

Ответы на вопросы второго этапа Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба" по биологии, 9 класс, 2020 г.

Максимальное количество баллов — 100.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

Внимательно прочитайте текст задания. Найдите ошибки, допущенные при постановке эксперимента и интерпретации его результатов. Перечислите их и объясните, почему Вы считаете, что это ошибки. Для каждой ошибки объясните, как нужно было действовать, чтобы получить достоверный ответ на поставленный ребятами вопрос.

В конце второй четверти школьники 3 класса узнали, что вес рюкзака с учебниками должен составлять не более 10 % от веса ученика, и решили проверить, соответствует ли вес их рюкзаков с учебниками этой норме.

Одному из ребят разрешили принести из дома механические напольные весы. Весы были рассчитаны на максимальный вес 100 кг и имели шкалу с сотней делений, поэтому ребята спокойно использовали их, не опасаясь испортить слишком большим весом. В классе было 30 человек. Взвешивание произвели во вторник, на выходе из школы, когда уроки уже закончились, и ребята шли домой. Из-за сильного сквозняка взвешивались в куртках; чтобы не испачкать весы сапогами, на них положили лист бумаги.

Если вес рюкзака превышал десятую часть веса школьника более, чем на 5%, его считали превысившим норму. Оказалось, что у 12 ребят вес рюкзаков был выше нормы. По результатам ребята сделали доклад на школьной конференции, где сообщили, что вес рюкзаков 60% учеников их класса соответствует норме, а вес рюкзаков 40% учеников превышает норму, что приводит к ежедневным перегрузкам.

Ответ и критерии оценки.

При постановке эксперимента были допущены следующие ошибки:

1. При взвешивании необходимо было снять тяжелую одежду, чтобы уменьшить ошибку измерения.
2. Исследовательские работы, подобные описанной в вопросе, действительно проводились школьниками. Благодаря им известно, что вес рюкзака в разные дни недели может быть очень разным, отличаясь даже в два и более раз. Ученики из нашей задачи взвешивали каждый рюкзак только один раз. Это значит, что те, чьи рюкзаки в этот день оказались легкими, в другие дни могли носить более тяжелые рюкзаки, превышающие норму, и это не было никак зафиксировано. Точно так же те, чьи рюкзаки оказались слишком тяжелыми, в другие дни могли носить рюкзаки с нормальным весом. Следовательно, вывод о том, что у 60% ребят рюкзаки соответствуют норме, недостоверный и скорее всего не соответствует действительности, равно как и вывод о том, что 40% школьников

подвергаются ежедневным перегрузкам. Ребятам следовало проводить взвешивания рюкзаков каждый день в течение хотя бы недели.

3. Точность механических напольных весов обычно составляет 0,5-1 кг. В случаях, когда это специально не указано, погрешность измерения принимают равной половине цены деления. В данном случае цена деления весов составляла 1 кг, следовательно, погрешность измерения составляла 0,5 кг. Если для веса учеников это не очень существенно, то для веса рюкзаков весьма важно. Так, для рюкзаков весом 2-4 кг погрешность измерения составит 12-25%. Эта величина намного превышает принятое ребятами значение 5%, что делает их результаты недостоверными. Например, если вес ученика составляет 30 кг, то максимальный вес рюкзака в соответствии с нормой - 3 кг. Максимально возможное допустимое отклонение в 5% составляет 150 г. В то же время при взвешивании рюкзака массой 3 кг ошибка составит 500 г (~17%). Таким образом, даже если рюкзак идеально соответствует норме, он с высокой долей вероятности может быть отнесен как к легким, так и к превышающим норму. Для взвешивания рюкзаков ребятам следовало пользоваться более точными весами.

За каждую из версий №1-3 начислялся 1 б. за указание ошибки, 1б. за понятное объяснение, почему автор ответа считает ее ошибкой, 1 б. за описание, как нужно было действовать правильно. За биологические и логические ошибки в пределах каждой версии снимали до двух баллов.

