

Ломоносов-2018/2019. Биология

Подходы к решению задания II отборочного тура

10–11 класс

Тестовая часть

Многие вопросы представляют собой тест с выбором одного правильного решения. За каждый правильный ответ вы получаете 1 или 2 балла в зависимости от уровня сложности. Вопросы для каждого из участников подбираются индивидуально – случайным образом из общей базы данных. Поскольку база данных достаточно обширна, опубликовать все варианты правильных ответов мы не можем. Поэтому правильные ответы на те вопросы, на которые вы отвечали, будут доступны только вам лично, но только после прохождения всех туров отборочного этапа олимпиады «Ломоносов» – не ранее середины января 2019 г.

Примеры тестовых заданий

Ботаника

Тест 1. (1 балл). В садовой практике для растений с особенно привлекательным цветением часто используется термин «махровость», у которого нет точного научного значения. В каждом случае повышение привлекательности может быть связано с разными морфологическими изменениями. На фото ниже представлены нормальное и «махровое» растения. Чем вызвана махровость в данном случае?



- а) полной заменой тычинок на лепестки (с увеличением числа кругов лепестков)
- б) увеличением числа кругов лепестков (с сохранением тычинок)
- в) увеличением числа лепестков в круге**
- г) увеличением числа женских цветков
- д) увеличением числа мужских цветков
- е) увеличением числа стерильных цветков
- ж) рассечением лепестков на длинные лопасти
- з) расширением лепестков и появлением многочисленных складок
- и) увеличением числа брактей (прицветников)
- к) другими причинами

Примечание. Если растение хорошо узнаваемо и широко распространено, то немахровый вариант в тесте не приводится. Мы предполагаем, что участники олимпиады должны хорошо представлять такие растения и/или могут найти изображение немахрового растения самостоятельно.

Тест 2. (2 балла). Растения по отношению к воде подразделяют на несколько экологических групп: гидрофиты, гигрофиты, мезофиты и ксерофиты. К какой группе можно отнести растение на фотографии, какие анатомо-морфологические характеристики ему подходят?



- Экологическая группа: **ксерофиты**
- Анатомо-морфологические характеристики: **развиты водоносные ткани с крупными вакуолями, листья редуцированы, функцию фотосинтеза выполняет стебель.**

Тест 3. (1 балл). Из списка растений выберите те, у которых завязь верхняя.

- Фуксия
- Огурец
- Дыня
- **Картофель**
- Арбуз
- Тыква
- Ирис



Тест 4. (1 балл). К какой из структур соцветия овса прикреплена ость, на которую указывает стрелка?

- Нижняя колосковая чешуя
- Верхняя колосковая чешуя
- Нижняя цветковая чешуя нижнего цветка
- Верхняя цветковая чешуя нижнего цветка
- **Нижняя цветковая чешуя верхнего цветка**
- Верхняя цветковая чешуя верхнего цветка
- Цветоножка
- Ось колоска
- Ось сложного колоса

Ботаника (работа с определительным ключом)

Предварительное пояснение

Данное задание проверяет навыки пользования справочной литературой в форме ключа. Само задание дано в виде серии высказываний, из которых нужно выбирать правильные и переходить к следующим далее высказываниям. Например, в начале под цифрой 1 даны два утверждения:

1. Цветок зигоморфный...2
- + Цветок актиноморфный ... 10

Цифрой 1 обозначена ступень. Выделенное синим цветом высказывание называется **тезой**, а выделенное розовым – **антитезой**. В нашем ключе все антитезы обозначены символом +.

Рассматривая фотографию и/или опираясь на сведения из справочной литературы, необходимо выбрать, какое из высказываний больше подходит: теза или антитеза?

Если через цветок можно провести единственную плоскость симметрии, т.е. он зигоморфный (верна **теза**), то нужно по ссылке переходить к ступени 2. Если через цветок можно провести несколько плоскостей симметрии, т.е. он актиноморфный (верна **антитеза**), нужно переходить на ступень 10. И в том, и в другом случае под соответствующей цифрой вы найдете тезу и антитезу, нужно будет снова ответить на вопросы и выбирать. В конце вы получите некоторую **Букву шифра N**, которая и является ответом на задание. За каждый правильно определенный образец вы получаете по **4 балла**, суммарный балл за это задание не превышает **12 баллов**.

По ходу определения вам могут встретиться незнакомые термины (например, простой / двойной околоцветник, стилодий, гинецей, гинофор, подчашие, ценокарпный и др.). Чтобы правильно выполнить задание, вы должны самостоятельно выяснить значение этих терминов из любых доступных вам источников информации.

Все фотографии подобраны случайным образом, ваше задание индивидуально. Из общей базы данных для вас случайно подобраны 3 фотографии растений. Таким образом, вы получите последовательно три одинаковых задания.

Допустим, что из базы данных вы получили следующую фотографию.



Это плод **Маракуйи** (*Passiflora* sp.). Для выполнения задания знать название растения не обязательно. Далее синим цветом выделен правильный ход определения данного плода. Правильный ответ – **буква шифра O**.

Определительный ключ

1. Плоды вскрывающиеся вдоль швов.....2
- + Плоды не вскрывающиеся, иногда при созревании разламывающиеся, но без специальных швов, вдоль которых происходит вскрытие8**
2. Плоды с сочным околоплодником. Вскрытие происходит из-за различий в тургорном давлении между слоями клеток3
- + Плоды с сухим околоплодником, вскрытие происходит из-за неравномерной деформации при высыхании плода4
3. Семена прикреплены к стенкам (плоды развились из паракарпного гинецея)**Буква шифра А**
- + Семена прикреплены к центральной колонке (центральная плацентация)**Буква шифра Б**
- 4(2). Семена снабжены волосками, способствующими анемохории5
- + Семена распространяются другим способом7
5. Плоды короткие, длина превышает ширину не более, чем в 4 раза **Буква шифра В**
- + Плоды имеют вытянутую форму, длина превышает ширину в 5 и более раз6
6. Плод развивается из апокарпного гинецея (со свободными плодолистиками)**Буква шифра Г**
- + Плод развивается из ценокарпного гинецея (с несколькими сросшимися плодолистиками) **Буква шифра Д**
- 7(4). Плодолистики свободные, у каждого из них обычно сохраняется остаток столбика**Буква шифра Е**
- + Плодолистики сросшиеся, в пестике столбик общий, к моменту вскрытия плода не сохраняется**Буква шифра Ж**
- 8(1). После оплодотворения происходит продольное растяжение оси цветка так, что весь плод или какие-то его части оказываются удаленными от места прикрепления чашелистиков9
- + После оплодотворения ось цветка не продольно растягивается. Она может равномерно разрастаться, но плод или его части не удаляются на заметное расстояние от места прикрепления чашелистиков10**
9. Плод развился из многочисленных свободных плодолистиков**Буква шифра З**
- + Плод развился из единственного плодолистика или немногих сросшихся плодолистиков**Буква шифра И**
- 10(8). Наружные слои околоплодника деревянистые, средние слои околоплодника образуют вязкую кисло-сладкую пульпу, внутренний слой околоплодника пленчатый **Буква шифра К**
- + Плоды иного строения11**
- 11. Плоды с сухим или кожистым околоплодником12**
- + Плоды с сочным околоплодником (хотя бы какая-то из частей околоплодника сочная: мезокарп, эндокарп или эндокарп развивает соковые мешочки)16
12. Околоплодник или остающиеся при плоде чешуи имеют выросты, способствующие распространению ветром13
- + Околоплодник не имеет таких выростов15**
13. Выросты принадлежат чешуе, прирастающей к плоду**Буква шифра Л**
- + Выросты прикреплены непосредственно к околоплоднику14
14. Плод равномерно покрыт волосками**Буква шифра М**
- + Волоски перистые, прикреплены примерно на одном уровне в верхней части плода**Буква шифра Н**
- 15(12). Околоплодник гладкий Буква шифра О**

- + . Околоплодник покрыт крючковатыми выростами или с бугристой поверхностью **Буква шифра П**
- 16(11). Плоды односемянные **Буква шифра Р**
- + . Плоды многосемянные17
17. Плоды составлены небольшим числом плодолистиков (менее 10)18
- + . Плоды составлены из многочисленных плодолистиков (более 12)19
18. Чашечка при плодах сильно разрастается, часто при полном созревании полностью скрывает плод **Буква шифра С**
- + . Чашечка при плодах может сохраняться, но не разрастается, никогда не скрывает плод полностью **Буква шифра Т**
- 19(17). Мезокарп сочный, эндокарп пленчатый **Буква шифра У**
- + . Сочные части образуются из внутренних выростов стенок плодолистиков, остальные слои околоплодника губчатые, волокнистые или кожистые **Буква шифра Ф**

Зоология

Тест 5. (1 балл). Кто изображён на фотографии?



