

Время выполнения заданий — 240 минут.

Пишите разборчиво. Если не знаете ответа, ставьте прочерк. Если используете дополнительный лист, обязательно напишите об этом на основном листе ответа, иначе дополнительный лист не будет проверен. Черновики не оцениваются.

Максимальное количество баллов — 100.

Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.

Внимательно прочитайте текст задания. Найдите ошибки, допущенные при постановке эксперимента. Перечислите их. В каждом случае аргументируйте свое решение.

Вася хотел стать врачом и решил для начала провести исследование показателей пульса и артериального давления у своих одноклассников, чтобы определить, нет ли среди них склонных к гипертензии или гипотензии. Так как на уроке делать это невозможно, Вася стал проводить измерения на переменах. Во вторник он с помощью автоматического тонометра определил показатели давления и пульса у 10 человек на большой перемене перед контрольной по математике, а у оставшихся 12 одноклассников смог это сделать в пятницу с помощью механического тонометра и секундомера: у 5 человек после первого урока, а у остальных после уроков, разыскивая их во дворе, где одни играли в футбол, а другие смотрели на них. Вася измерял у каждого одноклассника пульс и давление один раз, потому что времени и так было мало. Он записал показатели давления и пульса каждого одноклассника и сравнил их со средними возрастными нормами, которые нашел в медицинских справочниках. Одноклассников с давлением выше этих норм Вася диагностировал как гипертоников, ниже - как гипотоников.

Ответ.

1. В течение суток артериальное давление и у здоровых, и у больных людей непостоянно, что обусловлено циркадными ритмами. Причем колебания наблюдаются даже во время бодрствования. Вася измерял давление в разное время, попадая в разные фазы суточного ритма. Поэтому его результаты недостоверны.
2. Помимо циркадных ритмов, на величину давления и пульса влияют эмоциональное состояние и физическая нагрузка. Перед контрольной одноклассники могли волноваться, а при игре в футбол испытывали физическую нагрузку. Поэтому их результаты нельзя сравнивать ни между собой, ни с результатами ребят, которые следили за игрой в футбол.
3. Однократного измерения давления и пульса недостаточно, т.к. слишком велика ошибка измерения. Необходимо измерить эти показатели хотя бы дважды (давление - на разных руках). Еще большей точности Вася добился бы, если бы измерял их у каждого одноклассника несколько раз в день.
4. Измерения нужно проводить одним и тем же прибором, поскольку каждый прибор имеет собственную погрешность. Кроме того, для точного измерения с помощью механического тонометра нужно иметь некоторый опыт и проводить измерения в тишине, что вряд ли

возможно на школьных переменах. Поэтому, вероятнее всего, использование Васей разных приборов существенно исказило результаты.

5. Как и любой другой признак, показатели артериального давления и пульса имеют свою норму реакции. Показатели нормального давления и пульса, содержащиеся в медицинских справочниках, получены в результате усреднения измерений давления и пульса большого числа людей. При этом крайние значения могут довольно сильно отличаться от средних. Так, у некоторых людей нормальное для них давление может отличаться от средних значений. Поэтому Васины результаты (даже в случае, если они будут достоверны), не достаточны для постановки тех диагнозов, которые поставил Вася.

Критерий оценки. 2б. за каждую из версий №1-4, 4 б. за версию №5. Понятное, но неподробное объяснение - половина баллов. Например, если по пункту 4 написано только: "измерения нужно проводить одним и тем же прибором", оценка составит 1 б. Понятная и подробная аргументация каждого пункта оценивается максимальным количеством баллов.

Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясните Ваши действия.

Для полного развития одной личинке пчелы необходимо усвоить 26 мг белка, содержащегося в перге, сделанной пчелами из пыльцы. В пыльце содержится в среднем 25% белка, а усваивается из него около 70% (по А. Малаю, М.: Колос, 1979). Масса обножки в среднем 7 мг (обножка - это пыльца цветов, переносимая пчелами на задних лапках). Пчела совершает за день не более 10 вылетов. Какое минимальное число пчел должно трудиться в течение одного дня, чтобы заготовить корм для выкармливания одной личинки?

