

**Ответы на вопросы второго этапа Всероссийской олимпиады школьников "Высшая проба" по биологии, 10 класс, 2020 г.****Максимальное количество баллов — 100.****Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.**

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

Миша хотел стать врачом и решил исследовать, как влияют занятия спортом на показатели дыхательной системы у школьников. Он прочитал, что для получения достоверных результатов необходимо проводить исследование не на двух-трех индивидах, а на группе. Миша решил набрать среди своих знакомых две группы: не занимающихся и занимающихся активными видами спорта. Для этого он предложил ребятам заполнить анкеты и, используя полученную информацию, сформировал две группы из 15 человек каждая. В группу учеников, занимавшихся спортом, вошли 7 девочек из 4 и 5 классов, 2 мальчика из 9 класса, 3 девочки из 8 класса и 3 мальчика из 10 класса. Группу не занимающихся спортом составили 4 девочки из 5 и 7 классов, 6 мальчиков из 9 класса и 5 мальчиков из 11 класса. Миша измерял максимальное время задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) и на выдохе (проба Генчи) по секундомеру у каждого школьника однократно - сначала первый показатель, а через 30 секунд второй.

Затем Миша определил средние значения пробы Штанге и пробы Генчи для каждой из групп и сравнил их. Каково же было его удивление, когда оказалось, что у ребят, не занимавшихся спортом, эти показатели были в среднем выше, чем у тех, кто спортом занимался.

**Ответ и критерии оценки.**

При постановке эксперимента были допущены следующие ошибки:

1. Миша проводил пробы Штанге и Генчи для каждого испытуемого только один раз. Это дает большую погрешность, т.к. велика роль случайных отклонений. Каждую пробу для каждого человека было необходимо выполнить не менее трех раз и вычислить среднее арифметическое.
2. Промежуток времени между пробами был слишком коротким для полной нормализации дыхания. Поэтому результаты пробы Генчи скорее всего неверны. Следовало проводить пробу Генчи после более продолжительного промежутка времени, хотя бы 5 минут.
3. Нормы для дыхательных проб отличаются у разных возрастов, причем все они увеличиваются по мере взросления. Поэтому считать среднее арифметическое для разновозрастной группы просто бессмысленно. У Миши те, кто занимались спортом, были в среднем младше тех, кто спортом не занимался, и потому их, вероятно, более

высокие значения измерений все равно оказывались не выше или даже ниже, чем у более старших ребят. Мише следует набирать группы одновозрастных ребят.

4. Измеренные Мишей нормы зависят еще и от пола: у мальчиков они выше. Группы по этому показателю были сильно неоднородны, причем девочек значительно больше в группе, которая занимается спортом. Поэтому группы испытуемых должны быть однородны и по возрасту, и по полу. В идеале стоило бы построить для разных полов кривые, на которых было бы видно динамику показателей с возрастом – и для спортсменов, и для не занимающихся спортом. Возможно, это было бы лучшим финалом исследовательской работы.

Версии, связанные с возможной неполнотой анкетных данных:

5. При анкетировании некоторые участники могли скрыть правду. Например, по каким-то причинам не сказать, что они занимаются спортом. Достоверность анкетных данных является известной и не всегда разрешимой проблемой в подобных исследованиях. В данном случае Миша может попытаться получить объективные подтверждения, например, попросить ребят показать медали и грамоты за соревнования.

6. Нет данных о продолжительности занятий спортом: ребята из группы спортсменов могли начать заниматься совсем недавно, а из группы не-спортсменов - только что прекратить заниматься спортом.

7. Еще один возможный недостаток анкетирования: ребята из группы спортсменов могли только что переболеть ОРЗ/ОРВИ или еще какой-то болезнью и в результате показать низкие результаты, не указав в анкете, что болели.

8. Возможно, кто-то из ребят, не занимающихся спортом, имеет высокие показатели дыхательной системы благодаря другим видам занятий, например, пению.