Также засчитывали соображения о том, что проводить взвешивание на выходе из школы плохо: там холодно и можно заболеть, а из-за возможных неровностей поверхности и низкой температуры могут хуже работать весы (2 б.). Механические весы не отличаются высокой точностью, поэтому каждое взвешивание следовало повторять несколько раз, вычисляя затем среднее значение (2 б.). Весы не были проверены на точность, поэтому перед началом работы их следовало откалибровать и не лишним было проверять в промежутках между взвешиваниями (1б.).

Еще одна разумная, хотя трудновыполнимая в условиях нашего эксперимента деталь: опыт не был слепым. То есть ученики знали нормативы и в случае пограничных значений могли неосознанно подгонять данные под нужную им категорию. Более точные данные были бы получены, если бы ученики, выполнявшие взвешивания, не знали значений нормативов (1 б.)

Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Наиболее часто встречающимися избыточными и/или ошибочными вариантами были предложение взвешиваться несколько раз в течение дня и опасения, что лист бумаги на весах мог исказить результаты эксперимента.

Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

Для определения объема крови животного зоологами часто используется метод разведения метки.

В исследуемый организм вводят некоторое известное количество окрашенного вещества. По истечении времени, необходимого для равномерного распределения этого вещества по объему крови животного, измеряют его концентрацию.

Вещество А, используемое в качестве метки при исследовании, удаляется из крови посредством почечной фильтрации, происходящей с некоторой постоянной интенсивностью, при этом данное вещество не подвергается реабсорбции в нефронах. После введения 0,015 г вещества А животному ученый наблюдал следующие результаты:

Время после введения метки, мин.	Концентрация вещества в плазме, мг/л
10	37,5
20	18,75
30	9,4

Вычислите объем крови животного, учитывая данные таблицы, если объем плазмы составляет 53% от объема крови. Временем распределения введенного красителя по телу животного можно пренебречь.

Решение и критерии оценки

1) Исходя из значений, приведенных в таблице, можно установить зависимость между концентрацией вещества и временем после его введения: за каждые 10 минут содержание красителя в крови уменьшается в 2 раза. Таким образом, в момент введения

$$C = 37,5 \cdot 2 = 75 \text{ мг/л.}$$

3 б. за однозначные и понятные объяснения. За неясные объяснения даже при верном расчете оценка снижается.

2 б. за верный расчет на основе выявленной закономерности. (0 б. в случае арифметической ошибки; неверное округление на любом этапе решения также является арифметической ошибкой.)

2) Массу растворенного вещества можно посчитать, умножив концентрацию этого вещества в растворе на его объем: $m = C \cdot V$. Выразим из данного равенства объем: $V = m / C$. Затем приведем все числовые данные к одной размерности (г/л) и произведем вычисления: $V = 0,015 \text{ г} / 0,075 \text{ г/л} = 0,2 \text{ л} = 200 \text{ мл}$.

1 б. за формулу, 2 б. за верный расчет

3) Учитывая, что плазма составляет 53% от объема крови, находим объем крови:
 $V_{\text{крови}} = V_{\text{плазмы}} / C_{\text{плазмы в крови}}$.

$$0,2/0,53 = 0,377 \text{ л} = 377 \text{ мл}$$

1 б. за формулу, 2 б. за верный расчет

В случае, если в первом пункте неверно определена начальная концентрация метки, за задание не может быть получено более 5 баллов.

Задание №3 (11 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

Титин - самый большой среди мономерных белков человека. Он поддерживает эластичность мышц и служит матрицей для сборки белков саркомера. В организме взрослого человека содержится в среднем 0,5 кг титина. Молекулярная масса титина составляет 3 994,54 кДа.