Решение. 1. Рассчитаем массу пыльцы, в которой содержится 26 мг белка. По условию задачи: в пыльце содержится 25% белка.

$$26\text{мг} : 0.25 = 104 \text{ мг} - \text{масса пыльцы}$$

2. Учтем, что белок из пыльцы усваивается на 70%. Отметим, что это легкоусвояемый белок, судя по величине усвояемости!

Чтобы усвоить 104 мг, нужно употребить $104 \text{ мг} : 0.7 = 148.6 \text{ мг}$ пыльцы.

Можно посчитать по-другому: $26 * 100 : 70 = 37,1$ и $37,1 * 4 = 148,6 \text{ мг}$

3. Рассчитаем число перелетов, если за один раз пчела переносит 7 мг.

$$148.6 : 7 = 21.2$$

4. Оценим количество пчел. Две пчелы смогут сделать не более 20 вылетов, значит, нужны три пчелы.

Ответ: 3 пчелы.

Критерий оценки: За каждое верное действие № 1-3 3 б. За четвертое действие 2 б.

Задание №3 (14 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

Кислородная емкость крови – это объём кислорода в мл, который может связать 100 мл крови. Она измеряется в объёмных процентах (% об.) Один грамм гемоглобина может связать 1,4 мл кислорода. Однако в реальных условиях только 97% гемоглобина артериальной крови связывает кислород. Содержание гемоглобина в крови 140 г/л. Рассчитайте кислородную ёмкость артериальной крови.

Коэффициент утилизации кислорода – это процентное отношение доли кислорода, использованной тканями (разности концентраций кислорода в артериальной и венозной крови в % об.), к его концентрации в артериальной крови (в % об.). Рассчитайте этот показатель, если венозная кровь у человека, находящегося в покое, удерживает около 12% об. кислорода.

Во сколько раз увеличивается потребление кислорода тканями при физической нагрузке, если коэффициент утилизации кислорода при физической нагрузке составляет 60%?

В случае получения дробных значений можно округлять их до двух знаков после запятой

Решение.

1. У человека содержится 140 г гемоглобина в литре крови, значит, в 100 мл крови его содержится: $140/10 = 14$ г.
2. Теперь рассчитаем тот объём кислорода, который теоретически может удерживать это количество гемоглобина: $1,4 \text{ мл} \times 14 = 19,6 \text{ мл}$.
3. Учтем тот факт, что кислород реально связывает только 97% гемоглобина: $19,6 \times 0,97 = 19,012\%$ об., округляем до 19,01% или до 19%. Эта величина и представляет собой кислородную ёмкость артериальной крови.
4. Теперь вычислим, какой объёмный процент кислорода потратился при газообмене в тканях. Изначально в крови содержалось 19 % об. кислорода, а стало 12 % об. Итого, $19 - 12 = 7\%$ объёмных процентов.
5. Вычислим коэффициент утилизации кислорода: для этого израсходованный объём кислорода поделим на исходный. $7 / 19 \approx 0,37$. Умножаем на 100%; итого 37% кислорода потратилось в тканевом газообмене в состоянии покоя.
6. Рассчитаем, во сколько раз увеличивается коэффициент утилизации при нагрузке: $60\% / 37\% \approx 1,62$.

Ответ. Кислородная емкость артериальной крови составляет 19%. Коэффициент утилизации кислорода в состоянии покоя составляет 37%. При физической нагрузке потребление кислорода тканями увеличивается в 1,62 раза.

Критерий оценки: 5 б. – за правильный расчет кислородной емкости артериальной крови; 4 б. – за правильный расчет коэффициента утилизации; 2 б. – за расчет увеличения потребления кислорода при нагрузке. Расхождения, связанные с округлением до другого знака, не влияют на оценку.

Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

Внимательно прочитайте текст, рассмотрите рисунок и выполните задания.

В физиологии термином "синапс" обозначают место контакта двух нейронов или нейрона и эффектора, например, мышечного волокна. Через синапс происходит передача сигнала между этими двумя контактирующими структурами. Существуют химические и электрические синапсы.

Химический синапс устроен следующим образом: в окончании аксона т.н. пресинаптического нейрона содержатся синаптические пузырьки, заполненные нейромедиатором. Нейромедиатор - это вещество, передающее сигнал между контактирующими нервными клетками. Мембраны пресинаптического нейрона и контактирующей с ним постсинаптической клетки разделены синаптической щелью шириной 10-50 нм .

