в одной паре хромосом, а гена H – в другой. Расстояние между генами F и J составляет 40 сантиморганов. Определите долю (%) каждого сорта гамет (без учета случаев двойного кроссинговера между генами F и J), если организм гетерозиготен по всем трем генам, и в одной из его гомологичных хромосом расположены гены F и j, а в другой – f и J.

5. Расстояние между генами A и B составляет 10%, между генами C и D – 20%. Какие кроссоверные гаметы и

с какой частотой образуют организмы со следующими генотипами:

- а) $\frac{Ab}{AB} \frac{cd}{CD}$ б) $\frac{AB}{a b} \frac{CD}{cd}$ в) $\frac{Ab}{AB} \frac{cD}{Cd}$

Раздел 2. Задачи по теме «Моногибридное скрещивание»

Задачи на моногибридное скрещивание предполагают анализ наследования признаков, определяемых аллелями одного гена. Для успешного решения этих задач необходимо знание механизмов мейоза, правила чистоты гамет, закона единообразия гибридов первого поколения, закона расщепления, типов взаимодействия аллельных генов. Необходимо знание следующих понятий:

полное доминирование – тип взаимодействия аллельных генов, следствием которого является формирование у гетерозигот признака (или признаков), определяемого одним из пары аллельных генов;

неполное доминирование – тип взаимодействия аллельных генов, в результате которого у гетерозигот имеет место промежуточное проявление признака по сравнению с признаками, которые определяются каждым из аллелей в гомозиготном состоянии;

кодоминирование – тип взаимодействия аллельных генов, в случае которого в гетерозиготе каждый из генов имеет самостоятельное фенотипическое проявление;

аллельное исключение – тип взаимодействия аллельных генов, когда в части клеток гетерозиготного организма доминирует один аллель, а в части – другой;

3. Запишем генотипы всех форм, обозначив ген зеленой окраски A , ген полосатой - a . Генотип родительской формы из линии с зелеными плодами - AA , с полосатыми - aa . Генотипы гибридов F_1 - Aa , гибридов F_2 с полосатой окраской плодов – aa , с зеленой – AA и Aa (поскольку определить по фенотипу генотип особи с доминантными признаками нельзя, можно ограничиться записью фенотипического радикала – $A_$).

4. Определим долю гомозигот среди форм с одинаковыми фенотипами в F_2 . Все растения с полосатой окраской плодов гомозиготны, т. к. признак полосатой окраски рецессивен и проявляется только в гомозиготном состоянии. Чтобы определить долю гомозигот среди растений с зеленой окраской плодов нужно проанализировать расщепление по генотипу в F_2 . Для этого необходимо выявить частоты всех возможных комбинаций генов в зиготах. Проще всего это сделать, начертив решетку Пеннета. В верхнюю строку решетки записываются мужские гаметы, в крайний левый столбец - женские. Внутри решетки записываются все возможные комбинации гамет. В нашем случае запись будет выглядеть следующим образом:

♀ \ ♂	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Из решетки Пеннета следует, что доля гомозигот среди растений с зелеными плодами должна составлять $1/3$ часть. На основании этого мы можем сказать, что примерно $1/3$ из 65 растений с зелеными плодами - гомозиготны. Более точный ответ при настоящем условии

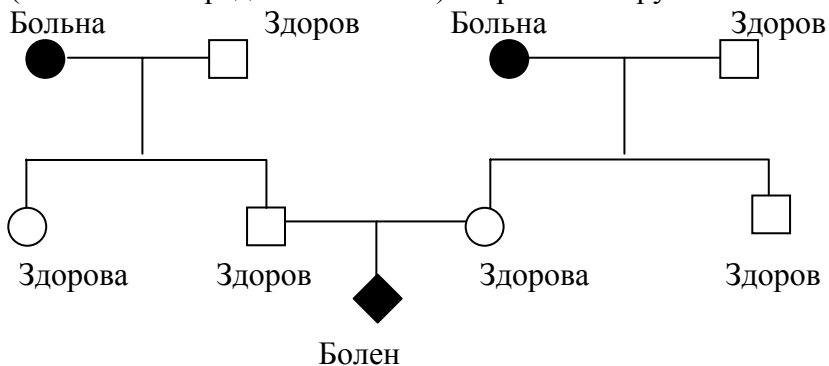
задачи мы дать не можем, т. к. генетические закономерности носят статистический (вероятностный) характер.

Ответ: наследование по типу полного доминирования. P - AA и aa, F₁ - Aa, F₂ - 1AA, 2 Aa, 1 aa. Доля гомозигот в F₂ у растений, имеющих зеленые плоды, составляет примерно 33%, у растений, имеющих полосатые плоды, - 100%.

Задача 2. Определите вероятность рождения ребенка альбиноса в семье здоровых родителей, если матери обоих супругов страдали альбинизмом. Известно, что альбинизм наследуется как рецессивный аутосомный признак.

Решение:

1. Запишем схемы скрещиваний (всего необходимо записать три схемы) или составим генеалогическую схему (этот способ предпочтительнее) и проанализируем ее:



2. Поскольку альбинизм наследуется как рецессивный признак, то он проявляется только у гомозигот по гену альбинизма. Значит, матери обоих супругов гомозиготны по гену альбинизма, который они передают своим детям. Отсюда следует, что каждый из

супругов гетерозиготен по данному гену (Aa) и образует по два сорта гамет – А и а.

3. Заполним решетку Пеннета:

♀ \ ♂	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Анализ решетки показывает, что вероятность рождения ребенка, гомозиготного по гену альбинизма, составляет 25%.

По мере решения задачи рядом с символами, обозначающими конкретных особей, следует записывать генотипы этих особей.

Ответ: 25 %

Задача 3. При скрещивании между собой чистопородных белых кур потомство оказывается белым, при скрещивании черных кур – черным. Все потомство от скрещивания белой и черной куриц – имеет пеструю окраску. Какое оперение будут иметь а) потомки белого петуха и пестрой курицы, б) двух пестрых родителей?

Решение:

Ни черные и ни белые куры при скрещивании между собой не дают расщепления, следовательно, они гомозиготны. Т.к. потомство от скрещивания белой и черной куриц имеет промежуточную (пеструю) окраску, то можно предположить явление *аллельного исключения* (при неполном доминировании гибриды должны иметь равномерно серое оперение). Обозначим генотип черных кур – AA, белых – aa, пестрых – Aa.

Запишем схемы требуемых скрещиваний.

а) Р Аа х аа
 пестрая белый
 F₁ 1 Аа : 1аа
 пестрые белые

б) Р Аа х Аа
 пестрая пестрый
 F₁ 1АА: 2Аа: 1аа
 черные пестрые белые

Ответ: а) потомки имеют родительские признаки в примерно равном соотношении (анализирующее скрещивание); б) появляются особи, имеющие все три типа окраски, в соотношении: 1 часть черных, 2 части пестрых, 1 часть белых.

Задачи для самостоятельного решения

1. У человека ген дальновзоркости доминирует над геном нормального зрения. В семье муж и жена страдают дальновзоркостью, однако матери обоих супругов видели нормально. Каковы вероятности рождения в данной семье детей с нормальным зрением?

2. Ген черной масти у крупного рогатого скота доминирует над геном красной масти. Какое потомство получится от скрещивания чистопородного черного быка с красными коровами? Каким будет потомство от скрещивания между собой гибридов F₁? Какие телята родятся от красного быка и гибридных коров?

3. Стандартные норки имеют коричневый мех, а алеутские - голубовато-серый. Коричневая окраска доминирует. Какое потомство получится от скрещивания представителей двух пород? Что получится в результате

скрещивания гибридов F_1 ? Какой результат даст скрещивание алеутского отца с его гибридной дочерью?

4. Иммуность к головне у овса доминирует над восприимчивостью к этой болезни. Какое потомство получится от скрещивания гомозиготных иммунных особей с гомозиготными растениями, поражаемыми головней? Что получится от скрещивания между собой таких гибридов? Какой результат даст скрещивание растений F_1 с родительской формой, лишенной иммунитета?

5. Желтая морская свинка при скрещивании с белой всегда дает кремовых потомков. Скрещивание кремовых свинок между собой всегда дает расщепление: 1 часть желтых к 2 кремовым и 1 белой. Почему?

6. При скрещивании горностаевых петуха и курицы получено 46 цыплят. Из них 24 горностаевых, 12 черных и 10 белых. Как наследуется горностаевая окраска? Каких надо брать родителей, чтобы получать только горностаевых цыплят?

7. Две черные самки мыши скрещивались с коричневым самцом. Одна самка в нескольких пометах дала 20 черных и 17 коричневых потомков, а вторая в общей сложности 33 черных. Определите генотипы родителей и потомков.

8. Галактоземия (неспособность усваивать молочный сахар) наследуется как аутосомный рецессивный признак. Развитие болезни можно предупредить специальной диетой. Какова вероятность рождения больных детей в семье, где один из супругов гомозиготен по гену галактоземии, но развитие у него нарушения обмена веществ предупреждено диетой, а

второй гетерозиготен по галактоземии? Какова вероятность рождения здоровых детей в этой семье?

9. Мужчина с брахидактилией (короткопалостью), отец, бабушка и прабабушка по материнской линии которого также были носителями данного признака, женится на женщине с нормальными пальцами. Каким геном (доминантным или рецессивным) определяется брахидактилия? Какова вероятность рождения ребенка с брахидактилией в этой семье?

Раздел 3. Задачи по теме «Множественный аллелизм»

Множественный аллелизм – разнообразие аллелей одного гена (при множественном аллелизме ген может быть представлен более чем двумя аллелями). Явление множественного аллелизма наблюдается в тех случаях, когда какой-либо ген в популяции представлен как минимум тремя аллелями. При этом в генотипе каждого диплоидного организма может быть представлено лишь два из серии аллельных генов. Типичным примером множественного аллелизма может служить наследование групп крови у человека, которые определяются тремя аллельными генами. Два из них - доминантны (I^A, I^B), а один - рецессивен (i). Первую (нулевую - 0) группу крови имеют люди, с генотипом ii , вторую (A) - с генотипом $I^A I^A$ или $I^A i$, третью (B) - с генотипом $I^B I^B$ или $I^B i$. Четвертую (AB) группу крови имеют люди, гетерозиготные по доминантным аллелям ($I^A I^B$). Наследование четвертой группы крови является примером кодминирования.

Примеры решения задач

Задача 1. В родильном доме перепутали двух девочек. У одной из них оказалась первая группа крови, у другой - четвертая. У одной из родительских пар были первая и вторая группы крови, у другой - вторая и третья. Распределите детей по родительским парам.

Решение:

Запишем возможные генотипы детей и родителей.

1 девочка - первая группа- ii ,

2 девочка - четвертая группа- $I^A I^B$,

1 пара родителей: первая группа- ii ,

вторая группа- I^A (второй ген может быть как I^A , так и i);

2 пара родителей: вторая группа- I_{A-} (второй ген может быть как I^A , так и i);

третья группа- I^B (второй ген может быть как I^B , так и i).

Первая девочка может быть дочерью как первой, так и второй родительских пар, так как в генотипах всех родителей возможно присутствие гена i . Однако, вторая девочка может быть дочерью только второй пары родителей, так как только в генотипах этой пары есть гены, сочетание которых может обеспечить четвертую группу крови. Таким образом, первая девочка принадлежит первой паре родителей.

Ответ: первая девочка – дочь первой пары родителей, вторая девочка – дочь второй пары родителей.

Задача 2. Ген a представлен тремя аллелями: a_1 , a_2 , a_3 .

а). Сколько различных генотипов могут образовывать сочетания этих аллелей?

б). Сколько фенотипов может образоваться при полном доминировании ($a_1 > a_2 > a_3$), неполном доминировании, кодоминировании и аллельном исключении аллелей a_1 , a_2 , a_3 ?

в). Сколько фенотипов может образоваться, если аллели a_1 и a_2 доминируют над аллелью a_3 , между собой они кодоминантны?

Решение:

а). В диплоидном организме одновременно могут присутствовать только 2 гомологичных гена (аллеля), поэтому три аллеля могут дать по три гомо- и гетерозиготных генотипа: гомозиготы: a_1a_1 , a_2a_2 , a_3a_3 ; гетерозиготы: a_1a_2 , a_1a_3 , a_2a_3 .

б). При полном доминировании будут образовываться 3 фенотипа: фенотип 1 (a_1a_1 , a_1a_2 , a_1a_3); фенотип 2 (a_2a_3 , a_2a_2); фенотип 3 (a_3a_3).

При неполном доминировании, кодоминировании и аллельном исключении число фенотипов будет равно числу генотипов, т.к. гетерозиготы имеют специфические фенотипы, отличающиеся от фенотипов любой из гомозигот: фенотип 1 (a_1a_1); фенотип 2 (a_1a_2); фенотип 3 (a_2a_2); фенотип 4 (a_2a_3); фенотип 5 (a_1a_3); фенотип 6 (a_3a_3).

в). При полном доминировании аллелей a_1 и a_2 над аллелью a_3 и кодоминировании между собой может наблюдаться 4 фенотипа: фенотип 1 (a_1a_1 и a_1a_3 - полное доминирование); фенотип 2 (a_2a_2 и a_2a_3 - полное доминирование); фенотип 3 (a_3a_3 - рецессивная гомозигота); фенотип 4 (a_1a_2 - результат кодоминирования).

Ответ: а) 6; б) 3; в) 4.

Задача 3. Лен имеет серию множественных аллелей, определяющих невосприимчивость растения к разным расам ржавчины. При скрещивании растений из двух

чистых линий, имеющих иммунитет каждая к разной расе паразита, все потомство оказалось невосприимчивым к обеим формам ржавчины и соответственно имело большую жизнеспособность. В F_2 наблюдалось расщепление: 21 особь, нечувствительная к первой расе паразита, 45 особей, имеющих иммунитет к обеим расам гриба, 23 особи, нечувствительные ко второй расе ржавчины. Объясните результаты.

Решение:

Обозначим ген иммунитета к первой расе ржавчины – A_1 , ко второй – A_2 .

P:	A_1A_1	x	A_2A_2
	иммунитет к 1 расе		иммунитет ко 2 расе
F ₁	A_1A_2 x A_1A_2		
	иммунитет к 1 и 2 расам		
F ₂	A_1A_1 :	$2A_1A_2$:	A_2A_2
	23	45	21
	иммунитет к 1 расе	иммунитет к обеим расам	иммунитет ко 2 расе

Т.к. наблюдаемое соотношение фенотипов в F_2 близко к 1:2:1, то можно сделать вывод о моногенном наследовании признака. Т.к. в гетерозиготе наблюдается более сильное проявление признака, чем в обеих гомозиготах, то результаты можно объяснить явлением сверхдоминирования. С другой стороны, т.к. гетерозиготная особь выделяет оба защитных продукта (антитела), то такое соотношение фенотипов в F_2 может быть объяснено явлением кодоминирования.

Ответ: моногенное наследование признака при взаимодействии аллелей по типу сверхдоминирования или кодоминирования.

Задачи для самостоятельного решения

1. В родильном доме в одну и ту же ночь родилось четыре младенца, обладавшие, как впоследствии было установлено, группами крови 0, А, В и АВ. Группы крови четырех родительских пар были: 1) 0 и 0; 2) АВ и 0; 3) А и В; 4) В и В. Четырех младенцев можно с полной достоверностью распределить по родительским парам. Как это сделать?

2. В родильном доме перепутали двух мальчиков. Родители одного из них имеют 0 и А группы крови, родители другого - А и АВ. Исследование показало, что дети имеют 0 и А группы крови. Определите, кто чей сын. Возможно ли это сделать при других комбинациях групп крови? Приведите примеры. В каких случаях можно было бы обойтись без исследования групп крови отцов?

3. Дедушка индивида со стороны матери имеет группу крови АВ, а все остальные его бабушки и дедушки имеют 0 группу крови. С какой вероятностью данный индивид может иметь определенную группу крови?

4. У супругов с I и III группами крови двое детей: у одного из детей I группа крови, у другого – II. Можно ли по этим данным определить, какой из детей родной, а какой приемный?

Раздел 4. Задачи по теме «Полигибридное скрещивание при независимом комбинировании генов»

Задачи на полигибридное скрещивание предполагают анализ наследования нескольких пар генов. Наиболее простым типом полигенного наследования является наследование генов, расположенных в разных парах негомологичных хромосом. В этом случае выполняется закон независимого комбинирования генов,

знание которого необходимо для решения задач по данной теме. Закон независимого комбинирования генов позволяет предсказать результаты любого скрещивания. Для прогнозирования результатов скрещиваний можно воспользоваться следующими формулами:

- 2ⁿ - число сортов гамет, образуемых гетерозиготой (n - степень гетерозиготности генотипа); по этой же формуле можно определить число фенотипов в F₂ и в потомстве от анализирующего скрещивания при условии полного доминирования.
- 3ⁿ - число генотипов в F₂ (в этом и следующем случаях n нужно рассматривать как степень гибридности скрещивания);
- 4ⁿ - минимальное число комбинаций гамет в зиготах, позволяющее описать расщепление в F₂ (число ячеек в решетке Пеннета).

Примеры решения задач

Задача 1. Скрещены морские свинки, имеющие черную курчавую шерсть. В нескольких пометах этой пары получено 26 черных курчавых свинок, 10 черных свинок с гладкой шерстью, 8 белых курчавых и 2 белых свинки с гладкой шерстью. Определите характер наследования признаков и генотипы родителей.

Решение:

1. Запишем схему скрещиваний, указав в ней только фенотипы и количество всех форм.

2. На основании расщепления уже в первом поколении по окраске и структуре шерсти делаем вывод о гетерозиготности исходных форм по обоим рассматриваемым в задаче признакам.

3. Определяем степень гибридности скрещивания, для чего проводим анализ расщепления по каждой паре признаков в отдельности. На 36 черных свинок приходится 10 белых, а на 34 курчавых – 12 с гладкой шерстью. В обоих случаях соотношение оказывается близким к отношению 3 : 1, что свидетельствует о моногенности наследования каждого признака и дигибридности анализируемого скрещивания. Некоторые фактические отклонения от ожидаемого соотношения могут быть объяснены случайными причинами.

4. Теперь определим характер наследования признаков относительно друг друга. Для этого необходимо выявить количественные соотношения различных фенотипических классов в расщеплении. Исходя из наиболее простого предположения о том, что данные гены наследуются независимо друг от друга, считаем, что суммарное количество всех фенотипических классов в расщеплении должно быть кратно шестнадцати (именно такое суммарное количество различных классов расщепления бывает в потомстве дигетерозигот при их скрещивании между собой). Узнаем, во сколько раз число потомков больше шестнадцати: $(26+10+8+2)/16=2,88$. Делим число потомков в каждом фенотипическом классе на 2,88, округляем полученные значения до целых чисел и получаем соотношение 9 : 3 : 3 : 1. Таким образом, предположение о том, что окраска и структура шерсти определяются двумя генами, которые наследуются независимо друг от друга, подтверждается.

5. Записываем генотипы родителей. Проявление у гетерозиготных особей черной окраски и курчавой шерсти свидетельствует о доминировании данных признаков. Если

черная окраска определяется геном А, белая – а, курчавая шерсть – В, гладкая – в, то генотипы родителей – АаВв.

Ответ: независимое наследование по каждому признаку при взаимодействии аллелей по типу полного доминирования; генотипы родителей: АаВв и АаВв.

Задача 2. В семье, где родители хорошо слышали, и один из них имел гладкие волосы, а другой вьющиеся, родился один ребенок глухой с вьющимися волосами, а второй – хорошо слышал и имел гладкие волосы. Какова вероятность дальнейшего появления глухих детей с вьющимися волосами в семье, если известно, что ген вьющихся волос доминирует над гладкими, глухота – признак рецессивный, и обе пары генов находятся в разных хромосомах?

Решение:

1. Записываем схему скрещиваний и из условия задачи находим генотипы родителей.

Т.к. появился глухой ребенок, то оба родителя гетерозиготны по гену глухоты (Аа), а так как появился ребенок с гладкими волосами, то родитель, имеющий вьющиеся волосы также гетерозиготен (Вв), а родитель с гладкими волосами, соответственно, рецессивная гомозигота (vv) по данному признаку. Таким образом, генотипы родителей следующие: Аавв (слышит с гладкими волосами) и АаВв (слышит с вьющимися волосами).

2. В схему скрещиваний подставляем генотипы родителей и с помощью решетки Пеннета находим, что вероятность появления второго ребенка с генотипом ааВв (глухой с вьющимися волосами) – 1/8 (12,5 %) (появление первого ребенка с данным сочетанием признаков никак не влияет на вероятность появления второго с таким же сочетанием).

Ответ: вероятность того, что второй ребенок в семье будет глухой с вьющимися волосами, составляет 12,5%.

Задачи для самостоятельного решения

1. Чистопородный черный комолый бык скрещивается с красными рогатыми коровами. Какими будут гибриды? Каким окажется следующее поколение, полученное от скрещивания этих гибридов между собой, если известно, что комолость доминирует над рогатостью, а черная масть - над красной, причем гены обоих признаков находятся в разных парах хромосом?

2. Известно, что нормальный рост у овса доминирует над гигантизмом, а раннеспелость над позднеспелостью. Все исходные растения гомозиготны, и гены обоих признаков находятся в разных хромосомах. Какими признаками будут обладать гибриды раннеспелого овса нормального роста с позднеспелым гигантского? Какой результат даст дальнейшее скрещивание между собой таких гибридов?

3. Голубоглазый правша женится на кареглазой правше. У них родилось двое детей - кареглазый левша и голубоглазый правша. От второго брака этого же мужчины с другой кареглазой правшой родилось 3 кареглазых детей (все правши). Каковы генотипы каждого из трех родителей?

4. Ген, определяющий раннее облысение, у мужчин проявляется как доминантный, у женщин - как рецессивный. Кареглазый лысый мужчина, отец которого не имел лысины и был голубоглазым, женился на голубоглазой женщине, гетерозиготной по гену раннего облысения. Какими могут быть фенотипы детей от этого брака? Какова вероятность их появления?

5. У человека наличие в крови резус-фактора определяется доминантным геном D, отсутствие - d. Определите, какова вероятность рождения резус-положительного ребенка с четвертой группой крови в семье, где генотип мужа - $DdI^A i$, жены - $DdI^B i$.

6. У морской свинки курчавая шерсть определяется геном R, гладкая - r, короткая - L, длинная - l, черная окраска шерсти - B, белая - b. Какое будет F_1 и F_2 при скрещивании свинок, различающихся по аллелям всех трех генов? Что получится при скрещивании гибрида F_1 с гладко- и длинношерстной белой свинкой?

7. Курица и петух - черные хохлатые. От них получено 13 цыплят: 7 черных хохлатых, 3 бурых хохлатых, 2 черных без хохла и 1 бурый без хохла. Каковы генотипы петуха и курицы?