- трилобит
- щитень
- ракоскорпион
- **мокрица**

Тест 6. (1 балл). В состав органа зрения у пчелы входят (выберите правильный ответ):

- **Омматидии**
- Протонефридии
- Хрусталик
- Антеридии
- Параподии
- Радужная оболочка

Зоология (работа с определительным ключом)

Это задание очень похоже на задание по ботанике. Оно индивидуально. Из общей базы данных для вас случайно подобраны 3 фотографии насекомых. Таким образом, вы получите последовательно три одинаковых задания.

Ответ представляет собой одну из букв шифра. За каждый правильно определенный образец вы получаете по **4 балла**, суммарный балл за это задание не превышает **12 баллов**.

Допустим, что из базы данных вы получили следующую фотографию.



Это **Жук-носорог** (*Oryctes nasicornis*). Для выполнения задания знать название насекомого не обязательно. Далее синим цветом выделен правильный ход определения данного насекомого. Правильный ответ – **буква шифра З**.

1. Усики имеются ... 2

+ Усики отсутствуют... **Буква шифра А**

2. Усиков всегда одна пара. Обитают в основном в воздушной среде ... 4

+ Усиков одна или две пары, могут жить в воде или на суше ... 3

3. Обитают на суше ... Буква шифра Б

+ Обитают в воде ... **Буква шифра В**

4(2). Крылья отсутствуют ... Буква шифра Г

+ Крылья имеются ... 5

5. Крыльев одна пара ... 6

+ Крыльев две пары ... 7

6. Брюшко не стебельчатое, всё тело опушенное ... **Буква шифра Д**

+ Брюшко стебельчатое ... **Буква шифра Е**

7(5). Крылья лежат кровлеобразно ... **Буква шифра Ж**

+ Крылья лежат плоско ... 8

8. Передняя пара крыльев плотная, кожистая, превращена в надкрылья ... 9

+ Передние крылья тонкие, мембранозные ... 12

9. Надкрылья доходят до конца брюшка ... 10

+ Надкрылья не доходят до конца брюшка, укороченные, прикрывают 2-3 сегмента тела ... 11

10. На переднеспинке есть мощные выросты ... Буква шифра З

+ На переднеспинке мощных выростов нет ... **Буква шифра И**

11(9). Клешневидные придатки на брюшке имеются ... **Буква шифра К**

+ Клешневидные придатки на брюшке отсутствуют ... **Буква шифра Л**

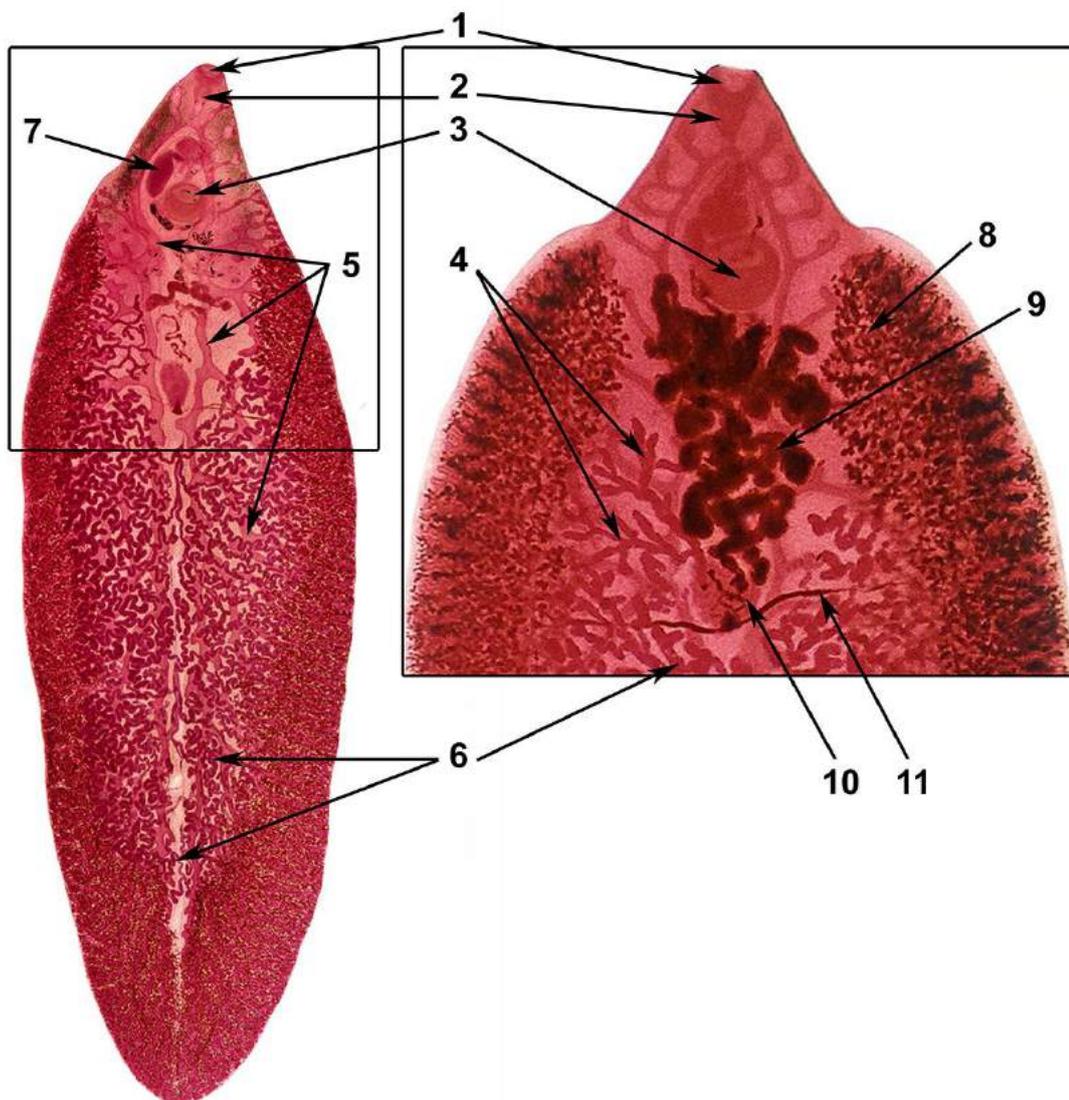
12(8). Жилкование параллельное ... **Буква шифра М**

+ Жилкование сетчатое. Передние крылья больше задних ... **Буква шифра Н**

Зоология беспозвоночных

На рисунке представлен поперечный срез животного. Какие структуры обозначены цифрами на рисунке?

Максимальный балл за задание – 11 баллов.



Ответы:

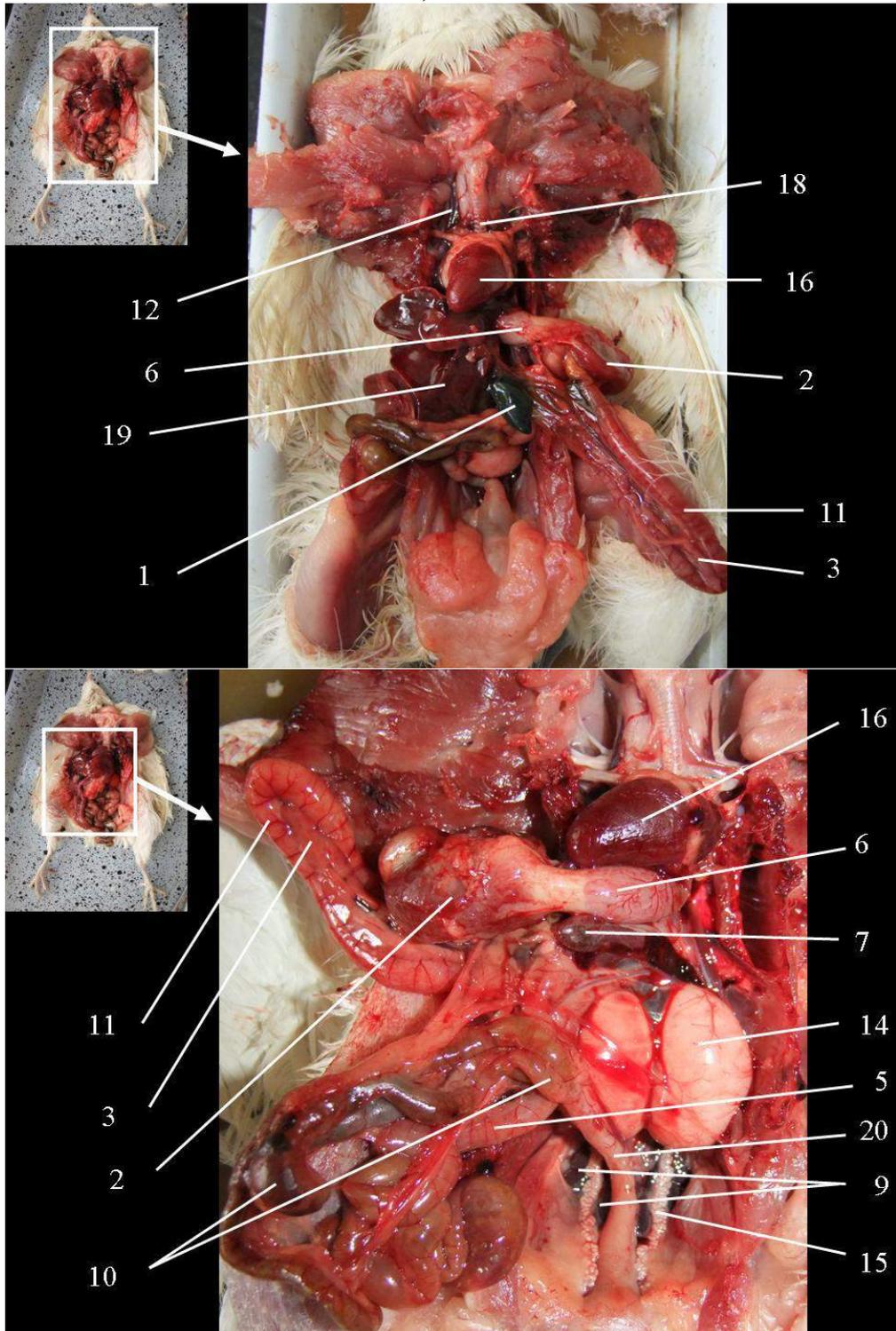
- 1 – ротовая присоска
- 2 – глотка
- 3 – брюшная присоска
- 4 – яичник
- 5 – средняя кишка
- 6 – семенники
- 7 – совокупительный орган
- 8 – желточники
- 9 – матка
- 10 – скопление скорлуповых желез
- 11 – желточный проток

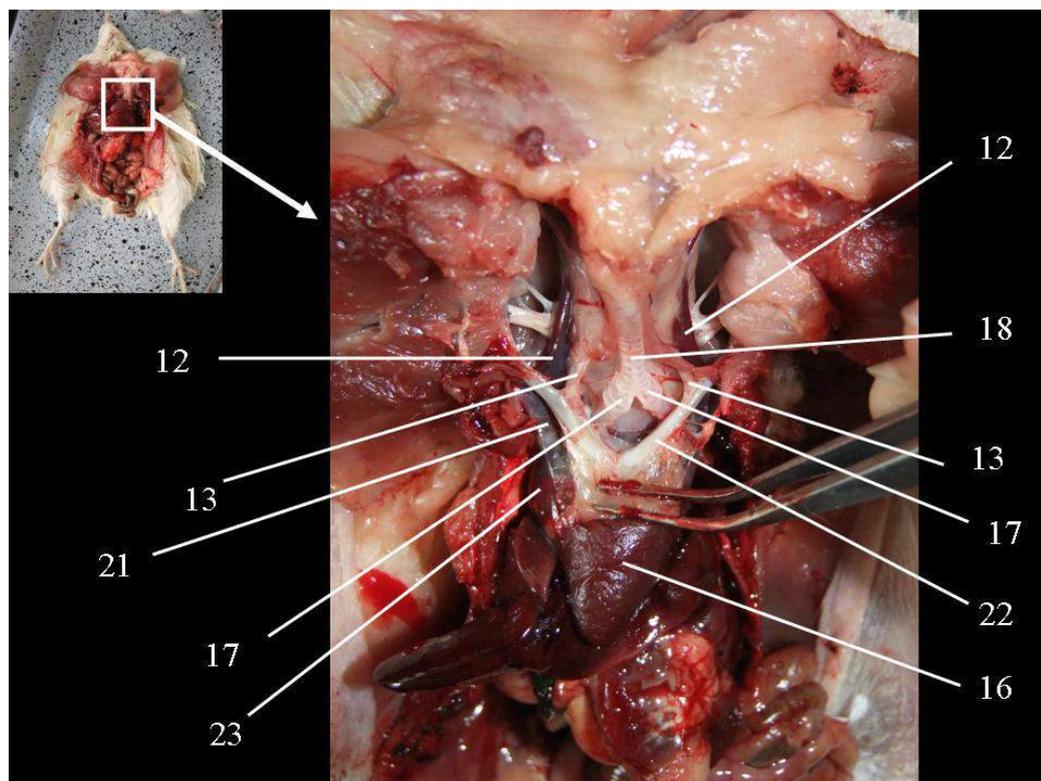
Зоология позвоночных

Перед Вами фотографии, иллюстрирующая вскрытие перепела (*Coturnix coturnix*). В левом верхнем углу каждой фотографии белым прямоугольником обозначена та часть тела, которая крупно представлена на фото. Цифрами отмечены различные органы и кровеносные сосуды. Некоторые цифры на фотографиях повторяются для того, чтобы можно было рассмотреть одни и те же органы с разных ракурсов. Какие структуры обозначены цифрами на рисунке?

Примечание: цифры 4 и 8 в задании не используются.

Максимальный балл за задание – 10,5 балла.





Ответы:

- 1 желчный пузырь
- 2 мускульный желудок
- 3 поджелудочная железа
- 5 тонкая кишка
- 6 железистый желудок
- 7 селезёнка
- 9 почка
- 10 слепые кишки
- 11 12-перстная кишка
- 12 яремные вены
- 13 общие сонные артерии
- 14 семенник
- 15 семяпровод
- 16 желудочек сердца
- 17 нижняя гортань
- 18 трахея
- 19 печень
- 20 задняя кишка
- 21 правая передняя полая вена
- 22 безымянная артерия
- 23 правое предсердие

Физиология животных (эксперимент)

Из базы данных для вас выбраны **три** случайных теста, за каждый из которых можно получить **2 балла**. Максимальный балл за задание – **6 баллов**.

В первой четверти XX века ученые обнаружили, что если в эксперименте на наркотизированном животном раздражать электрическими стимулами двигательный нерв, то мышца сокращается с той же частотой, но амплитуда сокращений со временем начинает убывать, т.е. наблюдается утомление мышцы. Если же на этом фоне (не прекращая стимуляции двигательного нерва) нанести электрическое раздражение с большей частотой стимулов на симпатический нерв, идущий к той же конечности животного, то амплитуда сокращений мышцы возрастет на некоторое время, а потом снова начнет убывать (утомление «возвращается»). Повторная стимуляция симпатического нерва опять увеличит амплитуду ответов. При этом частота сокращений мышцы сохраняется прежней, т.е. соответствует частоте стимуляции двигательного нерва. Это можно наблюдать несколько раз. Такое же явление можно увидеть и на изолированном препарате, состоящем из мышцы и соответствующих нервов. Интерпретация этих результатов была различной и в научной среде по этому поводу возникали дискуссии – как правильно объяснить наблюдаемые явления, которые успешно воспроизводили в разных лабораториях.

Предлагаем вам выбрать из списка приведенных объяснений:

А - правильные ответы и строго соответствующие эксперименту на изолированном препарате;

Б – в принципе правильные ответы, но не совсем соответствующие эксперименту на изолированном препарате;

и В – совсем неверные высказывания.

Пример:

Тест 7. (2 балла). 2. Симпатические нервы иннервируют не саму мышцу, но каким-то образом способны влиять на ее работоспособность.

А – верно, следует из результатов эксперимента

Б – в принципе верно, но прямо не следует из результатов эксперимента

В – принципиально неверно

Общая биология (тесты)

В этой части задания случайным образом выбраны 11 тестовых заданий по физиологии человека и животных, эмбриологии, генетике, экологии, биохимии и молекулярной биологии. Каждое правильное решение оценивается **1 баллом**, максимальный балл за задание – **11 баллов**.

Примеры:

Тест 8. (1 балл). Из мезодермы развиваются:

- органы зрения
- легкие
- спинной мозг
- **мышцы**

Тест 9. (1 балл). У резуховидки Таля (*Arabidopsis thaliana*) в состав малых интерферирующих РНК НЕ входит:

- **ТИМИН**;
- аденин;
- гуанин;
- цитозин.

Тест 10. (1 балл). У гороха есть сорта с желтой и зеленой окраской семян. Пусть за окраску отвечает ген *A*, и желтая окраска доминирует над зеленой (*a*). Вы взяли растение гороха, выращенное из желтого семени, и провели самоопыление (генотип родителей и самого растения неизвестен).