9. В физиологии, как и любой другой экспериментальной науке, не бывает «в среднем больше» и «в среднем меньше». Заслуживают внимания только формулировки вида «достоверно больше» или «достоверно меньше», а для этого требуется сравнение выборок с помощью какого-либо статистического критерия (отметим, что подсчет среднего арифметического не может быть назван статистической обработкой).

За каждую из версий №1-9 могло быть начислено по 2 б. в случае понятного и грамотного объяснения (всего не более 12 б.). Без объяснения - 1 б. за версию. В случае ошибки при объяснении версии оценка снижалась на 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.**

Понятно, что эксперимент Миши можно было улучшить, однако такие предложения не засчитывали, поскольку они, во-первых, не описывают ошибки эксперимента. А во-вторых, к школьной исследовательской работе неразумно предъявлять те же требования, что и к масштабному научному исследованию. Поэтому в данном случае не было нужды

(далее перечислены наиболее часто встречающиеся предложения): - в специальной подготовке: соблюдении диеты и/или общего для всех режима дня; - в дополнительных пробах и анализах, в том числе после физической нагрузки; - в подборе ребят, занимающихся только определенными видами спорта, т.к. любой активный спорт укрепляет дыхательную систему; - в формировании групп большего размера, в том числе из разных школ и городов; - в долгосрочном наблюдении за одними и теми же людьми, которые сначала не занимались спортом, а потом начали.

### **Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.**

*Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.*

Самый длинный ген белка в геноме человека - это ген регулятора альтернативного сплайсинга RBFOX1. 1 моль белка RBFOX1 весит 50 кг 600 г. Какова длина гена RBFOX1, если его экзоны составляют 0,0552% от полной последовательности гена? Длиной некодирующих частей мРНК RBFOX1 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.

### **Решение**

1) Молярная масса численно соответствует относительной молекулярной массе.

$50600/110=460$  – число аминокислот в белке.

2)  $460*3=1380$  нуклеотидов – размер кодирующей последовательности мРНК.

*В каждом пункте можно получить по 2 б. за правильное вычисленное значение, в том числе 1 б. за правильный ход решения, то есть за верно указанный способ расчета. Например,  $460 * 3 = 1380$  оценивается в 2 б., а  $460 * 3 = 1570$  оценивается 1 б. : ход решения верный, но допущена арифметическая ошибка.*

Длину гена можно найти любым из двух способов:

Способ 1:  $3) 1380*100/0.0552=2\ 500\ 000$  п.н. – длина мРНК.

$4) 2\ 500\ 000*3,4=8\ 500\ 000$  Å – длина гена.

Способ 2:  $3) 1380*3,4=4692$  Å – длина мРНК.

$4) 4692*100/0.0552 = 8\ 500\ 000$  Å – длина гена.

*В каждом пункте можно получить по 2 б. за верное значение, в том числе 1 б. за правильный ход решения, то есть за верно указанный способ расчета.*

$$5) 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см} = 10^{-7} \text{ мм.}$$

$$8\,500\,000 \text{ \AA} \cdot 10^{-7} = 0,85 \text{ мм}$$

*За правильный ответ, выраженный в мм, можно получить 3 балла, в том числе 1 балл за верно посчитанный множитель ( $10^{-7}$ ).*

*За неверно указанную размерность участник не может получить более 1 б. за последний пункт.*

*За биологические ошибки, допущенные в ходе решения, снимается 1 б. в пределах каждого пункта.*

*Если ошибка допущена в первом пункте (например, «460000 аминокислот»), то за задание ставится 0 баллов.*

**Ответ:** длина гена RBFOX1 составляет 0,85 мм.

### **Задание № 3 (11 баллов). Расчетная задача.**

*Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.*

Окраску шерсти у кошек определяет один ген, локализованный в уникальной части X-хромосомы. Его доминантный аллель (назовём его  $X^A$ ) определяет рыжую окраску, рецессивный ( $X^a$ ) – чёрную.