8. Полидактилия и отсутствие малых коренных зубов у человека определяются доминантными аллелями аутосомных генов. Мужчина с полидактилией вступил в брак с женщиной, у которой отсутствуют малые коренные зубы. В семье родился ребенок, не имеющий указанных аномалий. Сколько типов гамет образуется у мужчины? Сколько разных генотипов может быть среди детей этой пары? Какова вероятность рождения в этой семье ребенка с обеими аномалиями, с одной аномалией, без аномалий?

9. От скрещивания растений пшеницы, имеющих плотный остистый колос, с растениями, имеющими рыхлый безостый колос, в первом поколении все растения имели безостые колосья средней плотности. Во втором поколении получено: безостых с плотным колосом - 58, безостых с колосом средней плотности - 125, безостых с рыхлым колосом - 62, остистых с плотным колосом - 18, остистых с колосом средней плотности - 40, остистых с

рыхлым колосом - 21. Как наследуются изучаемые признаки? Каковы генотипы родительских растений?

10. У девочки - голубые глаза и прямые волосы. Оба ее родителя и обе бабушки - кареглазые с курчавыми волосами. У обоих дедушек были голубые глаза и прямые волосы. Составьте родословную данной семьи. Определите, как наследуются признаки.

11. Скрещиваются особи $AaBbCc$ и $AaBbCC$. Какова вероятность появления в потомстве особей с генотипами:
а) $AAbbCC$ б) $aabbcc$ в) $AaBBCc$?

Раздел 5. Задачи по теме «Множественное действие генов»

Множественное, или плейотропное, действие генов заключается в том, что один ген может оказывать влияние на проявление нескольких признаков. Признаки, определяемые одним геном, наследуются совместно, т. е. проявляются у одних и тех же особей. При этом наследование данных признаков полностью соответствует закономерностям моногенного наследования. Некоторые гены с плейотропным действием могут оказывать различное влияние на фенотип в гомо- и в гетерозиготном состоянии. Например, существуют гены, которые в гомозиготном состоянии снижают жизнеспособность особей или даже вызывают их гибель, а в гетерозиготе на жизнеспособность не влияют. Эти особенности проявления данных генов могут приводить к стойким отклонениям от ожидаемых результатов скрещиваний, что необходимо учитывать при решении генетических задач.

Примеры решения задачи

Задача 1. При скрещивании платиновых лисиц в их потомстве всегда наблюдается расщепление в отношении 2 платиновые к 1 серебристо-черной. Иногда появляются чисто-белые щенки, которые вскоре погибают. Как наследуется окраска лисиц? Каковы генотипы всех форм?

Решение:

Расщепление уже в первом поколении свидетельствует о гетерозиготности платиновых лисиц. Характер расщепления указывает на то, что в задаче приводятся результаты моногибридного скрещивания. В F_1 не хватает $1/4$ части потомков. По-видимому, это особи, гомозиготные по гену белой окраски, которые оказываются нежизнеспособными.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: 1) окраска лисиц наследуется моногенно; 2) платиновая окраска характерна для гетерозигот; 3) особи с серебристо-черной и белой шерстью гомозиготны по разным аллелям окраски; 4) гомозиготы по гену белой окраски нежизнеспособны.

Ответ: моногенное наследование по типу неполного доминирования; серебристо-черные лисицы имеют генотип AA , платиновые – Aa , белые щенки – aa ; особи с генотипом aa нежизнеспособны.

Задача 2. При скрещивании между собой черных мышей все потомство оказалось черным, а при скрещивании желтых - наблюдалось расщепление в отношении 2 части желтых: 1 часть черных. Дайте возможные объяснения этим фактам.

Решение:

Черные мыши не дают расщепления, следовательно, они гомозиготны (генотип AA или aa), желтые мыши дают

расщепление, следовательно, они гетерозиготны. Запись расщепления при втором скрещивании имеет вид.

P	Aa	x	Aa	
	желтые		желтые	
F ₁	?		2Aa	?
	1леталь	:	2желтые	:
				1черные

Т.к. наблюдалось нарушение менделеевского расщепления в соотношении 2:1, то можно сделать вывод, что или доминантные или рецессивные гомозиготы являются летальными. При этом возможно два варианта:

а) Если доминирование полное, то при таком соотношении (2:1), черные мыши не могут иметь доминантный генотип, следовательно, они рецессивные гомозиготы. Летальными являются доминантные гомозиготы (AA), которые должны были иметь желтую окраску.

F ₁ фенотип	леталь	желтые	черные
генотип	AA	2Aa	aa

б) Если доминирование неполное, то летальными равновероятно будет один из гомозиготных генотипов (AA или aa), а другой будет иметь черную окраску.

Ответ: желтые мыши имеют генотип Aa, черные – гомозиготны (или AA или aa); наблюдаемое соотношение представляет одно из нарушений закона расщепления при моногибридном скрещивании, т.к. имеются летальные сочетания генов.

Задачи для самостоятельного решения

1. Мыши генотипа уу – серые, Yy – желтые, YY – гибнут на эмбриональной стадии. Каким будет потомство следующих родителей: желтый x серая, желтый x желтая? В каком скрещивании можно ожидать более многочисленный помет?

2. При скрещивании между собой хохлатых уток утята выводятся только из $3/4$ яиц, а $1/4$ эмбрионов гибнет перед вылуплением. Среди вылупившихся утят примерно $2/3$ хохлатых и $1/3$ нормальных. Каким будет потомство от скрещивания хохлатых с нормальными утками?

3. Имеется две породы овец – с серой и черной окрасками. При разведении черных овец в себе потомство всегда бывает черным. При разведении в себе серых овец в потомстве всегда наблюдается расщепление в отношении $2/3$ овец с серой окраской к $1/3$ – с черной. При скрещивании серых овец с черными половина ягнят – серые, половина – черные. Объясните результаты скрещиваний.

4. Скрещиваются две дрозофилы с загнутыми вверх крыльями и укороченными щетинками. При анализе многочисленного потомства, получившегося в результате этого скрещивания, обнаружены мухи четырех фенотипических классов: с родительским сочетанием признаков, с загнутыми вверх крыльями и нормальными щетинками, с нормальными крыльями и укороченными щетинками и мухи с нормальными крыльями и нормальными щетинками (дикий тип) в соотношении $4:2:2:1$. Дайте генетическое объяснение этого результата.

Раздел 6. Задачи по теме «Пенетрантность генов»

Под *пенетрантностью* понимается частота проявления гена у его носителей. Она определяется отношением числа особей, имеющих данный признак, к числу особей, имеющих данный генотип. Так, у многих наследственных болезней человека пенетрантность значительно менее 100 %.

Пример решения задачи

Задача. Некоторые формы шизофрении наследуются как аутосомные доминантные признаки с неполной пенетрантностью. При этом у гомозигот пенетрантность равна 100%, у гетерозигот – равна 20 %. Определите вероятность рождения больных детей:

- а) в семье, где один из супругов гетерозиготен, а другой нормален в отношении анализируемого признака;
- б) в браке двух гетерозиготных родителей.

Решение:

а). Записываем схемы скрещиваний и находим, что вероятность рождения гетерозиготного ребенка равна 0,5. Но так как пенетрантность у гетерозигот по данной болезни равна 0,2, то вероятность рождения больного ребенка будет $0,2 \times 0,5 = 0,1$, или 10 %.

б). Во втором случае, в брак вступают два гетерозиготных индивида. Вероятность рождения доминантной гомозиготы – 25% (все больные), вероятность рождения гетерозиготного организма – 0,5. Из них больны будут 20%, или 0,1 из всех родившихся. Находим общую вероятность рождения больного ребенка. $25\% + 10\% = 35\%$.

Ответ: в первом случае вероятность рождения больного ребенка равна 10%, во втором – 35%.

Задачи для самостоятельного решения

1. Подагра наследуется по аутосомно-доминантному типу. Пенетрантность этого гена у мужчин составляет 20%, у женщин равна 0. Какова вероятность заболевания подагрой детей, если один из родителей гетерозиготен, а другой гомозиготен по анализируемому признаку.

2. Пенетрантность по шизофрении у гетерозигот составляет 20%, у гомозигот – 100%. Мужчина,

страдающий периодическими обострениями шизофрении, женится на здоровой женщине. Известно, что у родственников жены такой патологии не было. Бабушка мужа была больна, но его родители здоровы. Каков прогноз появления данного признака в этой семье?

3. Имеется здоровая девушка в возрасте 18 лет, один из родителей которой болен сахарным диабетом. Сделайте прогноз появления у нее самой и ее будущих детей сахарного диабета, если максимальная пенетрантность этого признака (20%) достигается с возрастом. Рассмотрите признак как доминантный.

4. У одного из видов дрозофилы (*Drosophila funebris*) имеется рецессивная мутация (*vti*), которая вызывает прерывистое строение или полное отсутствие поперечных жилок на крыльях. Причем, пенетрантность данной мутации сильно варьирует и в трех разных линиях составила 45%, 85% и 100% соответственно. Какое количество мух в каждой линии должно иметь дикий (нормальный) фенотип, если проанализировано 100 особей.

Раздел 7. Задачи по теме «Взаимодействие неаллельных генов»

В данном разделе рассматриваются задачи на основные типы взаимодействия неаллельных генов, расположенных в разных парах негомологичных хромосом. Для решения задач этой группы необходимо знать теоретические основы комплементарного, эпистатического и полимерного действия генов.

Комплементарность – тип взаимодействия неаллельных генов, когда при совместном нахождении в генотипе в доминантном состоянии ($A_B_$) они обуславливают развитие нового признака.

Эпистаз – тип взаимодействия неаллельных генов, когда один ген подавляет действие другого. Различают рецессивный и доминантный эпистаз. Ген, подавляющий действие другого гена – *супрессор* (S), или *ингибитор* (I). Ген, действие которого подавляется, называют *гипостатическим*.

По типу *полимерии* взаимодействуют неаллельные гены, влияющие на развитие одного и того же признака. Для подчеркивания однозначности действия полимерные гены обозначают одними символами (A_1, A_2, A_3 и т.д.), хотя они занимают разные локусы. При *кумулятивной полимерии* действие доминантных аллелей суммируется, а степень проявления признака зависит от числа доминантных аллелей этих генов.

При *некумулятивной полимерии* для максимальной выраженности признака достаточно хотя бы одного доминантного аллеля в паре (или группе) взаимодействующих генов.

Анализируя условие задачи, в первую очередь, необходимо определить степень гибридности и тип скрещивания. Это можно сделать, изучив характер расщепления в гибридном потомстве. Следует иметь в виду, что при независимом комбинировании генов в любом скрещивании ожидаются вполне прогнозируемые результаты относительно количества генотипических классов в расщеплении (см. ч. 2, раздел 5). Отклонения могут наблюдаться только в отношении количества фенотипических классов, возникающие вследствие того, что при некоторых вариантах взаимодействия генов несколько генотипов могут определять один и тот же фенотип.

Примеры решения задач

Задача 1. От скрещивания лошадей серой и рыжей масти в первом поколении все потомство оказалось серым. Во втором поколении на каждые 16 лошадей в среднем появлялось 12 серых, 3 вороных и 1 рыжая. Определить тип наследования масти у лошадей.

Решение:

Единообразие особей первого поколения свидетельствует о том, что исходные формы гомозиготны. Из этого можно сделать вывод о гетерозиготности потомства F_1 . Минимальное число комбинаций гамет, позволяющее описать расщепление в F_2 данного скрещивания, равно 16 (12/16:3/16:1/16), что возможно лишь при дигибридном скрещивании. Однако, типичное расщепление в этом случае должно быть 9/16:3/16:3/16:1/16, где 9/16 - $A_B_$, 3/16 - A_bb , 3/16 - $aaB_$, 1/16 - $aabb$. Можно предположить, что 12 /16 дает сочетание двух классов в расщеплении - 9/16 $A_B_$ и 3/16 A_bb . Животные с такими фенотипами имеют серую масть. Тогда генотип вороных лошадей можно записать с помощью фенотипического радикала $aaB_$, а рыжих - $aabb$. Следовательно, рыжая масть развивается только у особей, гомозиготных по двум рецессивным генам, вороная - в присутствии доминантного гена B при рецессивном a , а гены A и B вместе и ген A самостоятельно обуславливают серую масть. Ген B в присутствии гена A не имеет фенотипического проявления. Это позволяет сделать вывод, что ген A не только детерминирует серую окраску, но и подавляет действие гена B .

Ответ: дигибридное скрещивание, взаимодействие неаллельных генов по типу доминантного эпистаза.

Задача 2. При скрещивании растений люцерны из чистых линий с пурпурными и желтыми цветками в F_1 потомство имело зеленоватые цветки. В F_2 было получено следующее расщепление: 890 – с зелеными цветками, 310 – с пурпурными цветками, 306 – с желтыми цветками, 105 – с белыми цветками. Объясните результаты и определите генотипы всех участников скрещиваний.

Решение:

В F_1 наблюдается единообразие, следовательно, родители гомозиготны, однако, все особи F_1 имеют фенотип, отличный от обеих родительских форм. В F_2 наблюдается расщепление близкое к 9:3:3:1. Отсюда делаем вывод, что окраска цветка определяется двумя генами. Т.к. зеленая окраска преобладает, то можно предположить, что зеленоцветковыми является особи, имеющие хотя бы по 1 доминантной аллели в каждом гене (А-В-). Значит, у каждого из родительских растений доминантна лишь одна пара из взаимодействующих генов, а генотипы их с учетом того, что они гомозиготны, будут $aaBB$ и $AAvv$. Определив генотипы родителей, записываем схему скрещиваний:

P $aaBB$ x $AAvv$
 пурпурные желтые

F_1 $AaVv$ (зеленые)

F_2 890 $A_V_$: 306 A_vv : 310 $aaV_$: 105 $aavv$.

зеленые желтые пурпурные белые

Т.к. при совместном действии гены определяют новые признаки, а расщепление в F_2 кратно шестнадцати, то можно говорить о взаимодействии двух генов по типу комплементарности.

Ответ: дигибридное скрещивание, наследование по типу комплементарности; генотипы P-aaBB, AAвв; F₁-AaBв; F₂- 9A_B_ ; 3A_вв; 3aaB_ ; 1aавв.

Задача 3. При скрещивании черной курицы с белым петухом – все цыплята черные. В анализирующем скрещивании получено 28 белых и 10 черных цыплят. Определить характер наследования окраски.

Решение:

В случае моногенного наследования при анализирующем скрещивании должно быть соотношение 1:1, однако в данном случае соотношение фенотипических классов в F_a примерно равно 3:1 (т.е. кратно четырем, что позволяет нам предположить вариант дигибридного скрещивания.

Т.к. в первом скрещивании наблюдается единообразие первого поколения, то можно сделать вывод, что родительские формы гомозиготны.

1) P₁ AA BB x aa вв
 черные белые

F₁ Aa Bв
 черные

2) P₂ Aa Bв x aa вв
 белая белый

F_a AaBв: aaBв: Aa вв: aавв.
 черные белые белые белые

Данное соотношение может получиться при взаимодействии генов, когда в гомозиготном рецессивном состоянии реципрокно подавляется действие доминантной аллели комплементарного гена, т.е aa>B- и bb>A- (*двойной рецессивный эпистаз*). Возможно, что оба гена в гомозиготном рецессивном состоянии (aa и bb) блокируют синтез черного пигмента. Тогда черными будут лишь

особи имеющие генотипы ААВВ и АаВв, особи с другими генотипами будут иметь белое оперение, что полностью соответствует наблюдаемому расщеплению.

Ответ: дигибридное скрещивание, взаимодействие генов по типу двойного рецессивного эпистаза.

Задача 4. При скрещивании растений овса, имеющих черную и белую окраску чешуй, в F₁ все особи имели серый цвет чешуй, а в F₂ – произошло расщепление по интенсивности окраски на 5 классов в соотношении 10 белых, 38 светло-серых, 41 темно-серых, 62 серых и 8 черных. Объясните результаты.

Решение:

Единообразие первого поколения говорит о гомозиготности родительских пар. Расщепление на 5 классов в соотношении 1:4:6:4:1 возможно при полимерном наследовании признака, когда окраска определяется суммарным действием двух генов по типу кумулятивной полимерии.

P ААВВ х аавв
 черные белые

F₁ АаВв
 серые

F₂ 1ААВВ; 2ААВв+2АаВВ; 4АаВв+1ААbb+1aaВВ;
 Черные темно-серые серые
 2Аabb+2aaВв; 1aabb
 светло-серые белые

Ответ: дигибридное скрещивание, взаимодействие генов по типу кумулятивной полимерии.

Задачи для самостоятельного решения

1. В результате скрещивания двух карликовых растений кукурузы получено потомство нормальной высоты. Во втором поколении получено 452 растения нормальной высоты и 352 карликовых. Дайте генетическое объяснение этого результата.

2. В первом поколении от скрещивания зеленого и белого волнистых попугайчиков все потомство оказалось зеленым. Во втором поколении получено 29 зеленых, 8 желтых, 9 голубых, 2 белых попугайчика. Как наследуется окраска? Каковы генотипы родителей и потомков? Можно ли такие же F_1 и F_2 получить от родителей с иной окраской оперения?

3. У норки известны два рецессивных гена, каждый из которых или оба одновременно в гомозиготном состоянии обуславливают платиновую окраску меха. При наличии доминантных аллелей этих генов получается коричневая окраска меха. При каком типе скрещивания двух платиновых норок все потомство будет коричневым? Каким будет расщепление в F_2 от этого скрещивания?

4. От скрещивания кроликов агути с черными в первом поколении получили крольчат с окраской агути, а во втором - 68 агути, 17 черных, 6 голубых крольчат. Объясните полученные результаты и определите генотипы родителей.

5. При скрещивании двух белозерных растений кукурузы F_1 тоже белозерное, а в F_2 получено 138 белых семян и 39 пурпурных. Как наследуется окраска семян? Каковы генотипы всех форм?

6. От брака негров и белых рождаются мулаты. Анализ потомства большого числа браков между мулатами дал расщепление 1:4:6:4:1. Фенотипически это были

черные и белые потомки, мулаты, а также темные и светлые мулаты. Определите количество генов, обуславливающих окраску кожи, характер их взаимодействия и генотипы родителей и потомков. Может ли от брака белой женщины с мулатом или негром родиться совершенно черный ребенок - негр? Почему?

7. Зеленое растение кукурузы при самоопылении дает около 15/16 зеленых и 1/16 белых (летальных) семян. Объясните эти результаты. Определите генотип исходного растения.

Раздел 8. Задачи по теме «Пол и наследование признаков»

Необходимым условием для успешного решения задач этого раздела является знание закономерностей хромосомного определения пола, типов определения пола у различных организмов и особенностей наследования сцепленных с полом признаков (различные результаты реципрокных скрещиваний, крисс-кросс наследование, различное расщепление среди особей мужского и женского пола, расщепление в F_2 как в анализирующем скрещивании). Необходимо знание следующих понятий:

гетерогаметный пол – пол, у которого в ходе гаметогенеза образуются два типа гамет, различающихся по содержанию половых хромосом (представители данного пола несут в хромосомных наборах различные половые хромосомы или только одну половую хромосому);

гомогаметный пол - пол, у которого в ходе мейоза образуются одинаковые по содержанию половых хромосом типы гамет (представители данного пола имеют в хромосомном наборе две одинаковые половые хромосомы или только одну половую хромосому);

реципрокные скрещивания - пары взаимно обратных скрещиваний, в которых исходные формы меняются местами таким образом, что если в первом скрещивании ♀ была из линии 1, а ♂ - из линии 2, то во втором скрещивании ♀ берут из линии 2, а ♂ - из линии 1;

крисс-кросс (крест-накрест) наследование - частный случай наследования сцепленных с полом генов, которое характеризуется тем, что признаки отцов передаются дочерям, а признаки матерей - сыновьям.

При решении задач на сцепленное с полом наследование генотипы в схемах скрещивания принято записывать в хромосомном выражении. Большую помощь в анализе задач данного раздела могут оказать генеалогические схемы.

Примеры решения задач

Задача 1. У человека гемофилия определяется сцепленным с полом рецессивным геном h . Мать и отец здоровы. Их ребенок страдает гемофилией. Кто из родителей передал ребенку заболевание? Какова вероятность того, что их второй ребенок также будет страдать гемофилией?

Решение:

Запишем схему скрещивания с учетом половых хромосом матери и отца (у человека гомогаметным является женский пол):

Р генотип	$X^H X^-$	x	$X^H Y$
фенотип	♀ здорова	x	♂ здоров
F ₁ фенотип	ребенок с гемофилией		

Ген h получен ребенком вместе с X-хромосомой от родителей и может проявиться либо в гемизиготном (у сына - $X^h Y$), либо в гомозиготном (у дочери - $X^h X^h$)

состояниях. Родители здоровы, следовательно, в их генотипах обязательно присутствует хотя бы один ген H. Так как у отца всего одна X-хромосома, он имеет только один ген свертываемости крови (H) и не может передать ген гемофилии ребенку. В таком случае заболевание ребенку передала мать, которая является гетерозиготной по гену гемофилии ($X^H X^h$). Болеть гемофилией в этой семье могут только мальчики, т. к. свою единственную X-хромосому они получают от матери. Вероятность рождения больного мальчика составляет 50%, т. к. сын с одинаковой вероятностью может унаследовать X-хромосому, несущую нормальный ген, и X-хромосому, несущую ген гемофилии. Все дочери в этой семье будут здоровыми, поскольку одну из своих X-хромосом, несущую доминантный ген нормальной свертываемости крови, они получают от отца.

Ответ: ген, вызывающий заболевание, ребенку достался от матери. Вероятность рождения второго ребенка в семье, больного гемофилией – 25%.

Задача 2. У кошек рыжая окраска шерсти определяется геном В, черная – b. Гетерозигота (Bb) имеет черепаховую (черно-рыжую пятнистую) окраску. Ген В сцеплен с полом. Какими могут быть котята, если кот черный, а кошка рыжая; если кот черный, а кошка черепаховая? В каком случае можно с первого взгляда определить пол кошки и почему? Могут ли быть исключения?

Решение:

а) ♀ $X^B X^B$ (рыжая) × ♂ $X^b Y$ (черный)
 F_1 ♀ 1 $X^B X^b$ (черепаховая) ♂ 1 $X^B Y$ (рыжий)

б) ♀ $X^B X^b$ (черепаховая) ♂ $X^b Y$ (черный)

F_1 ♀♀: 1 $X^B X^b$ (черепаховая), 1 $X^b X^b$ (черная); ♂♂: 1 $X^B Y$ (черный), 1 $X^b Y$ (рыжий)

Черепаховыми могут быть только кошки и, как редчайшее исключение, коты, имеющие аномальный генотип ($X^B X^b Y$).

