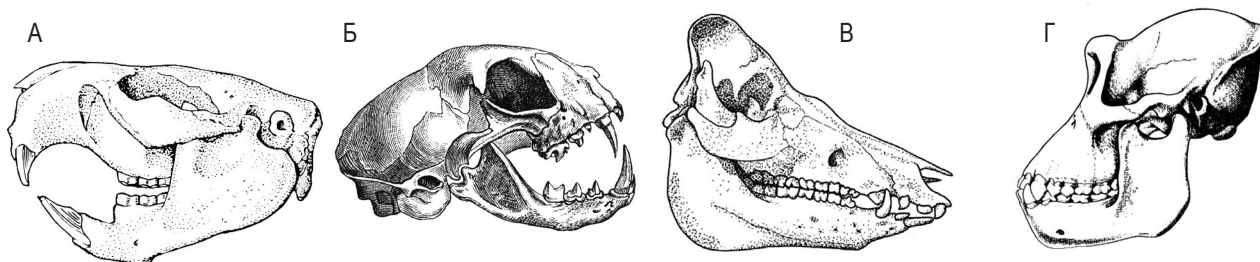


Ответы на задание заключительного этапа Олимпиады «Ломоносов-2015» по биологии 10–11 классы

Вариант 1

Блок 1 [1]

Задание 1 (8 баллов). Сопоставьте к каким отрядам Млекопитающих относятся объекты, черепа которых изображены на рисунках▼. Обратите внимание, что разные объекты могут относиться к одному и тому же отряду. В ответе дайте цифру шифра, соответствующую букве рисунка. 1 – Непарнокопытные; 2 – Парнокопытные; 3 – Грызуны; 4 – Хищные; 5 – Рукокрылые; 6 – Приматы; 7 – Зайцеобразные; 8 – Насекомоядные; 9 – Ластоногие; 10 – Китообразные



Ответ:

А – 3 (Грызуны)

В – 2 (Парнокопытные)

Б – 4 (Хищные)

Г – 6 (Приматы)

Задание 2 (8 баллов). Для перечисленных растений шифром укажите тип завязи. 1 – завязь нижняя, околоцветник прикреплен на верхушке завязи. 2 – завязь верхняя, околоцветник прикреплен у основания завязи.

а) томат; б) огурец; в) баклажан; г) роза; д) киви; е) подсолнечник; ж) редис; з) абрикос.

Ответ:

а) – 2

в) – 2

д) – 2

ж) – 2

б) – 1

г) – 2

е) – 1

з) – 2

Задание 3 (4 балла). Укажите порядок протекания процессов при фотосинтезе:

а) поглощение света – образование O_2 – фиксация CO_2 – синтез АТФ и НАДФН – синтез сахаров;

б) поглощение света – синтез сахаров – синтез АТФ и НАДФН – фиксация CO_2 – образование O_2 ;

в) поглощение света – фиксация CO_2 – образование O_2 – синтез АТФ и НАДФН – синтез сахаров;

г) поглощение света – образование O_2 – синтез АТФ и НАДФН – фиксация CO_2 – синтез сахаров;

д) поглощение света – синтез АТФ и НАДФН – фиксация CO_2 – образование O_2 – синтез сахаров.

Ответ:

г)

Задание 4 (8 баллов). Для перечисленных растений условным шифром укажите пол цветков.

1 – цветки всегда обоеполые. 2 – есть мужские и женские цветки.

а) салат; б) томат; в) батат; г) огурец; д) мокрица; е) крапива; ж) осот; з) пырей.

Ответ:

а) – 1

в) – 1

д) – 1

ж) – 1

б) – 1

г) – 2

е) – 2

з) – 1



Задание 5 (10 баллов). С помощью буквенного шифра дайте описание растения, представленного на рисунке.

Семейство: А – Розоцветные; Б – Крестоцветные; В – Паслёновые; Г – Бобовые; Д – Лилейные; Е – Злаковые.