Гены эукариот имеют мозаичную структуру: кодирующие участки (экзоны) чередуются с некодирующими (интронами). В ходе транскрипции интроны вырезаются и затем разрушаются, а экзоны соединяются вместе и образуют зрелую иРНК. Ген титина содержит самое большое число экзонов (363), а его название в соответствии с номенклатурой ИЮПАК состоит из 189 819 букв и является самым длинным словом в мире. Какова длина гена титина, если его экзоны составляют 37% от полной последовательности гена? Длиной некодирующих частей иРНК титина пренебречь. Ответ выразите в миллиметрах.

Справочная информация. Средняя масса аминокислотного остатка в белке составляет 110 Да; средняя масса нуклеотида ДНК составляет 345 Да; размер отрезка ДНК длиной 10 пар нуклеотидов составляет 34 ангстрем; 1 ангстрем = 10^{-10} м. Термин "дальтон (Да)" - это синоним термина "атомная единица массы".

Решение.

- $3994540/110 = 36314$ аминокислот в титине.
- $36314 * 3 = 108942$ нуклеотида - размер кодирующей последовательности иРНК.
- $108942/0,37 = 294437, 8 = 294438$ н. - полная длина гена, выраженная в нуклеотидах
- $300446/10 * 34 = 101089,2$ ангстрем - полная длина гена, выраженная в ангстремах
- $1001089,2 \text{ ангстрем} * 10^{-7} = 0,1 \text{ мм}$ - полная длина гена, выраженная в мм

Ответ: длина гена титина составляет 0,1 мм

Критерий оценки

- 2б. – за правильный расчёт числа аминокислот в титине (в том числе 1б. – за правильный ход решения (наличие формулы)).
- 3б. – за правильный расчёт числа нуклеотидов кодирующей последовательности иРНК. (в том числе 1б. – за правильный ход решения (наличие формулы)).

Всероссийская олимпиада школьников "Высшая проба" 2020, 2 этап

3. 3б. – за правильный расчёт числа нуклеотидов в гене с учётом интронов (в том числе 1б. – за правильный ход решения (наличие формулы)).
4. 2б. – за правильный расчёт длины гена, выраженной в ангстремах (в том числе 1б. – за правильный ход решения (наличие формулы)).
5. 1б. – за правильный ответ, выраженный в миллиметрах.

За каждую биологическую ошибку снимается 2 б. (только в пределах одного пункта решения).

В случае, если за первый пункт не выставлено ни одного балла, всё задание оценивается в 0 б.

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий..

Иммунная система человека способна решать уникальную задачу - распознавать и уничтожать зараженные вирусами клетки до того, как вирусы покинут их. Практически все клетки организма имеют в своей наружной мембране рецепторы - белки главного комплекса гистосовместимости I (major histocompatibility complex I, МНСI).

Белки МНСI умеют связывать и презентовать (показывать) на внешней мембране клетки короткие пептиды, образовавшиеся внутри клетки. Однако каким образом внутриклеточные белки попадают на поверхность клеток? Дело в том, что в клетке существуют большие комплексы - протеасомы, разрезающие уже не нужные клетке или неправильно свернутые белки на короткие пептиды. И эти короткие "обрезки" белков связываются с МНСI и через ЭПР транспортируются к плазматической мембране. Обычно МНСI заполнены фрагментами собственных белков клетки. Однако если клетка заражена вирусом и синтезирует вирусные белки, то они также подвергаются разрушению в протеасомах и попадают с МНСI на поверхность клетки.

Таким образом, клетки организма все время показывают, какие белки они синтезируют внутри себя. Но кому они это показывают? Постоянное сканирование комплексов МНСI осуществляет отдельный класс Т-лимфоцитов, называемых цитотоксическими Т-лимфоцитами или Т-киллерами. Они, как дозорный отряд, обходят все клетки организма, проверяя, нет ли среди выставленных ими на МНСI кусочков чужеродных белков.

