

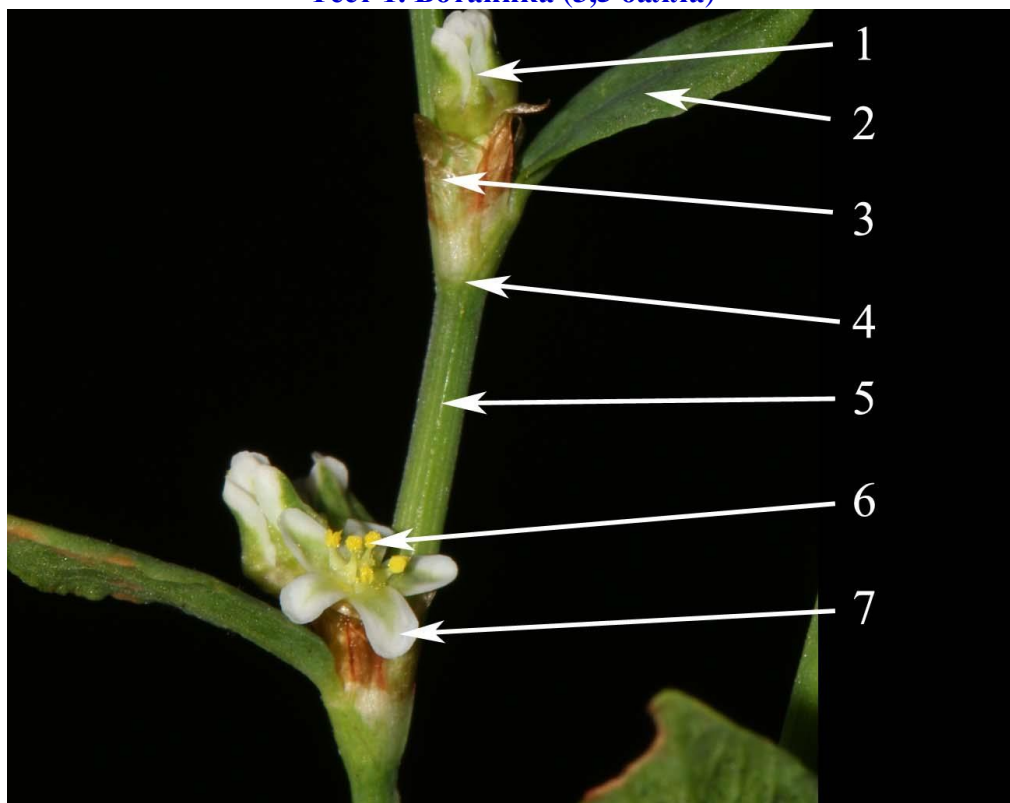
Ломоносов-2019

10–11 класс

Подходы к решению задания отборочного тура

Задание было скомпоновано по основным разделам биологии: ботанике, зоологии, физиологии человека и животных, цитологии и биохимии, экологии, генетике. 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 будут приведены ответы на некоторые случайно выбранные вопросы.

Тест 1. Ботаника (3,5 балла)



На рисунке обозначены различные структуры и органы. Укажите их названия, используя данные обозначения:

Ответ:

- 1. Бутон**
- 2. Листовая пластинка**
- 3. Раструб**
- 4. Узел**
- 5. Междоузлие**
- 6. Тычинка**
- 7. Листочек околоцветника**

Тест 2. Ботаника (1 балл)

Выберите растение с мутовчатыми листорасположением:

- а) сосна сибирская
- б) лиственница даурская
- в) можжевельник обыкновенный**
- г) ель колючая

Тест 3. Ботаника (1 балл)

Половые клетки у хламидомонады возникают в результате:

- а) оплодотворения
- б) митоза**
- в) мейоза
- г) почкования

Задание «Ботаника ключ»

(по 4 балла за каждое правильно определенное растение. **Всего – 12 баллов**)

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**. Эту букву нужно выбрать в поле ответа рядом с фотографией.

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.

Перед вами – 3 фотографии растений (см. после текста ключа). Фотографии подобраны случайным образом из базы данных, ваше задание индивидуально.

Допустим, что из базы данных вам досталась следующая фотография.



Это Гамамелис виргинский (*Hamamelis virginiana*) из семейства Гамамелисовые (Hamamelidaceae). Знать название растения для выполнения задания не обязательно.

При необходимости рассмотреть детали, вы можете увеличить изображение. Большинство из изображённых растений широко известно, поэтому вы можете также использовать справочные данные об объекте.

Пользуясь определительным ключом, найдите для каждого растения соответствующую букву шифра.

Выберите, какой букве шифра соответствует каждое из растений, представленное на фотографиях.

Далее в Ключе цветом выделены соответствующие тезы и антитезы.

Определительный ключ

1. Лепестки или чашелистики со шпорцами – выростами, видимыми с обратной стороны цветка, в которых накапливается нектар для опылителей 2

+ **Органы цветка не образуют шпорцев** 7

2. Шпорцы образованы на наружном круге органов цветка 3

+ Шпорцы образуются на лепестках (органах второго круга) ... 5

3. Лепестки, образующие посадочную площадку, с более-менее длинными ноготками, а в месте перехода в отгиб лепестка образуют многочисленные бахромчатые выросты ... **Буква шифра А**

+ Лепестки не образуют бахромчатых выростов4

4. Посадочную площадку для насекомых образуют ярко окрашенные чашелистики. Лепестки преобразованы в стаминодии, их окраска контрастирует с окраской чашелистиков. Тычинки многочисленные (более 12) **Буква шифра Б**

+ Посадочную площадку для насекомых образуют лепестки, повторяющие по окраске чашелистик со шпорцем. Тычинок столько же, сколько лепестков
... **Буква шифра В**

5(2). Лепестки срослись между собой в основании, образуют трубку. Венчик образует две губы (верхнюю и нижнюю), при этом зев венчика плотно сомкнут из-за тесного контакта верхней и нижней губы **Буква шифра Г**

+ Лепестки свободные, не образуют трубку 6

6. Все лепестки одинаковой окраски и строения, при этом каждый лепесток образует шпорец. Тычинок более 12. **Буква шифра Д**

+ Шпорец есть только у одного лепестка, образующего посадочную площадку с сигналом для насекомых. Ещё два лепестка с сигналами меньшей площади, а самые верхние лепестки – без контрастных сигналов. Тычинок менее 12.....
... **Буква шифра Е**

7(1). На растении есть зигоморфные цветки (все, или хотя бы некоторая часть цветков). Зигоморфным может быть весь околоцветник, венчик и/или андроцей. В последнем случае тычинки имеют неодинаковую длину, тычиночные нити изогнуты вверх (хотя бы на ранних стадиях развития) 8

+ **Все цветки на растении актиноморфные. Тычинки более-менее одинаковой длины. Тычиночные нити прямые (без изгиба вверх)** 15

8. Зигоморфные цветки женские. Кроме того, на растении есть обоеполые актиноморфные цветки **Буква шифра Ж**