Цветок: Ж – актиноморфный; З – зигоморфный; И – неправильный

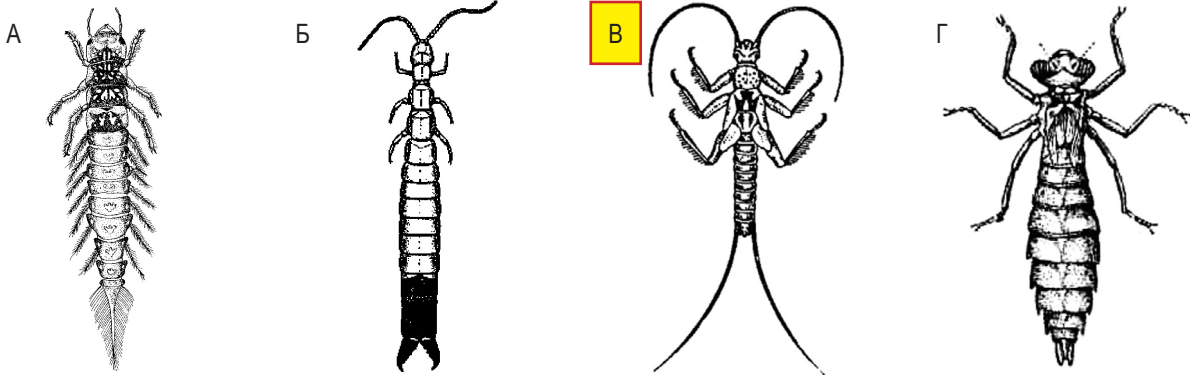
Завязь: К – верхняя; Л – нижняя

Плод: М – ягода; Н – орешек или многоорешек; О – костянка; П – зерновка; Р – семянка; С – стручок или стручочек; Т – боб; У – коробочка

Околоцветник: Ф – двойной; Х – простой; Ц – редуцированный

Ответ: Г, З, К, Т, Ф.

Задание 6 (4 балла). Личинка веснянки изображена на рисунке:

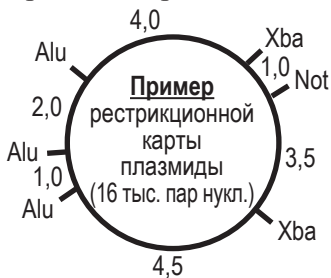


Ответ: В

Блок 2 [10]

Задача 1 (12 баллов). У многих бактерий для защиты от вирусов есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы присоединением к основанию метильной группы. Эти ферменты называют по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, например, **Eco** – *Escherichia coli* – рестриктаза из кишечной палочки. При действии такого фермента на очищенную ДНК разрывы происходят в строго определённых местах, и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление исследуемой ДНК различными

Рестриктазы	Длины фрагментов в тысячах пар нуклеотидов
Sal	Два по 5
Hind	6 и 4
Ava	5,5 и 4,5
Sal + Hind	4; 3; 2 и 1
Sal + Ava	3,5; 3; 2 и 1,5
Hind + Ava	4; 2,5; 2 и 1,5

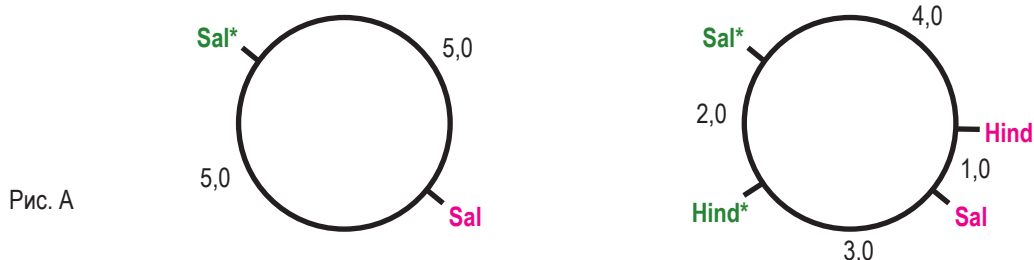


рестриктазами и их комбинациями, можно определить относительное расположение точек расщепления и построить **рестрикционную карту** данной последовательности ДНК. Из клеток бактерий выделили небольшую кольцевую ДНК – плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. Расщепление этой плазмиды тремя рестриктазами дало следующие фрагменты (см. таблицу). По этим данным постройте рестрикционную карту плазмиды, расположив на ней все точки расщепления. Ответ обоснуйте и оформите по образцу (как на рис.).