Какими может оказаться расщепление по фенотипу среди семян в полностью созревших плодах этого растения?

- все зелёные;
- 25% жёлтые : 75% зелёные;
- 50% жёлтые : 50% зелёные;
- 56,25% жёлтые : 43,75% зелёные;
- **75% жёлтые : 25% зелёные.**

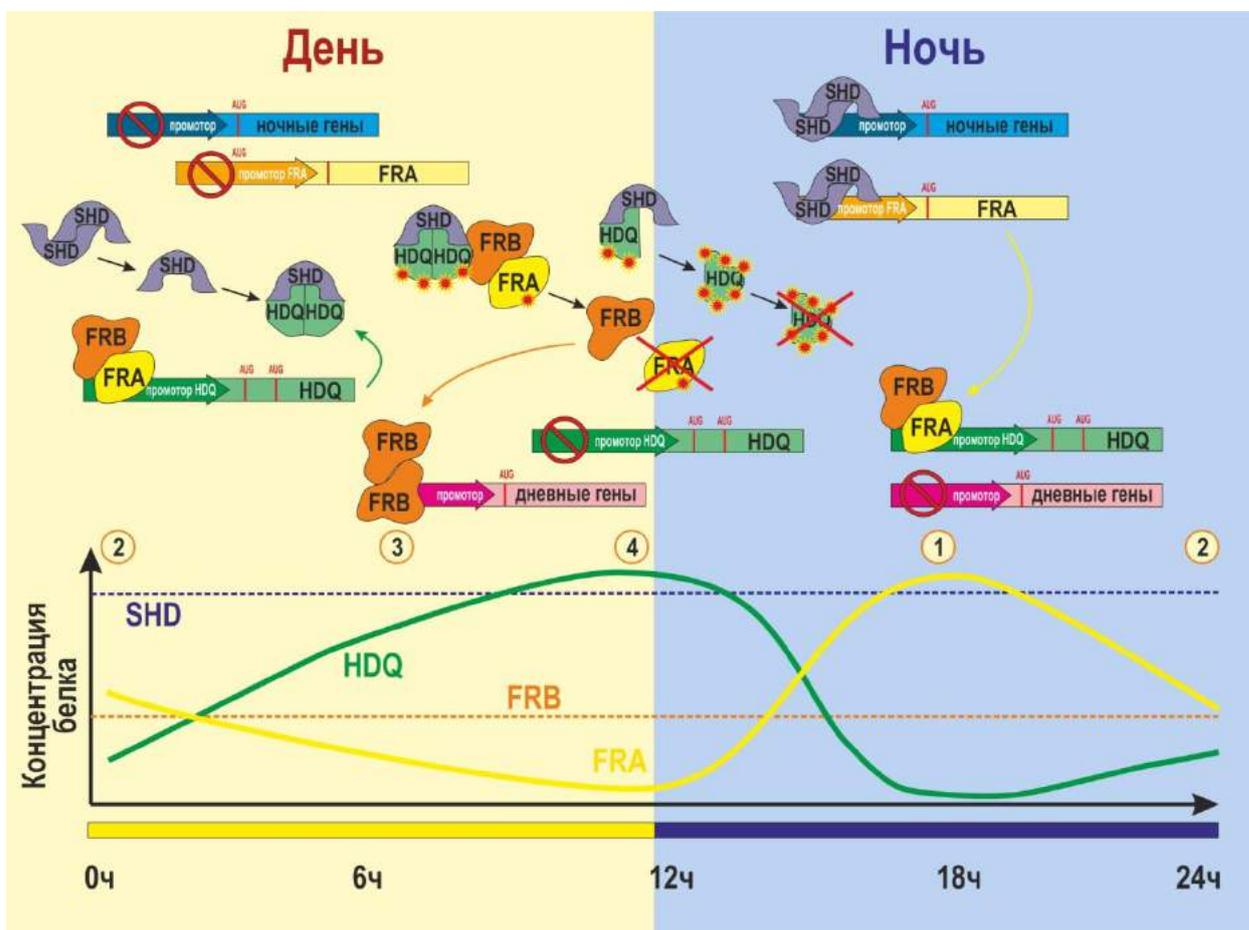
Генетическая задача

Суммарный балл за это задание – **25,5 баллов**. Часть баллов проставляется при автоматической проверке, другая часть баллов выставляется экспертом за правильность рассуждений, приведенных в обосновании ответа. Задание предполагает умение читать биологические схемы процессов, осваивать новую информацию, творчески использовать ее при решении генетических задач.

Генетика I тур



При выращивании на твердой питательной среде многие грибы образуют спороношения только в ночное время. В результате появляются закономерно чередующиеся полосы вегетативного мицелия и конидиев (см. рис.). Такой эффект наблюдается даже при выращивании в течение некоторого времени в темноте. Это происходит потому, что в мицелии гриба работают биологические часы.



На молекулярном уровне работа биологических часов определяется периодической активностью нескольких генов.

Допустим, что у некоторого гриба обнаружен следующий механизм. Белок FRA содержит в своем составе флавиномононуклеотид, ФМН (от лат. *flavus* – жёлтый). Соответствующий ген активируется вечером и обеспечивает высокую концентрацию белка FRA к середине ночи. Белок FRA образует комплекс с другим белком – FRB, что, в свою очередь, способствует активации гена HDQ в темноте (фаза 1). Ген HDQ содержит два альтернативных стартовых кодона. Из-за этого в результате трансляции образуются два варианта HDQ-белка: длинный (полноразмерный) и укороченный. Суммарное число полноразмерных и укороченных молекул HDQ постоянно, однако при температуре выше +25С образуется только полноразмерный HDQ, а при пониженной температуре (около +16С) – и полноразмерный, и укороченный белок.

Утром флавиномононуклеотид в составе белка FRA улавливает свет, что повышает активность комплекса FRA+FRB, и, соответственно, синтез белка HDQ ускоряется (фаза 2). Теперь белка HDQ настолько много, что он может образовать димер и присоединить белок-стабилизатор SHD. Без белка-стабилизатора HDQ быстро разрушается. Воздействие света на этой фазе корректирует ход биологических часов, хотя при наличии всех компонентов дальнейшие реакции могут идти и в полной темноте.

В фазе 3 происходит фосфорилирование комплекса 2HDQ+SHD (показано красными звездочками). При этом полноразмерный HDQ содержит больше сайтов фосфорилирования, и фосфорилируется быстрее, чем укороченный вариант белка HDQ.

Сборка комплекса 2HDQ+SHD приводит к присоединению и комплекса FRA+FRB фосфорилированию белка FRA. Белок FRA при этом отсоединяется и разрушается, а освободившийся белок FRB образует димер и запускает «дневные» гены. Ген HDQ при этом выключается, скорость синтеза белка HDQ снижается.

К вечеру (фаза 4) белок HDQ фосфорилируется очень сильно, что приводит к диссоциации комплекса 2HDQ+SHD и деградации белка HDQ. При этом скорость деградации у полноразмерного варианта белка HDQ выше, чем у укороченного. Белок SHD освобождается, образует димер и активирует «ночные» гены, в том числе – ген FRA. К середине ночи (фаза 1) накапливается достаточное количество белка FRA, чтобы связать в комплексы белок FRB. Экспрессия «дневных» генов останавливается, и запускается синтез белка HDQ.

Утром (фаза 2) белок SHD связывается с HDQ, из-за чего выключаются «ночные» гены, в том числе – ген FRA.

Таким образом, концентрации белков FRA и HDQ в течение суток колеблются в противофазе (эту систему называют осциллятором часов). Концентрации белков FRB и SHD остаются постоянными.

1. Для «подводки» предложенных выше биологических часов наиболее важна следующая часть спектра:

- a. зелёная
- b. жёлтая
- c. оранжевая
- d. красная
- e. синяя**

2. Поскольку в условии сказано, что белок FRA содержит в своем составе флавиномононуклеотид, ФМН (от лат. *flavus* – жёлтый), цвет белка должен быть желтым. То есть, он НЕ поглощает в желтой части спектра, но должен поглощать в «комплиментарной» синей области. Можно также опереться на справочные данные о спектре поглощения флавинов. Максимум поглощения лежит в диапазоне 445—450 нм (т.е., в синей части спектра).