+ Зигоморфные цветки обоеполые. Актиноморфных цветков на растении нет ... 9

9. Пять лепестков срослись в единый отгиб с пятью зубчиками на верхушке **Буква шифра З**

+ Лепестки или листочки околоцветника свободные или сросшиеся, однако, если части околоцветника сростаются, то не образуют единого отгиба 10

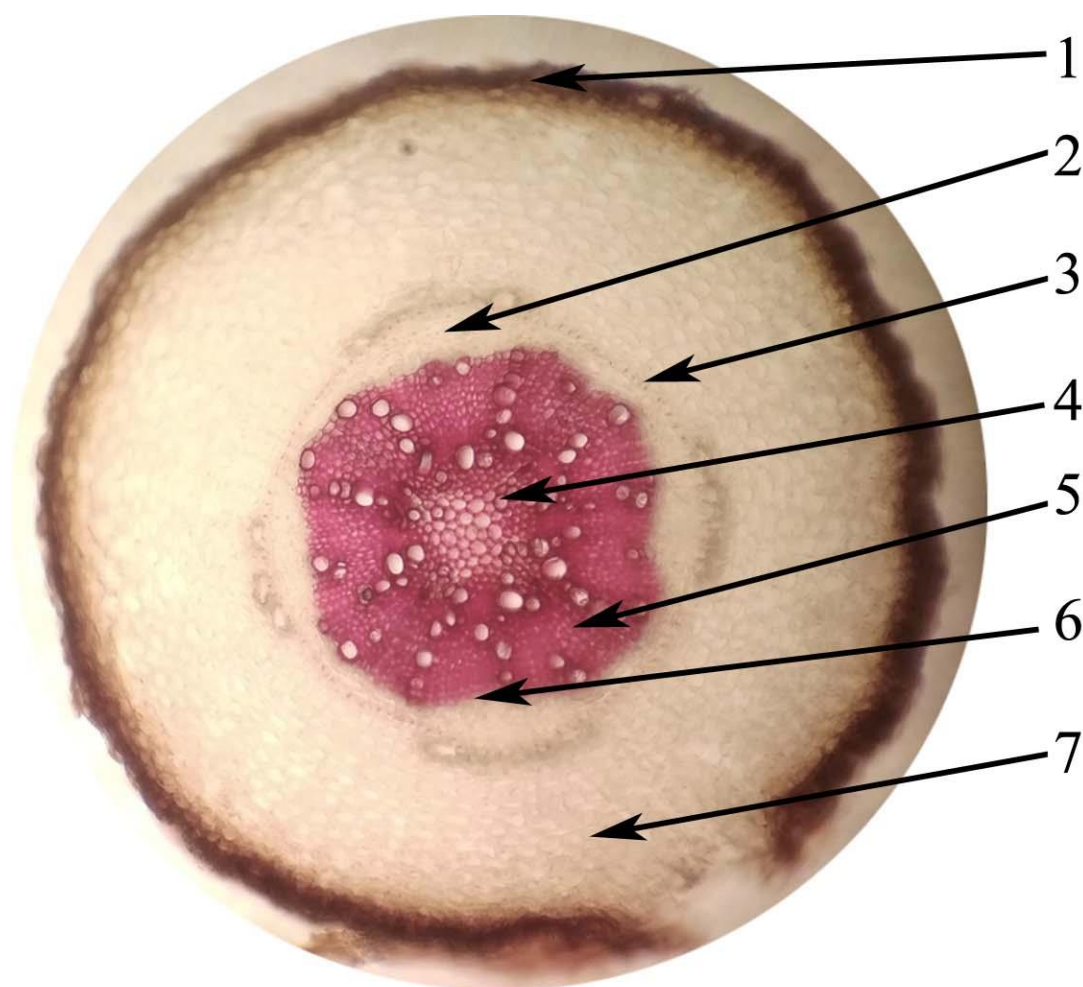
10. Околоцветник простой (состоит из более-менее одинаковых органов, нет разделения на венчик и чашечку).....
... 11

+ Околоцветник двойной (состоит из чашечки и венчика) 12

11. Тычиночные нити различаются по длине не более, чем в 2 раза
 **Буква шифра И**
 +. Тычинки резко различаются по длине (более, чем в 2 раза): одни тычинки очень короткие, другие длинные, с далеко выдвинутыми пыльниками **Буква шифра К**
- 12(10). Лепестки специализированы: верхний непарный (парус) служит для привлечения опылителей. Два свободных лепестка (весла) и два сросшихся (лодочка) защищают завязь и тычинки 13
 +. Строение венчика иное 14
13. В качестве посадочной площадки для опылителей используются лодочка и весла..... **Буква шифра Л**
 +. В качестве посадочной площадки для опылителей используется парус
 **Буква шифра М**
- 14(12). Тычинки многочисленные, часть из них срастается, образуя изогнутый вырост в нижней части цветка **Буква шифра Н**
 +. Тычинок менее 12, все они свободные **Буква шифра О**
- 15(7). Цветки с двумя кругами зеленых органов в околоцветнике: чашечкой и подчашием 16
 +. В цветках нет подчашия 19
16. Все листочки подчашия срастаются вместе **Буква шифра П**
 +. Листочки подчашия свободные 17
17. Тычинки срастаются в единую трубку, окружающую столбик
 **Буква шифра Р**
 +. Тычинки свободные..... 18
18. Число чашелистиков и листочков подчашия кратно пяти..... **Буква шифра Т**
 +. Число чашелистиков и листочков подчашия кратно четырем
 ... **Буква шифра У**
- 19(15). Лепестки срастаются в основании, образуют трубку венчика 20
 +. Лепестки свободные..... 22
20. Лепестки в бутонах спиралевидно свернуты, тычинки очень короткие, не выступают из трубки венчика..... **Буква шифра Ф**
 +. Лепестки в бутонах сложены (не спиралевидно). Тычинки видны в трубке или выступают из нее 21
21. Лепестки с бахромчатыми выростами, образующими «корону»
 ... **Буква шифра Х**
 +. Лепестки без бахромчатых выростов, «короны» нет **Буква шифра Ц**
- 22(19). Число тычинок равно числу чашелистиков и числу лепестков 23
 +. Число тычинок намного превышает число чашелистиков и лепестков.....
 ... **Буква шифра Ч**
23. При цветении лепестки и чашелистики трудно различимы: они становятся похожими по размеру и окраске **Буква шифра Ш**
 +. При цветении лепестки намного превышают по длине чашелистики, чашечка и венчик хорошо различимы **Буква шифра Э**

Ответ: Буква шифра Э

Тест 4. Ботаника (3,5 балла)



На рисунке анатомического среза обозначены различные ткани и анатомические зоны. Укажите их названия, используя данные обозначения:

Ответ:

1. Перидерма
2. Флоэма
3. Эндодерма
4. Первичная ксилема
5. Вторичная ксилема
6. Камбиальная зона
7. Паренхима

Задание «Зоология ключ»

(по 4 балла за каждое правильно определенное животное. **Всего – 12 баллов**)

Предварительное пояснение

Задание по зоологии похоже по принципу построения на задание по ботанике. Вам необходимо правильно ответить на вопросы в определительном ключе (выбрать соответствующие тезы или антитезы).