Т-киллеры имеют на мембране антиген-распознающий рецептор, который состоит из двух функциональных частей: белок-рецептор CD8, который узнает МНСI и присоединяется к нему, и Т-клеточный рецептор - специфичный иммуноглобулин. Таким образом, происходят одновременно два процесса: связывание CD8 с МНСI и распознавание иммуноглобулиновым Т-клеточным рецептором пептида, презентованного МНСI. Это явление получило название «двойного распознавания», а за его открытие была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине 1996 года.

Имуноглобулины имеют переменную часть, способную связываться с различными антигенами. Каждый Т-киллер в процессе своего развития приобретает способность синтезировать только один вариант иммуноглобулина, входящего в состав антиген-

распознающего рецептора и распознавать только один антиген. Таким образом, каждый Т-киллер проверяет встречающиеся ему клетки своим собственным вариантом Т-клеточного рецептора. В организме существует настолько много Т-киллеров с антиген-распознающими рецепторами, что они способны опознать практически любой фрагмент любого чужеродного белка.

Когда Т-киллер обнаруживает клетку, которая презентует фрагмент чужеродного белка в комплексе с МНСI, то он запускает механизм убийства этой клетки. Таким образом, зараженная клетка не успеет сделать много новых вирусов. Этот механизм срабатывает для защиты организма от вирусов и внутриклеточных бактериальных инфекций.

Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите их в таблицу к вопросу №4 в бланке ответов.

1. Распознавание Т-киллером зараженной вирусом клетки – это сложный многоступенчатый процесс. Расположите события в правильной последовательности:

А. Синтез вирусного белка – связывание белка с МНСI – разрушение его в протеасоме на пептиды - транспортировка на мембрану клетки в комплексе с МНСI – связывание МНСI с CD8 рецептором – распознавание пептида иммуноглобулином антиген-распознающего рецептора Т-киллера – запуск механизма убийства этой клетки

Б. Синтез вирусного белка – связывание белка с МНСI – разрушение его в протеасоме на пептиды - транспортировка на мембрану клетки в комплексе с МНСI – распознавание пептида иммуноглобулином антиген-распознающего рецептора Т-киллера - связывание МНСI с CD8 Т-клеточного рецептора — запуск механизма убийства этой клетки

В. Синтез вирусного белка – разрушение его в протеасоме на пептиды - связывание пептида с МНСI – транспортировка на мембрану клетки в комплексе с МНСI – связывание МНСI с CD8 рецептором Т-киллера – распознавание пептида иммуноглобулином антиген-распознающего рецептора Т-киллера – запуск механизма убийства этой клетки

Г. Синтез вирусного белка – связывание пептида с МНСI - разрушение его в протеасоме на пептиды – транспортировка на мембрану клетки в комплексе с МНСI – распознавание пептида иммуноглобулином антиген-распознающего рецептора Т-киллера - связывание МНСI с CD8 Т-клеточного рецептора — запуск механизма убийства этой клетки

2. Если клетка печени заражена вирусом гепатита В, и фрагмент его капсидного белка презентуется на МНСI, то:

А. Большинство Т-киллеров не опознают этот сигнал, т.к. иммуноглобулиновая часть их антиген-распознающего рецептора не связывается с этим пептидом.

Б. Любой Т-киллер узнает чужеродный белок и убьет эту зараженную клетку

В. Любой Т-киллер с нормальным антиген-распознающим рецептором может опознать и убить такую клетку при наличии в крови антител к вирусу гепатита В.

3. Если пораженная вирусом клетка вообще утратила МНСІ на мембране, то:

А. Эту клетку может убить любой Т-киллер.

Б. Эту клетку может распознать только тот Т-киллер, антиген-распознающий рецептор которого узнает презентованные на мембране фрагменты вирусных белков.

В. Ни один Т-киллер не способен опознать эту клетку.

4. Выберите те структуры, которые могут взаимодействовать с МНСІ.

А. CD8 рецепторы.

Б. Короткие фрагменты вирусных белков из протеасом.