Ответ: в первом случае будут появляться котята с черепаховой (♀♀) и рыжей (♂♂) окраской; во-втором, - ♀♀: черепаховые и черные; ♂♂ – черные и рыжие, все с равной вероятностью; черепаховыми могут быть только кошки и, как исключение, коты ($X^B X^b Y$).

Задача 3. У молодых цыплят нет внешне заметных половых признаков. Нельзя ли для выявления пола использовать то обстоятельство, что ген, определяющий черную или рябую окраску находится в Z-хромосоме, причем рябая окраска доминирует? Различия в окраске проявляются сразу.

Решение:

С учетом того, что у птиц гетерогаметным является женский пол, для скрещивания берем самок, имеющих доминантный признак и самцов – имеющих рецессивный признак. При этом в F_1 все самки будут черные

P ♀ $Z^P W$ (рябая) × ♂ $Z^p Z^p$ (черный)

F_1 ♀ $Z^P W$ (черные) ♂ $Z^p Z^p$ (рябые)

Наблюдается крисс-кросс наследование. При реципрокном скрещивании будет наблюдаться единообразие первого поколения (все цыплята будут черные).

Ответ: для раннего выявления пола у цыплят необходимо в качестве родителей взять рябую курицу ($Z^P W$) и черного ($Z^p Z^p$) петуха.

Задачи для самостоятельного решения

1. Женщина с нормальным зрением, имеющая отца-дальтоника, выходит замуж за мужчину с нормальным зрением. Какова вероятность рождения в этой семье дочери с цветной слепотой и сына с цветной слепотой, если известно, что дальтонизм определяется рецессивным сцепленным с полом геном?

2. Здоровый мужчина женится на здоровой женщине, отец которой был гемофилик. Какие дети могут быть от этого брака и в какой пропорции, если гемофилия определяется рецессивным сцепленным с полом геном?

3. У здоровых родителей трое детей. Один сын болен гемофилией. Другой сын и дочь здоровы. Могут ли дети здоровых сына и дочери болеть гемофилией? Ответ обоснуйте.

4. У кошек желтая окраска шерсти определяется доминантным геном В, черная - b. Гетерозигота Вb имеет черепаховую окраску шерсти. Ген В сцеплен с полом. Какие могут быть котята, если кот черный, а кошка желтая; если кот черный, а кошка черепаховая? Может ли кот иметь черепаховую окраску?

5. У канареек сцепленный с полом ген В определяет зеленую окраску оперения, b - коричневую. Коричневого самца скрещивают с зеленой самкой. Какое соотношение фенотипов и генотипов ожидается в F₁ и F₂ этого скрещивания?

6. Отец и сын – дальтоники, а мать различает цвета нормально. Справедливо ли будет утверждение, что в этой семье сын унаследовал свой недостаток зрения от отца?

7. Наследственное аллергическое заболевание – гемморагический диатез – определяется рецессивным геном а. Аллели этого гена локализованы в гомологичных

участках X и Y-хромосом. Определите, какие могут быть дети и внуки, если: а) жена здорова, а муж болен, оба гомозиготны; б) муж здоров, жена больна, оба гомозиготны. Сделайте обобщенный вывод о наследовании геморрагического диатеза.

8. Гипертрихоз (наличие волос по краю ушной раковины) определяется рецессивным геном, локализованным в Y-хромосоме. Какое потомство следует ожидать, если в брак вступают имеющий этот признак мужчина и нормальная женщина. К какому типу наследования относиться этот случай?

9. Две красноглазые длиннокрылые дрозофилы при скрещивании между собой дали следующее потомство:
самки – 155 красноглазых длиннокрылых, 48 красноглазых с зачаточными крыльями;
самцы – 98 красноглазых длиннокрылых, 95 белоглазых длиннокрылых, 28 красноглазых с зачаточными крыльями, 30 белоглазых с зачаточными крыльями. Какова генетическая обусловленность этих признаков? Каковы генотипы родителей и потомков?

10. Гипертрихоз передается через Y- хромосому, а полидактилия – доминантным аутосомным геном. В семье, где отец имел гипертрихоз, а мать полидактилию, родилась нормальная в отношении обоих признаков дочь. Какова вероятность того, что следующий ребенок в семье будет без этих аномалий? Какова вероятность того, что внуки родителей (от дочери) будут иметь тот или иной из этих признаков, при условии, что она выходит замуж за здорового мужчину?

11. Отосклероз (заболевание косточек среднего уха) наследуется как доминантный аутосомный признак с пенетрантностью 30 %. Отсутствие боковых верхних

резцов наследуется как сцепленный с X-хромосомой рецессивный признак с пенетрантностью 100 %. Определите вероятность рождения детей с обеими аномалиями одновременно в семье, где мать гетерозиготна в отношении обоих признаков, а муж имеет обе аномалии, хотя его мать была нормальной гомозиготной женщиной.

Раздел 9. Задачи по теме «Сцепленное наследование и кроссинговер»

В данном разделе рассматриваются задачи на совместное наследование генов, расположенных в одной и той же хромосоме, что ограничивает их свободное комбинирование. Для решения задач этой группы необходимо знать следующие определения и термины:

группа сцепления – группа генов, наследующихся преимущественно вместе. Число групп сцепления равно гаплоидному числу хромосом;

полное сцепление – явление, когда два (или более генов) наследуются всегда вместе; полное сцепление является исключением и проявляется у организмов, у которых отсутствует кроссинговер, в частности, у самцов дрозофил и самок тутового шелкопряда;

неполное сцепление – явление, когда два (или более генов) наследуются преимущественно вместе. Нарушение полного сцепления происходит в результате взаимных обменов участков гомологичных хромосом (реципрокной рекомбинации, или кроссинговера) в профазе первого деления мейоза. Доля регистрируемых кроссоверных потомков всегда меньше 50 %;

сила сцепления между генами – величина, показывающая долю гамет, при образовании которых

между анализируемыми генами не произошел кроссинговер;

кроссоверы, или *рекомбинанты* – организмы, возникшие от объединения в процессе оплодотворения кроссоверных гамет гибрида с гаметами линии анализатора;

величина кроссинговера – частота кроссинговера при образовании гамет, измеряется отношением числа рекомбинантов к общему числу особей в потомстве от анализирующего скрещивания и выражается в % (сантиморганах).

Проверяют гены на сцепление при проведении анализирующих скрещиваний. При этом возможны три основных варианта расщепления в потомстве:

а) свободное и независимое наследование:

$$P: \begin{array}{cc} \underline{A} & \underline{B} \\ a & b \end{array} \times \begin{array}{cc} \underline{a} & \underline{b} \\ a & b \end{array}$$

Fa: AaBb, Aabb, aaBb, aabb (все по 25 %);

Независимое наследование признаков может наблюдаться в двух случаях. Во-первых, когда анализируемые гены расположены в негомологичных хромосомах; во-вторых, если гены расположены в одной хромосоме, но на расстоянии равном или большем 50 сМг;

б) полное сцепление:

$$P: \begin{array}{cc} \underline{AB} & \\ ab & ab \end{array}$$

Fa: AaBb (50%), aabb (50%);

в) неполное сцепление:

$$P: \begin{array}{cc} \underline{AB} & \\ ab & ab \end{array}$$

Fa: AaBb, aabb (нерекомбинанты) > Aabb, aaBb (рекомбинанты). Необходимо помнить, что для

анализирующего скрещивания у дрозофил можно брать только гетерозиготных самок из F_1 , так как у самцов кроссинговер не идет.

Пример решения задачи

Задача. При скрещивании мух из разных линий, различающихся по трем парам признаков, гены которых расположены во второй хромосоме, наблюдается единообразие гибридного потомства. В дальнейшем проведено анализирующее скрещивание. Тригетерозиготная самка мухи из F_1 имеет красные глаза (cn^+cn), серое тело (b^+b) и нормальные крылья (vg^+vg), анализатор – киноварные глаза, черное тело и зачаточные крылья.

В результате получено 8 фенотипических классов:

- красные глаза, серое тело, нормальные крылья – 631
- киноварные глаза, черное тело, зачаточные крылья – 585
- красные глаза, серое тело, зачаточные крылья – 91
- красные глаза, черное тело, зачаточные крылья – 1
- киноварные глаза, черное тело, нормальные крылья - 80
- киноварные глаза, серое тело, нормальные крылья – 2
- красные глаза, черное тело, нормальные крылья – 68
- киноварные глаза, серое тело, зачаточные крылья – 56

Определите порядок расположения генов и относительное расстояние между ними.

Решение:

1. Проверка на сцепление всех 3-х пар анализируемых признаков: окраска глаз – окраска тела, окраска глаз – форма крыльев, окраска тела – форма крыльев.

Так как доля особей с родительскими сочетаниями по всем трем парам признаков (красные глаза, серое тело,

нормальные крылья и киноварные глаза, черное тело, зачаточные крылья) больше 50%, но меньше 100%, то можно сделать вывод, от том что в данном случае гены располагаются в одной хромосоме и между ними наблюдается неполное сцепление.

2. После того, как получено доказательство сцепления всех трех пар признаков, можно переходить к одновременному анализу их наследования.

В результате самки образуют 8 типов гамет (четыре пары), различающихся по трем парам признаков – две некрсоверных: 1) $cn^+b^+vg^+$ (красные газа, серое тело, нормальные крылья), $cn\ b\ vg$ (киноварные глаза, черное тело, зачаточные крылья) и 6 крсоверных: 2) $cn^+b\ vg$ (красные глаза, черное тело, зачаточные крылья) и $cn\ b^+vg^+$ (киноварные глаза, серое тело, нормальные крылья); 3) cn^+b^+vg (красные глаза, серое тело, зачаточные крылья) и $cn\ b\ vg^+$ (красные глаза, черное тело, нормальные крылья); 4) $cn^+b\ vg^+$ (красные глаза, черное тело, нормальные крылья), $cn\ b^+vg$ (киноварные глаза, серое тело, зачаточные крылья).

Так как рекомбинация происходит реципрокно (в результате взаимного обмена между гомологичными участками хромосом), то комплементарные пары классов необходимо рассматривать как результат одного события. Поэтому число мух в парах классов суммируется и определяется общий процент особей от всех потомков. Например, всего получено 1514 потомков, из них мух с родительскими сочетаниями (первая пара классов) – $631+585 = 1216$ (80,3 % от общего числа особей). Аналогичные расчеты проводятся для остальных трех пар классов: 2) $cn^+b\ vg$ и $cn\ b^+vg^+$ – 3 (0,2 %); 3) cn^+b^+vg и $cn\ b\ vg^+$ – 171 (11,3%); 4) $cn^+b\ vg^+$ и $cn\ b^+vg$ – 124 (8,2 %)

3. Определяем примерное расстояние между генами.

Приблизительное расстояние между генами определяют по каждой паре генов в отдельности. Например, определим расстояние между генами cn и b . Т.к. у родительских форм были сцеплены аллели cn^+b^+ и cnb , то о наличии кроссинговера между этими генами будет говорить появление мух с красными глазами и черным телом (cn^+b) и киноварными глазами и серым телом (cnb^+), т.е. из второй и четвертой пар классов. Следовательно кроссинговер между генами cn и b составляет $0,2\% + 8,2\% = 8,4\%$, а расстояние между генами 8,4 сантиморгана.

Аналогично определяем расстояние между генами b и vg ($11,3\% + 8,2\% = 19,5\%$) и cn и vg ($0,2\% + 11,3\% = 11,5\%$).

4. Строим участок генетической карты.

Гены расположены линейно и, используя полученные результаты относительно расстояний между парами генов, можно определить последовательность генов в хромосоме: $b\ cn\ vg$. При этом сумма расстояний между ближайшими генами (в данном случае $b\ cn$ и $cn\ vg$) должна быть равна расстоянию между наиболее удаленными генами ($b\ vg$). Однако сумма двух отрезков ($b\ cn$ и $cn\ vg$) составляет $19,9\%$, а расстояние между крайними генами равно $19,5\%$.

5. Учитываем случаи двойного кроссинговера. $0,4\%$ случаев приходится на двойной кроссинговер, который не учитывается при прямом подсчете потомков только по крайним генам (т.к. они остаются на своих местах), но хорошо прослеживается, если есть еще промежуточный ген (третий), аллели которого (cn и cn^+) при двойном кроссинговере меняются местами. Именно поэтому очень

редко появляются серые мухи с киноварными глазами и нормальными крыльями и черные мухи с красными глазами и зачаточными крыльями (вторая пара классов), однако, не зная истинного расположения генов, невозможно было их расценивать как кроссоверные между генами b и vg .

Следовательно, для учета двойного кроссинговера необходимо иметь дополнительный маркер, т.е. ген, находящийся между двумя изучаемыми генами (в нашем случае – cn). Т.к. двойной кроссинговер приводит к разрывам в двух участках хромосом, то, чтобы получить истинное расстояние между генами, частоту двойного кроссинговера удваивают (в нашем случае $0,2\% \times 2 = 0,4\%$).

Ответ: порядок расположения генов: $\underline{b-cn-vg}$; расстояние между генами: b и cn – 8,4 сМг, cn и vg – 11,6 сМг.

Задачи для самостоятельного решения

1. Можно ли определить процент кроссинговера между генами А и В у дрозофилы

а) в скрещивании \underline{Ab} и \underline{aB} , б) в скрещивании \underline{AB} и \underline{AB} ?

ab ab ав ав

2. Скрещены две линии мышей: в одной из них животные имеют извитую шерсть нормальной длины, а в другой – прямую и длинную. Гибриды F_1 имеют шерсть прямую нормальной длины. В F_2 получено следующее расщепление: мышат с прямой шерстью нормальной длины – 27, с извитой нормальной длины – 99, с прямой длинной – 98, с извитой длинной – 24. Как наследуются эти пары признаков?

3. У растения окрашенный цветок доминирует над белым, а желтая окраска венчика рецессивна по отношению к зеленой. Два гетерозиготных растения скрещены с рецессивной гомозиготной формой, в результате получено следующее потомство:

Окрашенность цветка	Окраска венчика	F ₁ от первого скрещивания	F ₁ от второго скрещивания
Окрашенный	Зеленая	88	23
Окрашенный	Желтая	12	170
Белый	Зеленая	8	190
Белый	Желтая	92	17

Определить генотипы обоих гетерозиготных родителей и рассчитать величину кроссинговера.

4. Гены а и В у дрозофилы сцеплены с полом и кроссинговер между ними составляет 20%. Какие генотипы и в каком соотношении следует ожидать в потомстве следующих скрещиваний?

- а) ♀ $X^{AB}X^{ab}$ х ♂ $X^{ab}Y$;
 б) ♀ $X^{Ab}X^{ab}$ х ♂ $X^{AB}Y$;
 в) ♀ $X^{Ab}X^{aB}$ х ♂ $X^{Ab}Y$.

Раздел 10. Задачи по теме «Полиплоидия»

Для решения задач этой группы необходимо знать следующие термины:

автополиплоиды – организмы, образующиеся за счет кратного увеличения хромосомного набора одной особи или группы генетически одинаковых особей;

амфиганлоиды – отдаленные гибриды, получаемые при скрещивании двух разных видов (как правило, систематически близких); обычно бесплодны;

аллополиплоиды – организмы, получаемые при кратном увеличении наборов хромосом амфигаплоида; всегда плодови́ты;

полиплоидный ряд – это группа родственных видов, хромосомные наборы которых составляют ряд возрастающих чисел, кратных основному. Основное число полиплоидного ряда (x) равно гаплоидному числу хромосом диплоидного предка (при автополиплоидии) или сумме гаплоидных наборов двух или более предковых видов (при аллополиплоидии);

анеуполиплоиды (гетерополиплоиды) – организмы, имеющие геномную мутацию, заключающуюся в изменении числа хромосом, некратному гаплоидному.

Закономерности наследования признаков у автополиплоидов, аллополиплоидов и анеуплоидов специфичны для каждого типа хромосомных изменений и сильно отличаются от менделевских закономерностей, наблюдаемых у диплоидных организмов.

1) При скрещивании гибридов тетраплоидов могут образовываться две гомозиготные и три гетерозиготные формы: АААА – квадриплекс, аааа – нуллиплекс, АААа – триплекс, ААаа – дуплекс, Аааа – симплекс.

2) В результате полиплоидии часто (особенно у несбалансированных полиплоидов) наблюдается нарушение нормального хода мейоза (с образованием *анеуплоидных, или несбалансированных гамет*), что приводит к стерильности или резкому снижению фертильности, т.к. анеуплоидные особи, как правило, не жизнеспособны.

3) Частота выщепления рецессивных форм у полиплоидов значительно ниже, чем у диплоидов, поэтому автополиплоиды фенотипически более стабильны и

проявляют свою аллельную изменчивость значительно слабее. Полиплоидия поддерживает гетерозиготность гораздо сильнее диплоидии.

4) Часто отмечается неодинаковая жизнеспособность особей различных классов расщепления, зависящая от дозы доминантных и рецессивных аллелей в генотипе, а наследование доминантных генов нередко происходит по типу *полимерии*.

В целом, наследование у полиплоидов зависит от многих причин (частичного сцепления генов с центромерой, типа конъюгации гомологичных хромосом и характера их расхождения в анафазе I мейоза), поэтому, обычно, нельзя точно предсказать результаты скрещиваний.

При решении задач на автополиплоидию последовательно проводят выписку всех типов гамет, предполагая, что все гомологи конъюгируют друг с другом, образуя триваленты (у триплоидов), тетраваленты (у тетраплоидов) и т.д., а затем расходятся в разных сочетаниях. Например, у тетраплоидов рисуют квадрат, в углах которого отмечают аллели, которые затем соединяют друг с другом стрелками во всех возможных сочетаниях. Подчитывают возможные сочетания аллелей при равномерном расхождении гомологичных хромосом с образованием сбалансированных гамет и при неравномерном расхождении гомологов с образованием несбалансированных гамет. Частоты гамет определяют по числу возможных вариантов расхождения (число стрелок), дающих одни и те же типы гамет.

Примеры решения задач

Задача 1. Определите, какие типы гамет и в каком сочетании образуют тетраплоиды AAAa и AAaa.

Решение:

По методу квадратов определяем сорта гамет при нормальной конъюгации с образованием бивалентов и равномерном последующем расхождении их к разным полюсам клетки (гаметы сбалансированы) и при образовании квадριвалентов, тривалентов и унивалентов (гаметы несбалансированы).

а) АААа: сбалансированные – 3АА:3Аа

несбалансированные – 1АААа: 1о: 3ААа: 3 А: 1ААА: 1а

б) ААаа: сбалансированные – 1 АА:4Аа: 1аа

несбалансированные – 1ААаа: 2ААа: 2Ааа: 2А: 2а

Ответ: а) 3АА:3Аа:1АААа: 1о: 3ААа: 3 А: 1ААА: 1а; б) 1 АА:4Аа: 1аа: 1ААаа: 2ААа: 2Ааа: 2А: 2а

Задача 2. Скрещиваются тетраплоиды дурмана – гомозиготный пурпуроцветковый (Р) и гомозиготный белоцветковый (р). В каком поколении и с какой вероятностью появятся белоцветковые растения?

Решение:

1. Записываем схему скрещивания, указав фенотипы и генотипы (РРРР и рррр) исходных форм. Все растения в F₁ пурпурные, имеющие по два доминантных и рецессивных аллеля (РРрр – дуплекс). Эти растения образуют фертильные гаметы с соотношении: 1 РР, 1 рр, 4 Рр (другие возможные варианты гамет, например, р и РРр, ррР и Р, РРрр и 0, мы не учитываем, т.к. зиготы, образующиеся с их участием, нежизнеспособны).

2. Т.к. частота образования рецессивных гамет 1/6, то вероятность получения рецессивных гомозигот (рррр) в F₂ будет 1/6 x 1/6 = 1/36.

Ответ: белоцветковые растения будут появляться в F₂ с вероятностью 1/36.

Задача 3. У культурной сливы, являющейся гексаплоидным видом, основное число хромосом (x) равно 8. Определите гаплоидное число хромосом сливы (n) и общее число хромосом ($2n$) данного вида.

Решение:

Т.к. слива гексаплоид, то число хромосом у нее в 6 раз больше основного ($6x$) и соответственно общее число хромосом – $6x8 = 48$. Гаплоидное число хромосом в 2 раза меньше общего – 24.

Ответ: $n = 24$, $2n = 48$

Задача 4. Какое число хромосом должен иметь фертильный гибрид от скрещивания одного вида растения ($2n = 18$) с другим видом ($2n = 24$)?

Решение:

Запишем схему скрещивания, обозначив геномы видов: А ($n = 9$) и В ($n = 12$).

Р: 2А х 2В
 вид 1 вид 2
 G А В
 F АВ

(амфидиплоид)

В F_1 образуется стерильный амфидиплоид – АВ, имеющий $2n = A+B (9+12) = 21$ хромосому. В результате полиплоидизации возможно образование плодового амфидиплоида (ААВВ), имеющего $4n=42$.

Ответ: фертильный гибрид должен иметь 42 хромосомы.

Задачи для самостоятельного решения

1. Какие типы гамет образуют триплоиды AAa , Aaa ?
2. Автотетраплоид $AAAA$ скрещивается с автотетраплоидом $Aaaa$. Какое соотношение фенотипов будет у потомства, если имеет место кумулятивное действие гена? $AAAA$ – темно-красная, $aaaa$ – белая окраска зерновок.
3. При скрещивании двух сортов томатов со штамбовыми и нештамбовым типом куста в F_1 все растения имеют нештамбовый куст, а в F_2 – 95 нештамбовых и 5 штамбовых растений. В анализирующем скрещивании одного из растений F_2 получено 90 растений с нештамбовым и 25 растений со штамбовым кустом. Определите генотипы родительских форм.
4. Тетраплоидное растение клевера с окрашенными цветками, имеющее генотип $AAaa$, скрещивают со своим белоцветковым родителем ($aaaa$). Каково будет потомство?