Решение

Для начала можно определить, как на плазмиде располагаются сайты рестрикции Sal и Hind друг относительно друга. Поскольку Sal даёт два фрагмента одинаковой длины (5 тыс. п.н.), а после обработки Sal+Hind получаются фрагменты 4; 3; 2 и 1, то очевидно, что один из фрагментов Sal разрезается Hind на фрагменты 4 и 1 (4 + 1 = 5), а другой – на фрагменты 3 и 2 (3 + 2 = 5).

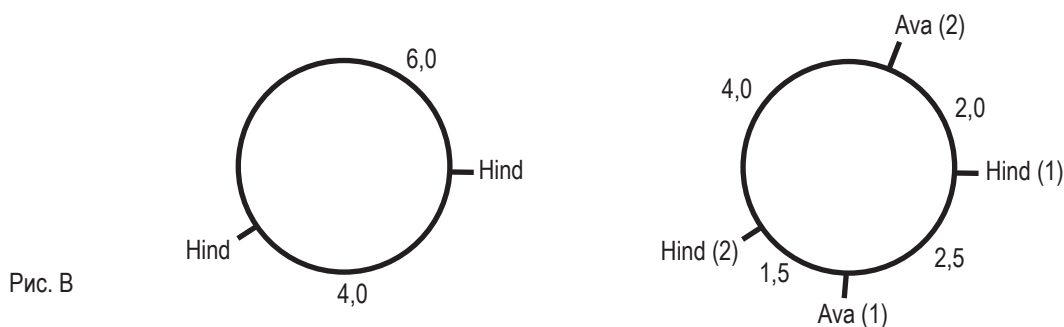
Рестриктаза *Hind* даёт фрагменты 6 и 4 тыс. п. н. После обработки *Sal*+*Hind* фрагмент 6 тыс. п.н. разрезается на фрагменты 4 и 2 тыс. п. н., а фрагмент 4 тыс. п.н. – на 3 и 1 соответственно. Исходя из этого можно начать строить рестрикционную карту плазмиды. Отметим, что сайты рестрикции *Sal* несимметричны (показано цветом). Ближайший сайт рестрикции *Hind* также обозначим соответствующим цветом.



Теперь нужно расставить сайты рестрикции *Ava*. При совместном действии *Sal*+*Ava* получается четыре фрагмента: 3,5 тыс. п. н.; 3 тыс. п. н., 2 тыс. п. н. и 1,5 тыс. п. н. Очевидно, что один из фрагментов *Sal* разрезается *Ava* на 3,5 и 1,5 тыс. п. н. ($3,5 + 1,5 = 5$), а второй – на 3 и 2 тыс. п. н. ($3 + 2 = 5$) соответственно. Аналогично можно построить карту для *Sal* и *Ava*.



Теперь построим еще одну вспомогательную карту для *Hind* и *Ava*. Очевидно, что фрагмент *Hind* длиной 6 тыс. п. н. разрезается *Ava* на фрагменты 4 и 2 тыс. п. н., а фрагмент *Hind* 4 тыс. п. н. разрезается *Ava* на фрагменты 2,5 и 1,5 тыс. п. н. При этом фрагменты 4 и 1,5 должны оказаться рядом (как и фрагменты 2 и 2,5). Это следует из данных по обработке плазмиды только *Ava*. Карта по *Hind* и *Ava* выглядит следующим образом.



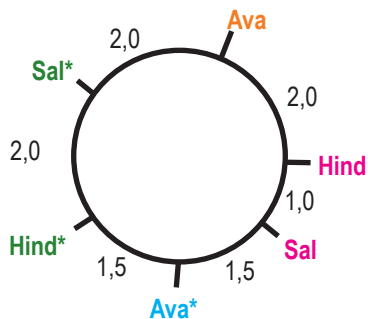
Для окончательного решения необходимо совместить все полученные рестрикционные карты. При этом мы можем столкнуться с ситуацией, когда одну из карт придётся либо симметрично отобразить, либо повернуть на некоторый угол. Есть две возможности такого совмещения.