В. Короткие фрагменты капсидных белков в плазме крови.

Г. Короткие фрагменты собственных белков клетки из протеасом.

Д. Растворимые антитела, которые вырабатывают В-лимфоциты.

5. Из перечисленных заболеваний и ситуации, направленной на предотвращение заболевания, выберите случаи, при которых иммунный ответ включает в себя работу Т-киллеров:

А. Грипп

Б. Краснуха

В. Дизентерия

Г. Прививка от столбняка

Ответ.

№1. В

№2. А.

№3. В

№4. А, Б, Г

№5. А, Б

Критерий оценки.

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания. №1-№5 3 б. за задание.

ВАЖНО! В ответах к заданиям №5-№7 приведен исчерпывающий список правильных ответов, приведенных в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.

Задание №5 (15 баллов). У хищных растений имеется большое количество различных приспособлений к такому необычному способу питания. Приведите примеры морфологических, физиологических и биохимических адаптаций, которые помогают им ловить и переваривать животных.

Ответ

Хищные растения – разнообразная по видовому составу (более 600 видов!) и довольно многочисленная сборная группа цветковых растений, принадлежащих почти к двум десяткам различных семейств. В дополнение к автотрофному питанию эти растения используют пойманных и переработанных животных как дополнительный источник азота, а также фосфора, калия и некоторых органических веществ. Это преимущественно многолетние травянистые растения, но встречаются и небольшие кустарники и даже лианы.

Рассмотрим некоторые примеры адаптаций хищных растений.

Морфологические адаптации

У хищных растений есть ловушки для поимки насекомых и других мелких животных. Можно выделить несколько типов ловушек, которые представляют собой видоизменения листьев:

1. Ловчие листья в форме кувшинов, часто на внутренней поверхности стенок есть выросты, которые не дают насекомому выбраться из ловушки, как у непентеса.
2. Листья, которые смыкаются в виде капканов, как у венериной мухоловки.
3. Липкие ловушки, как у росолита.
4. Засасывающие ловушки, как у водного растения пузырчатки, когда мелкое животное засасывается в пустую камеру-ловушку с током воды.

5. Отдельно стоит отметить возникновение различных шипов для удержания насекомых и препятствования возможности вылезти из ловушки.

Физиологические адаптации

1. У многих хищных растений на листьях - ловушках есть механорецепторы. Так как возможно случайное раздражение их, например, ветром, попаданием неорганических частиц, то обычно электрический сигнал возникает только после нескольких прикосновений подряд. Передача раздражения может идти как химическим путем за счет гормона ауксина, так и электрическим. У растений нет нервной системы и рефлексов, однако потенциалы действия возникают и оказывают влияние на различные процессы. В частности, у

хищных растений они вызывают перераспределения жидкости в клетках ловчих листьев, что вызывает захлопывание ловушки (например, у венериной мухоловки) и стимулируют синтез пищеварительных ферментов и их экзоцитоз у специализированных клеток.

Отдельно стоит упомянуть т. н. паранасекомоядные растения, которые привлекают животных, но используют в качестве дополнительного источника азота не самих животных, а их помёт.

Биохимические адаптации

1. Многие хищные растения для привлечения животных используют запах.
2. Окраска ловушек может быть привлекательной, похожей на яркие плоды или цветы.
3. Растение может секретировать сладкие выделения на поверхности ловушек.
4. Хищные растения выделяют специальную слизь, фиксирующую мелких насекомых или препятствующую возможности вылезти из ловушки.
5. Для переваривания пойманной добычи растения секретировать пищеварительные ферменты (хитиназы, протеазы и др.), а также органические кислоты.

Критерии оценки:

2 б. за правильную версию, но не более 15 б. за ответ, если число версий превышает 7.

Задание №6 (18 баллов). Для чего птицы могут использовать собственные перья? Если можете, для каждого варианта ответа приведите по одному примеру.