Нервный импульс вызывает деполяризацию пресинаптической мембраны (деполяризация - это смена заряда: суммарный заряд на внутренней стороне мембраны на короткое время становится положительным). Деполяризация вызывает открывание кальциевых ионных каналов. Ионы кальция входят внутрь пресинаптического нервного окончания. Это вызывает слияние синаптических пузырьков с пресинаптической мембраной и высвобождение нейромедиатора в синаптическую щель (см. рисунок). Затем молекулы нейромедиатора диффундируют к постсинаптической мембране и связываются с рецепторами на ней. Эти рецепторы являются ионными каналами для ионов натрия и калия. Связывание медиатора с рецептором-каналом приводит его к открыванию и движению ионов по градиентам концентрации. Это приводит к локальной деполяризации мембраны и затем к возникновению постсинаптического потенциала действия.

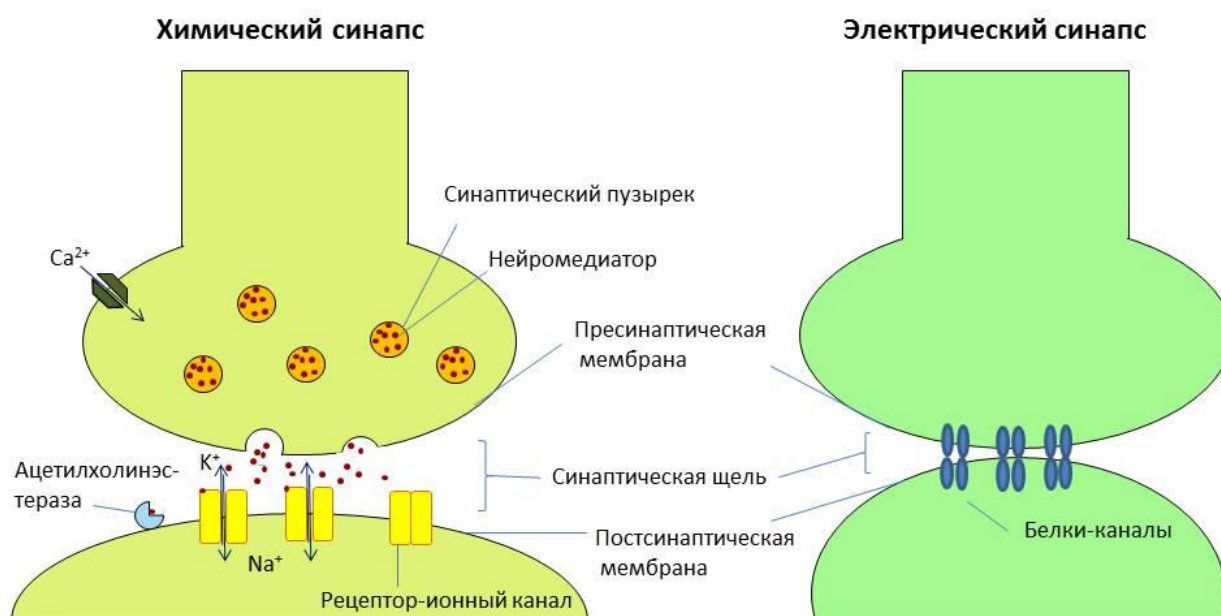
Особой разновидностью химических синапсов является соединение нервного окончания со скелетной мышцей. Нервный импульс, передающийся по пресинаптическому нейрону, приводит к сокращению мышцы. Нейромедиатором в этих синапсах является ацетилхолин. В синаптической щели находятся молекулы фермента ацетилхолинэстеразы, которая инактивирует ацетилхолин и тем самым останавливает сигнал к мышечному сокращению. Некоторые соединения, например, фосфорорганические пестициды (карбофос и др.) и боевые отравляющие вещества инактивируют этот фермент. В результате время действия ацетилхолина удлиняется, что приводит сначала к избыточному возбуждению и клинически проявляется в виде затруднения дыхания, судорог и т.д.

Другие вещества, например, никотин, напоминая по строению ацетилхолин, могут связываться с его рецепторами в синапсах и запускать постсинаптический потенциал действия в отсутствие сигнала от пресинаптического нейрона. В высоких концентрациях

никотин занимает все рецепторы. В результате происходит угнетение нервно-мышечной передачи, что приводит к судорогам, потере сознания и в тяжелых случаях к смерти.