Раздел 11. Задачи по теме «Генетика популяций»

При решении задач необходимо знание закона Харди-Вайнберга, условий его проявления, а также знание следующих понятий и формул:

идеальная (менделевская) популяция – это популяция с бесконечно большим числом особей, характеризующаяся свободным и равновероятным скрещиванием особей разного пола (панмиксией), на которую не действуют никакие внешние факторы, в которой частоты аллелей и генотипов из поколения в поколение будут оставаться неизменными (т.е. популяция будет находиться в генетическом равновесии);

частота аллеля – доля анализируемого аллеля относительно всех аллелей данного гена в популяции;

частота генотипа – доля особей, имеющих определенный генотип по анализируемым генам, относительно всех особей в популяции;

Для решения задач с учетом влияния естественного отбора и потока генов (миграции) необходимо знать следующие понятия и формулы:

коэффициент приспособленности (W) показывает относительную долю потомства, которую дают особи с данным генотипом относительно наиболее эффективно размножающегося генотипа. Равной единице принимается приспособленность генотипа, характеризующегося наибольшей эффективностью размножения. Если особи с генотипом AA оставляют в среднем 8 потомков, генотипом Aa – 6 потомков, с генотипом aa – всего по 4 потомка, тогда приспособленность особей, имеющих генотип AA принимается за единицу, приспособленность генотипа Aa – $6/8 = 0,75$, генотипа aa – $0,5$ соответственно;

коэффициент отбора (S) показывает, насколько снижено воспроизводство данного генотипа по сравнению с наиболее приспособленным генотипом, насколько сильно действует отбор против менее приспособленных форм. Данные величины рассчитываются по формулам:

$$S = 1 - W \quad (1)$$

$$W = 1 - S \quad (2)$$

Для расчета частот генотипов под действием отбора преобразуют формулу Харди-Вайнберга с учетом этих величин.

Частота аллеля A в F_1 после отбора будет:

$$p_1 = \frac{p_0^2 + p_0 q_0}{1 - S q^2} \quad (3)$$

где p_0 - частота аллеля A в исходном поколении; q_0 - частота аллеля a в исходном поколении, S - коэффициент отбора.

Влияние миграции на частоту аллеля a можно определить по формуле:

$$q_1 = m (q_m - q_0) + q_0 \quad (4)$$

где q_0 - доза аллеля a в исходной популяции, q_1 - в смешанной популяции, q_m - в группе животных, вводимых в популяцию, m - доля вводимых (мигрировавших) животных в смешанной популяции.

Примеры решения задач

Задача 1. Определите частоту аутосомного доминантного гена S (появление у кошек белых пятен на теле, белого треугольника на шее и белых кончиков лапок), если из 420 встреченных на улицах кошек 350 были пятнистыми.

Решение:

1. Определим долю рецессивных гомозигот: $(420 - 350)/420 = 0,17$.

2. Опираясь на формулу Харди-Вайнберга, вычислим частоту встречаемости рецессивного аллеля как корень квадратный из частоты встречаемости рецессивных гомозигот (0,41).

3. Учитывая, что суммарная частота встречаемости рецессивного и доминантного аллелей составляет 1, вычисляем частоту встречаемости доминантного гена S : $1 - 0,41 = 0,59$.

Ответ: частота гена S в популяции равна 59%.

Задача 2. Исходно в популяции частоты аллелей A и a равны 0,5. Как будут частоты аллелей и генотипов в популяции в первом и втором поколениях, если отбор действует против рецессивных гомозигот, коэффициент отбора равен 1?

Решение:

1. Коэффициент отбора против рецессивных гомозигот равный 1 говорит о том, что все они не оставляют потомства. Исходя из этого, рассчитываем частоту аллеля A в первом поколении по формуле (3):

$$p_1 = (0,25 + 0,25) / (1 - 0,25) = 0,67$$

2. Рассчитываем частоту аллеля a в первом поколении:

$$q_1 = 1 - p_1 = 0,33$$

3. По формуле Харди-Вайнберга рассчитываем частоты генотипов в популяции в первом поколении:

$$0,67^2 + 2 \times 0,67 \times 0,33 + 0,33^2 = 0,45AA + 0,44Aa + 0,11aa = 1$$

Аналогично рассчитываем частоты аллелей и генотипов во втором поколении.

$$p_2 = (0,45 + 0,22) / (1 - 0,1) = 0,74$$

$$q_2 = 1 - 0,74 = 0,26$$

$$0,74^2 + 2 \times 0,74 \times 0,26 + 0,26^2 = 0,55AA + 0,39Aa + 0,06aa = 1$$

Ответ: $p_1 = 0,67$, $q_1 = 0,33$, $p_1^2 = 0,45$, $2p_1q_1 = 0,44$, $q_1^2 = 0,01$; $p_2 = 0,74$, $q_2 = 0,26$, $p_2^2 = 0,55$, $2p_2q_2 = 0,39$, $q_2^2 = 0,06$;

Задача 3. В стаде пятнистых оленей было 1000 животных обоего пола, из них с генотипами AA – 500 голов, Aa – 400 и aa – 100. В него ввели при расселении животных из ближайшего заповедника еще 500 голов со следующей структурой группы: AA - 100, Aa - 200, aa – 200 животных. Определите частоты аллелей в исходных и в смешанной популяции. Определите, как изменится частота доминантного аллеля в популяции через одно

поколение при условии свободного скрещивания всех оленей и отсутствия отбора по данному признаку.

Решение:

Задачу можно решить двумя способами.

1) Составляем таблицу расчета частот аллелей в каждой популяции.

Частота гена А: $p = (2AA + 1Aa) : 2N$;

частота гена а: $q = 1 - p$.

Объем N	Частота генотипов			Частота аллелей	
	AA	Aa	aa	$p_A = (2AA + 1Aa) : 2N$	$q_a = 1 - p_A$
1000	500	400	100	(1000+400):	0,3 (q_{a_0})
500	100	200	200	2000=0,7(p_{A_0})	0,6(q_{a_m})
1500	600	600	300	(200+200):1000=0,4 (p_{A_m}) (1200+600):3000=0,6 (p_{A_1})	0,4(q_{a_1})

2) Влияние миграции на дозу аллеля а можно определить и по формуле (4):

$$m = 500 : 1500 = 0,3$$

$$q_{a_1} = 0,3(0,6 - 0,3) + 0,3 = 0,4; \quad p_{A_1} = 0,6$$

$$\Delta p_A = p_{A_1} - p_{A_0} = 0,6 - 0,7 = -0,1$$

Ответ: $p_{A_0} = 0,7$, $q_{a_0} = 0,3$, $p_{A_m} = 0,4$, $q_{a_m} = 0,6$;
 $p_{A_1} = 0,6$, $q_{a_1} = 0,4$; $\Delta p_A = -0,1$

Задачи для самостоятельного решения

1. На небольшой остров случайно попало 1 зерно пшеницы, гетерозиготное по гену А. Оно возшло и дало начало серии поколений, размножавшихся путем самоопыления. Каковы будут доли гетерозиготных растений среди представителей второго, третьего,

четвертого поколений, если контролируемый рассматриваемым геном признак никак не сказывается на выживаемости растений и способности их воспроизводить потомство.

2. В стаде джейсейской породы крупного рогатого скота обследовали животных на наличие типов гемоглобина. Из 1200 обследованных животных с гемоглобином типа АА (HbAA) было 470, с гетерозиготным генотипом АВ (HbAB) – 700, с гомозиготным генотипом ВВ(HbBB) – 30 голов. Определите частоту аллелей, ответственных за гемоглобин типа А и В и частоты генотипов в данном стаде .

3. На протяжении многих поколений состав популяции по фенотипам оставался постоянным: особи с рецессивным фенотипом составляли 49%. В обычных условиях рассматриваемый признак сколько-нибудь существенного биологического значения не имел. Но однажды в результате стихийного бедствия все особи с рецессивным генотипом погибли, а остальные выжили. Каким будет состав следующего поколения по генотипам без учета мутаций?

4. Исходно в популяции частоты аллелей A и a равны 0,5. Как изменятся частоты аллелей и генотипов в популяции в первом и втором поколениях, если:

- а) отбор действует против рецессивных гомозигот, коэффициент отбора равен 0,5;
- б) отбор действует против доминантного фенотипа, коэффициент отбора равен 1?

5. Частота рецессивного аутосомного гена длинной шерсти у кошек в Среднем Поволжье составляет 0,56, а на Дальнем Востоке – 0,23. Какова вероятность встретить длинношерстное животное в Казани и Владивостоке?

Раздел 12. Задачи ЕГЭ

1. Коричневая (а) короткошерстная (В) самка спарена с гомозиготным черным (А) длинношерстным (b) самцом (оба организма гомозиготны, гены не сцеплены). Составьте схему скрещивания. Определите генотипы родителей, генотипы и соотношение по фенотипу потомков в первом и втором поколениях.

2. У гороха посевного желтая окраска семян доминирует над зеленой, выпуклая форма плодов – над плодами с перетяжкой. При скрещивании растения с желтыми выпуклыми плодами с растением, имеющим желтые семена и плоды с перетяжкой, получили 63 растения с желтыми семенами и выпуклыми плодами, 58 – с желтыми семенами и плодами с перетяжкой, 18 – с зелеными семенами и выпуклыми плодами и 20 с зелеными семенами и плодами с перетяжкой. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы исходных растений и потомков. Объясните появление различных фенотипических групп.

3. У кур черный цвет оперения (А) доминирует над красным, наличие гребня (В) – над его отсутствием. Гены не сцеплены. Красный петух, имеющий гребень, скрещивается с черной курицей без гребня. Получено многочисленное потомство, половина которого имеет черное оперение и гребень, половина – красное оперение и гребень. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомков (F_1). Сколько разных фенотипов и в каком соотношении образуется в F_2 при скрещивании между собой полученных потомков с разными фенотипами?

4. У родителей со свободной мочкой уха и треугольной ямкой на подбородке родился ребенок со

сросшейся мочкой уха и гладким подбородком. Определите генотипы родителей, первого ребенка, фенотипы и генотипы других возможных потомков. Составьте схему решения задачи. Признаки наследуются независимо.

5. Альбинизм (а) и фенилкетонурия (ФКУ – заболевание, связанное с нарушением обмена веществ - б) наследуется у человека как рецессивные аутосомные признаки. В семье отец альбинос и болен ФКУ, а мать – дигетерозиготна по этим генам (гены, определяющие эти признаки, расположены в разных парах аутосом). Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, возможного потомства и вероятность рождения детей, не страдающих альбинизмом, но больных ФКУ.

6. Существуют два вида наследственной слепоты, каждая из которых определяется своим рецессивным геном (а и б). Оба аллеля находятся в различных парах гомологичных хромосом и не взаимодействуют друг с другом. Бабушки по материнской и отцовской линиям имеют разные виды наследственной слепоты и гомозиготны по доминантному аллелю. Оба дедушки видят хорошо, не имеют рецессивных генов. Определите генотипы бабушек и дедушек, генотипы и фенотипы их детей и вероятность рождения слепых внуков. Составьте схему решения задачи.

7. У человека глаукома наследуется как аутосомно-рецессивный признак (а), а синдром Марфана, сопровождающийся аномалией в развитии соединительной ткани, как аутосомно-доминантный признак (В). Гены находятся в разных парах аутосом. Один из супругов страдает глаукомой и не имел в роду предков с синдромом Марфана, а второй – дигетерозиготен по данным

признакам. Определите генотипы родителей, возможные генотипы и фенотипы детей, вероятность рождения здорового ребенка. Составьте схему решения задачи.

8. У крупного рогатого скота комолость доминирует над рогатостью, красная окраска неполно доминирует над светлой, окраска гетерозиготных особей – чалая. Гены не сцеплены. Скрещивание красных комолых коров с чалыми рогатыми быками дает исключительно комолых потомков, половина которых имеет красную, а половина – чалую масть. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы исходных животных и потомков. Каково будет расщепление (F_2), если скрестить между собой полученных потомков с разными фенотипами из F_1 ?

9. У львиного зева красная окраска цветков неполно доминирует над белой, а узкие листья – над широкими. Гены располагаются в разных хромосомах. Скрещиваются растения с розовыми цветками и листьями промежуточной ширины с растениями, имеющими белые цветки и узкие листья. Составьте схему решения задачи. Какое потомство и в каком соотношении можно ожидать от этого скрещивания? Определите тип скрещивания, генотипы родителей и потомства.

10. У растения томата гены нормальной высоты сцеплены с округлой формой плодов, а гены карликовости – с овальной формой плодов. Скрестили растения с нормальной высотой и округлой формой плодов с карликовым растением с овальной формой плодов. В первом поколении все растения были единообразными и имели нормальную высоту и округлую форму плодов. Полученные гибриды скрестили. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, гибридов первого

поколения, генотипы и соотношение фенотипов гибридов второго поколения. Кроссинговер не происходит.

11. При скрещивании самок мух дрозофил с серым телом и нормальными крыльями (доминантные признаки) с самцами с черным телом и укороченными крыльями (рецессивные признаки) в потомстве были обнаружены не только особи с серым телом, нормальными крыльями и черным телом, укороченными крыльями, но и небольшое число особей с серым телом, укороченными крыльями и черным телом, нормальными крыльями. Определите генотипы родителей и потомства, если известно, что доминантные и рецессивные гены данных признаков попарно сцеплены. Составьте схему скрещивания. Объясните полученные результаты.

12. У человека ген карих глаз (А) доминирует над голубым цветом глаз (а), а ген цветовой слепоты рецессивный (дальтонизм - d) и сцеплен с X – хромосомой. Кареглазая женщина с нормальным зрением, отец которой имел голубоглазые глаза и страдал цветовой слепотой, выходит замуж за голубоглазого мужчину с нормальным зрением. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и возможного потомства, вероятность рождения в этой семье детей – носителей гена дальтонизма от общего числа потомков и их пол.

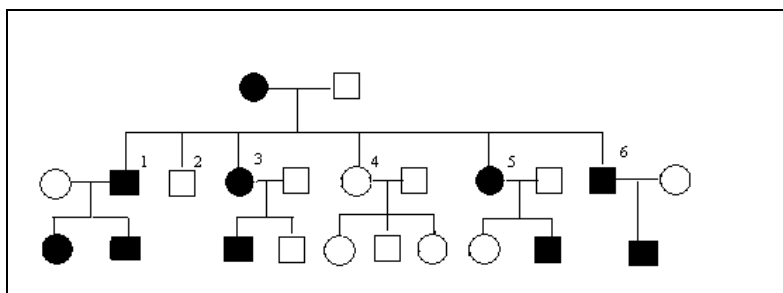
13. Женщина, у которой нормальный цвет эмали зубов (ген сцеплен с X - хромосомой) вышла замуж за мужчину с темным оттенком эмали зубов. У них родились 4 девочки с темным оттенком эмали зубов и 3 мальчика с нормальным цветом эмали зубов. Составьте схему решения задачи. Определите, какой признак является доминантным, генотипы родителей и потомства (доминантный признак обозначьте А, рецессивный - а).

14. У человека наследование альбинизма не сцеплено с полом (А – наличие меланина в клетках кожи, а – отсутствие меланина в клетках кожи - альбинизм), а гемофилии – сцеплено с полом (X^H - нормальная свертываемость крови, X^h - гемофилия). Определите генотипы родителей, а также возможные генотипы, пол и фенотипы детей от брака дигомозиготной нормальной по обоим аллелям женщины и мужчины альбиноса, больного гемофилией. Составьте схему решения задачи.

15. У человека имеются четыре фенотипа по группам крови: I (0), II (A), III (B), IV (AB). Ген, определяющий группу крови, имеет три аллеля: I^A , I^B , i^0 , причем, аллель i^0 является рецессивной по отношению к аллелям I^A и I^B . Родители имеют II (гетерозигота) и III (гомозигота) группы крови. Определите генотипы групп крови родителей. Укажите возможные генотипы и фенотипы (номер группы крови) детей. Составьте схему решения задачи. Определите вероятность наследования у детей II группы крови.

16. По родословной человека, представленной на рисунке 1, установите характер наследования признака «изогнутый мизинец», выделенного черным цветом (доминантный или рецессивный, сцеплен или не сцеплен с полом). Родитель, имеющий данный признак, гетерозиготен. Определите генотипы потом F_1 (1, 2, 3, 4, 5, 6).

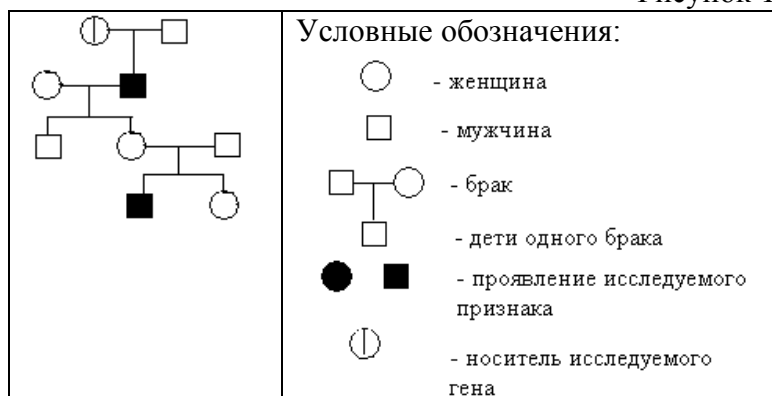
17. По изображенной на рисунке 2 родословной установите характер проявления признака (доминантный или рецессивный, сцеплен или не сцеплен с полом), обозначенного черным цветом. Определите генотипы родителей и детей в первом поколении.



Условные обозначения:

- - мужчина
- - женщина
- — ○ - брак
- — □ - дети одного брака
- ● - проявление исследуемого признака

Рисунок 1



Условные обозначения:

- - женщина
- - мужчина
- — ○ - брак
- — □ - дети одного брака
- ■ - проявление исследуемого признака
- (with vertical line) - носитель исследуемого гена

Рисунок 2

ЧАСТЬ 3. ЗАДАЧИ ПО ЭКОЛОГИИ

Раздел 1. Задачи по аутоэкологии

При решении задач по аутоэкологии (экологии особей) необходимо знать следующие правила, принципы и понятия:
правило минимума (Ю. Либиха) - главным ограничителем жизнедеятельности организма является наиболее дефицитный ресурс;

правило оптимума (В. Шелфорда) - для жизнедеятельности организма одинаково неблагоприятны как недостаточная, так и избыточная доза экологического фактора;

понятие толерантности - диапазон переносимых организмом значений определенного фактора (от предельно-низкого до предельно-высокого) есть его зона толерантности (выносливости) в отношении данного экологического параметра;

понятие экологической ниши (Дж. Хатчинсона) - экологическая ниша вида отражает зоны толерантности по всему комплексу экологических факторов (условий и ресурсов), к которым организм адаптирован в условиях данной экосистемы.

Пример решения задач

Задача. Бабочка яблоневая плодоярка – опасный вредитель садов. Используя данные по выживаемости её куколок при различных значениях температуры и влажности воздуха, полученные в лабораторных условиях, постройте в координатном пространстве (ось X – температура, ось Y – влажность) фигуры, отражающие пределы выносливости и оптимальные значения этих двух климатических параметров для куколок плодоярки.

Исходные данные для построения графика. Гибель куколок плодовой жорки наблюдается в 100% случаев при следующих соотношениях температуры и влажности:

Температура, °C	+10	+4	+15	+28	+36	+37
Влажность, %	100	80	40	15	55	100

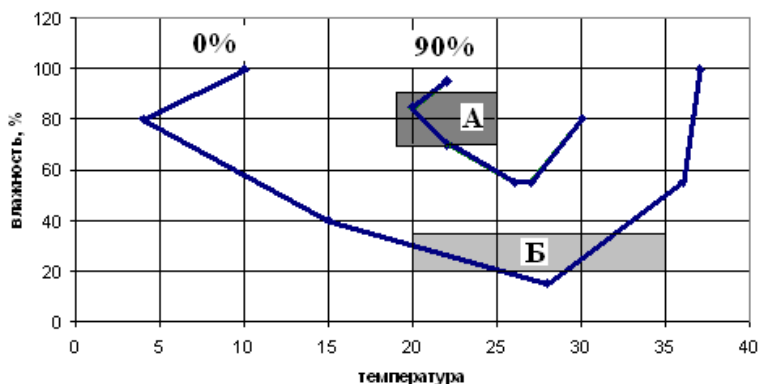
Минимальная смертность (менее 10% численности) наблюдается при следующих соотношениях температуры и влажности:

Температура, °C	+20	+22	+27	+26	+22	+30
Влажность, %	85	95	55	55	70	80

Ответьте на вопрос: насколько велика опасность вспышки численности яблоневой плодовой жорки в районе, где летние температуры составляют 18-25°, а влажность воздуха - 70-90%? а в районах с температурой 20-35° и влажностью 20-35%?

Решение:

1. Построим диаграмму в соответствии с указаниями и условиями задачи:



2. Отметим две климатические зоны, в которых требуется определить вероятность возникновения вспышки численности яблоневой плодовой мушки – А и Б.

3. Проанализировав расположение этих зон в пространстве двумерной экологической ниши яблоневой плодовой мушки, делаем вывод, что в зоне Б выживаемость куколок крайне мала, что делает вероятность вспышки численности низкой. А вот в зоне А выживаемость куколок весьма высока и вспышки численности более чем вероятны.

Ответ: опасность вспышки численности яблоневой плодовой мушки в районе, где летние температуры составляют 18-25°, а влажность воздуха - 70-90%, весьма велика.

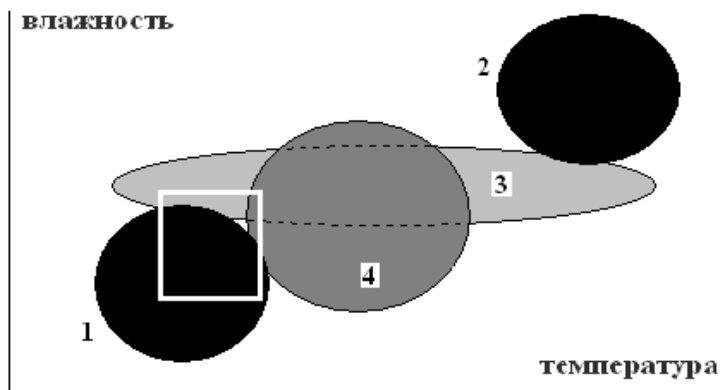
Задачи для самостоятельного решения

1. На расположенном ниже рисунке в координатном пространстве двух осей (ось X – температура в диапазоне от 0 до 40°C, ось Y – влажность в диапазоне от 20 до 100%) построены округлые или овальные фигуры, являющиеся графическими моделями экологических ниш четырех видов (1, 2, 3 и 4).

Ответьте на вопросы:

1. Какие виды не могут обитать на одной территории и почему?
2. Какой фактор в большей степени лимитирует распространение вида 3 – температура или влажность?
3. Какой из видов может быть охарактеризован в качестве «криофильного ксеробионта», а какой – в качестве «термофильного гигробионта»?

4. Какой из видов будет лучше других переносить диапазон условий, обозначенный на рисунке белым квадратом?
5. Какие виды являются эвритермными, а какие – stenотермными?



2. Вредитель пищевых запасов – мучной клещик – может приносить колоссальный ущерб на зернохранилищах, приводя зерно в состояние полной непригодности для производства муки. Оптимальной для жизнедеятельности клещика является температура +20-22°C, а температура ниже +5-7°C и выше +45°C для него губительна. При влажности зерна 10-12% он погибает от повышенной сухости, а при влажности зерна 70% и выше – из-за развития плесневых грибов. Оптимум влажности воздуха составляет 50-60%.