Для млекопитающих характерно явление так называемой дозовой компенсации. Оно заключается в том, что одна из двух X-хромосом в ходе развития женского организма подвергается инактивации, и большинство её генов перестаёт экспрессироваться. В разных клетках тела инактивируются X-хромосомы, полученные от разных родителей. У кошек, в отличие от многих других млекопитающих, это можно увидеть невооружённым глазом. Гетерозиготы  $X^A X^a$  имеют чёрно-рыжую окраску, потому что в одних клетках активен аллель  $X^A$ , а в других  $X^a$ .

Исследователи провели подсчёт кошек в городе N, всего насчитав 3054 особи обоего пола. Среди них было 138 рыжих кошек (самок). Предполагая, что популяция кошек города N находится в состоянии генетического равновесия, определите, каковы доли (в процентах) всех остальных групп, различающихся по полу и окраске.

#### **Решение**

В условии сказано, что популяция находится в состоянии равновесия. Это значит, что для решения мы можем воспользоваться законом Харди-Вайнберга. Однако необходимо сделать поправку на то, что ген сцеплен с X-хромосомой.

Обозначим частоту аллеля  $X^A$  как  $p$ , а частоту аллеля  $X^a$  как  $q$ ;  $p + q = 1$ . У кошек (самок) могут образовываться яйцеклетки с генотипами  $X^A$  (с частотой  $p$ ) и  $X^a$  (с частотой  $q$ ). У котов (самцов) половина (0,5) всех сперматозоидов несут Y-хромосому. Вторая половина сперматозоидов несёт X-хромосому, и среди них есть несущие аллель  $X^A$  (с частотой  $0,5p$ ) и  $X^a$  (с частотой  $0,5q$ ). Запишем все возможные комбинации оплодотворения в этой популяции в виде таблицы.

яйцеклетки сперматозоиды	$X^A (p)$	$X^a (q)$
$Y (0,5)$	$X^AY (0,5p)$ рыжие коты	$X^aY (0,5q)$ чёрные коты
$X^A (0,5p)$	$X^AX^A (0,5p^2)$ рыжие кошки	$X^AX^a (0,5pq)$ чёрно-рыжие кошки
$X^a (0,5q)$	$X^AX^a (0,5pq)$ чёрно-рыжие кошки	$X^aX^a (0,5q^2)$ чёрные кошки

Получается, что ожидаемая частота появления рыжих кошек  $0,5p^2$ , а по условию их было найдено 138 из 3054. Составим уравнение:

$$0,5p^2 = 138/3054$$

$$p = 0,300621 \text{ (округлим до } 0,3, \text{ т.е. } 30\%)$$

$$q = 1 - p = 0,7$$

Получаем следующие доли разных групп в выборке:

$$\text{Рыжие коты } (0,5p): 0,5 \cdot 0,3 = 0,15 \text{ (15\%)}$$

$$\text{Чёрные коты } (0,5q): 0,5 \cdot 0,7 = 0,35 \text{ (35\%)}$$

$$\text{Рыжие кошки } (0,5p^2): 0,5 \cdot 0,3^2 = 0,045 \text{ (4,5\%)}$$

$$\text{Чёрные кошки } (0,5q^2): 0,5 \cdot 0,7^2 = 0,245 \text{ (24,5\%)}$$

$$\text{Чёрно-рыжие кошки } (pq): 2 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 0,21 \text{ (21\%)}$$

Для проверки сложим получившиеся числа:  $15 + 35 + 4,5 + 24,5 + 21 = 100\%$ . Всё сходится.

### Критерии оценки

2 б. за правильное описание наследования окраски: расположение правильно обозначенных генов на половых хромосомах соответственно наследованию пола у млекопитающих.

2 б. за применение закона Харди-Вайнберга к этой задаче, т.е. правильное обозначение  $p$  и  $q$ , а также подстановка их в уравнение в цифровом виде.

7 б. за доведение расчётов до правильного ответа. Если в ходе решения была допущена арифметическая ошибка, но ход решения был правильным, и были получены хотя бы два правильных итоговых процентных содержания генотипов, то 4 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 МНСІ заполнены фрагментами собственных белков клетки. Однако если клетка заражена вирусом и синтезирует вирусные белки, то они также подвергаются разрушению в протеасомах и попадают с МНСІ на поверхность клетки.