Еще одно вещество, атропин, которое в малых дозах используют в офтальмологии, тоже связывается с ацетилхолиновыми рецепторами на постсинаптической мембране, но не активирует их, а на некоторое время перекрывает доступ к ним ацетилхолина, делая передачу сигнала невозможной. В офтальмологии атропин используют в виде глазных капель для расширения зрачка: благодаря прекращению иннервации сфинктера зрачка его мышцы расслабляются, и зрачок расширяется.

В электрическом синапсе везикулы с медиатором отсутствуют, ширина синаптической щели составляет лишь ~ 3 нм, так что между пресинаптической и постсинаптической мембранами образуются общие ионные каналы, по которым потенциал действия непосредственно передается от одного нейрона к другому.



Задания.

В каждом задании содержится не менее одного правильного ответа. Нужно выбрать все правильные ответы.

1. Выберите из предложенных вариантов верную последовательность передачи сигнала в химическом синапсе.

А. Деполаризация пресинаптической мембраны -открытие кальциевых ионных каналов - связывание нейромедиатора с рецепторами на постсинаптической мембране- выход нейромедиатора в синаптическую щель - открытие ионных каналов на постсинаптической мембране -возникновение постсинаптического потенциала действия

Б. Деполяризация пресинаптической мембраны -открытие кальциевых ионных каналов - выход нейромедиатора в синаптическую щель - связывание нейромедиатора с рецепторами на постсинаптической мембране- открытие ионных каналов на постсинаптической мембране -возникновение постсинаптического потенциала действия

В. Деполяризация пресинаптической мембраны -открытие кальциевых ионных каналов - связывание нейромедиатора с рецепторами на постсинаптической мембране- выход нейромедиатора в синаптическую щель - диффузия нейромедиатора к постсинаптической мембране- открытие ионных каналов на пресинаптической мембране -возникновение постсинаптического потенциала действия

2. Химические синапсы, в отличие от электрических синапсов:

- А. Осуществляют передачу сигнала с большей скоростью.
- Б. Содержат нейромедиатор.
- В. Осуществляют передачу нервного импульса за счет прямого контакта пресинаптической и постсинаптической мембраны
- Г. Менее устойчивы к действию нейротоксинов.

3. При воздействии карбофоса на электрические синапсы:

- А. Происходит увеличение скорости передачи сигнала.
- Б. Передача сигнала блокируется на несколько минут
- В. Скорость передачи сигнала не изменяется.

4. В плохо стерилизованных домашних консервах могут оставаться живые почвенные бактерии *Clostridium botulinum*, вырабатывающие смертельно опасный ботулотоксин. Ботулотоксин блокирует высвобождение ацетилхолина из синаптических пузырьков. Каким будет следствие действия ботулотоксина?

- А. Прекращение передачи нервных импульсов
- Б. Рост величины потенциала действия у постсинаптического нейрона
- В. Ослабление потенциала действия у пресинаптического нейрона
- Г. Непрерывная стимуляция постсинаптического нейрона
- Д. Ингибирование ацетилхолинэстеразы

5. Что является специфическим антидотом (противоядием) при отравлении человека карбофосом?

- А. Активированный уголь
- Б. Атропин
- В. Лактофильтрум
- Г. Никотин
- Д. Слабый раствор перманганата калия

Ответы.

- №1. Б
- №2. Б, Г
- №3. В

№4. А

№5. Б

Критерий оценки.

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания. №1-№3 2 б. за задание, №4 - 4 б., №5 -5 б.

Особенность заданий № 5- №7 - наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!

Задание №5 (16 баллов). Какие приспособления к недостатку воды выработались у животных, обитающих в пустынях? Приведите как можно больше примеров поведенческих, морфологических и физиологических адаптаций и животных, их использующих.

Ответ.

В пустынных местностях у животных возникают две основные проблемы: нехватка воды и слишком высокая температура днем, причем эти две проблемы взаимосвязаны - можно уменьшать температуру тела, испаряя с поверхности драгоценную воду, а можно адаптироваться другими способами, экономя воду. Давайте посмотрим, как разные пустынные животные решают эти проблемы.

Примеры поведенческих адаптаций.