Ответ

Чаще всего птичьи перья находятся на своём «законном» месте, то есть прикреплены к коже, снабжены кровеносными сосудами и нервными окончаниями. В таком случае птица может использовать собственные перья многими способами. Разделим их на несколько категорий. Первая из них – защита.

1. Между перьями сохраняется воздух, который защищает тело птицы как от охлаждения, так и от перегрева. Особенное значение для согревания имеют пуховые перья.

2. Помимо согревания собственного тела, птицы согревают яйца при высиживании и птенцов, обеспечивая большую площадь покрытия и увеличивая эффективность обогрева с помощью перьев.

3. Перья экранируют кожу от воздействия ультрафиолетового излучения. Это особенно важно для птиц, живущих на открытых, интенсивно освещаемых пространствах.

4. Слой перьев достаточно прочен и упруг, а потому защищает и от механических повреждений, ударов (в том числе и при турнирных схватках в брачном ритуале у многих птиц).

5. Также перья обеспечивают частичную защиту от хищников, поскольку схвативший птицу за перья хищник остается с вырванными перьями в зубах, а птица успевает улететь.

6. Птицы смазывают перья секретом копчиковой железы, в результате чего перья приобретают водоотталкивающие свойства. Это особенно важно для водоплавающих птиц (уток, гусей, лебедей), но имеет значение и как защита от дождя для прочих птиц.

7. Перья вокруг глаз могут играть роль ресниц, защищая глаза от пыли и песка (например, у птиц-носорогов, страусов). Короткие перья могут защищать восковицу (ноздри) – например, у воронов, сов, ястребов (бородач)).

Вторая категория способов применения перьев – окраска.

1. Окраска тоже может быть защитной, маскирующей. Именно такая окраска у самок многих птиц, гнездящихся на земле (куропатки, перепела, утки). Защитная окраска характерна для птенцов выводкового типа.

2. Окраска может быть яркой – например, для привлечения партнера при размножении. Как правило, такая окраска характерна для самцов (куры, фазаны, павлины), составляя часть полового диморфизма. Во многих случаях приметное оперение (ярко окрашенное, необычной формы, с металлическим блеском и пр.) используется в поведенческом ритуале – например, в брачных танцах райских птиц или демонстрации оперения у павлинов. Также яркое оперение используется и при боевых демонстрациях самцов – например, у турухтанов, глухарей, индюков.

3. Окраска оперения может использоваться как маркер пола и/или возраста. Интересен пример турухтанов, у которых небольшая часть самцов по окраске сходны с самками, смешиваются с ними в стае и спариваются, избегая турнирных боёв.

К третьей категории отнесем прочие варианты использования перьев.

1. Разумеется, перья используются для полёта. Крупные перья крыла создают лёгкую, но в то же время прочную поверхность опоры. Кроме того, на теле перья распределены так, что создают удачную аэродинамическую конструкцию. Воздух обтекает тело птицы, сопротивление минимизируется, происходит гашение воздушных вихрей.

2. Хвостовое оперение используется для руления и увеличения маневренности при полете.

3. Перья необходимы для балансировки и маневрировании у быстробегающих птиц.

4. Перья используются для визуального увеличения размеров птицы в случае опасности, брачных демонстраций и боев. Некоторые птицы способны поднимать отдельные группы перьев, например, хохол на голове как попугаи, или же поднимать все оперение сразу, как индюки.

5. Перья нужны для того, чтобы издавать звуки. Многие птицы шумно хлопают крыльями. Хорошо известно, что бекасы при токовом полёте издают хвостовыми перьями характерные вибрирующие звуки.

6. У основания контурных расположены нитевидные перья, служащие в качестве органа осязания. У некоторых птиц хорошо развиты вибриссы (киви, козодой).

7. У представителей Сивообразных короткие перья участвуют в формировании т.н. лицевого диска. Его форма и структура позволяют собирать звуки и направлять их к уху. Также за счёт подвижности перьев диска совы могут регулировать ширину ушных щелей.