3. При повышении температуры с +16С до +25С внутренний ритм часов (который проявится в темноте) окажется:

- a. никакая из фаз цикла не изменится
- b. длиннее из-за увеличения «дневной» фазы цикла

c. короче из-за сокращения «дневной» фазы цикла

d. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «дневной» фазы и удлинения «ночной» фазы цикла

e. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «ночной» фазы и удлинения «дневной» фазы цикла

- f. короче из-за сокращения «ночной» фазы цикла

4. Продолжительность «дневной» фазы цикла зависит от скорости фосфорилирования / деградации белка HDQ. В условии сказано, что ген *HDQ* содержит два альтернативных стартовых кодона. Из-за этого в результате трансляции образуются два варианта HDQ-белка: длинный (полноразмерный) и укороченный. Суммарное число полноразмерных и укороченных молекул HDQ постоянно, однако при температуре выше +25С образуется только полноразмерный HDQ, а при пониженной температуре (около +16С) – и полноразмерный, и укороченный белок. В фазе 3 происходит фосфорилирование комплекса 2HDQ+SHD (показано красными звездочками). При этом полноразмерный HDQ содержит больше сайтов фосфорилирования, и фосфорилируется быстрее, чем укороченный вариант белка HDQ.

Таким образом, при повышенной температуре будет синтезироваться в основном полноразмерный белок HDQ, а он быстрее фосфорилируется / деградирует. Поэтому «дневная» фаза цикла сократится. «Ночная» фаза не изменится, поскольку в условии не сказано о температурной зависимости ночных процессов.

5. У гена *HDQ* получен функциональный аллель *HDQ-1* с утраченным вторым стартовым кодоном (AUG). Что произойдет с биологическим ритмом часов у грибов с этим аллелем? Ритм станет:

- a. короче из-за сокращения «ночной» фазы цикла

- b. длиннее из-за увеличения «ночной» фазы цикла

c. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «ночные» гены

d. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «ночной» фазы и удлинения «дневной» фазы цикла

- e. длиннее из-за увеличения «дневной» фазы цикла

- f. никакая из фаз цикла не изменится

g. короче из-за сокращения «дневной» фазы цикла

h. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «дневной» фазы и удлинения «ночной» фазы цикла

i. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «дневные» гены

j. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут одновременно активны и «ночные», и «дневные» гены

k. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, ни «дневные», ни «ночные» гены не будут включены

б. Предположим, что произошла точечная замена, при которой функциональность белка не была нарушена. У мутанта *HDQ-1* может образоваться только полноразмерный продукт (утрачен второй стартовый кодон), медленно деградирующий короткий белок не образуется. Суммарно белок HDQ будет быстрее фосфорилироваться / деградировать по сравнению с нормой. Скорость деградации будет сопоставима с деградацией при +25С. Это означает с одной стороны, сокращение «дневной» фазы цикла,

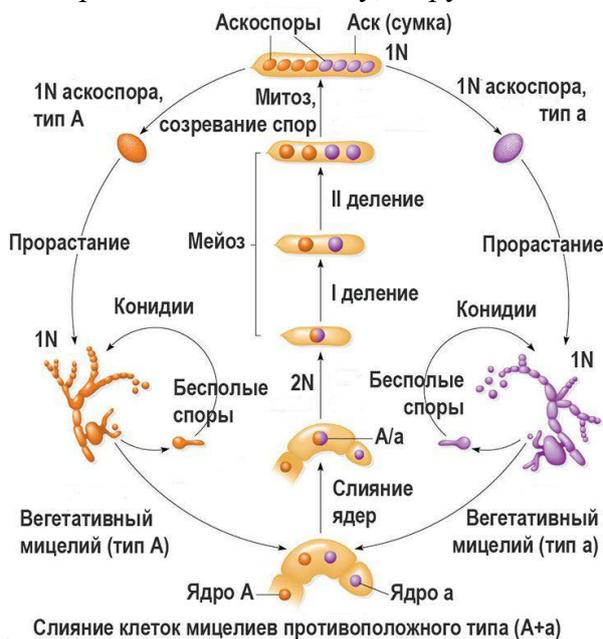
а с другой стороны – потерю чувствительности биологических часов к повышению температуры.

7. У гена *SHD* получен нефункциональный аллель *shd* со сдвигом рамки считывания. Что произойдет с биологическим ритмом часов у грибов с этим аллелем? Ритм станет:

- a. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, ни «дневные», ни «ночные» гены не будут включены
- b. короче из-за сокращения «ночной» фазы цикла
- c. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «дневной» фазы и удлинения «ночной» фазы цикла
- d. никакая из фаз цикла не изменится
- e. длиннее из-за увеличения «ночной» фазы цикла
- f. длиннее из-за увеличения «дневной» фазы цикла
- g. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут одновременно активны и «ночные», и «дневные» гены
- h. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «ночные» гены
- i. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «дневные» гены**
- j. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «ночной» фазы и удлинения «дневной» фазы цикла
- k. короче из-за сокращения «дневной» фазы цикла

8. Сдвиг рамки считывания приведет к полной потере функциональности белка SHD. Он отвечает за включение «ночных» генов и гена *FRA*, обеспечивающего ритмичность часов. Ген *FRB* будет работать, его продукт отвечает за включение «дневных» генов. Таким образом, ритмичность будет нарушена, но будут включены только «дневные» гены.

Эксперименты с биологическими часами обычно проводят на фазе роста вегетативного мицелия / образования конидиев. В дальнейшем возможно скрещивание, если вегетативные мицелии относятся к противоположным типам созревания: «А» и «а». После слияния клеток мицелия происходит слияние ядер (кариогамия), мейоз и еще одно митотическое деление, что приводит к образованию сумки (аска) с восемью гаплоидными аскоспорами. Половина из них принадлежит к А-типу, а другая половина – к а-типу.



Предположим, что мы анализируем результаты скрещивания мицелия А-типа *HDQ-1 SHD* с мицелием а-типа *HDQ shd*. Пусть гены *HDQ* и *SHD* расположены на одной хромосоме на расстоянии 25 морганид.

9. Какова вероятность образования сумки с аскоспорами, среди которых есть одна спора с генотипом *HDQ-1 shd*, одна спора с генотипом *HDQ SHD*, три аскоспоры *HDQ-1 SHD* и три аскоспоры *HDQ shd* ?

10. Поскольку при образовании сумки (аска) после мейоза происходит митоз, то каждый генотип должен быть представлен четным числом клеток. Образование сумки с тремя спорами одинакового генотипа или с одной спорой, отличающейся по генотипу от всех остальных, невозможно. Вероятность равна нулю.

Ответ: 0%

11. К какому из фенотипов относятся двойные мутанты *HDQ-1 shd* ? Ритм двойных мутантов станет:

a. короче из-за сокращения «ночной» фазы цикла
b. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут одновременно активны и «ночные», и «дневные» гены
c. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «дневной» фазы и удлинения «ночной» фазы цикла

d. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «дневные» гены

e. никакая из фаз цикла не изменится
f. длиннее из-за увеличения «ночной» фазы цикла
g. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «ночной» фазы и удлинения «дневной» фазы цикла
h. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, ни «дневные», ни «ночные» гены не будут включены
i. короче из-за сокращения «дневной» фазы цикла
j. длиннее из-за увеличения «дневной» фазы цикла
k. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «ночные» гены

12. Ген *SHD* отвечает за включение «ночных» генов и гена *FRA*, а белок *FRA* включает ген *HDQ*. Поэтому у мутанта *shd* ген *HDQ* не будет включаться (функциональность белка *HDQ* при этом не важна – может быть любой аллель этого гена). Ген *FRB* будет работать, его продукт отвечает за включение «дневных» генов. Таким образом, ритмичность будет нарушена, но будут включены только «дневные» гены.

13. Какова будет доля мицелиев, у которых есть ритм биологических часов, но он не изменяется при перенесении с температуры +16С на температуру +25С?

В поле ответов впишите значение в % с точностью до первого знака после запятой:

Ответ: 37,5%

14. Каково соотношение вегетативных мицелиев с определенной ритмикой биологических часов при массовом посеве популяции аскоспор от указанного выше скрещивания?

Впишите рядом с фенотипом либо значение в % с точностью до первого знака после запятой, либо цифру 0, если данный фенотип не наблюдается.

Фенотипы:

А. Нормальная ритмика. Ответ: 12,5%

Б.

- короче из-за сокращения «дневной» фазы цикла. Ответ: 37,5%

- короче из-за сокращения «ночной» фазы цикла. Ответ: 0%
- длиннее из-за увеличения «дневной» фазы цикла. Ответ: 0%
- длиннее из-за увеличения «ночной» фазы цикла. Ответ: 0%
- суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «дневной» фазы и удлинения «ночной» фазы цикла. Ответ: 0%
- суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «ночной» фазы и удлинения «дневной» фазы цикла. Ответ: 0%

В.

- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «дневные» гены. Ответ: 50,0%
- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «ночные» гены. Ответ: 0%
- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут одновременно активны и «ночные», и «дневные» гены. Ответ: 0%
- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, ни «дневные», ни «ночные» гены не будут включены. Ответ: 0%

15. Нам известно, что родительские мицелии с генотипами *HDQ-1 SHD* (мутант по *HDQ*, норма по *SHD*) и *HDQ shd* (норма по *HDQ*, мутант по *SHD*). Гены *HDQ* и *SHD* расположены на одной хромосоме на расстоянии 25 морганид. Это означает, что среди всех спор 25% будут рекомбинантными, т.е. либо *HDQ SHD*, либо *HDQ-1 shd*. Нормальной ритмикой будут обладать только *HDQ SHD*, а их доля составит:

$$25\% : 2 = 12,5\%$$

Все мицелии, получившие аллель *shd*, будут обладать нарушенной ритмикой, при этом будут включены только дневные гены (независимо от аллеля *HDQ* – см. выше). Доля таких мицелиев составит 50%.

Доля мицелиев родительского генотипа *HDQ-1 SHD* составит (за вычетом рекомбинантов):

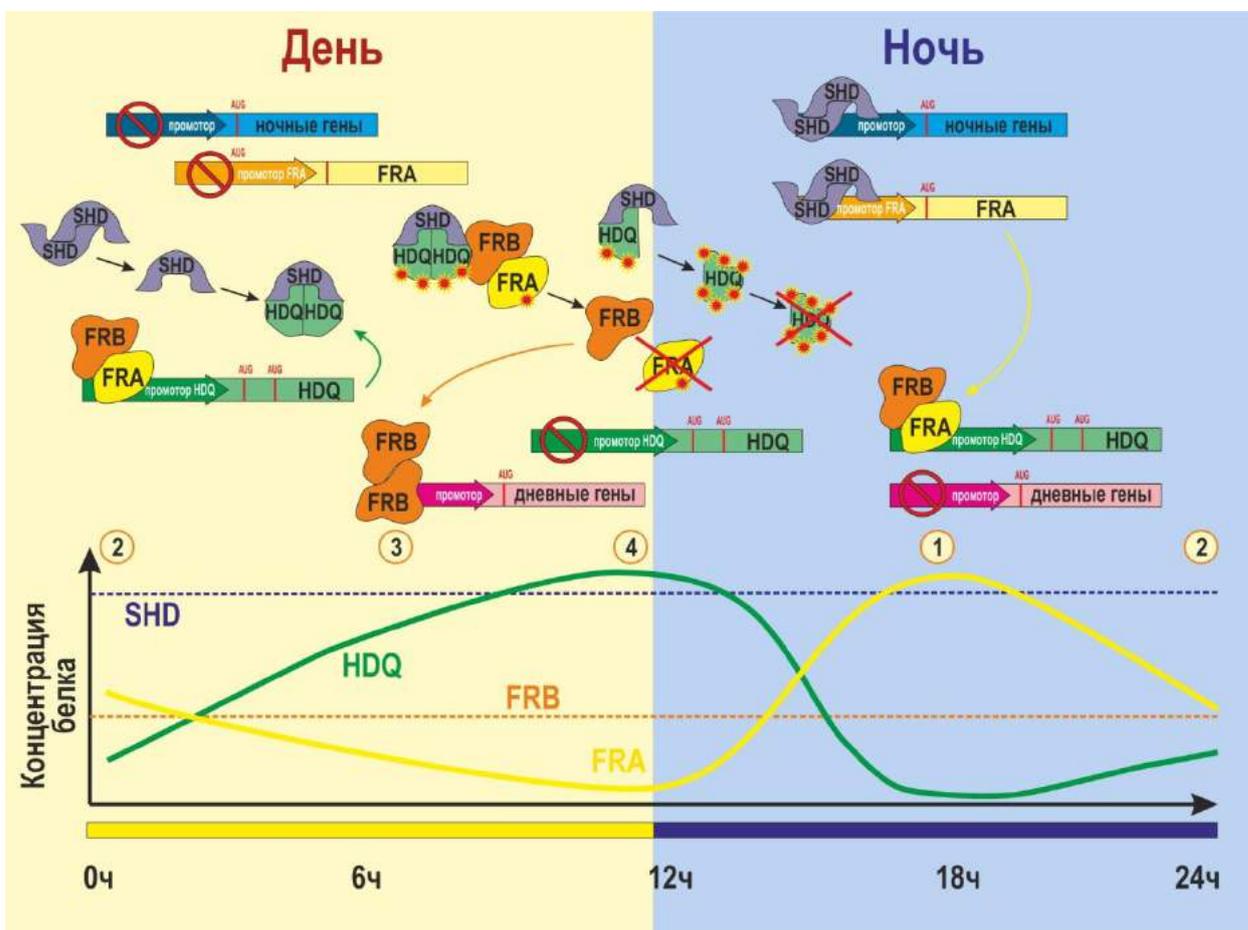
$$(100\% - 25\%) / 2 = 75\% : 2 = 37,5\%$$

Мицелии с аллелем *HDQ-1* не будут изменять ритм при повышении температуры. При +16С ритм будет сокращен за счет уменьшения «дневной» фазы.

Генетика II тур



При выращивании на твердой питательной среде многие грибы образуют спороношения только в ночное время. В результате появляются закономерно чередующиеся полосы вегетативного мицелия и конидиев (см. рис.). Такой эффект наблюдается даже при выращивании в течение некоторого времени в темноте. Это происходит потому, что в мицелии гриба работают биологические часы.



На молекулярном уровне работа биологических часов определяется периодической активностью нескольких генов.

Допустим, что у некоторого гриба обнаружен следующий механизм. Белок FRA содержит в своем составе фитохромобилин – вещество сине-зелёного цвета. Соответствующий ген активируется вечером и обеспечивает высокую концентрацию белка FRA к середине ночи. Белок FRA образует комплекс с другим белком – FRB, что, в свою очередь, способствует активации гена *HDQ* в темноте (фаза 1). Ген *HDQ* содержит два альтернативных стартовых кодона. Из-за этого в результате трансляции образуются два варианта HDQ-белка: длинный (полноразмерный) и укороченный. Суммарное число полноразмерных и укороченных молекул HDQ постоянно, однако при температуре выше +25С образуется только полноразмерный HDQ, а при пониженной температуре (около +16С) – и полноразмерный, и укороченный белок.

Утром фитохромобилин в составе белка FRA улавливает свет, что повышает активность комплекса FRA+FRB, и, соответственно, синтез белка HDQ ускоряется (фаза 2). Теперь белка HDQ настолько много, что он может образовать димер и присоединить белок-стабилизатор SHD. Без белка-стабилизатора HDQ быстро разрушается. Воздействие света на этой фазе корректирует ход биологических часов, хотя при наличии всех компонентов дальнейшие реакции могут идти и в полной темноте.

В фазе 3 происходит фосфорилирование комплекса 2HDQ+SHD (показано красными звездочками). При этом полноразмерный HDQ содержит больше сайтов фосфорилирования, и фосфорилируется быстрее, чем укороченный вариант белка HDQ.

Сборка комплекса 2HDQ+SHD приводит к присоединению и комплекса FRA+FRB фосфорилированию белка FRA. Белок FRA при этом отсоединяется и разрушается, а освободившийся белок FRB образует димер и запускает «дневные» гены. Ген HDQ при этом выключается, скорость синтеза белка HDQ снижается.

К вечеру (фаза 4) белок HDQ фосфорилируется очень сильно, что приводит к диссоциации комплекса 2HDQ+SHD и деградации белка HDQ. При этом скорость деградации у полноразмерного варианта белка HDQ выше, чем у укороченного. Белок SHD освобождается, образует димер и активирует «ночные» гены, в том числе – ген FRA. К середине ночи (фаза 1) накапливается достаточное количество белка FRA, чтобы связать в комплексы белок FRB. Экспрессия «дневных» генов останавливается, и запускается синтез белка HDQ.

Утром (фаза 2) белок SHD связывается с HDQ, из-за чего выключаются «ночные» гены, в том числе – ген FRA.

Таким образом, концентрации белков FRA и HDQ в течение суток колеблются в противофазе (эту систему называют осциллятором часов). Концентрации белков FRB и SHD остаются постоянными.

1. Для «подводки» предложенных выше биологических часов наиболее важна следующая часть спектра:

- a. красная
- b. жёлтая
- c. оранжевая
- d. зелёная
- e. синяя

2. Поскольку в условии сказано, что белок FRA содержит в своем составе фитохромобилин – вещество сине-зелёного цвета, то он НЕ поглощает в синей и зеленой части спектра, но должен поглощать в «комплиментарной» красной области. Можно также опереться на справочные данные о спектре поглощения фитохромобилина. Максимум поглощения лежит около 660 нм (т.е., в красной части спектра).