Ночная активность. Днем животные прячутся в укрытиях, причем некоторые животные, например, пустынная белка, использует свой хвост как зонтик от солнца. Это снижает перегрев организма и уменьшает потери воды при дыхании и через покровы тела.

Сезонная активность: животные впадают в спячку во время наиболее сильной засухи. В состоянии спячки процессы обмена веществ замедляются, к тому же нет нужды выходить на поверхность и подвергаться дополнительному перегреву, вызывающему потерю воды. Примерами могут служить пустынные суслики и черепахи.

Насекомые в пустыне могут адаптировать свой жизненный цикл под смену сезонов. Например, бабочки выходят из защищенных от испарения воды куколок только при повышении влажности.

Некоторые животные создают запасы еды или жидкостей ("муравьи-бочки" у медовых муравьев) для переживания неблагоприятных сезонов. Это позволяет меньше появляться на поверхности и меньше перегреваться и испарять ценную воду.

К поведенческим адаптациям относятся и рытье нор, выбор мест обитания вблизи источников воды, способность хранить в памяти места водопоев.

Примеры морфологических адаптаций.

Многие пустынные животные имеют внешние покровы, препятствующие испарению воды с поверхности тела. Например, эпикутикула у насекомых, ороговевшие покровы тела у рептилий.

Густая шерсть верблюда и ряда других млекопитающих обеспечивает термоизоляцию, не пропуская горячий воздух к коже.

Некоторые жуки и ящерицы, обитающие в пустынях, могут конденсировать воду из тумана благодаря специализированным покровам тела (шипам и выростам), увеличивающим площадь поверхности. Примером может служить ящерица молох.

При не слишком высоких температурах большие уши помогают увеличить теплоотдачу, что позволяет не терять воду на выработку пота. Например, большие уши - по сравнению с близкими видами, обитающими в более умеренных зонах, имеют антилоповый заяц, ушастый еж и пустынная лисичка фенек.

Специфичная окраска покровов тела многих пустынных жителей отражает солнечные лучи и снижает перегрев организма. Интересным примером служит пустынная жабовидная ящерица (*Phrynosoma platyrhinos*), меняющая окраску в течение суток. При повышении температуры тела спинные покровы ящерицы белеют. Экспериментально доказано, что при этом происходит резкое уменьшение поглощения тепла. У некоторых видов наступает и побеление кожи живота, что, очевидно, предохраняет животное от отраженного излучения поверхности субстрата.

Примеры физиологических адаптаций.

В пустынях в основном обитают животные, выделяющие малорастворимые продукты азотистого обмена, что можно считать преадаптацией к такому образу жизни. Паукообразные выделяют гуанин, рептилии, насекомые и птицы - мочевую кислоту.

У ряда видов происходит дополнительная концентрация мочи почками. Так, у пустынных млекопитающих (например, у пустынной крысы) в нефронах удлинена петля Генле, что повышает обратное всасывание воды.

Для экономии воды у пустынных животных существуют механизмы дополнительного всасывания воды в кишечнике, чтобы минимизировать ее потери с калом. Например, у верблюда на 100гр сухого помета приходится всего 80 гр воды, тогда как у коровы - 560 гр.

У насекомых, обитающих в аридных районах, выделительные органы — мальпигиевы сосуды — свободными концами входят в тесный контакт со стенкой задней кишки и всасывают воду из ее содержимого. Таким образом вода вновь возвращается в организм (например, пустынные жуки-чернотелки и муравьиные львы).

Использование метаболической воды, в том числе из запасенного жира, тоже распространенный способ адаптации к пустынной жизни. Примером может служить верблюд, пустынные грызуны и насекомые, жировое тело которых может служить источником метаболической воды.

Критерий оценки. Широта охвата. Ответ включает все уровни адаптационной терморегуляции: поведенческий, морфологический и физиологический - 3б., любые два уровня - 2б., один уровень - 1б. **Количество версий независимо от широты охвата:** 1б. за каждую версию, но не более 6 б. **Примеры.** Правильно назван вид животного и он правильно иллюстрирует приведенную версию - 1 б. за каждый пример но не более 6 б. за все примеры. Неверное и/или не подробное описание, из которого неясно, что иллюстрирует пример - 0 б. Однотипные примеры оцениваются как один. Максимальная оценка 15 б.