Таким образом, клетки организма все время показывают, какие белки они синтезируют внутри себя. Но кому они это показывают? Постоянное сканирование комплексов МНСІ 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 МНСІ кусочков чужеродных белков.

Т-киллеры имеют на мембране антиген-распознающий рецептор, который состоит из двух функциональных частей: белок-рецептор CD8, который узнает МНСІ и присоединяется к нему, и Т-клеточный рецептор - специфичный иммуноглобулин. Таким образом, происходят одновременно два процесса: связывание CD8 с МНСІ и распознавание иммуноглобулиновым Т-клеточным рецептором пептида, презентованного МНСІ. 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 МНСІ, 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 МНСІ – разрушение его в протеасоме на пептиды - транспортировка на мембрану клетки в комплексе с МНСІ – связывание МНСІ с CD8 рецептором – распознавание пептида иммуноглобулином антиген-распознающего рецептора Т-киллера – запуск механизма убийства этой клетки

Б. Синтез вирусного белка – связывание белка с МНСІ – разрушение его в протеасоме на пептиды - транспортировка на мембрану клетки в комплексе с МНСІ – 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 МНСI 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 МНСI.**

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).** Хорошо известно, что представители китообразных могут оставаться под водой без газообмена между легкими и атмосферой от нескольких минут до 1,5 – 2 часов. Какие морфологические, физиологические и биохимические адаптации позволяют им так долго обходиться без газообмена с атмосферой?

**Ответ:**

Приведем примеры каждой группы адаптаций.

*Морфологические адаптации:*

1. Увеличенные относительные объем и масса легких. Например, масса легких дельфинов составляет 27% от веса тела, тогда как у наземных млекопитающих только около 12%. Количество легочных альвеол у дельфинов в три раза больше, чем у наземных животных (например, 437 млн. у морской свиньи и 150 млн. у человека). Обратите внимание, что версия «большие легкие» не является правильной, поскольку и сами китообразные тоже «большие».

2. Легкие имеют ряд морфологических особенностей, связанных с пребыванием под водой. Так, в легких китообразных есть не только эластические, но и мышечные элементы, а также хрящевая ткань (ею окружены, например, бронхи и бронхиолы дельфинов). Это предохраняет воздух от сжатия, не позволяя легким спадаться при

нырянии на большую глубину, и препятствует развитию кессонной болезни.

Эластичность легочной ткани выше, чем у наземных животных. Дыхательный воздух в составе жизненной емкости составляет до 80-90%.

3. Запас воздуха. Например, кашалот через дыхало, образованное левым носовым ходом, набирает воздух, а правый носовой ход имеет огромное мешковидное расширение, емкость которого сопоставима с емкостью легких. Запас воздуха из этого мешка кашалот использует при нырянии. Обратите внимание, версия «киты запасают воздух во рту\желудке\кишечнике» не является верной, поскольку полноценный газообмен возможен только в легких (но не в пищеварительной системе, как нередко писали в ответах), и пищеварительная и дыхательная системы китообразных разобщены настолько сильно, что запасание воздуха в пищеварительной системе невозможно даже теоретически.

#### *Физиологические адаптации:*

1. При нырянии для китообразных характерна функциональная брадикардия, то есть снижение частоты сердечных сокращений (в два и более раз). При погружении под воду у крупных китов частота сердечных сокращений снижается с 30 до 15 ударов в минуту. У косаток при нырянии работа сердца замедляется с 60 до 30 ударов в минуту.

2. Перераспределение кровотока: централизация кровообращения. Максимальное количество теплой и обогащенной кислородом крови получают мозг и сердечная мышца, а кровоток в других органах, даже в скелетной мускулатуре, резко снижается.

3. У ныряющих животных понижена чувствительность дыхательного центра головного мозга к углекислому газу и снижению pH крови. Поэтому они могут долго оставаться под водой, пока не израсходуется запас кислорода, не реагируя на накопление в крови CO<sub>2</sub>.

4. Невысокая мышечная активность при плавании позволяет использовать меньше кислорода, чем при наземном перемещении той же массы тела.