Вам предложены фотографии следов различных представителей подтипа Позвоночные, широко распространенных в нашей стране. Постарайтесь узнать, каким

животными эти следы принадлежат. Вспомните признаки этих животных. Выберите соответствующую букву шифра по ключу для обладателей этих следов в каждом варианте. Имейте в виду, что признаки, используемые в ключе, не обязательно должны быть связаны с особенностями следа (могут быть не видны на фотографии!), но эти признаки характерны для систематической группы, к которой относится обладатель следа.

Допустим, из базы данных вам досталась следующая фотография.



След принадлежит лосю (*Alces alces*) из семейства Оленевых, отряда Парнокопытных.

Далее в Ключе цветом выделены соответствующие тезы и антитезы.

Определительный ключ

1. Гомойотермные животные...4.

+ Пойкилотермные животные...2.

2(1). Почки выделяют мочевины...3.

+ Почки выделяют мочевую кислоту...Буква шифра С

3(2). Зубы на верхней челюсти присутствуют...Буква шифра Р

+ Зубы на верхней челюсти отсутствуют ... Буква шифра К

4(1). Смешанный тип питания...5.

+ По типу питания хищники или растительноядные животные...8.

5(4). Хорошо роет, строит сложные норы... Буква шифра И

+ Самостоятельно сложные норы не роет...6.

6(5). Для отряда, к которому принадлежит животное, характерно растительное питание... **Буква шифра Д**

+ Представители отряда, к которому принадлежит животное, преимущественно плотоядные ...7.

7(6). Для отряда, к которому принадлежит животное, характерна слабая дифференцировка зубов... **Буква шифра Ж**

+ Для отряда, к которому принадлежит животное, характерна в явном виде гетеродонтная зубная система... **Буква шифра А**

8(4). По типу питания хищники... 9.

+ **Растительные животные...12.**

9(8). Животное хорошо ныряет... **Буква шифра В**

+ Образ жизни животного с водной средой напрямую не связан...10.

10(9). Засадные хищники... буква **Буква шифра Г**

+ Животные активно преследуют свою добычу...11.

11(10). В стае характерна четкая иерархия... **Буква шифра Н**

+ Ведут преимущественно одиночный образ жизни... **Буква шифра Е**

12 (8). В черепе только один затылочный мыщелок... **Буква шифра З**

+ **В черепе два затылочных мыщелка...13.**

13(12). Передвигаются преимущественно по деревьям... **Буква шифра Б**

+ **Передвигаются преимущественно по земле или в воде... 14.**

14(13). Образ жизни напрямую связан с водой... **Буква шифра О**

+ **Ведут наземный образ жизни...15.**

15(14). Резцы на верхней челюсти отсутствуют... **Буква шифра М**

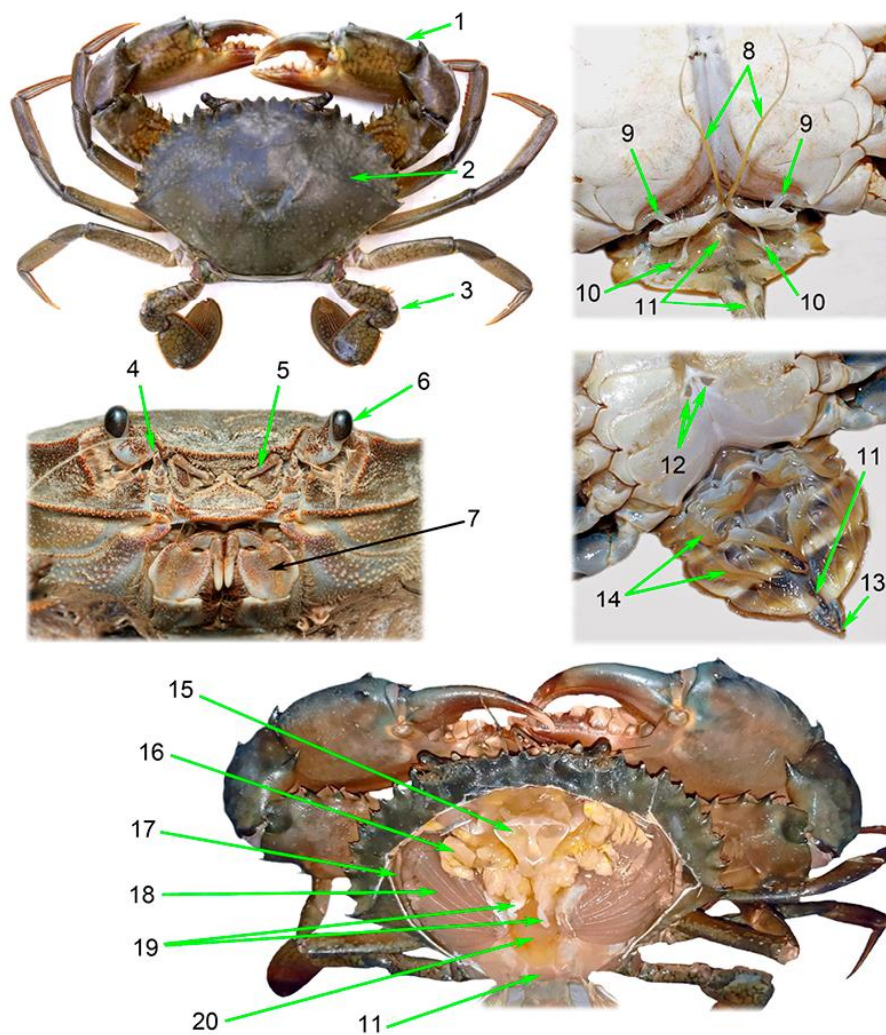
+ На верхней челюсти резцы имеются...16.

16(15). На верхней челюсти одна пара резцов... **Буква шифра П**

+ На верхней челюсти две пары резцов ... **Буква шифра Л**

Ответ: Буква шифра М.