В координатном пространстве основных микроклиматических параметров (ось X – влажность, ось Y – температура) изобразите двухмерную экологическую нишу клещика. Предложите безопасный способ защиты

зерна от этих вредителей пищевых запасов без использования пестицидов.

3. Внимательно проанализируйте фактический материал, содержащийся в расположенной ниже таблице и ответьте на следующие вопросы:

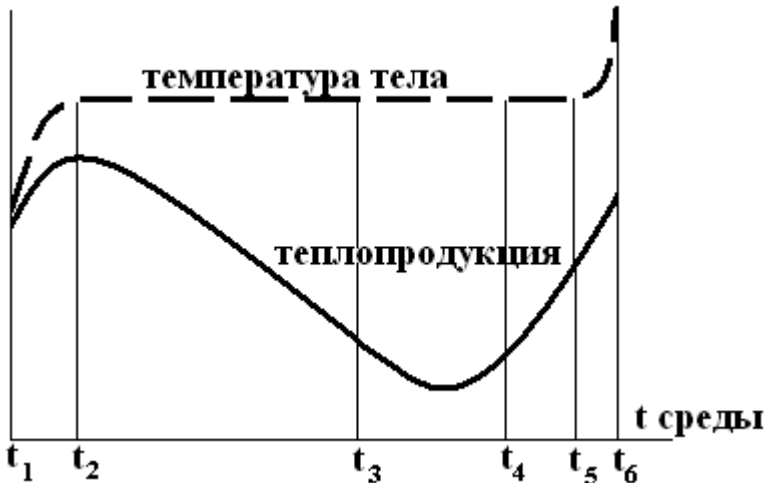
1. Каким образом весовая нагрузка тела на опорную поверхность ног связана с географическим распространением родственных видов животных? (рассмотрите на примере копытных и куропаток)
2. Каким образом весовая нагрузка тела на опорную поверхность ног связана с биотопической приуроченностью родственных видов животных? (рассмотрите на примере зайцев)
3. Весовая нагрузка рыси вполне сопоставима с весовой нагрузкой лося (422 и 440 г/см² соответственно). Однако для рыси – полуметровый слой снега является серьезным препятствием, а для лося – нет. Почему?

Таблица

Весовая нагрузка тела на опорную поверхность ног у
родственных видов животных

Вид	Весовая нагрузка тела, г/см ²
Белая куропатка	12
Серая куропатка	40
Зяц - бяляк	17
Зяц - русак	22-24
Северный олень	140-180
Лось	440-570
Кабан	900

4. Проанализируйте отраженные на рисунке зависимости между температурой тела животного и интенсивностью его теплопродукции с одной стороны и температурой окружающей среды – с другой.



Ответьте на вопросы:

1. К какой эколого-физиологической группе относится животное, чья зависимость от температуры среды продемонстрирована на графике?
2. Приведите 3 примера таких животных.
3. Что означают величины t_1 и t_6 ; интервал от t_2 до t_5 ; интервал от t_3 до t_4 ?
4. Какие морфологические и физиологические адаптации позволяют таким животным удерживать температуру тела на одном уровне в зоне от t_2 до t_5 ?
5. С чем связано изменение теплопродукции в зоне от t_1 до t_2 и ее повышение в зоне от t_5 до t_6 ?

5. Внимательно рассмотрите расположенный ниже график зависимости выживаемости куколок яблоневой плодовой гнили от двух факторов – температуры и влажности и ответьте на вопросы:

1. Какой из факторов для выживаемости куколок яблоневой плодовой гнили является лимитирующим (ограничивающим) при их сочетаниях, соответствующих точкам 1, 2 и 3?
2. Какой диапазон температуры и влажности является для вида оптимальными?
3. Охарактеризуйте пределы выносливости вида по температуре и влажности.

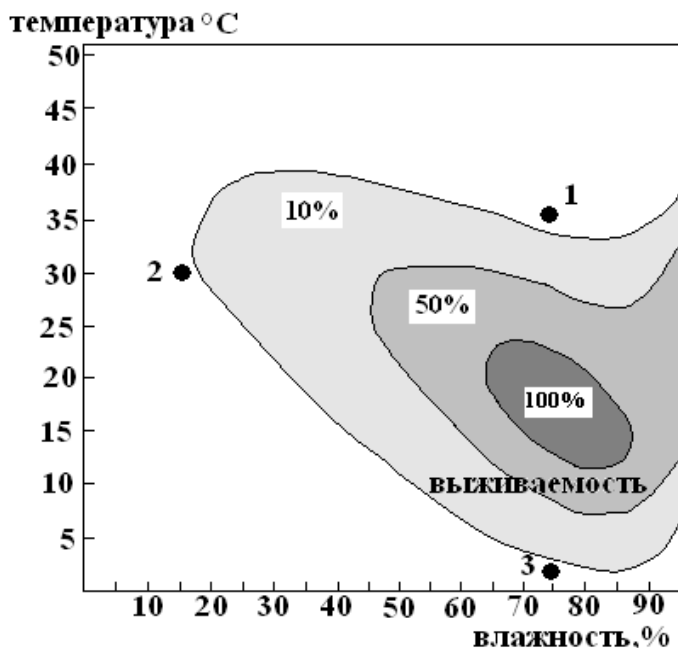


Рис. Зависимость выживаемости куколок яблоневой плодовой гнили от температуры и влажности

6. Внимательно проанализируйте расположенный ниже рисунок, отражающий зависимость скорости развития насекомых от температуры воздуха и ответьте на следующие вопросы:

1. Каковы причины существования данной зависимости и что определяет ее характер?
2. Существуют ли подобные зависимости для других групп животных?
3. В чем причина разного угла наклона кривой t на участках до 18°C и от 18° до 30°C ?
4. Почему скорость развития резко снижается при температурах выше 33°C ?

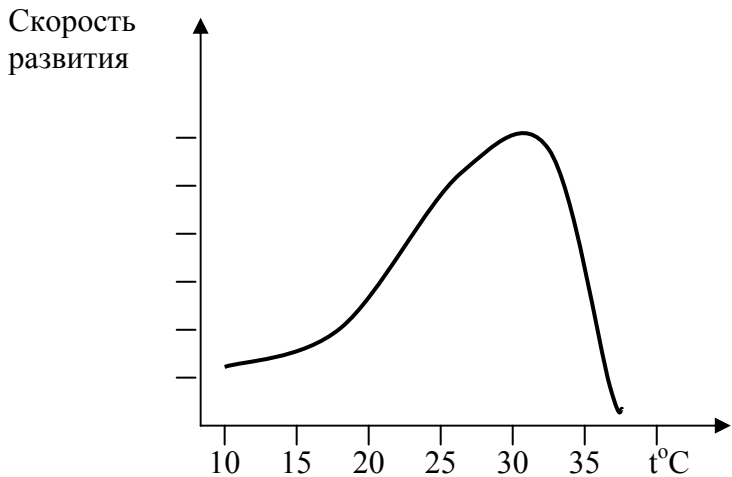


Рис. Зависимость скорости развития насекомых от температуры воздуха

7. Изучите рисунок и ответьте на расположенные ниже вопросы

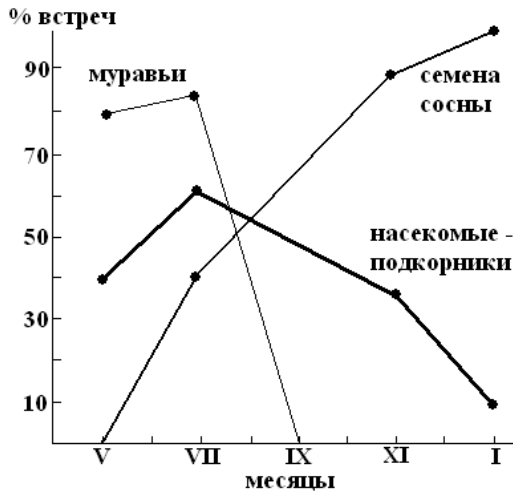


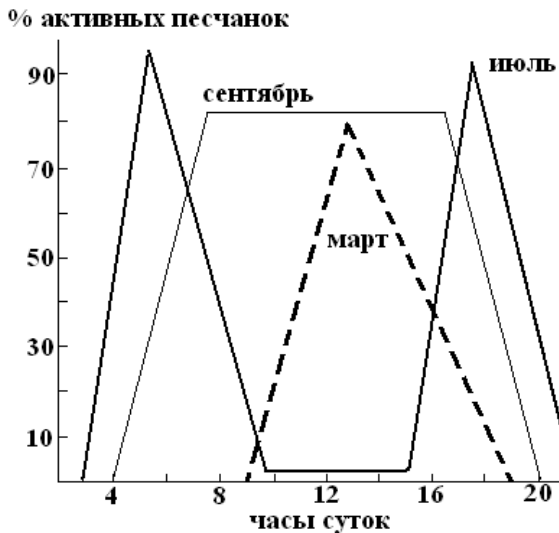
Рис. Сезонные изменения встречаемости основных пищевых объектов в рационе пестрого дятла в лесах Костромской области (по Осмоловской и Формозову, 1950).

1. Чем объяснить такое значительное изменение рациона питания большого пестрого дятла в течение года?
2. В каком месяце рацион питания большого пестрого дятла наиболее разнообразен?
3. Чем объясняется большая доля животных кормов в рационе дятла в мае-июле?

8. На приведенном ниже рисунке отражены сезонные изменения характера суточной активности среднеазиатского пустынного грызуна – большой песчанки

(по Шеханову, 1952). Проанализируйте эти данные и ответьте на следующие вопросы:

1. В чем причина столь существенных различий в характере суточной активности песчанки на протяжении года?
2. Какой экологический фактор лимитирует жизнедеятельность песчанки в летние месяцы; в марте?
3. В чем причина такой высокой и длительной активности песчанок на протяжении светового дня в сентябре?



9. Скорость размножения бактерий колоссальна – каждые полчаса материнская клетка делится, в результате чего образуются две дочерних. Если одну единственную бактерию пометить в питательную среду с идеальными условиями, то за 24 часа ее потомство теоретически

должно составить 2^{48} клеток. Такое количество бактерий по объему занимает 0,25 литровой стакан. Через какое время продолжающие размножаться в том же темпе бактерии могут заполнить бочку объемом в 100 литров?

Раздел 2. Задачи по экологии популяций

При решении задач по экологии популяций необходимо уметь рассчитывать численность популяции, используя ее основные демографические характеристики, уметь строить пирамиду численности, отражающую половозрастную структуру популяции.

Численность популяции определяется балансом четырех важнейших демографических параметров: рождаемости, смертности, скорости иммиграции и скорости эмиграции особей:

$$N_t = N_0 + b - d + i - e;$$

рождаемость (b) – количество особей, появившихся в популяции на свет (вылупившихся, родившихся) за определенный интервал времени (обычно за год); *удельная рождаемость* определяется с учетом величины самой популяции, что позволяет сравнивать рождаемость в популяциях с различной численностью;

смертность (d) – количество особей, умерших в популяции за определенный интервал времени (обычно за год); *удельная смертность* подсчитывается с учетом величины самой выборки (популяции);

скорость иммиграции (i) – количество особей, вселившихся в данную популяцию в течение года в результате миграции из других популяций вида;

скорость эмиграции (e) – количество особей, покинувших популяцию в результате миграционного процесса в течение года.

Для приблизительной оценки численности популяции в том случае, когда другие, более точные, методы неприменимы (например, при оценке численности рыб в озере или численности мышевидных грызунов в участке леса), используется метод «отлов с мечением – повторный отлов», при котором вычисляется показатель численности, называемый *индексом Линкольна*. Общий размер популяции (N) в этом случае определяется как частное между произведением количества животных в первом (N_1) и во втором (N_2) уловах и количеством меченых животных, обнаруженных во втором улове (n) (метятся и затем выпускаются в среду все особи, отловленные при первом вылове).

$$N = \frac{N_1 \cdot N_2}{n_{\text{мечен.}}}$$

При строительстве *поло-возрастной пирамиды* популяции по оси X откладывается численность особей (слева от нуля – самцов, справа – самок), а по оси Y – выделяемые на основе временных или физиологических параметров группы особей (возрастные классы). Вместо численности особей, по оси X могут откладываться доли численности популяции, особи которых относятся к данному возрастному классу.

Пример решения задач

Задача 1. Рассматриваются две модельные популяции одного вида промысловых животных. В результате проведения зимних количественных учетов оказалось, что численность популяции №1 к началу текущего года составила 780 особей, а популяции №2 – 500 особей. На основании этих данных Министерство охоты и рыболовства запланировало выдать на следующий год 280 лицензий на добычу особей из

первой популяции, а во второй популяции промысел решено было не производить.

В конце года экологи потребовали пересмотра этого решения, утверждая, что первой популяции грозит опасный перепромысел, в то время как в отношении второй популяции вполне возможно установить определенное промысловое усилие. В доказательство своей точки зрения учёные привели следующие величины демографических параметров, полученные в ходе исследований данных популяций. Рождаемость в первой популяции составила 300, а во второй – 400 особей в год, а смертность – 400 и 300 особей в год соответственно. Интенсивность иммиграции для первой популяции составила 10 особей, а для второй – 50 особей в год; интенсивность эмиграции – 50 и 10 особей в год соответственно.

Ответьте на вопросы: Сравните численность данных популяций животных в конце года. Что произойдет, если будут реализованы планы Министерства? В чем могут заключаться возможные причины различий в величине демографических параметров для этих популяций? Какова будет величина этих популяций при сохранении данных демографических параметров спустя еще один год?

Решение:

Составим таблицу с известными нам исходными данными (см. ниже), определим индексы изменения численности модельных популяций за год и их численность спустя ещё один год.

Ответы: Численность обеих популяций в конце года при условии отсутствия промысла сравняется и составит 640 особей. С учетом реализованной промысловой квоты численность первой популяции может снизиться до 360 особей, что составит менее 50% её исходной численности. Если демографические параметры сохраняются, то численность

популяции №1 спустя еще один год может составить всего 220, а популяции №2 достигнет 780 особей. Причины существующих различий в величине демографических параметров могут заключаться в различных условиях их обитания (разная обеспеченность кормами, давление паразитов и хищников и пр.), в результате чего популяция №2 растет значительно быстрее, чем популяция №1.

Демографические показатели популяций	Популяция №1	Популяция №2
Первоначальная численность (N_0)	780	500
Рождаемость (b)	300	400
Смертность (d)	400	300
Интенсивность иммиграции (i)	10	50
Интенсивность эмиграции (e)	50	10
Индекс изменения численности за один год	-140	+140
Численность в конце года (N_t)	640	640
Предполагаемая численность с учетом промысла	360	640
Предполагаемая численность спустя еще один год	220	780

Задачи для самостоятельного решения

1. К началу осени популяция зайцев-беляков насчитывала 3000 особей. В ходе зимовки погибло 40% особей (из их числа $\frac{3}{4}$ – от охотничьего промысла и $\frac{1}{4}$ – от прессы хищников, инфекций и погодных условий). К началу весеннего гона 47% от общего количества выживших зайцев составляли способные к размножению самцы, 45% - самки, 8% были неспособны к размножению (старые и больные особи). Половозрелая самка беляка за весну-лето приносит два помета, в каждом из которых может быть от 2 до 8 зайчат (в среднем для данной популяции – 4 детёныша), однако второй помёт имеют не все половозрелые самки, а лишь 90% из них. Смертность молодняка от хищников, инфекций и непогоды в первом помёте составляет 45%, а во втором – 50%. К осени 2,5% от количества всех родившихся в этом году зайчат эмигрировали, а 257 молодых особи вселились в данную популяцию из соседней. Кроме того, к сентябрю погибли от разных причин 87,5% неразмножавшихся особей (старые и больные), 146 размножавшихся самцов и 128 самок.

Ответьте на вопросы: Во сколько раз изменилась численность данной популяции к осени нового года? 15 сентября – открытие осенне-зимней охоты на зайца. Какое количество лицензий на отстрел может быть выдано охотникам с тем, чтобы численность зайцев при равных прочих условиях подошла к весеннему размножению на том же уровне, что и в прошлом году?

2. Ястребы-перепелятники начинают размножаться в годовалом возрасте. Плодовитость самки обычно составляет 4-6 яиц, однако взрослые особи не всегда могут прокормить всех вылупившихся птенцов, поэтому часть из них погибает еще в гнездовой период жизни. В среднем из гнезда вылетает 3 птенца. Основной вклад в величину

смертности ястребов приходится на внегнездовую часть года (сезонные миграции). На западе России гибель вылетевших из гнезда молодых к весне следующего года составляет 50%, а к концу второго года жизни погибает 40% от численности годовиков. По показателям смертности самцы и самки принципиально не отличаются друг от друга. Рассчитайте, как изменится численность популяции перепелятников к осени второго года наблюдений, если к началу гнездового периода первого года наблюдений она составляла 1000 половозрелых особей, появившихся на свет в прошлом году, причем на двух самок в ней приходится 3 самца, а величинами иммиграции и эмиграции можно пренебречь, поскольку они взаимно уравновешивают друг друга.

3. Физиологическая плодовитость леща составляет 10.000 икринок. Выход половозрелых рыб зависит от успешности оплодотворения икры и состояния условий среды обитания в ходе развития личинок и мальков. Рассчитайте выход половозрелых лещей из икры пяти нерестящихся лещей, если: а) вероятность оплодотворения икринок в естественных условиях составляет 50%; б) личинки выходят в среднем лишь из 20% оплодотворенных икринок; в) выход малька из личинки в среднем составляет около 10% от количества личинок; г) до половозрелой стадии доживает около 2% от числа мальков. Какова суммарная смертность (в %) леща на всех этих стадиях жизненного цикла?

4. Нерка – обитающая в реках Канады рыба семейства лососевых. Осенью каждая самка откладывает в гнездо, сооружаемое на галечных перекатах, в среднем 3200 икринок. Следующей весной, спустя полгода, 640 мальков, вылупившиеся из отложенной икры, выходят в озеро вблизи отмели. Уцелевшие 64 серебрянки (мальки

постарше) живут в озере один год, а затем спускаются вниз по реке в море. Две взрослые рыбы (уцелевшие из состава серебрянок) возвращаются к местам нереста спустя 2,5 года. Отнерестившиеся рыбы умирают. Определите процент умерших особей нерки для каждой из возрастных стадий. Какова общая величина дорепродуктивной смертности среди этих лососевых рыб? Нарисуйте кривую выживания (кривая зависимости процента выживших особей от возраста, если количество отложенной икры принять за 100%).

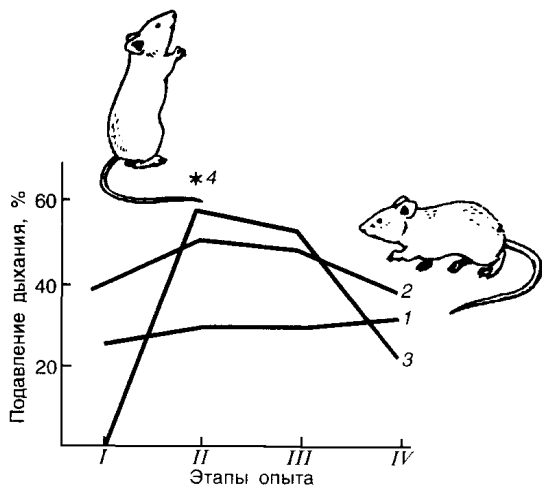
5. В результате самоизреживания елей в густых посадках количество деревьев на 1 га лесопокрытой площади составляло: в 20-летних насаждениях – 6720 стволов, в 40-летних – 2380 стволов, в 60-летних – 1170 стволов, в 80-летних – 755 стволов, а в 100-летних – 465 стволов. Начертите диаграмму, отражающую уменьшение количества елей в лесу при увеличении возраста деревьев. Рассчитайте площадь, приходящуюся на одно дерево в разном возрасте. В какой период самоизреживание елей в посадках происходит наиболее интенсивно? Не стоит ли заранее высаживать ели более разрежено? Объясните, почему да или почему нет.

6. На расположенном ниже рисунке отражена динамика уровня стресс-реакции самцов домовых мышей с различным социальным статусом в процессе формирования групп. До момента образования групп самцы размещались раздельно (по: Каменов, 1973).

Ответьте на вопросы:

1. На каком из этапов эксперимента стресс наиболее выражен? В чем его причина?

2. В чем причина такого высокого уровня стресса субдоминантных самцов до эксперимента и сразу после его окончания?
3. В чем причина такого драматического изменения интенсивности стресса у социально-подчиненных особей на II-ом этапе эксперимента?



Примечание: на оси X обозначены этапы эксперимента: I – одиночное содержание до формирования группы, II – первые сутки в группе, III – седьмые сутки в группе, IV – вторые сутки после обратного рассаживания особей в клетки поодиночке; на оси Y – выраженность стресс-реакции, определяемая как интенсивность подавления дыхания (1 – доминанты, 2 – субдоминанты, 3 – подчиненные особи, 4 – особи, погибшие в результате стресса).

7. Внимательно проанализируйте изменчивость промысловых заготовок шкур маньчжурской белки за 20 последовательных лет и постройте иллюстрирующую эту

изменчивость диаграмму. Объем добычи приводится в баллах обилия: 1, 32, 4, 27, 25, 2, 3, 37, 1, 6, 95, 21, 68, 28, 1, 22, 22, 41, 26, 62. Предполагая, что главной причиной изменения величины заготовок является численность популяции белок, объясните наблюдаемые закономерности динамики? В чем заключается причина таких значительных колебаний численности? Можно ли планировать объем заготовок шкурок белки на один год вперед? на 10 лет вперед? Какой из этих планов будет более точным?

8. Чтобы оценить численность форели в небольшом озере 625 форелей были пойманы неводом, помечены и снова выпущены в воду. Через неделю поймали 873 форели, из которых 129 особей имели оставленные в прошлый раз метки. Оцените примерные размеры популяции форели.

9. Изобразите возрастную пирамиду популяции большой синицы на основе соотношения долей в ней особей разных возрастов. Известно, что весной, до гнездования, 60% популяции составляют птицы прошлого года вылупления, участвующие в гнездовании впервые. На двухлетних особей приходится 20% численности популяции, на трехлетних – 8%, на четырехлетних – 5%, на пятилетних – 4%. Доля особей в возрасте от 6 до 10 лет в популяции больших синиц составляет 3%.

Как изменится возрастная пирамида популяции большой синицы после вылета молодого пополнения из гнезд? Примите условно, что численность популяции до гнездования составляла 10000 особей; кладка в среднем состоит из 8 яиц; соотношение полов в популяции составляет 1:1, все особи (как молодые, так и взрослые) на этом этапе выживают.