Задание №6 (16 баллов). Существуют животные, достигающие взрослого состояния с метаморфозом или без него. Опишите преимущества и недостатки каждого варианта.

Ответ. Преимущества развития с метаморфозом (могут быть переформулированы как недостатки развития без метаморфоза):

- уменьшение конкуренции между имаго и личинками;
- освоение двух экологических ниш вместо одной увеличивает конкурентоспособность вида в целом;
- наличие двух различных фенотипов при одном геноме может ускорять эволюцию вида;
- возникает возможность для дополнительного увеличения численности личинок при благоприятных условиях за счёт неотении (аксолотль и амбистома, обе стадии развития способны размножаться независимо друг от друга);
- защищенная куколка может помочь переждать неблагоприятные условия;
- короткая продолжительность эмбрионального развития в сравнении с видами, у которых развитие до метаморфоза эмбрионизовано.

Недостатки развития с метаморфозом (соответственно, преимущества развития без метаморфоза):

- высокая энергозатратность;
- необходимость в усложнении генетической регуляции увеличивает вероятность возможных сбоев;
- для видов с k-стратегией осложнена возможность заботы о потомстве (родители и молодняк занимают различные экологические ниши);
- необходимо сочетание на небольшом расстоянии обеих экологических ниш (критичным может быть, например, наличие водоёмов для двукрылых с водными личинками);

- ограниченная подвижность в момент метаморфоза, что ведёт к повышенной смертности, особенно при изменении условий либо при увеличенной численности специфических паразитов или хищников (например, куколки бабочек и паразитирующие в них наездники).

При проверке учитывается также относительность большинства биологических адаптаций: одна и та же особенность может быть полезной в одних обстоятельствах и вредной в других. Например, ограниченная подвижность куколок вредна для вида при критическом повышении температуры (подвижные насекомые могли бы спрятаться), но полезна при повышенной численности хищников (неподвижные куколки менее заметны). Поэтому в ряде случаев, при наличии в работе соответствующих пояснений, оцениваются обе версии: и указанная в критерии, и противоположная.

Критерий оценки. По 3 б. за каждый пункт, но не более 18 баллов.

Задание №7 (16 баллов). Когда мы читаем словосочетание “сочный плод”, скорее всего мы представляем спелые яблоко, смородину или вишню - плоды, которые мы часто и с удовольствием употребляем в пищу. Производя вкусные и питательные для животных плоды, растения получают пользу - животные распространяют их семена. Однако у растений бывают сочные, но несъедобные (в том числе ядовитые) плоды. С чем это может быть связано? Приведите как можно больше вариантов ответа.

Ответ. Перечислим основные причины существования несъедобных (ядовитых) сочных плодов.

При созревании плода окружающая семена ткань разрушается, внутри плода накапливается избыточное давление и созревшие плоды взрываются, разбрасывая семена. Например, бешеный огурец. В данном случае распространители-животные растению не нужны.

Наличие таких плодов может быть следствием анахронизма – вымерли животные, распространявшие эти плоды в прошлом, а среди современной фауны нет животных, которые могли бы съесть этот плод.

Если растение занесено из другой экосистемы, среди местной фауны может не быть животных, которые могли бы съесть этот плод.

Вообще, понятие “ядовито” относительно. Ядовитый для одних животных плод может оказаться съедобным для других. Например, если “нежелательное” для растения животное не в состоянии разнести семена далеко, то для такого животного плоды могут быть ядовиты. А для другого, перемещающегося на более далекие дистанции, наоборот, съедобно. Например, ягоды волчьего лыка ядовиты для млекопитающих, но съедобны для птиц, которые могут распространить семена на более далекие расстояния.

Справедливым является соображение о том, что ядовитыми могут быть только незрелые плоды, чтобы их раньше времени не съели. Как, например, зеленые помидоры.

Вполне разумны следующие версии:

Плод может быть вкусным и вызывать не гибель, а расстройство желудка. Тогда съевшее его животное успеет уйти на достаточное расстояние, после чего выделяет семя растения вместе с органическими удобрениями.

Плоды могут стать ядовитыми, если их съедобность выведена из-под давления отбора. Например, если растение с сочными плодами уже многие столетия используется человеком как декоративное, то оно распространяется человеком, а потому съедобность плодов уже не имеет значения.

Критерий оценки. 3 б. за каждую версию. Максимальная оценка 18 б.