Тест 5. Зоология (10 баллов)



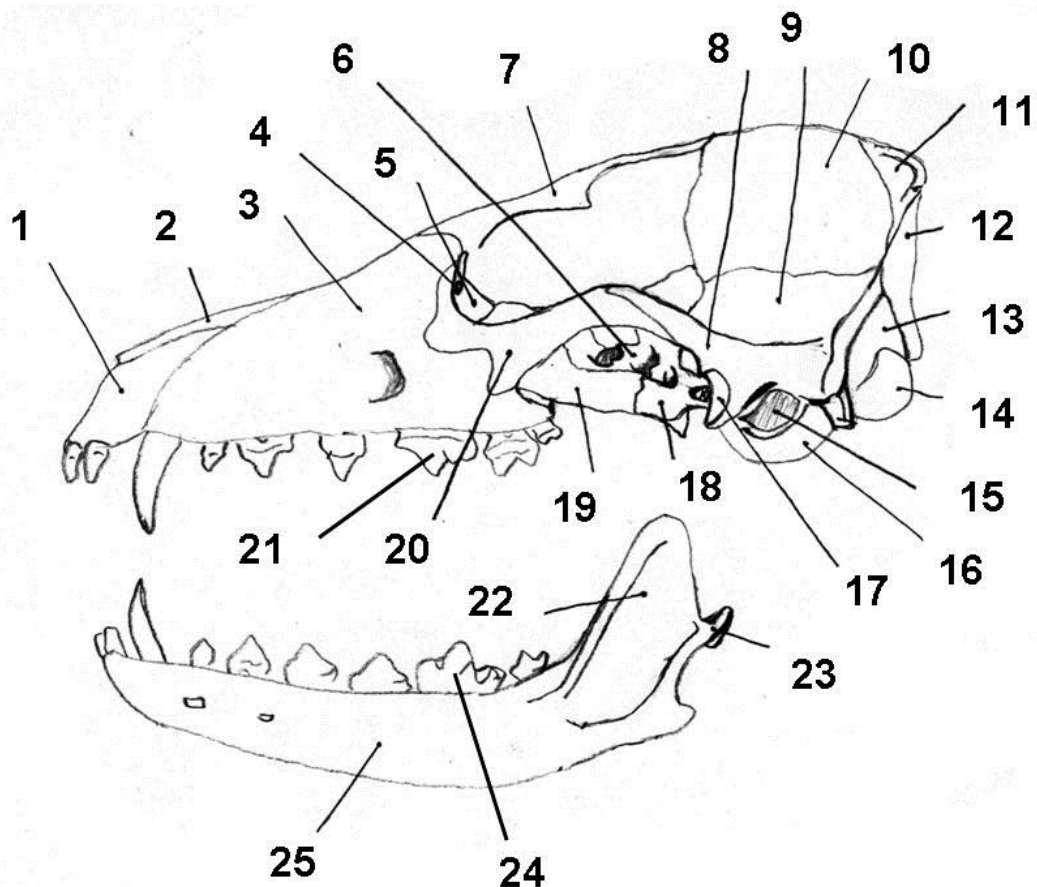
Раскройте обозначения на иллюстрациях: установите соответствие между цифрами и названиями структур, которые они обозначают. В списке структур есть избыточные названия.

Ответ:

- | | |
|---|--|
| <p>1 Грудная нога</p> <p>2 Карапакс</p> <p>3 Плавательная грудная нога</p> <p>4 Антеннула</p> <p>5 Антенна</p> <p>6 Сложный глаз</p> <p>7 Ногочелюсть</p> <p>8 Совокупительный орган</p> <p>9 Половой проток</p> <p>10 Видоизменённая брюшная ножка</p> | <p>11 Кишечник</p> <p>12 Половое отверстие</p> <p>13 Анальное отверстие</p> <p>14 Плавательная брюшная ножка</p> <p>15 Желудок</p> <p>16 Печень</p> <p>17 Придаток ногочелюсти</p> <p>18 Жабра</p> <p>19 Половая железа</p> <p>20 Сердце</p> |
|---|--|

Тест 6. Зоология (10 баллов)

Занимаясь в школьном кружке при кафедре зоологии позвоночных, ученик нарисовал череп лисицы. Помогите ему расставить обозначения костей и других структур черепа на рисунке. Имейте в виду, что книга, из которой взяты обозначения, содержит не все сведения о нарисованных учеником костях, поэтому некоторые из них могут остаться «без названия». Некоторые из костей имеют отростки, поэтому элементы таких костей могут быть обозначены на рисунке дважды.



Ответ:

- 1 предчелюстная кость
- 2 носовая кость
- 3 верхнечелюстная кость
- 4 слёзный проток
- 5 слёзная кость
- 6 «без названия»
- 7 лобная кость
- 8 чешуйчатая кость
- 9 чешуйчатая кость
- 10 теменная кость
- 11 межтеменная кость
- 12 верхняя затылочная кость

- 13 боковая затылочная кость
- 14 затылочный мыщелок
- 15 слуховое отверстие
- 16 слуховой барабан
- 17 челюстной сустав
- 18 «без названия»
- 19 нёбная кость
- 20 скуловая кость
- 21 последний предкоренной зуб
- 22 венечный отросток зубной кости
- 23 сочленовный отросток зубной кости
- 24 первый коренной зуб
- 25 зубная кость

Тест 7. Зоология (1 балл)

Глядя на передние конечности богомола, можно предположить, что он:

- а) хватает ими добычу**
- б) лазает с их помощью по деревьям
- в) раздвигает ими грунт при рытье нор
- г) измельчает ими растения перед поеданием
- д) осуществляет ими руление при полёте

Тест 8. Зоология (1 балл)

Приспособлением к полету у птиц НЕЛЬЗЯ назвать:

- а) отсутствие зубов
- б) неподвижное сочленение костей таза
- в) воздушные мешки, частично заходящие в кости
- г) наличие клоаки**

Тест 9. Физиология животных (1 балл)

Слуховые рецепторы у кошек находятся в:

- а) слуховом проходе
- б) барабанной перепонке
- в) улитке**
- г) полукружных каналах

Тест 10. Физиология животных (1 балл)

Чувство мышечной усталости возникает в результате:

- а) спазма кровеносных сосудов, снабжающих кровью мышцу, и общего повышения артериального давления
- б) истощением запаса глюкозы и АТФ в мышечных клетках
- в) плохого поступления кислорода, и накопления вследствие этого молочной кислоты в мышце**
- г) стресса, вызванного долгой работой, и накопления адреналина в мышце

Тест 11. Физиология животных (1 балл)

Капилляры отличаются от вен тем, что в них:

- а) более низкое давление, и скорость кровотока, чем в венах
- б) более высокая скорость кровотока, но более низкое давление, чем в венах
- в) более высокие давление, и скорость кровотока, чем в венах
- г) более высокое давление, но более низкая скорость кровотока, чем в венах**

Тест 12. Физиология животных (1 балл)

Впервые показал, что у животных есть клетки, способные поглощать бактерий, что служит для защиты от инфекционных болезней:

- а) Илья Мечников**
- б) Дмитрий Ивановский
- в) Роберт Кох
- г) Луи Пастер

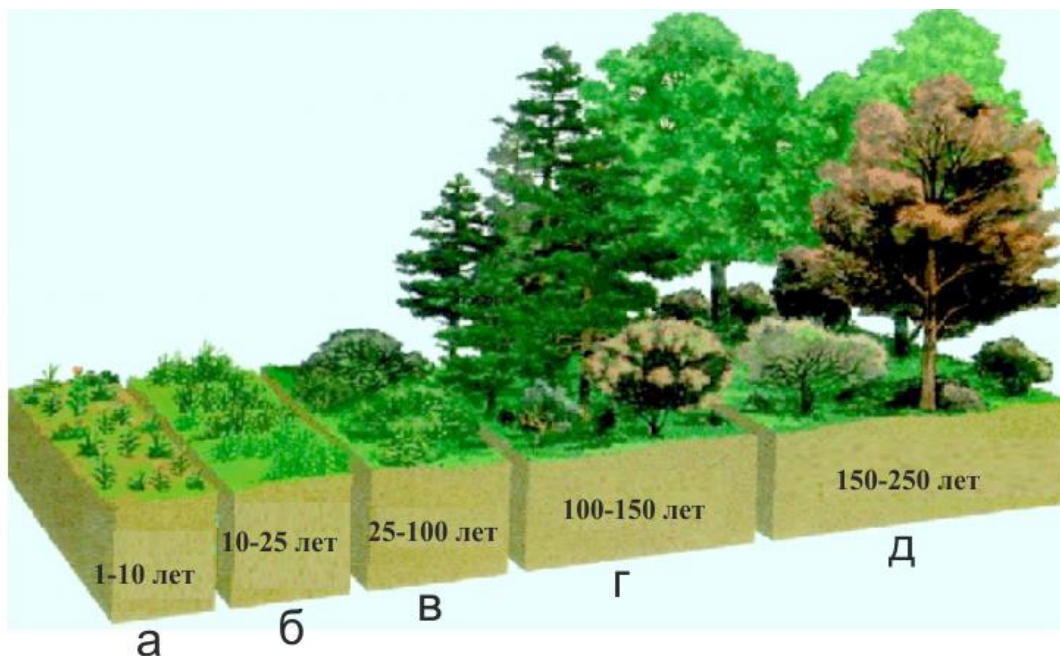
Тест 13. Физиология животных (1 балл)

Какое вещество обычно не встречается в клубочковом фильтрате у млекопитающих ?

- а) Глюкоза
- б) Белки плазмы**
- в) Мочевина
- д) Аминокислоты

Тест 14. Экология(1 балл)

Величина P/R (отношение суммарной продуктивности к затратам на дыхание), является важной характеристикой зрелости сообщества. На рисунке приведена сукцессия, стадии которой обозначены буквами. Считайте, что последняя стадия соответствует зрелому (климактерическому) сообществу.



Выберите правильный ряд значений P/R для стадий сукцессии, обозначенных буквами а, в, д:

1. а – $P/R > 1$; в – $P/R > 1$; д – $P/R = 1$
2. а – $P/R > 1$; в – $P/R = 1$; д – $P/R < 1$
3. а – $P/R = 1$; в – $P/R = 1$; д – $P/R > 1$
4. а – $P/R = 1$; в – $P/R < 1$; д – $P/R > 1$
5. а – $P/R < 1$; в – $P/R < 1$; д – $P/R > 1$

Тест 15. Экология(1 балл)

«Парниковый эффект» связан с накоплением в атмосфере Земли:

- а) озона
- б) азота
- в) кислорода
- г) метана

Тест 16. Экология(1 балл)

Связь строения тела и местообитания млекопитающих и птиц, которая выражается в уменьшении поверхности выступающих частей тела для северных животных и увеличение тех же частей для южных видов, отражена в правиле:

- а) Марковникова
- б) Аллена
- в) Уоллеса
- г) Одума

Задание «Эксперимент» (1 балл)
(по 1 баллу за каждый правильный ответ. **Всего – 4 балла**)

Сегодня ни для кого не секрет, чем питаются растения. А вот лет пятьсот назад на этот счет существовали разные мнения. Первый научный эксперимент на тему питания растений был поставлен в начале XVII в фламандским естествоиспытателем Яном Батистом Ван Гельмонтом.



Ян Баптист Ван Гельмонт поставил следующий опыт. Он взял 200 фунтов прокалённой сухой почвы, насыпал ее в горшок и посадил в него молодое деревце ивы. Чтобы на поверхность почвы не попадала пыль, Ван Гельмонт закрыл её специальной воронкой. Растение жило в горшке пять лет, при этом Ван Гельмонт поливал его исключительно дождевой водой и не вносил в почву дополнительно никаких веществ. Через пять лет, когда он взвесил иву, оказалось, что растение прибавило в весе 164 фунта (около 74 кг). Почву он тщательно отряхнул с корней, повторно прокалил и взвесил. Вес почвы уменьшился всего на 2 унции (примерно 57 г).

Какие выводы можно сделать из опыта Ван Гельмонта?

Вопрос 1. Никаких минеральных веществ растение не получало, потому что почву перед началом эксперимента прокалили. А уменьшение массы почвы связано с испарением воды с ее поверхности.

- а) принципиально неверно, не следует из результатов эксперимента**
- б) верно, следует из результатов эксперимента
- в) верно, но прямо не следует из результатов эксперимента

Вопрос 2. Уменьшение массы почвы связано с тем, что ива поглотила некоторые минеральные вещества почвы. Однако массы поглощённых минеральных веществ недостаточно, чтобы объяснить увеличение массы ивы.

- а) принципиально неверно, не следует из результатов эксперимента
- б) верно, следует из результатов эксперимента**
- в) верно, но прямо не следует из результатов эксперимента

Вопрос 3. Ива вступает в симбиоз с грибами, образует микоризу, которая помогает иве поглощать вещества из почвы.

- а) принципиально неверно, не следует из результатов эксперимента
- б) верно, следует из результатов эксперимента
- в) верно, но прямо не следует из результатов эксперимента**

Вопрос 4. Ива всё время поглощала частицы пыли листьями, из-за этого за пять лет получилась такая большая прибавка в весе растения.

- а) принципиально неверно, не следует из результатов эксперимента**
- б) верно, следует из результатов эксперимента
- в) верно, но прямо не следует из результатов эксперимента

Тест 17. Биохимия и молекулярная биология (1 балл)

Вирусные частицы содержат ДНК в качестве наследственного вещества у вируса:

- а) гриппа;
- б) бактериофага лямбда;**
- в) СПИДа;
- г) кори.

Тест 18. Биохимия и молекулярная биология (1 балл)

Фосфор не входит в состав :

- а) белков;
- б) липидов;
- в) аминокислот;**
- г) нуклеиновых кислот.

Тест 19. Биохимия и молекулярная биология (1 балл)

Число тетра nukлеотидов, которое можно образовать с использованием 4 азотистых оснований:

- а) менее 500;**
- б) равно 500;
- в) более 500;
- г) более 2000.

Тест 20. Биохимия и молекулярная биология (1 балл)

Определена последовательность аминокислот на участке цитохрома с у четырёх близких видов:

- Вид 1:** Треонин-Валин-Метионин-Лизин;
- Вид 2:** Треонин-Цистеин -Метионин-Лизин;
- Вид 3:** Треонин-Валин-Тирозин-Лизин;

Наиболее вероятно возникновение этих видов в последовательности:

- а) Вид 1 → Вид 2 → Вид 3;
- б) Вид 3 → Вид 2 → Вид 1;
- в) Вид 3 → Вид 1 → Вид 2;**

- г) Вид 2 → Вид 3 → Вид 1;
- д) Вид 2 → Вид 1 → Вид 3;
- е) Вид 1 → Вид 3 → Вид 2.