3. При понижении температуры с +25С до +16С внутренний ритм часов (который проявится в темноте) окажется:

a. никакая из фаз цикла не изменится

b. длиннее из-за увеличения «дневной» фазы цикла

c. короче из-за сокращения «дневной» фазы цикла

d. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «дневной» фазы и удлинения «ночной» фазы цикла

e. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «ночной» фазы и удлинения «дневной» фазы цикла

f. короче из-за сокращения «ночной» фазы цикла

4. Продолжительность «дневной» фазы цикла зависит от скорости фосфорилирования / деградации белка HDQ. В условии сказано, что ген *HDQ* содержит два альтернативных стартовых кодона. Из-за этого в результате трансляции образуются два варианта HDQ-белка: длинный (полноразмерный) и укороченный. Суммарное число полноразмерных и укороченных молекул HDQ постоянно, однако при температуре выше +25С образуется только полноразмерный HDQ, а при пониженной температуре (около +16С) – и полноразмерный, и укороченный белок. В фазе 3 происходит фосфорилирование комплекса 2HDQ+SHD (показано красными звездочками). При этом полноразмерный HDQ содержит больше сайтов фосфорилирования, и фосфорилируется быстрее, чем укороченный вариант белка HDQ.

Таким образом, при повышенной температуре будет синтезироваться быстро деградирующий полноразмерный белок HDQ, а при пониженной температуре будет синтезироваться как полноразмерный белок HDQ, так и укороченный, который медленнее фосфорилируется / деградирует. Поэтому «дневная» фаза цикла при понижении температуры. «Ночная» фаза не изменится, поскольку в условии не сказано о температурной зависимости ночных процессов.

5. У гена *HDQ* получен функциональный аллель *HDQ-5* с утраченным первым стартовым кодоном (AUG). Что произойдет с биологическим ритмом часов у грибов с этим аллелем? Ритм станет:

a. короче из-за сокращения «ночной» фазы цикла

b. длиннее из-за увеличения «ночной» фазы цикла

c. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «ночные» гены

d. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «ночной» фазы и удлинения «дневной» фазы цикла

e. длиннее из-за увеличения «дневной» фазы цикла

f. никакая из фаз цикла не изменится

g. короче из-за сокращения «дневной» фазы цикла

h. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «дневной» фазы и удлинения «ночной» фазы цикла

i. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «дневные» гены

j. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут одновременно активны и «ночные», и «дневные» гены

k. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, ни «дневные», ни «ночные» гены не будут включены

6. Предположим, что произошла точечная замена, при которой функциональность белка не была нарушена. Поскольку у мутанта может образоваться только укороченный продукт (утрачен второй стартовый кодон), то белок HDQ будет медленнее фосфорилироваться / деградировать по сравнению с нормой. Это означает с

одной стороны, увеличение «дневной» фазы цикла, а с другой стороны – потерю чувствительности часов к повышению температуры.

7. У гена *FRB* получен нефункциональный аллель *frb* со сдвигом рамки считывания. Что произойдет с биологическим ритмом часов у грибов с этим аллелем? Ритм станет:

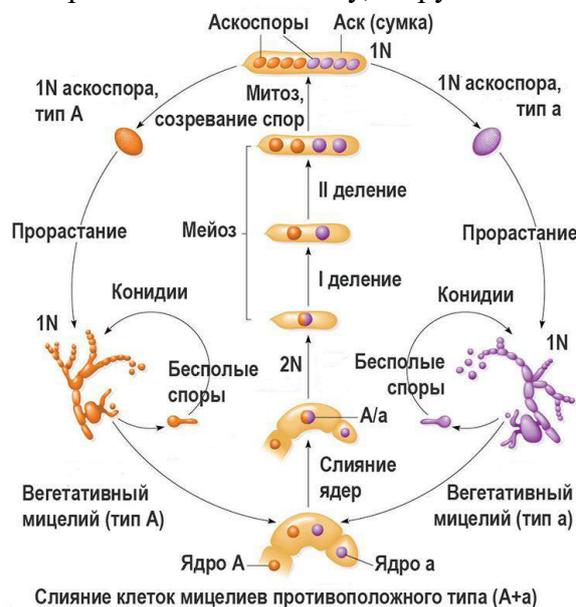
- a. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, ни «дневные», ни «ночные» гены не будут включены
- b. короче из-за сокращения «ночной» фазы цикла
- c. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «дневной» фазы и удлинения «ночной» фазы цикла
- d. никакая из фаз цикла не изменится
- e. длиннее из-за увеличения «ночной» фазы цикла
- f. длиннее из-за увеличения «дневной» фазы цикла
- g. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут одновременно активны и «ночные», и «дневные» гены

h. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «ночные» гены

- i. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «дневные» гены
- j. суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «ночной» фазы и удлинения «дневной» фазы цикла
- k. короче из-за сокращения «дневной» фазы цикла

8. Сдвиг рамки считывания приведет к полной потере функциональности белка *FRB*. Он отвечает за включение «дневных» генов и, вместе с *FRA* – гена *HDQ*, обеспечивающего ритмичность часов. Ген *SHD* будет работать, его продукт отвечает за включение «ночных» генов. Таким образом, ритмичность будет нарушена, но будут включены только «ночные» гены.

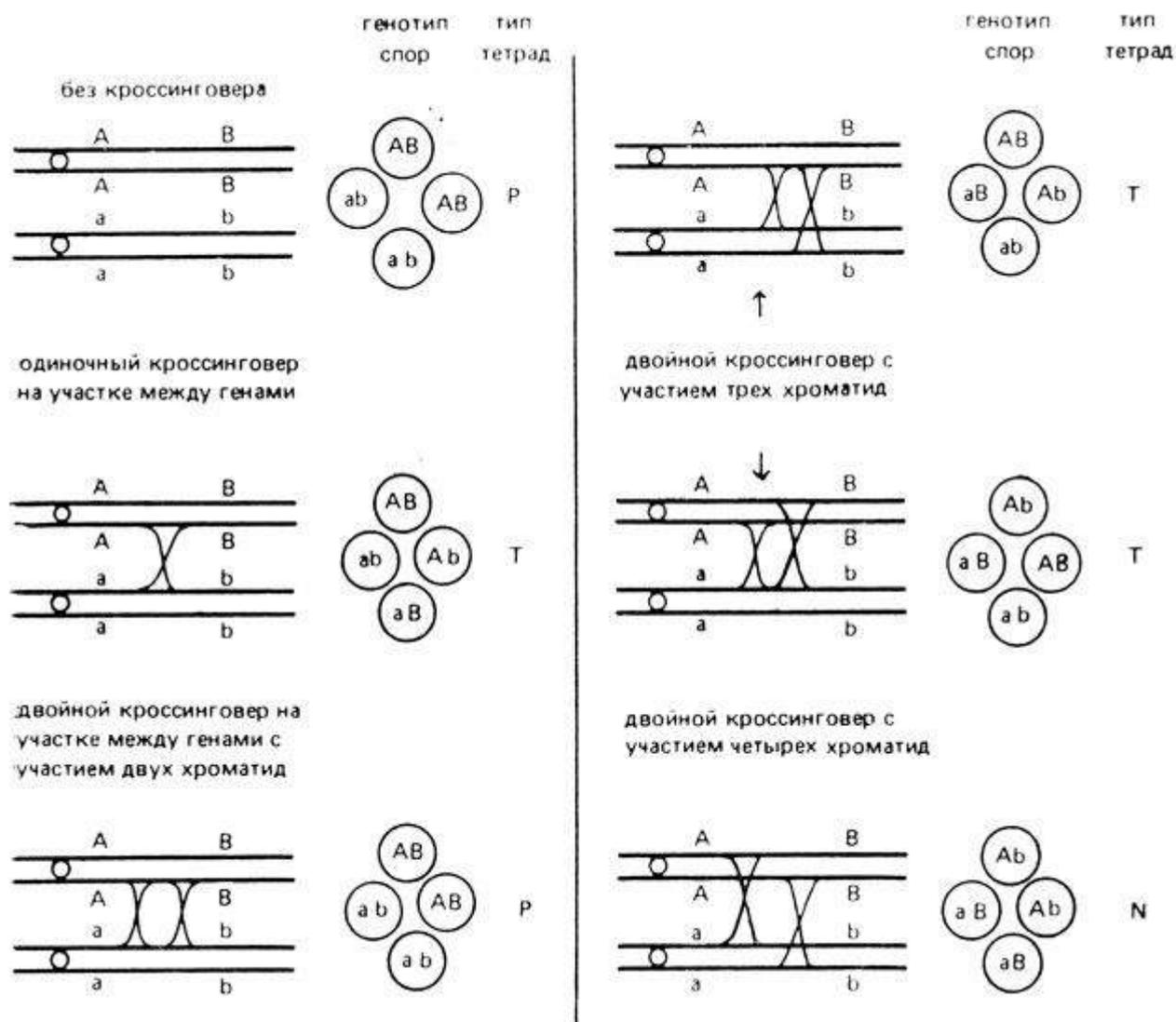
Эксперименты с биологическими часами обычно проводят на фазе роста вегетативного мицелия / образования конидиев. В дальнейшем возможно скрещивание, если вегетативные мицелии относятся к противоположным типам созревания: «А» и «а». После слияния клеток мицелия происходит слияние ядер (кариогамия), мейоз и еще одно митотическое деление, что приводит к образованию сумки (аска) с восемью гаплоидными аскоспорами. Половина из них принадлежит к А-типу, а другая половина – к а-типу.