5. Для некоторых китообразных характерна повышенная кислородная емкость крови. Она создается за счет повышенного содержания гемоглобина в эритроцитах.

6. Интенсивная вентиляция легких за счет серии быстрых вдохов-выдохов до и после погружения позволяет насытить кровь кислородом и обновить состав воздуха внутри легких полностью.

#### *Биохимические адаптации:*

1. Способность гемоглобина связывать кислород, например, у дельфинов выше, чем у наземных млекопитающих.

2. У ныряющих млекопитающих в мышцах содержание миоглобина – белка, связывающего и депонирующего кислород, намного выше, чем у наземных представителей – в 7 и более раз. Это создает значительный запас кислорода в мышечной

ткани. Таким образом, клетки могут активно работать в течение длительного времени без поступления кислорода извне.

### **Критерии оценки:**

2 б. за каждую правильную версию, но не больше 15 б., если правильных версий больше 7.

**Задание № 6 (18 баллов).** Какими способами растения защищаются от патогенных грибов, бактерий и вирусов? Если можете, приведите примеры (не более одного примера для каждой версии).

### **Ответ**

Возможны несколько вариантов подобной защиты.

Особенности покровной ткани растения могут затруднять проникновение спор или бактерий (№1-№5).

1. Листья и побеги могут быть покрыты мощным слоем воска (хвойные растения).
2. Листья и побеги могут быть покрыты слоем мёртвых лишённых воды клеток (пробка на побегах второго и последующих лет жизни).
3. Клетки, например, в покровной ткани, могут обладать утолщенными клеточными стенками, затрудняющими проникновение патогенов внутрь.
4. Растение может быть густо-опушенным, что также препятствует контакту патогенов (например, спор грибов) с живыми клетками (более густо опушенные сорта помидоров лучше защищены от фитофтороза).
5. Устьица могут быть погружёнными (например, у сосны), что одновременно сокращает испарение и препятствует проникновению патогенов.
6. Мертвые клетки в толще растения (например, элементы ксилемы) могут препятствовать распространению патогенов, проникших внутрь растения.
7. В тканях растения могут содержаться вещества, угнетающие рост патогенных микроорганизмов. Эти вещества обычно называют фитонцидами. Хорошо известны фитонциды хвойных растений, багульника, чеснока.
8. На клеточном уровне растение может препятствовать перемещению вирусных частиц из клетки в клетку, регулируя проницаемость плазмодесм.

9. Особый способ защиты растений от патогенных микроорганизмов (в первую очередь, грибов) – реакции сверхчувствительности. При внедрении патогена рецепторы растительных клеток распознают его присутствие по специфичным соединениям (например, хитин грибов или флагеллин бактериальных жгутиков). Происходит запрограммированная гибель клеток, расположенных в непосредственной близости от очага заражения. В результате на пути распространения патогена не оказывается живых клеток. Расположенные на большем удалении клетки воспринимают химический сигнал и могут начать синтезировать особые токсины – фитоалексины и/или опасные для патогенов ферменты, например, хитиназы и пероксидазы.

Обратите внимание, что у растений нет настоящей иммунной системы, для них не свойственны антитела и фагоцитоз макрофагами, поэтому иммунного ответа в том варианте, который характерен для млекопитающих, у них нет. Поэтому все версии, где упоминался иммунный ответ, характерный для млекопитающих, не засчитываются как правильные.

10. Период роста и цветение могут быть сдвинуты на сезон, когда патогены менее активны. Например, раннецветущие помидоры могут успеть образовать плоды до массового распространения фитофторы в середине лета. Однако версия «быстрее образовать плоды, когда патоген уже проник в растение» не является верной, поскольку срок вызревания плодов достаточно строго детерминирован.

#### **Критерии оценки:**

2 б. за каждую правильную версию и 1 б. за правильный пример, ее иллюстрирующий. Всего не более 18 б.