Раздел 3. Задачи по экологии сообществ

При решении задач по экологии сообществ, требуется умение определять степень сходства видового состава биоценозов с использованием *индекса сходства по Жаккару*.

$$K = \frac{C \cdot 100\%}{(A + B) - C}$$

где А – количество видов данной группы в первом сообществе, В – во втором сообществе, а С – количество видов, общих для обоих сообществ. Индекс выражается в процентах сходства.

Кроме того, необходимо знание терминов, характеризующих *экологические* (репродуктивные) *стратегии видов*:

r-стратегии формируются в нестабильной среде, где конкуренция не оказывает серьезного регулирующего воздействия на численность популяции. Рост численности популяции лимитируется внешними (в первую очередь абиотическими) факторами. Эти виды характеризуются высоким репродуктивным потенциалом (большая плодовитость) и низким уровнем заботы о потомстве. Основной энергетический вклад вносится в обеспечение высокой плодовитости при наступлении благоприятного периода, поэтому численность популяции испытывает драматические спады и подъемы;

k-стратегии формируются в условиях стабильной среды с интенсивной конкурентной борьбой. Рост численности популяции регулируется внутривидовыми механизмами и воздействием биотического окружения. Эти виды характеризуются низкой

плодовитостью и высоким уровнем заботы о потомстве. Основной энергетический вклад вносится в обеспечение высокой выживаемости потомства. Численность достаточно стабильна и не испытывает серьезных колебаний во времени.

Пример решения задач

Задача. Рассчитайте индекс сходства двух растительных сообществ (фитоценозов), используя формулу Жаккара. Первый фитоценоз расположен в заповеднике, а второй – в лесу, испытывающем весьма значительную рекреационную нагрузку (здесь расположены база отдыха и детский оздоровительный лагерь).

Список видов заповедного фитоценоза: дуб черешчатый, липа мелколистная, лещина, осока волосистая, щитовник мужской, подмаренник Шульца, сныть обыкновенная.

Список видов нарушенного фитоценоза: дуб черешчатый, яблоня домашняя, липа мелколистная, одуванчик лекарственный, подорожник большой, осока волосистая, земляника лесная, сныть обыкновенная, крапива двудомная, горец птичий, лопух большой, череда.

Выпишите названия видов, которые исчезли из сообщества дубравы под воздействием вытаптывания. Выпишите названия видов, которые появились в дубраве в результате антропогенного воздействия и рекреационной нагрузки.

Решение:

Подставляя количественные данные в формулу Жаккара, получаем коэффициент сходства двух фитоценозов $400/(7+12)-4 = 400/15 = 26,7$.

Ответ: 26,7%. Исчезли лещина, щитовник мужской, подмаренник Шульца; появились - яблоня домашняя, одуванчик лекарственный, подорожник большой, земляника лесная, крапива двудомная, горец птичий, лопух большой, череда. Исчезнувшие виды – типично лесные, появившиеся – сорные растения.

Задачи для самостоятельного решения

1. Ниже приводятся данные по прогнозу изменения породного состава лесного сообщества, изначально на 100% образованного березой желтой (по Horn, 1981).

Породы деревьев	Возраст леса, лет					
	0	50	100	150	200	250
Береза желтая	100	5	1	0	0	0
Нисса лесная	0	36	29	23	18	5
Клен красный	0	50	39	30	24	9
Бук	0	9	31	47	58	86

Объясните причины происходящих изменений. Какие экологические закономерности проиллюстрированы этими данными? Какой из видов деревьев является типичным *r*-стратегом, а какой – *k*-стратегом?

2. Рассмотрите расположенный ниже рисунок и ответьте на вопросы.

Каков экологический смысл этого графика?

В чем Вы видите причины разной формы кривых, отражающих динамику плотности данных видов птиц?

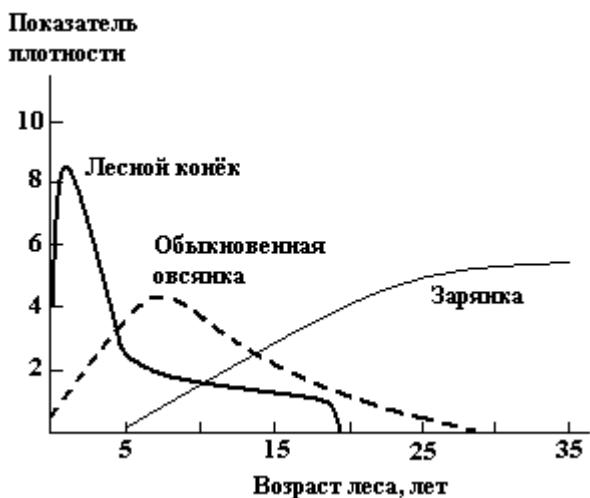


Рис. Зависимость плотности популяций трех видов птиц от возраста леса (по: Даждо, 1975).

3. В приводимой ниже таблице отражено пространственное распределение четырех видов улиток литорин (*Littorina* sp.) на каменистом берегу полуострова Дейл (Англия) в зависимости от высоты места над уровнем моря (по: Грин, Стаут, Тейлор, 1990).

Проанализируйте экологические ниши исследованных видов, построив по индексам их обилия диаграмму пространственного распределения (ось X – высота над уровнем отлива, ось Y – индексы обилия) и ответьте на вопросы.

Насколько значительно перекрывание соседних экологических ниш?

Между какими видами улиток можно предполагать наиболее сильную конкуренцию?

Таблица

Индексы обилия литорин в разных экологических зонах

Экологические зоны берега	Высота над уровнем отлива, м	<i>L. neritoides</i>	<i>L. saxatilis</i>	<i>L. littorea</i>	<i>L. littoralis</i>
Зона брызг	9-10	10	0	0	0
	8-9	10	0	0	0
Верхняя часть берега	7-8	4	2	0	0
	6-7	0	4	1	0
Средняя часть берега	5-6	0	8	2	2
	4-5	0	1	6	4
	3-4	0	0	4	8
Нижняя часть берега	2-3	0	0	2	4
	1-2	0	0	1	1
Супралитораль	0-1	0	0	0	0

4. В расположенной ниже таблице приведены данные об использовании бобрами различных пород деревьев в осенне-зимний период (по Каньшиев, 1986).

Порода	Соотношение пород деревьев на 3 модельных площадках		Из них повалено бобрами	
	абс.	%	абс.	%
Береза	297	38,5	142	61,5
Осина	158	20,5	74	32,0
Ольха серая	14	1,8	6	2,6
Черемуха	11	1,4	4	1,7
Рябина	8	1,0	3	1,3
Сосна	238	30,9	-	-
Ель	45	5,8	2	0,9

Каков экологический смысл полученных результатов?

5. Рассмотрите рисунок и ответьте на вопросы.

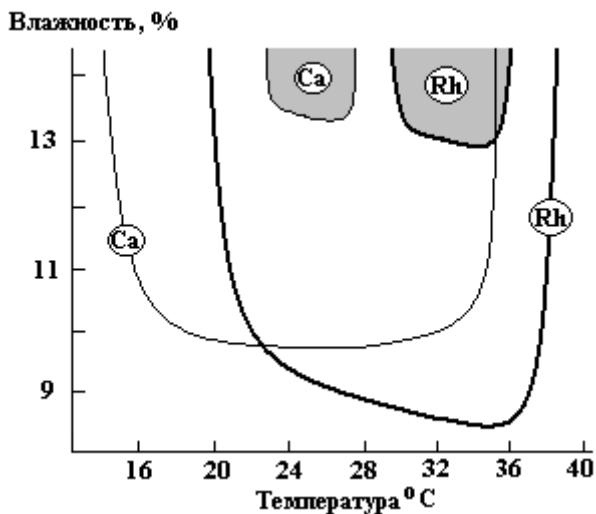


Рис. Зависимость скорости роста численности популяций двух видов мучных жуков от температуры и влажности

Примечание: тонкие линии графика отражают демографическую ситуацию для *Calandra oryzae* (Ca), жирные – для *Rhizopertha dominica* (Rh). Наружные линии характеризуют условия, обеспечивающие нулевой прирост популяции (рождаемость и смертность уравниваются), внутренние сектора с заливкой – условия, обеспечивающие удвоение численности жуков за неделю.

Вопросы: При каких условиях среды в конкурентной борьбе будет побеждать один, а при каких – другой вид? Как полученные данные можно использовать в практической деятельности?

6. Изучите расположенные ниже рисунки (схематично по: Hall, 1964) и объясните причины подъемов

и спадов численности пресноводных рачков на протяжении годового цикла.

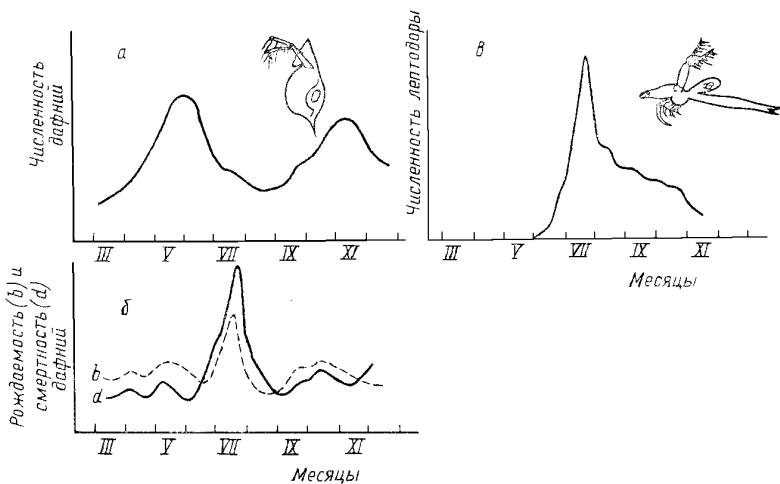


Рис. Сезонная динамика демографических показателей популяций дафнии и питающейся ею лептодоры:

а – сезонная динамика численности дафнии;

б – сезонная динамика рождаемости и смертности в популяции дафнии;

в – сезонная динамика численности лептодоры.

7. В расположенной ниже таблице приведены данные о соотношении основных компонентов в рационе питания восьми видов улиток рода *Conus*, обитающих на сублиторальных рифах Гавайских островов (по Kohn, 1959).

Виды улиток рода <i>Conus</i>	Пищевые объекты улиток рода <i>Conus</i>					
	Брюхо- ногие	Кишеч- ноды- шашие	Нере- иды	Корал- лы	Тери- бел- лиды	Другие поли- хеты
<i>C. flavidus</i>		4			64	32
<i>C. lividus</i>		61		12	14	13
<i>C. pennaceus</i>	100					
<i>C. abbreviatus</i>				100		
<i>C. ebraeus</i>			15	82		3
<i>C. sponsalis</i>			46	50		4
<i>C. rattus</i>			23	77		
<i>C. imperialis</i>				27		73

Ответьте на вопросы:

1. Какой тип биоценологических взаимоотношений доминирует между видами рода *Conus*?
2. Какие пищевые объекты являются предпочитаемыми наибольшим количеством видов конусов?
3. Какие виды в питании являются узкими специалистами, а какие – широкими универсалами?
4. Кто из конусов, питающихся кораллами, скорее всего, является наиболее сильным конкурентом?
5. Какой из видов этого сообщества ушел от конкурентной борьбы и каким образом?

8. В расположенной ниже таблице приведены данные о разнообразии и численности насекомых на 1м² целинной степи и поля, засеянного пшеницей (по Уатт, 1971). Какие экологические закономерности иллюстрируют эти результаты? Ваши выводы относительно видового богатства агроценозов.

Показатели	Целинная степь	Поле, засеянное пшеницей
Общее количество видов:		
Равнокрылые	35	12
Полужесткокрылые	38	19
Жесткокрылые	93	39
Перепончатокрылые	37	18
Виды других отрядов	137	54
ИТОГО	340	142
кол-во особей насекомых всех видов на 1 м ² грунта	199	351
кол-во доминантных видов насекомых	41	19
кол-во особей доминантных видов насекомых на 1 м ²	111,2	331,6
доля доминантных насекомых от всего сообщества, %	55,9	94,4

9. В расположенной ниже таблице приведены данные о состоянии здоровья обыкновенных полевок в естественной популяции (заповедник «Беловежская пуща») по материалам безвыборочного отлова ловушками и по материалам, собранным в гнездах дневных хищных птиц – обыкновенных канюков (по Фолитарек, 1948).

Состояние обыкновенных полевок	Среди добытых канюками			Среди добытых ловушками		
	♂♂	♀♀	ср.	♂♂	♀♀	ср.
Заражены гельминтами	41,2	29,4	34,5	22,9	12,2	17,1
Имеют спайки внутренних органов	3,4	1,3	2,2	-	-	-
Имеют патологию печени	20,3	21,1	20,7	14,3	2,4	7,9
Имеют патологию селезенки	68,5	47,2	56,3	34,3	26,8	30,3

Ваши комментарии к полученным результатам. Каков их экологический смысл? Ваши гипотезы относительно механизмов формирования подобной зависимости, выводы.

Раздел 4. Задачи по экологии экосистем

При решении задач по экологии экосистем необходимо знать законы энергетики экосистем

Закон пирамиды энергий (Р. Линдемана), или «Правило десяти процентов». При переходе с низшего трофического уровня экологической пирамиды на более высокий уровень передается в среднем лишь около 10% химически-связанной энергии, а остальные 90% энергии используются для осуществления текущей жизнедеятельности живых организмов данного уровня.

Пример решения задач

Задача. При выкармливании птенцов пара грачей может в сутки приносить своим птенцам до 1000 особей насекомых разных видов. Продолжительность выкармливания птенцов составляет до 30 суток. Определите, на сколько процентов может быть снижена численность вредных саранчовых в радиусе 2 км от гнездовой колонии грачей, которая насчитывает 200 гнезд, если начальная плотность популяции саранчи составляет одну особь на 1 м^2 . В данном случае условно предполагается, что грачи питаются исключительно этими насекомыми.

Решение:

Грачи могут собрать до 6 000 000 особей саранчи. На площади с радиусом 2 км (πr^2) при плотности 1 особь на 1 м^2 может находиться 12 560 000 особей саранчи.

Ответ: грачи могут собрать около 50% всей популяции саранчи.

Задачи для самостоятельного решения

1. Зная энергетические потребности человека, один из основоположников экологии Ю.Одум (1959), составивший предельно упрощенную пищевую цепь «люцерна – теленок – мальчик», подсчитал, что для того чтобы прокормить в течение одного года мальчика весом в 45 кг, достаточно четырех с половиной телят общим весом в 1035 кг, а для того, чтобы прокормить их в течение года необходимо 20 млн растений люцерны с биомассой 8,2 т.

Энергия, заключенная в такой массе люцерны, составляет 14,9 млн калорий, в телятах содержится 1,19 млн калорий, а в тканях мальчика из этого количества остается 8300 калорий.

Если строить масштабированные пирамиды биомасс и энергии для данной трофической цепи, приняв условие, что масса мальчика и энергия, заключенная в его тканях, отображаются столбиком шириной 1 мм, то какова будет ширина столбика, отражающая биомассу люцерны и энергию, заключенную в ее тканях? Рассчитайте коэффициент полезного действия при передаче энергии в каждом звене пищевой цепи. Какое количество солнечной энергии (в калориях) необходимо для обеспечения жизни мальчика, если учесть, что КПД продукции люцерны составляет 0,24%?

2. Рассчитайте эффективность (КПД) передачи энергии в основных звеньях пищевой цепи в океане, исходя из следующих цифр. На 1 м² поверхности океана приходится в среднем около 3 млн калорий солнечной энергии в сутки. Продукция диатомовых водорослей за

этот же период в проекции на эту площадь составляет 9000 калорий, зоопланктона – 4000, рыб – 5 калорий в сутки.

3. Зная «правило десяти процентов», рассчитайте, сколько понадобится фитопланктона, чтобы выросла одна щука весом 10 кг (пищевая цепь: фитопланктон – зоопланктон – мелкие рыбы – окунь – щука). Условно принимайте, что на каждом трофическом уровне всегда поедаются только представители предыдущего уровня.

4. Используя «правило десяти процентов», подсчитайте, сколько понадобится фитопланктона, чтобы вырос один питающийся мелкими ракообразными синий кит весом 150000 кг. Условно принимайте, что на каждом трофическом уровне всегда поедаются только упоминаемые в условиях задачи представители предыдущего уровня.

5. Вес самки летучей мыши, питающейся насекомыми, не превышает 5 г. Вес каждого из двух ее новорожденных детенышей – 1 г. За месяц выкармливания детенышей молоком вес каждого из них достигает 4,5 г. На основании правила экологической пирамиды определите, какую массу насекомых должна потребить самка за это время, чтобы выкормить свое потомство. Чему равна масса растений, сохраняющихся за счет истребления самкой летучей мыши растительноядных насекомых?

6. Серая жаба съедает в день до 5 г слизи, вредителей сельскохозяйственных культур. На площади 1 га обитает 10 жаб. Рассчитайте массу вредителей, которых уничтожат жабы на поле площадью 10 га за теплое время года (с мая по конец сентября – всего 150 дней).

7. Под пологом участка елового леса, расположенного по берегу небольшой лесной реки, росли кислица, майник и седмичник. После того, как речка ниже

по течению была перепружена плотиной для строительства колхозного пруда, на этом участке началось изменение состава растительности: здесь появились черника и зеленый мох, мох кукушкин лен, взрослые ели начали чахнуть, а проростки погибали на ранних стадиях развития. Затем кукушкин лен был вытеснен сфагнумом. Почему произошли эти изменения? Что произойдет с еловым лесом в дальнейшем?

8. Общее содержание углекислого газа в атмосфере Земли составляет около 1100 млрд.т. Установлено, что за один год растительность ассимилирует почти 1 млрд. тонн углерода. Примерно столько же его выделяется в атмосферу. Определите, за какое время весь углерод атмосферы пройдет через организмы.

9. ДДТ (дихлор-дифенил-трихлорэтан) – пестицид, широко применявшийся в середине XX века для борьбы с насекомыми-вредителями. Обладая высокой устойчивостью к разрушению в среде, он подвергался интенсивному смыву с поверхности почвы, попадал в пресные водоемы и моря, где накапливался в больших количествах, входя в существующие трофические цепи. ДДТ интенсивно накапливается в жировой ткани, где его концентрация может в десятки раз превышать концентрацию в мышцах. Он отрицательно влияет на обмен кальция в организме, повышая хрупкость структур, содержащих этот элемент.

В одном из исследований (Грин, Стаут, Тейлор, 1990) обнаружилось, что концентрация ДДТ в воде достигала 0,02 весовых единиц на 1 млн весовых единиц субстрата, в водных растениях – 0,04, в мелких растительоядных атериновых рыбах – 10, в хищной рыбе

саргане – 50, а в рыбацкой птице скопе (верховный хищник) – 75 весовых единиц.

Постройте пирамиду, отражающую изменение концентрации пестицида в трофической цепи и ответьте на вопросы:

1. Во сколько раз возрастает концентрация ДДТ при переходе с одного трофического на другой? Почему этот показатель изменяется неравномерно?
2. На каком трофическом уровне ДДТ, скорее всего, оказывает наибольшее влияние и почему?
3. Было замечено, что позвоночные животные чаще погибали от отравления ДДТ в период дефицита пищи. Почему?
4. Какое влияние ДДТ оказывал на такой демографический показатель, как рождаемость в популяциях рыбацких и хищных птиц?
5. Почему человечество отказалось от применения этого пестицида?

Раздел 5. Задачи ЕГЭ

1. Скорость фотосинтеза зависит от лимитирующих (ограничивающих) факторов, среди которых выделяют свет, концентрацию углекислого газа, температуру. Почему эти факторы являются лимитирующими для реакций фотосинтеза?

2. Приведите не менее 3-х факторов, которые способствуют регуляции численности волков в экосистеме.

3. В небольшом водоеме, образовавшемся после разлива реки, обнаружены следующие организмы: инфузории – туфельки, дафнии, белые планарии, большой прудовик, циклопы, гидры. Объясните, можно ли этот

водоем считать экосистемой. Приведите не менее 3-х доказательств.

4. В водной экосистеме обитают цапли, водоросли, окуни, плотва. Опишите размещение этих организмов по разным трофическим уровням в соответствии с правилом экологической пирамиды и объясните изменения, которые произойдут в экосистеме, если численность водорослей увеличится, а цапель – уменьшится.

5. В биогеоценозе леса провели обработку деревьев ядохимикатами для уничтожения комаров и мошек. Укажите не менее трех последствий воздействия этого мероприятия на биогеоценоз леса.

6. К каким изменениям в экосистеме озера может привести сокращение численности хищных рыб? Укажите не менее трех изменений.

7. Объясните, какой вред растениям наносят кислотные дожди. Приведите не менее трех причин.

8. Как повлияет на круговорот углерода на Земле сокращение численности редуцентов?

9. Найдите ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых они сделаны, объясните их.

1. В состав пищевой цепи биогеоценоза входят продуценты, консументы и редуценты. 2. Первым звеном пищевой цепи являются консументы. 3. У консументов на свету накапливается энергия, усвоенная в процессе фотосинтеза. 4. В темной фазе фотосинтеза выделяется кислород. 5. Редуценты способствуют освобождению энергии, накопленной консументами и продуцентами.

10. Найдите ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых они сделаны, объясните их.

1. Согласно В.И. Вернадскому, живое вещество – это совокупность живых организмов, существующих в данный момент, численно выраженное в весе и химическом составе. 2. Живое вещество пронизывает всю атмосферу, часть гидросферы и литосферы. 3. Живое вещество выполняет в биосфере газовую и концентрационную функции. 4. В ходе эволюции живого вещества его функции изменялись, становились более разнообразными. 5. Некоторые функции живого вещества, такие, как усвоение молекулярного азота, окисление и восстановление элементов с переменной валентностью, могут выполнять только растения. 6. Живое вещество организовано в биоценозы – живые компоненты экосистемы.

Ответы к задачам

Часть 1.

Раздел 1:

1. Ц Г Т Г А Т Т Т Т Г Г Т Г Т А
Г Ц А Ц Т А А А А Ц Ц А А Ц А Т
2. ЦАЦАУУГЦУГГЦУАУАААЦАУ; 7,14 нм.
3. А=25%; Т=25%; Г=25%; Ц=25%.
4. ААААААТЦЦТАГТ; ААААААУЦЦУАЦГУ.
5. 1120; 1120; 880; 680 нм.
6. ТЦАТГГЦТАТГААЦТАААТГЦ ; 7,14 нм.
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
АГТАЦЦГАТАЦТТГАТТТАЦГ
7. Т=15%; Г=35%; Ц=35%; 340нм.
8. 3400 нм.
9. А=26%; Т=26%; Г=24%; Ц=24%.
10. 51 нм.

Раздел 2.