Предположим, что мы анализируем результаты скрещивания мицелия А-типа *HDQ-5 FRB* с мицелием а-типа *HDQ frb*. Пусть гены *HDQ* и *FRB* расположены на одной хромосоме на расстоянии 20 морганид.

9. Какова вероятность образования сумки с аскоспорами, среди которых есть четыре споры с генотипом *HDQ-5 frb* и четыре споры с генотипом *HDQ FRB* ?

10. Рассчитаем вероятность образования сумки с аскоспорами, среди которых есть четыре споры с генотипом *HDQ-5 frb* и четыре споры с генотипом *HDQ FRB*. Очевидно, что такая сумка могла образоваться только после образования соответствующей тетрады с генотипами спор *HDQ FRB* и *HDQ-5 frb*. Поскольку родительские мицелии были с генотипами *HDQ-5 FRB* и *HDQ frb*, мы имеем дело с тетрадой неродительского дитипа (N). Она образовалась в результате двух кроссинговеров, в которых должны были участвовать все 4 хроматиды.



По условию расстояние между генами равно 20 морганидам. Соответственно, среди всех спор должно наблюдаться 20% рекомбинантных. Обозначим вероятность кроссинговера между двумя произвольными хроматидами как f . Пусть хроматиды 1 и 2 принадлежат одному родителю, а хроматиды 3 и 4 – другому. Будем также считать, что кроссинговер возможен только между двумя соседними хроматидами, но не происходит «по диагонали». Тогда кроссинговер $1 \leftrightarrow 2$ и $3 \leftrightarrow 4$ не будут приводить к видимым изменениям генотипа, тогда как кроссинговер $2 \leftrightarrow 3$ и $1 \leftrightarrow 4$ приведут к возникновению

рекомбинантов в тетрадах, где все 4 споры различаются по генотипу (две родительского типа и две рекомбинантные – так называемый тетратип, Т). Вероятность их возникновения будет равна $2f$, но при этом только половина спор будет рекомбинантными.

Чтобы обе споры в тетраде отличались от родительских генотипов (неродительский дитип, N), необходима вторая рекомбинация. Допустим, что рекомбинация произошла между хроматидами $1 \leftrightarrow 2$ (с вероятностью f). Тогда необходима вторая рекомбинация между хроматидами $3 \leftrightarrow 4$ (также с вероятностью f). Таким образом, вероятность образования сумок неродительского дитипа равна f^2 .

Если после рекомбинации $1 \leftrightarrow 2$ произойдет еще одна рекомбинация $1 \leftrightarrow 2$ на участке между рассматриваемыми генами, это приведет к родительскому сочетанию аллелей (мы не увидим рекомбинации). Вероятность этого события также равна f^2 . Вторая рекомбинация $2 \leftrightarrow 3$ или $1 \leftrightarrow 4$ не изменит соотношения генотипов в тетраде.

Таким образом, чтобы рассчитать вероятность образования сумок тетратипа из вероятности f необходимо вычесть $2f^2$.

Доля рекомбинантов среди всей популяции спор от данного скрещивания будет равна 20% (0,2). Тогда можно составить и решить уравнение:

$$f^2 + \frac{1}{2} \times 2(f - 2f^2) = 0,2$$

$$-f^2 + f = 0,2$$

$$-f^2 + f - 0,2 = 0$$

Корнями этого квадратного уравнения будут:

$$f_{1,2} = \left[-1 \pm \sqrt{(1^2 - 4 \times 0,2)} \right] / (-2) = \left[-1 \pm \sqrt{0,2} \right] / (-2) \approx \left[-1 \pm 0,447 \right] / (-2)$$

Корень, превышающий 0,5, не имеет биологического смысла. Таким образом, вероятность кроссинговера между двумя соседними хроматидами приблизительно равна 0,28.

Вероятность образования тетрады неродительского дитипа (N) будет равна

$$f^2 = 0,28^2 = 0,0784$$

Ответ: $\approx 7,84\%$

11. К какому из фенотипов относятся двойные мутанты *HDQ-5 frb*? Ритм двойных мутантов станет:

- короче из-за сокращения «ночной» фазы цикла
- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут одновременно активны и «ночные», и «дневные» гены
- суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «дневной» фазы и удлинения «ночной» фазы цикла
- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «дневные» гены
- никакая из фаз цикла не изменится
- длиннее из-за увеличения «ночной» фазы цикла
- суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «ночной» фазы и удлинения «дневной» фазы цикла
- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, ни «дневные», ни «ночные» гены не будут включены
- короче из-за сокращения «дневной» фазы цикла
- длиннее из-за увеличения «дневной» фазы цикла
- к. ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «ночные» гены**

12. Ген *FRB* отвечает за включение «дневных» генов, и вместе с *FRA* включает ген *HDQ*. Поэтому у мутанта *frb* ген *HDQ* не будет включаться (функциональность белка *HDQ* при этом не важна – может быть любой аллель этого гена). Ген *SHD* будет работать, его продукт отвечает за включение «ночных» генов. Таким образом, ритмичность будет нарушена, но будут включены только «ночные» гены.

13. Какова будет доля мицелиев, у которых есть ритм биологических часов, но он не изменяется при перенесении с температуры +25С на температуру +16С?

В поле ответов впишите значение в % с точностью до первого знака после запятой:

Ответ: 40,0%

14. Каково соотношение вегетативных мицелиев с определенной ритмичкой биологических часов при массовом посеве популяции аскоспор от указанного выше скрещивания?

Впишите рядом с фенотипом либо значение в % с точностью до первого знака после запятой, либо цифру 0, если данный фенотип не наблюдается.

Фенотипы:

А. Нормальная ритмика. Ответ: 10,0%

Б.

- короче из-за сокращения «дневной» фазы цикла. Ответ: 0%
- короче из-за сокращения «ночной» фазы цикла. Ответ: 0%
- длиннее из-за увеличения «дневной» фазы цикла. Ответ: 40,0%
- длиннее из-за увеличения «ночной» фазы цикла. Ответ: 0%
- суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «дневной» фазы и удлинения «ночной» фазы цикла. Ответ: 0%
- суммарно не изменится из-за одновременного сокращения «ночной» фазы и удлинения «дневной» фазы цикла. Ответ: 0 %

В.

- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «дневные» гены. Ответ: 0%
- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут активны только «ночные» гены. Ответ: 50,0%
- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, при этом будут одновременно активны и «ночные», и «дневные» гены. Ответ: 0%
- ритмичность биологических часов будет полностью нарушена, ни «дневные», ни «ночные» гены не будут включены. Ответ: 0%

15. Нам известно, что родительские мицелии с генотипами *HDQ-5 FRB* (мутант по *HDQ*, норма по *FRB*) и *HDQ frb* (норма по *HDQ*, мутант по *FRB*). Гены *HDQ* и *FRB* расположены на одной хромосоме на расстоянии 20 морганид. Это означает, что среди всех спор 20% будут рекомбинантными, т.е. либо *HDQ SHD*, либо *HDQ-5 shd*. Нормальной ритмичкой будут обладать только *HDQ SHD*, а их доля составит:

$$20\% : 2 = 10,0\%$$

Все мицелии, получившие аллель *frb*, будут обладать нарушенной ритмичкой, при этом будут включены только дневные гены (независимо от аллеля *HDQ* – см. выше). Доля таких мицелиев составит 50%.

Доля мицелиев родительского генотипа *HDQ-5 FRB* составит (за вычетом рекомбинантов):

$$(100\% - 20\%) / 2 = 80\% : 2 = 40,0\%$$

Мицелии с аллелем *HDQ-5* не будут изменять ритм при понижении температуры. Ритм будет увеличенным за счет увеличения «дневной» фазы.

Желаем дальнейших успехов!

**Методическая комиссия олимпиады «Ломоносов-2018»
по биологии.**