Наконец, птицы могут использовать и выпавшие перья.

1. Перья могут быть материалом для гнезда. Крупные перья можно использовать как каркас, пуховые – для мягкой и тёплой выстилки. Многие птицы используют для выстилки гнезда перья и пух, выпавшие при образовании наседного пятна (курообразные, воробьиные, чайковые).

2. Шалашники могут использовать перья для украшения своего «шалаша» в ходе брачного ритуала.

Критерии оценки:

1 б. за правильную версию и 1 б. за правильный пример, иллюстрирующий данную версию. Максимальная оценка 18 б.

Задание №7 (18 баллов). Какими способами растения защищаются от повреждающих их растительноядных животных? Если можете, приведите примеры (не более одного примера для каждой версии).

Ответ

Растительноядные животные – очень обширная категория. В зависимости от размера животного, средства защиты будут разными, но можно выделить основные способы защиты растений.

1. Острые структуры – шипы, колючки. Множество растений имеют подобные образования разного происхождения – из листьев (барбарис), побегов (гледичия, боярышник), выросты покровной ткани (шиповник, малина).

2. Яды. По сути, все вещества растительного происхождения, оказывающие сильное действие на организм животных и зачастую используемые в медицине, возникли в эволюции как токсины. Таковы, например, рицин (алкалоид клещевины) или атропин (алкалоид красавки и некоторых других паслёновых). Токсины могут действовать и против мелких фитофагов – насекомых, клещей, нематод.

3. Неприятный вкус. Однако это не абсолютная защита, поскольку вкусовая чувствительность у разных животных разная.

4. Растительные стероиды могут воздействовать на организм животных, угнетая репродуктивную функцию и тем самым ограничивая численность травоядных. Известна, например, «клеверная болезнь» овец, вызываемая изофлавонами клевера.

5. Одревеснение, формирование плотной покровной ткани, которая сама по себе несъедобна и защищает от механических повреждений.

6. Можно предположить, что защитой от поедания может быть ритм развития растения. Так, растения-эфемероиды (например, хохлатка или гусиный лук) быстро

формируют надземный побег и соцветие, образуют семена, когда фитофаги еще малоактивны, а затем вся надземная часть отмирает; сохраняется только подземная структура (клубень, луковица), которая покоится до следующей весны.

7. Специфическая жизненная форма. Таковы подушковидные растения высокогорий, степей, пустынь и тундр. Например, у некоторых остролодочников (сем. Бобовых) подушковидная жизненная форма сочетается с колючками, так что основная часть растения труднодоступна для потенциальных фитофагов.

8. Ожог при прикосновении. Например, известная всем крапива.

9. Мимикрия под ядовитые или обжигающе растения, например, «глухая крапива» (ясотка белая).

От более мелких фитофагов (например, от насекомых) могут быть действенными иные способы защиты.

Яды (см. выше №2).

10. Механический барьер, препятствующий проникновению некрупных вредителей: густое опушение или мощный восковой налёт, одревесневшая или иным образом уплотнённая покровная ткань, липкий секрет на поверхности листьев и побегов.

11. Смолы или другие клейкие вязкие вещества, которые выделяются при механическом повреждении органов и затрудняют продвижение фитофагов. Примерами могут служить многие хвойные растения.

12. Сильный отталкивающий запах. В садоводстве используют это явление, сажая бархатцы между грядками.

13. Симбиоз с муравьями. Некоторые тропические акации формируют очень крупные вздутые прилистники, внутри которых поселяются муравьи. На листьях акации образуются сладкие выросты, привлекающие муравьёв, которые, в свою очередь, отпугивают животных, угрожающих дереву.

Критерии оценки:

2 б. за правильную версию и 1 б. за правильный пример, ее иллюстрирующий. Максимальная оценка 18 б.