Тест 20. Биохимия и молекулярная биология (1 балл)

Из перечисленных веществ полимером является:

- а) РНК**
- б) пировиноградная кислота
- в) НАД.Н
- г) АДФ

Тест 21. Генетика (1 балл)

Некоторые сорта бананов являются триплоидами (поэтому у них не семян).

Допустим, что в каждом наборе хромосом у них есть генетический локус, определяющий красную окраску покровов плода. Взаимоотношение между аллелями – кодоминирование. Сколько градаций красной окраски теоретически возможно в этой модели наследования признака?

- а) шесть: белая – розовая – красная – темно-красная – бордовая – черно-красная
- б) пять: белая – розовая – красная – темно-красная – бордовая
- в) четыре: белая – розовая – красная – темно-красная**
- г) три: белая – розовая – красная

Тест 22. Генетика (1 балл)

При скрещивании особей, гомозиготных по доминантному и рецессивному аллелю одного гена и гетерозиготных по второму гену, происходит расщепление по фенотипу в отношении:

- а) 1:3:3:9
- б) 1:1:1:1
- в) 1:3**
- г) 7:9

Задание «Генетическая задача» (всего 26 баллов)

Пшеница (*Triticum*) – одно из самых важных культурных растений для человека. В погоне за урожайностью селекционеры XX века в качестве исходных родительских форм использовали сравнительно немного самых продуктивных сортов пшеницы, что привело к снижению генетического разнообразия и, соответственно, к снижению устойчивости пшеницы к неблагоприятным факторам: грибным и вирусным заболеваниям, насекомым, нематодам, засухе, засолению и т.д. Люди стараются разными способами преодолеть это негативное воздействие за счет химических обработок и агротехнических приемов. Однако самый эффективный способ – получение новых сортов пшеницы, устойчивых к неблагоприятным факторам.

К счастью, у пшеницы довольно много «родственников» – дикорастущих злаков, которые несут гены устойчивости. Это пырей (*Elytrigia*), колосняк (*Elymus*), эгилопс (*Aegilops*) и другие. Их относят к трибе Пшеничных (Triticea). Обычно эти злаки не могут скрещиваться с пшеницей. Тем не менее, эту проблему удалось успешно решить. В нашей стране под руководством выдающегося ботаника и селекционера Николая Васильевича Цицина (1898 – 1980) были получены пшенично-пырейные гибриды.



В его честь гибриды были названы Трититригия Цицина – (\times *Trititrigia cziczinii*). Значок \times перед названием указывает на то, что данный злак получен в результате гибридизации: *Трити* – от «Тритикум», пшеница, и *-тригия* от «Элиттригия», пырей. Формы, полученные Н.В. Цициным, известны как «пшенично-пырейные гибриды».

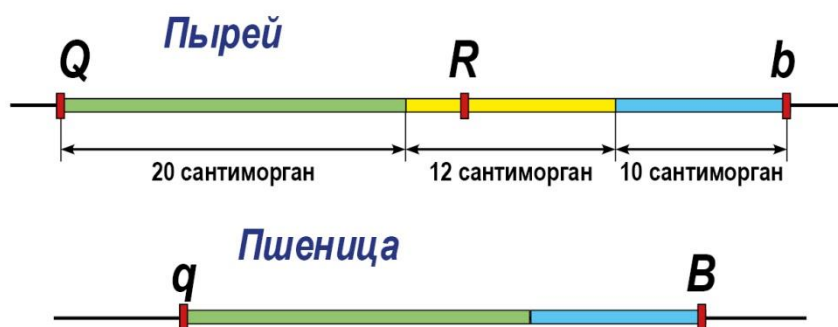


При отдаленной гибридизации возможно несколько вариантов поведения хромосом. Так, в геноме пшенично-пырейного гибрида могут присутствовать полностью все хромосомы как от пшеницы, так и от пырея. Признаки гибридных растений в этом случае трудно предсказуемы (идёт взаимодействие геномов разных видов). Более удачно, если в геном пшеницы попадают не все хромосомы от пырея, а только небольшая их часть, несущая гены устойчивости к неблагоприятным факторам. Ещё лучше, если в геноме пшеницы есть только небольшой фрагмент хромосомы от пырея с нужными генами, но и в этом случае говорят о «генетическом мусоре» – «лишних» генах, попавших в геном пшеницы, которые могли бы повлиять на хозяйственно-ценные признаки пшеницы. Самыми лучшими признаны такие гибриды, у которых произошла *интрогрессия* – внедрение отдельных генов (например, генов устойчивости) от пырея, тогда как остальные гены у гибрида по-прежнему будут принадлежать пшенице. Возникает вопрос – как этого добиться?

В норме при попадании чужеродных хромосом в мейозе кроссинговер между ними и хромосомами второго родителя запрещён (даже в том случае, если они имеют гомологичные участки). За это у злаков отвечает ген *Ph1*. К счастью для селекционеров,

был найден рецессивный аллель *ph1*, у которого функция нарушена. Кроме того, есть ген-супрессор *Ph1* (его обозначают как *Sup*). Он подавляет действие гена *Ph1*, и кроссинговер между хромосомами разного происхождения становится возможным (но только между гомологичными участками!). В норме злаки несут аллели *Ph1* и *sup*, поэтому при межвидовых скрещиваниях хромосомы от разных видов не вступают в кроссинговер. Гены *Ph1* и *Sup* наследуются независимо.

Допустим, вы хотите получить пшеницу, устойчивую к мучнистой росе. Соответствующий ген устойчивости *R* расположен между двумя хозяйственно-важными генами *Q* и *B* (см. генетическую карту). Ген *Q* отвечает за длину колоса. У пырея доминантный аллель *Q* определяет длинный ломкий колос, что способствует осыпанию зерновок и распространению пырея, но совершенно неприемлемо для культурных злаков. Пшеница несёт рецессивный аллель *q*: колос компактный, не разламывается. Ген *B* отвечает за развитие остей – длинных зазубренных выростов цветковых чешуй. Ости мешают травоядным поедать урожай, способствуют распространению злаков, однако засоряют сельскохозяйственную технику. Поэтому лучшими в производстве считаются безостые пшеницы. Безостость – доминантный признак, тогда как у гомозигот *bb* развиваются длинные ости.



У пырея участок гомологии с пшеницей простирается на 20 сантиморган от гена ломкости колоса *Q* в сторону гена устойчивости к мучнистой росе *R*. Далее идёт участок хромосомы длиной 12 сантиморган, не гомологичный хромосоме пшеницы. Именно в этом фрагменте ДНК содержится ген устойчивости *R*. Далее в сторону гена остистости *b* идёт участок длиной 10 сантиморган, гомологичный хромосоме пшеницы.