**Задание №7 (18 баллов).** Ареал возделывания многих культурных растений гораздо шире, чем ареал обитания их дикорастущих предков. В ходе селекции специалисты выводят сорта растений, адаптированные к условиям различных широт и даже других континентов. Какие сложности могут возникнуть при выращивании культурного растения за пределами первоначального ареала данного вида?

#### **Ответ**

Прежде всего, сложности могут быть связаны с тем, что растение оказывается в нетипичном для него климате. Однако просто упоминание слова «климат» без сопутствующих разъяснений, влияющих на растение конкретных климатических факторов, не является верной версией ответа.

1. Недостаток тепла в непривычном климате может привести к снижению образования биомассы, сдвинуть сроки цветения и плодоношения, вызвать функциональные нарушения роста и развития растения.

2. Сезонное охлаждение, вплоть до замерзания воды, может приводить к образованию кристаллов льда в клетках и межклетниках, что повреждает ткани неприспособленных к

холодному климату растений, даже если летом в этих условиях их произрастание возможно.

3. Резкие перепады температуры могут вызывать образование трещин в стволах и коре деревьев.

4. Очень интенсивное освещение может приводить к солнечным ожогам.

5. Если растение устойчиво к холоду, в нетипичных условиях оно может начать прорасти после кратковременной оттепели или даже под снегом. Последнее приводит к так называемому выпреванию озимых – когда под снежным покровом растение осуществляет интенсивный метаболизм, но не может фотосинтезировать.

6. Нетипичный для данного вида водный режим может потребовать искусственного полива или оптимизации сроков посева – например, чтобы избежать сухого сезона или, напротив, очень влажного.

7. Непривычным для вида может оказаться световой режим – речь о соотношении дня и ночи в разное время года, т.е. длина светового дня. Некоторые субтропические и тропические культуры в умеренных широтах летом могут успешно расти, но за весь сезон так и не перейти к цветению и плодоношению. Слишком короткий световой день может быть недостаточным для индукции цветения.

8. У растения могут обнаружиться физиологические особенности, которые не реализуются на новом месте. Например, существуют виды, которым для прорастания семян обязательно воздействие высокой температуры или, наоборот, низкой.

9. Минеральный состав и структура почвы могут создавать сложности для выращивания на новом месте. Особенно это касается кислых почв, для выращивания на которых необходимо применить ряд агротехнических приемов.

Отдельная группа сложностей связана с тем, что в своём первоначальном местообитании растение взаимодействовало с другими видами, которых нет на новом месте.

1. Если данный вид растения размножается перекрёстно или требует опыления насекомыми (птицами, рукокрылыми) для успешного плодоношения, в нетипичных условиях таких агентов опыления может просто не быть. Это в особенности относится к растениям с необычным строением цветка – например, с очень длинной трубкой венчика. Местные насекомые могут оказаться неспособными к эффективному опылению. Интересно, что в таких условиях некоторые местные виды насекомых могут вести себя как «нектарные воришки», похищая нектар, но не опыляя цветков.

Однако версия «нет подходящих распространителей семян» не считается верной, поскольку распространением семян культурных растений занимается человек.

2. В новых условиях активно действуют новые паразиты (насекомые и другие беспозвоночные, паразитические растения) и возбудители заболеваний – бактерии, грибы, вирусы. Даже если, например, какой-то вид патогенного гриба (скажем, ржавчинный гриб) обитает и в первоначальном, и в новом местообитании растения, это растение может быть устойчиво только к одному штамму патогена, который распространён в исходном месте произрастания растения. Это чрезвычайно распространённая проблема при интродукции растений.

3. Можно предположить, что растение окажется слишком хорошо приспособлено для данных условий произрастания и потеснит местные виды. Интродукция может привести к серьезным экологическим последствиям.

4. Есть виды растений, которые образуют симбиоз с микроорганизмами почвы. Например, бобовые формируют клубеньки с азотфиксирующими бактериями. Многие виды успешнее растут при образовании микоризы. Если в новых условиях нет нужных видов или штаммов этих микроорганизмов, рост будет неэффективным или вовсе невозможным.

### **Критерии оценки**

2 б. за каждую правильную версию, но не более 18 б. за ответ.