1. 100.
2. 8; 8.
3. Валин, лизин, лейцин; ЦАА, ЦАГ, ЦАТ, ЦАЦ;
ААА, ААГ; АЦЦ.
4. 4200.
5. 420000
6. Ген, в 16,4 раз.
7. Г=180; Ц=180; А=270; Т=270; 153 нм.
8. 120; А=90, Т=90, Ц=270, Г=270.
9. 66.
10. 612 нм; 400; А=16,7%, У=25%, Г=50%, Ц=8,3%; 400.

Раздел 3

1. Лиз-глиц-вал-тре-асп-фен;
2. Глиц-асп-фен-про-гли; глиц-асп-лей-сер-арг;

3. ТГА – ЦГА – ТТТ – ЦАА (один из вариантов);
4. Тре-иле- лиз-вал;
5. УУУ; ГУУ; ЦАА; УГУ;
6. ААУ; ЦАЦ; ГАУ; ЦЦУ;
7. В первом, если выбитый нуклеотид стоит в начале гена;
8. Меняется триплет ЦТТ (ЦТЦ) в кодирующей цепи гена на триплет ЦАА (ЦАГ, ЦАТ, ЦАЦ);
9. Иле-тир-тре-фен-тир (один из вариантов);
10. ЦГА-ТГА-ЦАА (один из вариантов); ЦГА, ЦГГ, ЦГУ, ЦГЦ; УГА, УГГ, УГУ, УГЦ; ЦГА, ЦГГ, ЦГУ, ЦГЦ.

Раздел 4.

1. а) 28; 18; б) 142; в) 5680 кдж, в макроэргических связях; г) 84;
2. а) 7; б) 2,5; 4,5; в) 176; 7040 кдж; г) 15;
3. 5480 кдж;
4. 8400 кдж; 30.
5. 128; 14; 18;
6. Нет; 0,36.
7. 28,4 г; 0,95.
8. 15.

Раздел 5

1. А=15%; Г=35%; Ц=35%.
2. ГГТАТЦГ; 18.
3. 52,02 нм; 51.
4. А=400; Т=400; Г=350; Ц=350; 250.
5. 30; 30; 90.
6. 40; 40; 40.
7. ГГТГГЦГТЦАТ; ГГГ, УГГ, ЦГУ, ЦАУ; про-тре-ала-вал.

8. ЦАЦАААЦУЦГУА; ГУГ, УУУ, ГАГ,ЦАУ; гис-лиз-лей-вал.
9. ГТЦГААГЦАТГГГЦТ; ЦАГЦУУЦГУАЦЦЦГА; глн-лей-арг-тре-арг.
10. ЦГГАУУААУГЦЦЦГУ; лей.
11. АУГАААЦГГГУУ; ТАЦТТТГЦЦЦАА; мет-лиз-арг-вал.
12. Элементы ответа:
 - А) произойдёт генная мутация – изменится кодон третьей аминокислоты;
 - Б) в белке может произойти замена одной аминокислоты на другую, в результате изменится первичная структура белка;
 - В) могут измениться все остальные структуры белка, что повлечёт за собой появление у организма нового признака.

Часть 2.

Раздел 1.

1. AbDCE, AbDce, AbDcE, AbDce, abDCE, abDce, abDcE, abDce. Образование каждого из них равновероятно (по 12,5%).
2. Два типа гамет: AbC и aBc с равной вероятностью (по 50%).
3. Четыре типа гамет: MnP, Mnp, mnP и mnp с вероятностью 25% каждый.
4. FjH, fJh, Fjh, fJH (по 15 %); FJH, fjh, fJh, FJh (по 10 %).
5. а) Некрссоверные гаметы: Ab cd, AB CD, Ab CD, AB cd (по 20 % каждый тип); крссоверные гаметы: Ab cD, AB Cd, Ab cD, Ab Cd (по 5 %). Реально число потомков с рекомбинантными сочетаниями

генов будет несколько меньше, т.к. между генами одной хромосомы возможны также случаи двойного кроссинговера, возвращающие анализируемые гены в исходные хромосомы.

б) Некроссоверные гаметы: AB CD, ab cd, AB cd, ab CD (всего 72 %); кроссоверные типы гамет по генам AB: Ab CD, aB cd, Ab cd, aB CD (всего 8 %); кроссоверные типы гамет по генам CD: AB Cd, ab cD, AB cD, ab Cd (всего 18 %); кроссоверные типы гамет одновременно по генам CD и AB: Ab Cd, aB cD, Ab cD, aB Cd (всего 2%).

с) Некроссоверные гаметы: Ab cD, AB Cd, Ab Cd, AB cD (всего 80 %); кроссоверные гаметы: Ab CD, Ab cd, AB CD, Ab cd (всего около 20 %).

Раздел 2.

1. 25%
2. F₁: все черные, F₂: 3 доли черных: 1- красных; Fa: красных и черных примерно поровну.
3. F₁: все коричневые, F₂: 3 доли коричневых: 1- серых; Fa: 50% коричневых: 50% серых.
4. F₁: все иммунные, F₂: 3 доли иммунных: 1- больных; Fa: 50% иммунных: 50% больных.
5. Окраска определяется по типу неполного доминирования, кремовые свинки всегда гетерозиготны, поэтому при скрещиваниях между собой дают расщепление 1:2:1.
6. Признак наследуется по типу аллельного исключения. Горностаевая окраска наблюдается у гетерозигот; родителей белых и черных пород.
7. Самка 1 – Aa, самка 2 – AA, самец – aa; F: в первом случае – Aa и aa, во втором случае – Aa.

8. Вероятность рождения здоровых детей – 50%, больных - 50%
9. Доминантным геном; 50 %.

Раздел 3.

1. Ребенок первой родительской пары имеет группу крови – О (I); второй – А (II), третьей – АВ (VI), четвертой – В (III).
2. Ребенок с группой крови О – сын первой пары; ребенок с группой крови А – сын второй пары.
3. I – 50 %, II – 25 %, III – 25 %, IV – 0%.
4. Ребенок с первой группой крови – родной, со второй – приемный.

Раздел 4.

1. F_1 - все черные, комолые; F_2 : - 9 долей черных комолых, 3 доли – черных рогатых, 3 доли – красных комолых, 1 доля – красных рогатых.
2. Все гибриды F_1 – нормального роста раннеспелые; F_2 : 9 долей – раннеспелых нормального роста, 3 – раннеспелых гигантов, 3 – позднеспелых нормального роста, 1 – позднеспелых гигантов.
3. Генотип мужчины – $aaBb$, генотип первой жены – $AaBb$, генотип второй жены – $AABB$.
4. Мальчики: 3 доли – кареглазых, предрасположенных к раннему облысению, 3 доли – голубоглазых, предрасположенных к раннему облысению; 1 доля – кареглазых, с нормальными волосами, 1 доля – голубоглазых с нормальными волосами. Девочки: 3 доли – кареглазых с нормальными волосами, 3 доли – голубоглазых с нормальными волосами, 1 доля – кареглазых, предрасположенных к раннему облысению, 1 доля – голубоглазых, предрасположенных к раннему облысению.

5. Вероятность рождения ребенка с требуемым фенотипом – $3/16$.
6. F_1 : курчавые, короткошерстные, черные; F_2 : следует ожидать появления 8 фенотипических классов в соотношении: $27:9:9:9:3:3:3:1$; F_a : 8 фенотипических классов в равном соотношении.
7. Дигетерозиготы.
8. Типы гамет мужчины (Ab и ab); генотипы детей. $AaBb$, $aabb$, $aaBb$; с обеими аномалиями – 25 %; с одной – 50 %; без аномалий – 25 %.
9. Признак остистости определяется по типу полного доминирования, плотность колоса – по типу неполного доминирования. Генотипы родительских форм: $AAbb$, $aaBB$.
10. По обоим признакам имеет место моногенное наследование при полном доминировании между аллелями.
11. а) 3%; б) 0%; в) 6 %.

Раздел 5.

1. 1 доля желтых: 1 доля серых; 2 доли желтых: 1 доля серых; в первом скрещивании.
2. 50% – хохлатых, 50% – нормальных.
3. Серая окраска доминирует над черной, гомозиготы по гену серой окраски – летальны.
4. Гомозиготы по каждому из анализируемых генов летальны, что приводит к соответствующему нарушению ожидаемого расщепления ($9:3:3:1$).

Раздел 6.

1. Вероятность рождения больных мальчиков – 20 %; девочки не болеют.

2. В 50% случаев дети будут иметь ген шизофрении, однако лишь 10 % детей будут страдать данным заболеванием.
3. Вероятность, что девушка является носителем гена диабета составляет 50%; вероятность того, что она заболит с возрастом – 10 %; вероятность того, что ее дети будут иметь ген сахарного диабета (при условии, что муж здоров) – 25%, что они будут больные – 5%.
4. 55%, 15% и 0% соответственно.

Раздел 7.

1. Соотношение в F_2 составляет 9:7, что соответствует дигибриднему скрещиванию при взаимодействии генов по типу двойного рецессивного эпистаза.
2. В F_2 при анализе по одному признаку наблюдается соотношение 9:3:3:1, что происходит при взаимодействии генов по типу комплементарности; генотипы: P – AABV и aавv; F_1 – 9A_V_, 3A_vv, 3aaV_, 1aавv. Такие же результаты скрещиваний получатся, если скрестить гомозиготных желтого и голубого попугайчиков (при этом не важно какой из полов будет иметь тот или иной признак).
3. Родительские норки: AAbb и aaBB (обе платиновые), в F_2 9 коричневых к 7 платиновым.
4. Соотношение в потомстве F_2 примерно 12:3:1 (отклонения связаны с небольшой выборкой), что соответствует взаимодействию неаллельных генов по типу доминантного эпистаза, при условии, что рецессивная дигомозигота имеет специфический фенотип. Генотипы родителей: aaSS (агути), AAss (черный); S – ген-супрессор.
5. Наследование по типу доминантного эпистаза (соотношение 13:3), при этом рецессивная

дигомозигота не имеет специфического фенотипа. Генотипы P – AABV и aавv, F₁ – AaBa, F₂ – 9A₂V₂, 3A₂vв, aавv (все белые), 3aaV₂ (пурпурные).

6. Соотношение фенотипических классов 1:4:6:4:1 соответствует взаимодействию генов по типу кумулятивной полимерии при дигибридном скрещивании. Генотипы P – A₁A₁A₂A₂ и a₁a₁a₂a₂, F₁ – A₁a₁A₂a₂, F₂ – 1A₁A₁A₂A₂ (негры), 2A₁A₁A₂a₂ + 2A₁a₁A₂A₂ (темные мулаты), 4A₁a₁A₂a₂ + 1A₁A₁a₂a₂ + 1a₁a₁A₂A₂ (мулаты), 2A₁a₁a₂a₂ + 2a₁a₁A₂a₂ – (светлые мулаты), 1a₁a₁a₂a₂ (белые). Т.к. белая женщина передаст детям гены белой кожи, в таких браках негры появиться не могут.
7. Соотношение 15:1 наблюдается при взаимодействии двух генов по типу некумулятивной полимерии, появление белых проростков возможно лишь при самоопылении дигетерозиготного растения; генотип A₁a₁A₂a₂.

Раздел 8.

1. Вероятность рождения больной дочери – 0%; больного сына – 50%.
2. Все девочки будут здоровы (из них половина являются носительницами гена гемофилии). Половина мальчиков – здоровы, половина – гемофилики.
3. Мать – гетерозиготный носитель (X^HX^h). У дочери возможно появление больных гемофилией детей с вероятностью 25 % (только мальчиков), у сына вероятность рождения больных детей равна 0 (если его жена не будет носительницей гена гемофилии).
4. В первом случае все кошки будут черепаховые, все коты – желтые, во втором - равновероятно появление

черепаховых и черных кошек, черных и желтых котов. Черепаховую окраску в типичном случае кот иметь не может (т.к. является гемизиготой по анализируемому гену). Теоретически он может появиться при геномной аномалии у гетерозиготной самки (нерасхождение X-хромосом при образовании яйцеклетки), генотип $X^A X^a Y$.

5. В F_1 все самцы будут зеленые ($Z^B Z^b$), все самки – коричневые ($Z^b W$); в F_2 – половина самок коричневые ($Z^b W$), половина – зеленые ($Z^B W$); половина самцов – зеленые ($Z^B Z^b$), половина – коричневые ($Z^b Z^b$).
6. Ген дальтонизма сын может получить только с X-хромосомой от матери.
7. а) Все дети и внуки будут здоровы; б) все дочери будут больны, все мальчики – здоровы (но будут нести аллель диатеза в X-хромосоме).
8. Все мальчики будут больны, все девочки – здоровы; голландрическое наследование.
9. Ген окраски глаз сцеплен с полом, ген длины крыла – аутосомный. Родительская самка – гетерозиготна по обоим генам, самец – доминантная гемизигота по окраске глаз и гетерозигота по гену длины крыла.
10. Вероятность рождения ребенка без аномалии составляет 25 % (обязательно девочки). Дочь здорова, поэтому вероятность рождения больных внуков равна 0.
11. Вероятность рождения детей с обеими аномалиями – 11%.

Раздел 9.

1. а) нет; б) да, но для перевода данных о доле появляющихся кроссоверных потомков на расстояние между генами, процент кроссоверов

нужно умножить на 2 (т.к. половина особей, получивших кроссоверные гаметы от самки, будут нести одновременно и два доминантных аллеля от самца, и, следовательно, иметь некроссоверный фенотип).

2. Признаки частично сцеплены.

3. Растение 1: $\frac{AB}{ab}$; растение 2: $\frac{Ab}{aB}$. Частота

кроссинговера между генами – примерно 10 %.

4. а) самки: $X^{AB}X^{ab}$, $X^{ab}X^{ab}$ (по 40 %); $X^{Ab}X^{ab}$, $X^{aB}X^{ab}$ (по 10 %); самцы: $X^{AB}Y$, $X^{ab}Y$ (по 40 %), $X^{Ab}Y$, $X^{aB}Y$ (по 10 %);

б) самки: $X^{Ab}X^{AB}$, $X^{ab}X^{AB}$ (по 50%); самцы: $X^{Ab}Y$, $X^{ab}Y$ (по 50%);

в) самки: $X^{Ab}X^{Ab}$, $X^{aB}X^{Ab}$ (по 40 %); $X^{AB}X^{Ab}$, $X^{ab}X^{Ab}$ (по 10 %); самцы: $X^{Ab}Y$, $X^{aB}Y$ (по 40 %); $X^{AB}Y$, $X^{ab}Y$ (по 10 %).

Раздел 10.

1. а) 2Аа, 2А, АА, а, ААа, 0; б) 2Аа, 2а, аа, А, Ааа, 0. Триплоиды являются несбалансированными полиплоидами и почти всегда образуют лишь анеуплоидные (стерильные) гаметы.

2. 1 доля темно-розовых, 2 доли розовых, 1 доля – светло-розовых.

3. Генотипы родителей: а) АААА и аааа б) ААаа и аааа.

4. 5 долей - растения, имеющие окрашенные цветки, 1 доля – белые.

Раздел 11.

1. $F_1 - 50\%$, $F_2 - 33\%$, $F_3 - 14\%$, $F_4 - 6,6\%$.

2. Частота аллеля А – 68,5%, частота аллеля В – 31,5%; частоты генотипов: АА – 39,5%, АВ – 58%; ВВ – 2,5%.

3. Частоты генотипов: AA – 30,2%, Aa – 49,5%, aa – 20,3%.
4. а) F₁: частоты аллелей: A – 57,1%, a – 42,9%; частоты генотипов AA – 32,6%, Aa – 49%, aa – 18,4%; F₂: A – 70,7%, a – 29,3%; частоты генотипов AA – 49,9%, Aa – 41,5%, aa – 8,6%.
- б) в следующем поколении останутся только особи с генотипом aa.
5. В Казани – 31,4%; во Владивостоке – 5,3%.

Раздел 12.

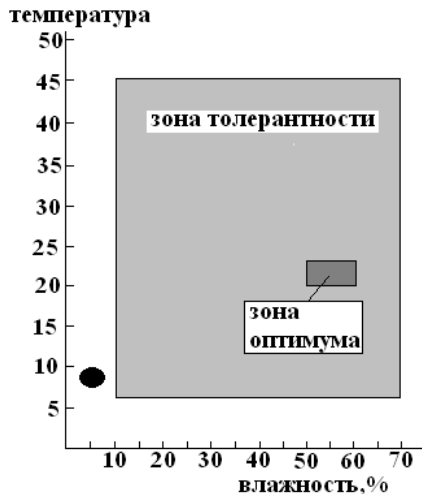
1. P – aaBB, AAbb; F₁ – AaBb – черные короткошерстные – 100%; F₂ – 1 AABB, 2 AaBB, 2 AABb, 4 AaBb, 1 aaBB, 2 aaBb, 1AAbb, 2 Aabb, 1 aabb; 9/16 черных короткошерстных, 3/16 черных длинношерстных, 3/16 коричневых короткошерстных, 1/16 коричневых длинношерстных.
2. P – AaBb, Aabb; F₁ – 1 AABb, 2 AaBb, 1 AAbb, 2 Aabb, 1 aaBb, 1 aabb; действует III закон Менделя – независимое комбинирование генов (признаков).
3. P – aaBB, Aabb; F₁ – AaBb, aaBb; F₂ – 3/8 черные с гребнем, 3/8 красные с гребнем, 1/8 черные без гребня, 1/8 красные без гребня.
4. P – AaBb, AaBb; aabb; F₁ – дети: со свободно мочкой и треугольной ямкой, свободной мочкой и гладким подбородком, сросшейся мочкой и треугольной ямкой; AABB, AaBB, AABb, AaBb, AAbb, Aabb, aaBB, aaBb.
5. P – aabb, AaBb; F₁ – AaBb, Aabb, aaBb, aabb; 25%.
6. Бабушки – AAbb, aaBB; дедушки – AABB; P – AABb, AaBB, здоровые; 0%.

7. P – aabb, AaBb; AaBb – нормальное зрение, синдром Марфана; aaBb – глаукома, синдром Марфана; aabb – глаукома, норма; Aabb – здоровый; 25%.
8. P – AABB, aaBb; F₁ – AaBB, AaBb; F₂ – 3/8 комолые красные, 3/8 комолые чалые, 1/8 рогатые красные, 1/8 рогатые чалые.
9. P – AaBb, aaBB; F₁ – AaBB, aaBB, AaBb, aaBb; 1/4 – розовые узкие, 1/4 – белые узкие, 1/4 – розовые с промежуточными листьями, 1/4 – белые с промежуточными листьями.
10. P – AABB, aabb; F₁ – AaBb; F₂ – AABB, 2 AaBb, aabb; 3/4 нормальной высоты, округлые плоды; 1/4 карликовые с овальными плодами.
11. P – AaBb, aabb; F₁ – AaBb (серое тело, нормальные крылья), aabb (черное тело, укороченные крылья), Aabb (серое тело, укороченные крылья), aaBb (черное тело, нормальные крылья); происходит кроссинговер.
12. P – AaX^DX^d, aaX^DY; F₁ – AaX^DX^D, aaX^DX^D, AaX^DX^d, aaX^DX^d, AaX^DY, aaX^DY, AaX^dY, aaX^dY; 25% (девочки).
13. Темный цвет эмали; P – X^aX^a, X^AY; F₁ – X^AX^a, X^aY.
14. P – AAx^Hx^H, aaX^HY; F₁ – AaX^Hx^h – здоровая девочка, AaX^HY – здоровый мальчик.
15. P – I^Ai⁰, I^BI^B; F₁ – I^AI^B (IV группа), I^Bi⁰ (III группа); 0%.
16. Доминантный, не сцеплен с полом; F₁ – 1, 3, 5, 6 – Aa; - 2, 4 – aa.
17. Рecessивный, сцеплен с полом; P – X^AX^a, X^AY; F₁ – X^aY.

Часть 3.

Раздел 1.

1. На одной территории не могут совместно обитать виды 1 и 2, поскольку их экологические требования к среде обитания диаметрально противоположны.
 2. Распространение вида 3 в большей степени лимитирует влажность.
 3. Вид 1 – криофильный ксеробионт, а вид 2 – термофильный гигробионт.
 4. Диапазон условий среды, обозначенный белым квадратом, лучше других видов будет переносить вид 1.
 5. Эвритермным является вид 3, а виды 1 и 2 – стенотермны.
- 2.



Для того чтобы избавиться от клещика без использования пестицидов, нужно создать условия, выходящие за пределы его толерантности (например,

- те, что обозначены на рисунке черным кружком – температура ниже 7°C и влажность воздуха ниже 10%).
3. 1. Весовая нагрузка на опорную поверхность определяет возможности лучшего передвижения животных в условиях сыпучего субстрата (песка, снега). На примере куропаток и копытных видно, что у северных животных, проводящих значительную часть времени жизни в условиях снегового покрова, этот показатель меньше, чем у тех животных, которые приспособлены к этому экологическому фактору в меньшей степени.
 2. Заяц-беляк, живущий в условиях рыхлого лесного снега, имеет меньшую весовую нагрузку, чем заяц-русак, обитающий в открытых местообитаниях, где снег уплотнен действием ветра.
 3. Хотя у рыси и лося показатели весовой нагрузки на опорную поверхность сходные, огромное значение имеет еще и длина конечности и подвижность сустава – по глубокому и рыхлому снегу лось передвигается лучше, чем рысь.
4. 1. Гомойотермное («теплокровное») животное.
 2. Птицы и большинство млекопитающих (кроме тех, которые впадают в состояние сезонной неактивности - зимнюю спячку).
 3. Пороговые значения температур (кардинальные точки); зона нормы (обычные значения температур); зона оптимальных температур (теплопродукция минимальна).
 4. Морфологические: перьевой и волосяной покров, подкожная жировая клетчатка; физиологические: деятельность потовых желез, изменение просвета капилляров кожи, интенсивный обмен веществ,

обеспечиваемый прогрессивным строением кровеносной и дыхательной систем.

5. Высокая теплопродукция в зоне от t_1 до t_2 должно обеспечить прогрев организма за счет интенсивной выработки эндогенного тепла. Повышение теплопродукции в зоне от t_3 до t_6 – в условиях перегрева организма белки-регуляторы перестают обеспечивать согласованную терморегуляцию, в результате чего температура тела резко растет, что может привести к денатурации термонестабильных белков и гибели организма.
- 5.1. В точке 1 - высокой температурой; в точке 2 – запредельно низкой влажностью; в точке 3 – крайне низкой температурой.
2. Значения температур в диапазоне от 12 до 22°C при влажности от 65 до 85%.
3. Пределы выносливости вида в отношении температур составляют от 2 до 40°C. Минимально-допустимая влажность составляет 20%, но она находится в сильной зависимости от температуры воздуха.
- 6.1. Скорость развития насекомых находится в зависимости от температуры среды обитания, подчиняясь в определенном интервале правилу Вант-Гоффа: «Скорость эндотермических химических реакций с повышением температуры на 10° увеличивается в 2-3 раза».
2. Такая же зависимость скорости развития от температуры обнаружена и у других пойкилотермных животных – ракообразных, паукообразных, рыб и амфибий.
3. При температурах, близких к минимально-пороговым, скорость реакций мала и незначительное увеличение

ее не вызывает такого существенного увеличения скорости, как при температурах в физиологически-нормальном диапазоне.