Рассматриваемые хромосомы ни у пырея, ни у пшеницы не несут генов *Ph1* и *Sup*.

Вы скрещиваете пшеницу с генотипом *ph1 ph1 sup sup qq -- BB* с пыреем *Ph1 Ph1 Sup Sup QQ RR bb* (знаком «-» обозначено полное отсутствие гена *R*).

А (1 балл). Каково расстояние между генами *q* и *B* на хромосоме пшеницы? Почему? Решение обоснуйте. Ответ дайте в сантиморганах.

Решение:

Как сказано в условии и условно показано на карте одинаковым цветом, гомологичные участки пырея и пшеницы имеют длину 20 сантиморган (зеленый цвет) и 10 сантиморган (синий цвет). Гомологичные участки должны иметь примерно одинаковую длину и у пшеницы, и у пырея. Тогда расстояние от гена *q* до гена *B* у пшеницы будет примерно равно $20 + 10 = 30$ сантиморган.

Ответ: 30 сантиморган.

Б (2 балла). Будет ли возможной рекомбинация хромосом при кроссинговере у гибридов первого поколения? Ответ обоснуйте.

Решение:

Для ответа на этот вопрос необходимо проанализировать генотип потомков по генам *Ph1* и *Sup*. Генотип потомков первого поколения будет: *Ph1 ph1 Sup sup*.

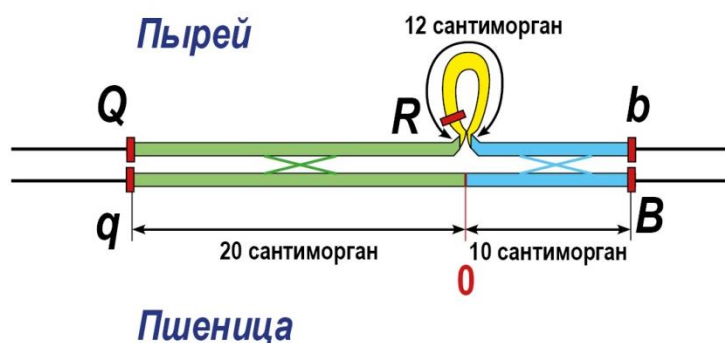
С одной стороны, от пырея получен доминантный аллель *Ph1*, который запрещает рекомбинацию между хромосомами разной длины. С другой стороны, от того же родителя пришел доминантный аллель *Sup*, который подавляет действие гена *Ph1*. Таким образом, запрет на рекомбинацию будет нарушен.

Ответ: рекомбинация у гибридов первого поколения возможна.

В (2 балла). Для гибридов первого поколения оцените вероятность появления гамет с генотипом *q R B* (при этом аллели генов *Ph1* и *Sup* не учитывайте).

Решение:

Для начала представим себе, как должен происходить кроссинговер (рекомбинация) между хромосомой пырея и хромосомой пшеницы. Условно обозначим символом «0» границу между двумя областями гомологии у пшеницы. Сначала параллельно друг другу должны выстроиться «зеленые» участки (отрезок [*q*; 0]). Желтый участок не имеет гомологии, он должен лежать отдельно в виде петли. Далее следуют синие участки (отрезок [0; *B*]), которые также должны выстроиться параллельно (см. рис.).



Вероятность кроссинговера на участке [*q*; 0] составляет 20% (0,2), а на участке [0; *B*] – 10% (0,1). Чтобы получился генотип *q R B*, должен произойти кроссинговер на обоих участках. Тогда ген *R* окажется в составе пшеничной хромосомы, т.е. произойдет *интрогрессия*. Вероятность этого события равна произведению вероятностей кроссинговера на участках [*q*; 0] и [0; *B*], что составляет $0,2 \times 0,1 = 0,02$ или 2%. Вторым продуктом такой рекомбинации будет хромосома пырея без гена *R*: генотип *Q - b*.

Таким образом, на каждый из генотипов придется по $2\% / 2$ генотипа = 1%.

Ответ: вероятность появления гамет с генотипом *q R B* составляет 1%.

Г (8 баллов). Каким будет соотношение гамет по генотипам у гибридов поколения F1? Приведите ваше решение и расчёты. Для каждого генотипа ответ дайте в % с точностью до сотых.

Решение:

Среди гамет в некотором количестве должны присутствовать нерекомбинантные – с генотипами *q - B* и *Q R b*. Поскольку рекомбинация между хромосомой пшеницы и

хромосомой пырея разрешена, возможно также образование гамет, у которых произошел кроссинговер на участке $[q; 0]$. При этом образуются генотипы $Q - B$ и $q R b$. Повторим, что вероятность этого события равно 20% (0,2). Казалось бы, на каждый тип гамет придется по 10%, но этот ответ не правильный. Нужно учесть, что среди этих гамет возможен второй кроссинговер по участку $[0; B]$, что приводит к образованию генотипов $q R B$ и $Q - b$ с вероятностью 1% для каждого (см. предыдущий пункт решения). Таким образом, чтобы узнать вероятность образования каждого из генотипов $Q - B$ и $q R b$, мы должны вычесть двойных рекомбинантов: $10\% - 1\% = 9\%$.

С вероятностью 10% (0,1) кроссинговер происходит на участке $[0; B]$. Это дает генотипы $Q R B$ и $q - b$. Здесь мы также должны ввести поправку на рекомбинацию по второму участку. Для каждого из обсуждаемых генотипов получим: $10\% / 2 - 1\% = 4\%$.

Таким образом, на продукты однократного кроссинговера приходится:

$$9\% \times 2 + 4\% \times 2 = 18\% + 8\% = 26\%$$

Кроме того, еще 2% – это продукты двойного кроссинговера, итого 28% рекомбинантов в целом. На нерекомбинантные гаметы приходится: $100\% - 28\% = 72\%$. По $\frac{1}{2}$ на каждый из нерекомбинантных генотипов (36%).

Обратите внимание, что ответ нужно дать в % с точностью до сотых.

Ответ:

36,00% гамет с генотипом $q - B$;

36,00% гамет с генотипом $Q R b$;

9,00% гамет с генотипом $Q - B$;

9,00% гамет с генотипом $q R b$;

4,00% гамет с генотипом $Q R B$;

4,00% гамет с генотипом $q - b$;

1,00% гамет с генотипом $q R B$;

1,00% гамет с генотипом $Q - b$.

Д (3 балла). Вы переопылили растения, полученные при гибридизации пшеницы и пырея, получили второе поколение. У какой доли потомков будет возможен кроссинговер между хромосомами пырея и пшеницы? Приведите решение и расчёты. Ответ дайте в процентах с точностью до сотых.

Решение.

Для ответа на этот вопрос необходимо проанализировать генотипы потомков второго поколения по генам $Ph1$ и Sup . Эти гены наследуются независимо друг от друга, поэтому мы имеем дело с классическим дигибридным скрещиванием.