4. Поскольку катализаторами биохимических реакций в организме являются белки, при достижении предельных температур (выше 33°), скорость этих реакций начинает лавинообразно снижаться по причине денатурации белков.
- 7.1. Муравьи в качестве кормового объекта доступны пестрому дятлу лишь в весенне-летний период, причем в это время они являются массовым источником пищи. В разгар лета и осенью дятлы делают ставку на размножившихся насекомых-ксилофагов, чьих личинок добывают из-под коры деревьев. Однако, их извлечение сопряжено со значительной тратой времени и энергии, что невыгодно в зимних условиях. Поэтому в осенне-зимний период излюбленным кормом дятлов становятся поспевающие в шишках семена хвойных, на добывание которых тратится меньше времени и сил.
2. Во второй половине лета (июль-август).
3. Необходимы для обеспечения полноценными кормами растущих птенцов.
- 8.1. Характер активности песчанок определяется ходом температур.
2. В марте они активны лишь в дневное время суток, когда воздух и субстрат достаточно прогреты (максимум активности наблюдается в полдень, когда наиболее тепло). В июле, когда в пустыне слишком жарко, у песчанок наблюдается два пика активности: один – рано утром, другой – вечером. Неактивное

состояние в разгар дня (с 10 до 15 часов) связано с очень высокими дневными температурами.

3. В сентябре достаточно высокая активность песчанок удерживается на протяжении большей части светлого времени суток (с 8 до 17 часов), что связано как с более комфортными температурными условиями, так и с большим количеством корма (созревшие семена), который необходим для того, чтобы можно было запастись его для выживания на протяжении грядущей зимы.

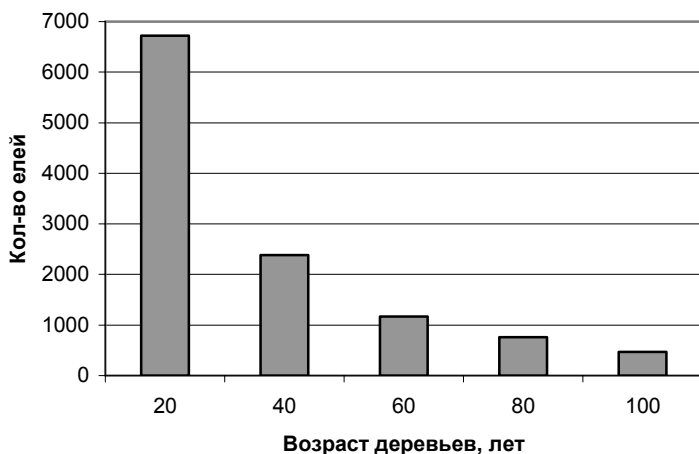
9. Менее чем через 4,5 часа.

Раздел 2.

1. Увеличилась в 1,5 раза; можно выдать 2025 лицензий на отстрел.
2. В популяции будет насчитываться 480 самок, 720 самцов и 1440 молодых.
3. 10 взрослых лещей; 99,98%.
4. На стадии от икры до малька - 80%, от малька до серебрянки – 90%, от серебрянки до взрослой стадии – 97%; общая смертность составляет 99,94%.
5. Наиболее интенсивное самоизреживание елей происходит в возрасте от 20 до 40 лет.

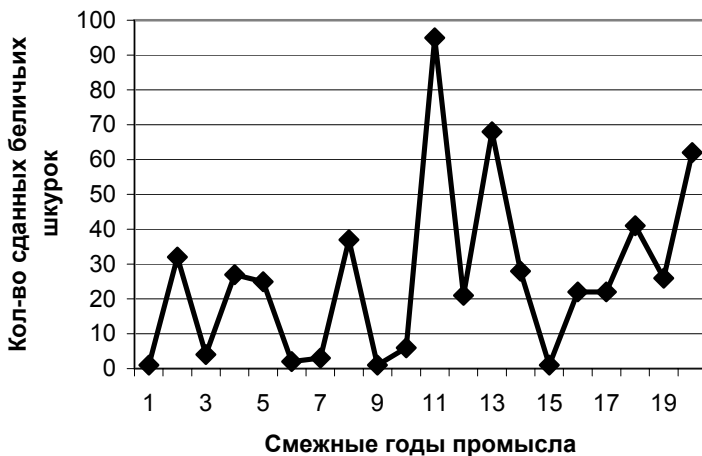
В 20-летних насаждениях на одно дерево приходится $1,5 \text{ м}^2$ площади, в 40-летних – $4,2 \text{ м}^2$, в 60-летних – $8,6 \text{ м}^2$, в 80-летних – $13,2 \text{ м}^2$, в 120-летних – $21,5 \text{ м}^2$. Заранее снижать плотность посадки деревьев до уровня, соответствующего зрелому лесу не стоит, поскольку совместное выживание густых молодых посадок более вероятно, чем отдельных деревьев. Кроме того, это в дальнейшем обеспечит

преимущественное выживание наиболее приспособленных особей.



1. На начальном этапе формирования группы (в первые сутки) – в это время происходит определение социального статуса особей в составе группы, наблюдается высокий уровень межсамцовой агрессии.
2. Более высокий уровень стресса субдоминантных особей по сравнению с доминантами до начала эксперимента и сразу после его окончания определяется более высоким уровнем их «социальных амбиций» и невозможностью их удовлетворения.
3. Чем дальше начальный социальный статус особи от доминантного уровня, тем выше интенсивность стресс-реакции, поскольку на социально-подчиненных особях проявляется вся полнота агрессии как доминантов, так и субдоминантов. Часть подчиненных особей в условиях такого жесточайшего стресса гибнет в результате шоковой болезни.

7.



У маньчжурской белки наблюдаются регулярные колебания численности с периодом в 2-3 года, определяемые изменениями урожайности и качественного состава кормового ресурса («кедровых орешков») и, в меньшей степени, влиянием на этот показатель хищников. Поскольку период колебаний не строго постоянен, быть уверенным в точности прогнозов нельзя, однако прогноз на год вперед будет более точным, чем на 10 лет вперед.

8. Примерно 4230 особей.

9.

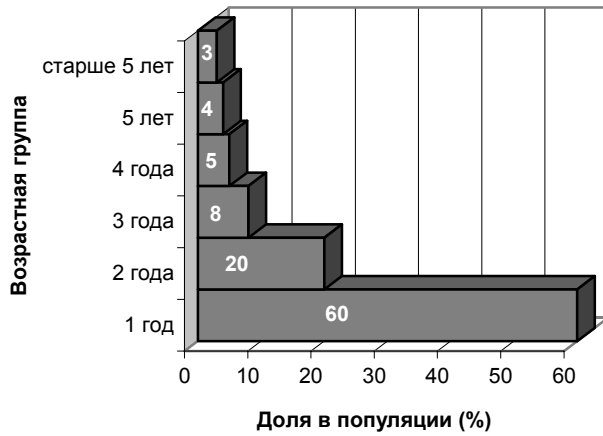


Рис.1. Возрастная пирамида популяции до гнездования

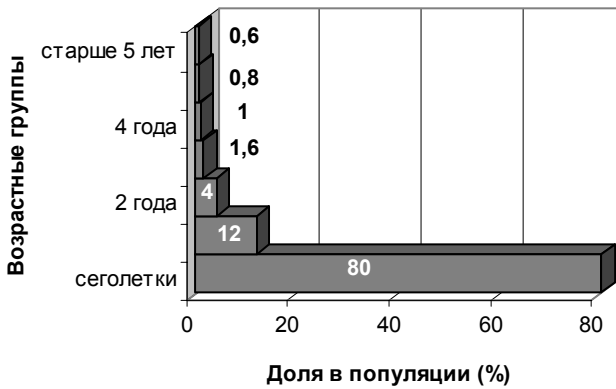
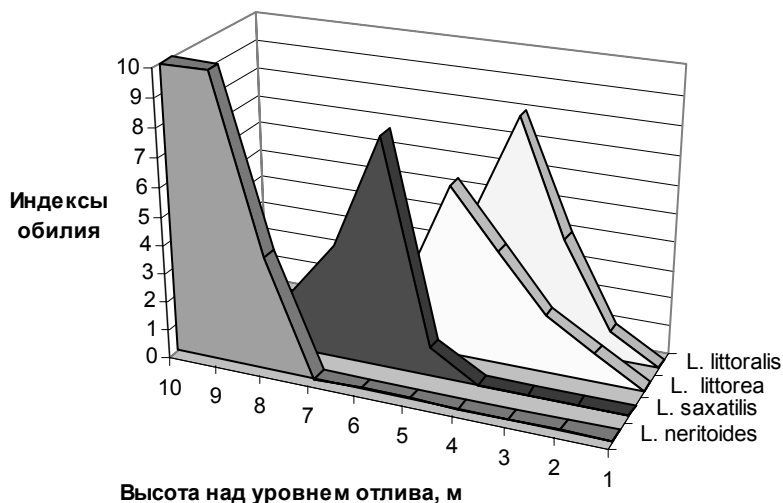


Рис.2. Возрастная пирамида популяции после гнездования

Раздел 3.

1. Таблица иллюстрирует сукцессионное развитие сообщества, при котором пионерные виды постепенно в ходе межвидовой конкуренции за солнечный свет уступают место видам, характеризующим климакс-сообщество. Береза желтая – типичный светолюбивый *r*-стратег, а бук – теневыносливый *k*-стратег.
2. Данные виды птиц привержены к биотопически различным участкам леса: лесной конек - гнездящийся на земле опушечный вид; овсянка гнездится на земле, но обитает на зарастающих опушках с небольшим еловым подростом; зарянка характерна для полновозрастных участков смешанного и темнохвойного леса с дуплистыми деревьями, выворотнями и участками валежника. В ходе восстановительной сукцессии условия для гнездования этих видов птиц меняются: для видов опушечного орнитокомплекса более выгодными оказываются ранние стадии сукцессии, а для типичных лесных видов – более поздние стадии.
3. Биотопическое распределение литорин характеризуется следующими особенностями: *L. neritoides* в наибольшей степени приурочена к экологической зоне брызг и реже встречается в верхней части береговой зоны. *L. saxatilis* наиболее обычна на границе верхней и средней частей береговой зоны, а *L. littorea*, как и *L. littoralis* наиболее обычны в средней и нижней частях берега. Именно между этими двумя видами в силу их сходного пространственного размещения, вероятнее всего, существует наиболее острая конкуренция.



4. Различия между соотношением пород деревьев в древостое и их соотношением в бобровой лесосеке отражает избирательность использования их коры бобрами. Бобры практически игнорируют смолистые хвойные породы, даже в том случае, если они составляют значительную часть деревьев лесного участка (сосна). Доля лиственных пород деревьев в бобровой лесосеке выше доли этих видов в составе древостоя, что свидетельствует о том, что они явно предпочитают бобрами. Излюбленными кормовыми объектами бобров являются береза и осина.
5. При температуре от 16 до 20°C и влажности не ниже 12% будет побеждать *Calandra oryzae*, а при температуре от 26 до 36°C и влажности 9-10% будет побеждать *Rhizopertha dominica*. Для того, чтобы

избавиться, от обоих видов мучных хрущаков – вредителей муки, необходимо поддерживать минимальный уровень её влажности, при достаточно высокой (выше 40°C) или низкой (ниже 14°C) температуре.

6. Весенний подъем численности дафнии обусловлен улучшением температурных условий жизни (прогревание воды), последующее летнее снижение численности – прессом хищника (лептодоры), который выедает дафний быстрее, чем они размножаются. В августе снижается рождаемость и дафний (максимум влияния хищника) и лептодоры (ухудшение кормовой базы и снижение температуры воды). Второй пик численности дафний (сентябрь-октябрь) обусловлен низкой численностью хищника и ещё приемлемыми температурными условиями.
7. 1. Межвидовая конкуренция. 2. Кораллы. 3. Узкие специалисты – *C. pennaceus* и *C. abbreviatus*; широкий универсал – *C. lividus*. 4. *C. abbreviatus*. 5. Удалось избежать конкуренции в питании *C. pennaceus* (более никто из конусов другими видами улиток не питается).
8. Эти результаты иллюстрируют закономерности снижения видового богатства животных в условиях агроценозов при одновременном увеличении численности адаптировавшихся видов. В агроценозе наблюдается 2,5-кратное снижение видового богатства насекомых, при значительном повышении численности адаптировавшихся видов. Количество доминантных видов сообщества в агроценозе сокращается в 2 раза, а их численность одновременно увеличивается в 3 раза. Доля доминантных видов также возрастает почти в 2

раза. Адаптировавшиеся виды насекомых являются вредителями сельского хозяйства.

9. По данным таблицы видно, что самцы обыкновенных полевков оказываются в 2 раза чаще заражены паразитическими червями, чем самки; причем в добыче канюков зараженные особи полевков (и самцы, и самки) встречаются значительно чаще, чем в самой популяции, что свидетельствует об их большей уязвимости для хищников. То же самое наблюдается в отношении особей, имеющих патологические изменения внутренних органов – особи с патологиями в добыче канюков встречаются чаще. Патологические изменения органов часто наблюдаются у нетерриториальных или социально-подчиненных особей в результате высокой частоты стресс-ситуаций. Такие особи с большей вероятностью становятся жертвами хищников, что способствует лучшей адаптированности популяции полевков в целом.

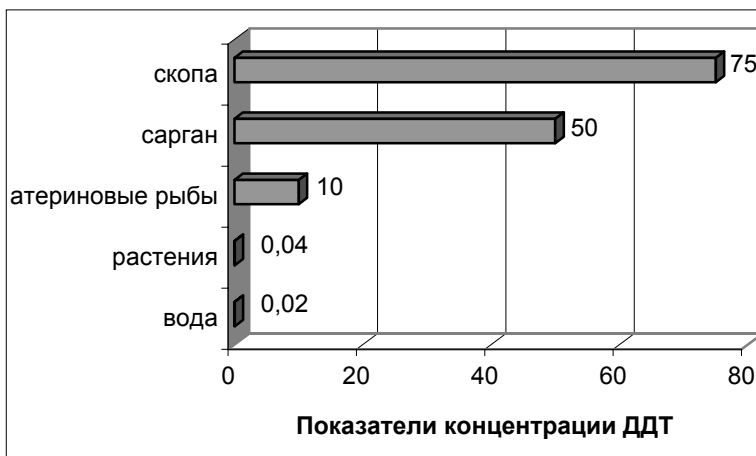
Раздел 4.

1. Ширина столбика биомассы - 182 мм (18,2 см), энергии – 1795 мм (1 м 79,5 см). КПД продуктивности коров 7,99%, КПД передачи энергии мальчику 0,7%; более 6,2 млрд кал солнечной энергии.
2. Эффективность связывания энергии фитопланктоном – 0,03%, передачи энергии зоопланктону – 44%, КПД передачи энергии рыбам – 0,01%
3. 100 тонн
4. 15000 тонн
5. 70 г насекомых; 700 г растений.
6. 75 кг

7. Повысился уровень грунтовых вод, началось заболачивание территории, сопровождающееся соответствующей сменой состава растительности (мезофиты уступили место гигрофитам); в дальнейшем этот участок превратится в болото, поскольку сфагнум способствует еще большей аккумуляции воды.

8. 300 лет.

9. 1. При переходе ДДТ из воды в тела водных растений - в 2 раза, из растений в тела растительноядных атериновых рыб - в 250 раз, в тело саргана - в 5 раз, из тела саргана в тело скопы - в 1,5 раза; поскольку ДДТ накапливается в жировой ткани, концентрация более значительно увеличивается в телах животных и весьма незначительно в растительных организмах.



2. На верхних трофических уровнях, поскольку здесь его концентрации в тканях наиболее высоки.

3. При дефиците пищи идет использование жировых запасов с соответствующим извлечением ДДТ и его вовлечением в биохимические реакции.
4. Рождаемость снижалась, так как ДДТ повышает хрупкость содержащих кальций структур, это вызывает исключительную тонкость и ломкость скорлупы яиц рыбадных птиц.
5. ДДТ является глобальным загрязнителем и сильнейшим экоцидом, вызывающим цепь негативных последствий на различных трофических уровнях биоценозов и отрицательно влияющим на здоровье людей.

Раздел 5.

1. Свет – необходимое условие для световых реакций фотосинтеза, при его недостатке интенсивность фотосинтеза снижается; углекислый газ необходим для синтеза глюкозы, при его недостатке снижается синтез; все реакции фотосинтеза осуществляются при участии ферментов, активность которых зависит от температуры.
2. Состояние кормовой базы (численность травоядных животных); число паразитических и болезнетворных организмов; внутривидовая конкуренция и истребление человеком.
3. Названный временный водоем нельзя назвать экосистемой, так как в нем: отсутствуют продуценты, отсутствуют редуценты, отсутствует замкнутый круговорот веществ и нарушены цепи питания.
4. Трофические уровни пирамиды: 1-й – водоросли, 2-й – плотва, 3-й – окуни, 4-й – цапли; увеличится численность плотвы, питающейся водорослями;

- увеличится численность окуней, так как у них станет больше пищи (плотвы) и меньше врагов (цапли).
5. Сократилась численность не только кровососущих насекомых, но и насекомых опылителей растений; уничтожение насекомых вызвало снижение численности насекомоядных птиц; сократилась численность насекомоопыляемых травянистых растений.
 6. К увеличению численность растительноядных организмов; к уменьшению численности растений, к последующему снижению численность растительноядных организмов вследствие нехватки корма и распространению заболеваний.
 7. Непосредственно повреждают органы и ткани растений; загрязняют почву, уменьшают плодородие; понижают продуктивность растений.
 8. Уменьшится скорость разложения органических веществ; сократится поступление углекислого газа и его содержание в атмосфере; уменьшение количества углекислого газа и его в атмосфере приведет к нарушению интенсивности фотосинтеза и уменьшению биомассы живого вещества.
 9. 2 – первым звеном являются продуценты; 3- консументы не способны к фотосинтезу; 4- кислород выделяется в световой фазе фотосинтеза.
 10. 2 – живое вещество принижывает всю гидросферу, но только часть атмосферы и литосферы; 4 – функции живого вещества не изменялись; 5 – функции усвоения молекулярного азота, окисления элементов с переменной валентностью способны выполнять только бактерии.

Список литературы

1. Адельшина, Г.А., Адельшин, Ф.К. Генетика в задачах: Учебное пособие по курсу биологии. / Г.А. Адельшина, Ф.К. Адельшин. - М.: «Глобус», 2009. -
2. Барабанщиков, Б.И. Сборник задач по генетике. Учебно-методическое пособие / Б.И.Барабанщиков, Е.А. Сапаев. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1988. – 192 с.
3. Вагги, К.В. Руководство к практическим занятиям по генетике / К.В. Вагги, М.М. Тихомирова. – М.: Просвещение, 1979. – 190 с.
4. Грин, Н. Биология: в 3-х т. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор. – М.: Мир, 1990.
5. Гуляев, Г.В. Задачник по генетике. 2-е изд., перераб. / Г.В. Гуляев. – М.: Колос. – 78 с.
6. Жигарев, И.А. Основы экологии. 10 (11) класс: Сборник задач, упражнений и практических работ к учебнику под ред. Н.М. Черновой «Основы экологии. 10 (11) класс» / И.А. Жигарев, О.Н. Пономарева, Н.М. Чернова. – 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2002. – 208 с.
7. Жимулев, И. Ф. Общая и молекулярная генетика / И. Ф. Жимулев. – Новосибирск: Сибирское университетское изд-во., 2006. – 479 с.
8. Задачи по биологии: в помощь абитуриенту УдГУ / Сост. В.А. Матанцев, Т.Г. Рысьева. – Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 2004. – 44 с.
9. Инге-Вечтомов, С.Г. Генетика с основами селекции: учеб. для биол. спец. ун-тов / Инге-Вечтомов С.Г. – М.: Высш.шк., 1989. – 591 с.

10. Молекулярная генетика. Методические разработки для учащихся биологического отделения ВЗМШ АПН СССР при МГУ. Ч.1. / Сост. В.В. Алешин и др. – М., 1987. – 44 с.
11. Муртазин, Г.М. Задачи и упражнения по общей биологии. / Г.М. Муртазин. - М.: Просвещение, 1981. – 270с.
12. Почти 200 задач по генетике / Сост. М.Б. Беркинблит и др. – М.: Мирос, 1992. – 120 с.
13. Сборник задач и упражнений по генетике (для самостоятельной работы студентов I курса) / Под ред. В.А. Глумовой. – Ижевск, 1990. – 25 С.
14. Соколовская, Б.Х. Сто задач по генетике и молекулярной биологии. / Б.Х. Соколовская. – Новосибирск.: "Наука", 1971. – 126 с.
15. Топорина, Н.А. Генетика человека: Практикум для вузов / Н.А.Топорина, Н.С. Стволинская. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 96 с.
16. Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий по генетике / Сост. С.В.Дедюхин. – Ижевск, 2009. – 96 с.
17. Учебно-методическое пособие для самостоятельной подготовки студентов I курса к лабораторным занятиям по разделу "Генетика" / Сост. В.А. Глумова. – Ижевск, 1981. – 86 с.
18. Чернова, Н.М. Основы экологии: Учеб. для 10 (11) кл. общеобразоват. учеб. заведений / Н.М. Чернова, В.М. Галушин, В.М. Константинов; Под ред. Н.М. Черновой. – 5-е изд., дораб. – М.: Дрофа, 2001. – 304 с.
19. Черных, И.С. Методика решения задач по генетике и селекции. Учебное пособие / И.С. Черных. – Тула, 1980. – 76 с.

20. <http://bio.1september.ru/articles/2009/06/11>
21. <http://e-science.ru/forum/>
22. <http://www.extern90.ru/upload/File/biology/zmb.doc>
23. http://triz-ekida.narod.ru/2009_10/konkurs/zadania
24. http://window.edu.ru/window_catalog/files/r62548/olimpeco2005.pdf

Составители
Рысьева Т.Г., Дедюхин С.В., Тюлькин Ю.А.

ЗАДАЧИ ПО БИОЛОГИИ
Задачник

Отпечатано в авторской редакции
с оригинал – макета заказчика

Подписано в печать Формат
Усл. печ. л. Уч. – изд. л.
Тираж 50 экз. Заказ №

Издательство «Удмуртский университет»
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп.4.