Рекомбинация между хромосомами пшеницы и пырея возможна у всех особей, несущих хотя бы один аллель Sup . В случае генотипа $sup sup$ рекомбинация между хромосомами пшеницы и пырея возможна тогда, когда второй ген представлен только рецессивными аллелями $ph1 ph1$.

$$F1: Ph1 ph1 Sup sup \times Ph1 ph1 Sup sup$$

$$G: Ph1 Sup \quad Ph1 sup \quad ph1 Sup \quad ph1 sup$$

F2 (в виде решетки Пеннета)

| | <i>Ph1 Sup</i> | <i>Ph1 sup</i> | <i>ph1 Sup</i> | <i>ph1 sup</i> |
|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Ph1 Sup</i> | <i>Ph1 Ph1 Sup Sup</i> | <i>Ph1 Ph1 Sup sup</i> | <i>Ph1 ph1 Sup Sup</i> | <i>Ph1 ph1 Sup sup</i> |
| <i>Ph1 sup</i> | <i>Ph1 Ph1 Sup sup</i> | <i>Ph1 Ph1 sup sup</i> | <i>Ph1 ph1 Sup sup</i> | <i>Ph1 ph1 sup sup</i> |
| <i>ph1 Sup</i> | <i>Ph1 ph1 Sup Sup</i> | <i>Ph1 ph1 Sup sup</i> | <i>ph1 ph1 SupSup</i> | <i>ph1 ph1 Sup sup</i> |
| <i>ph1 sup</i> | <i>Ph1 ph1 Sup sup</i> | <i>Ph1 ph1 sup sup</i> | <i>ph1 ph1 Sup sup</i> | <i>ph1 ph1 sup sup</i> |

Носители доминантного аллеля *Sup* обозначены в решетке желтым, генотип *ph1 ph1 sup sup* – зеленым цветом. В этих случаях рекомбинация между хромосомами пшеницы и пырея возможна ($^{13}/_{16}$). В остальных случаях ($^3/_{16}$, белые клетки в решетке) рекомбинация не идет. Остается пересчитать полученный результат в % с точностью до сотых: $^{13}/_{16} = 0,8125$ или 81,25%

Ответ: среди потомков F2 кроссинговер между хромосомами пырея и пшеницы будет возможен у 81,25%.

Е (8 баллов). Рассчитайте долю потомков во втором поколении, несущих все три хозяйственно важных признака: прочный короткий колос, безостость и устойчивость к мучнистой росе. Приведите решение и расчёты. Ответ дайте в процентах с точностью до сотых.

Решение.

Для оценки доли потомков второго поколения воспользуемся соотношением гамет, полученным в пункте Г, и построим решетку Пеннета.

F1: *Qq R- Bb*

G: 0,36 *q - B*; 0,36 *Q R b*; 0,09 *Q - B*; 0,09 *q R b*; 0,04 *Q R B*; 0,04 *q - b*; 0,01 *Q - b*; 0,01 *q R B*.

F2 (в виде решетки Пеннета)

| | 0,36 <i>q - B</i> | 0,36 <i>Q R b</i> | 0,09 <i>Q - B</i> | 0,09 <i>q R b</i> | 0,04 <i>Q R B</i> | 0,04 <i>q - b</i> | 0,01 <i>Q - b</i> | 0,01 <i>q R B</i> |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0,36 <i>q - B</i> | | | | 0,09×0,36 | | | | 0,01×0,36 |
| 0,36 <i>Q R b</i> | | | | | | | | |
| 0,09 <i>Q - B</i> | | | | | | | | |
| 0,09 <i>q R b</i> | 0,36×0,09 | | | | | | | 0,01×0,09 |
| 0,04 <i>Q R B</i> | | | | | | | | |
| 0,04 <i>q - b</i> | | | | | | | | 0,01×0,04 |
| 0,01 <i>Q - b</i> | | | | | | | | |
| 0,01 <i>q R B</i> | 0,36×0,01 | | | 0,09×0,01 | | 0,04×0,01 | | 0,01×0,01 |

Поскольку речь идет о признаках, то достаточно провести оценку лишь по фенотипам. При этом ген прочности колоса должен быть представлен только рецессивными аллелями qq , для генов устойчивости R и безостости B достаточно хотя бы одного доминантного аллеля. «Раскрасим» решетку Пеннета в соответствии с высказанными требованиями к генотипам. Сначала голубым цветом отметим генотипы qq с коротким прочным колосом (16 ячеек в решетке Пеннета). Затем выделим красным контуром сочетание прочного колоса и безостости (аллелей q и B одновременно). Останется 12 ячеек. Среди них выделим только те, в которых присутствует хотя бы один аллель устойчивости R , и отметим их желтым оттенком. Останется 9 ячеек в решетке Пеннета. Можно в каждой ячейке написать генотип, но это не повлияет на решение.

Далее нужно оценить долю потомков, приходящихся на каждый вариант, и просуммировать. Численные значения в решетке проставлены только для нужных нам фенотипов.

$$\begin{aligned}
 &0,36 \times 0,09 + 0,36 \times 0,09 + 0,36 \times 0,01 + 0,36 \times 0,01 + 0,09 \times 0,01 + 0,09 \times 0,01 + 0,04 \times 0,01 + \\
 &0,04 \times 0,01 + 0,01 \times 0,01 = \\
 &= 0,36 \times (0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01) + 0,09 \times 0,02 + 0,04 \times 0,02 + 0,0001 = \\
 &= 0,36 \times 0,2 + 0,0018 + 0,0008 + 0,0001 = 0,072 + 0,0027 = 0,0747 \text{ или } 7,47\%
 \end{aligned}$$

Ответ: 7,47% потомков будут нести все три хозяйственно важных признака: прочный короткий колос, безостость и устойчивость к мучнистой росе.

Ж (2 балла). Каким будет расстояние между генами прочности колоса (q) и остистости (B) у пшеницы в случае интрогрессии между ними гена устойчивости к мучнистой росе (R) из генома пырея? Решение обоснуйте. Ответ дайте в сантиморганах.

Решение.

Еще раз рассмотрим рисунок в пункте В. При рекомбинации на участках $[q; 0]$ и $[0; B]$ на хромосому пшеницы будет перенесен не только ген R , но и весь негомологичный участок хромосомы пырея (желтый цвет). Величина этого фрагмента составляет 12 сантиморган. Таким образом, расстояние между генами q и B после рекомбинации увеличится. Приблизительно можно оценить это расстояние как сумму «синего», «желтого» и «зеленого» фрагментов хромосомы:

$$20 + 12 + 10 = 42 \text{ сантиморган.}$$

Ответ: после интрогрессии гена устойчивости к мучнистой росе (R) расстояние между генами прочности колоса (q) и остистости (B) будет около 42 сантиморган.

Итого за все задание – 100 баллов

Методическая комиссия олимпиады «Ломоносов» желает Вам дальнейших успехов!