- 1) Сайт **Hind (1)** на рис. В соответствует сайту **Hind***, помеченному зелёным цветом на рис. А.
 - 2) Сайт **Hind (1)** на рис. В соответствует сайту **Hind**, помеченному розовым цветом на рис. А.
- Рассмотрим обе возможности.

1) В случае **Hind (1)=Hind*** сайты рестрикции *Sal* должны находиться на расстоянии 2 (**Sal***) и 3 тыс. п. н. (**Sal**). Тогда точка рестрикции *Sal* окажется на расстоянии 0,5 тыс. п. н. от **Ava (1)** (см. рис. В). При совместном действии на ДНК плазмиды *Sal*+*Ava* должен получиться фрагмент длиной 0,5 тыс. п. н. Однако это противоречит условию: самый маленький фрагмент – 1,5 тыс. п. н.

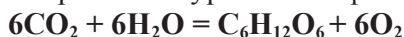
2) В случае **Hind (1)=Hind** сайты рестрикции Sal должны находиться на расстоянии 1 (**Sal**) и 4 тыс. п. н. (**Sal***). В этом случае сайт **Sal** окажется на расстоянии 1,5 от сайта **Ava (1)**, а сайт **Sal*** – на расстоянии 2,0 от сайта **Ava (2)**. Таким образом, сопоставляя рис. Б и рис. В, мы находим, что **Ava (1) = Ava***, тогда как **Ava (2) = Ava**, и мы должны отобразить карту на рис. Б зеркально. Итоговая рестрикционная карта выглядит следующим образом.

Ответ:



Если карта зеркально симметрична приведенной в ответе, и/или повернута на некоторый угол, это не является ошибкой. Задачу также можно было начинать решать с построения начальной карты для любой рестриктазы.

Задача 2 (10 баллов). Чтобы определить скорость продукции и деструкции органического вещества в водоёмах экологи используют **метод светлых и тёмных склянок**. Три склянки равного объёма заполняют водой из водоёма. В пробу попадают различные планктонные организмы (фитопланктон, бактериопланктон и др.). В первой из светлых склянок (из прозрачного стекла) определяют начальную концентрацию O_2 . Вторую светлую и тёмную (светонепроницаемую) склянку помещают в естественную среду на 24 часа, а затем в обеих склянках определяют концентрацию O_2 . Далее производят пересчёт по уравнению фотосинтеза:



Найдем соотношение масс продуктов этой химической реакции.

Масса глюкозы $C_6H_{12}O_6 = 12 \times 6 + 1 \times 12 + 6 \times 16 = 180$ г. Масса $6O_2 = 16 \times 2 \times 6 = 192$ г.

Таким образом, на один грамм выделившегося кислорода приходится 0,94 г образовавшегося органического вещества $[C_{орг}] - 180 : 192 = 0,9375$. Для дальнейшего пересчёта от кислорода к органическому веществу округлим этот коэффициент до **0,94**.

Пусть начальное содержание $O_2 - 9,25$ мг/л;

в темной склянке после экспозиции в течение 24 часов содержание $O_2 - 8,65$ мг/л;

а в светлой склянке после экспозиции в течение 24 часов содержание $O_2 - 11,85$ мг/л.

Рассчитайте чистую и валовую продукцию в пробе по органическому веществу ($C_{орг}$ мг/л).

Решение

Чистая продукция = валовая продукция – дыхание

Валовая продукция, оцененная по кислороду, равна

$$11,85(O_2 \text{ мг/л}) - 8,65(O_2 \text{ мг/л}) = 3,2(O_2 \text{ мг/л})$$

Для перехода к органическому углероду необходимо умножить полученное значение на 0,94:

$$3,2 \times 0,94 = 3,01(C_{орг} \text{ мг/л})$$

$$\text{Дыхание (деструкция)} = 9,25(O_2 \text{ мг/л}) - 8,65(O_2 \text{ мг/л}) = 0,6(O_2 \text{ мг/л})$$

$$\text{Чистая продукция} = 3,2(O_2 \text{ мг/л}) - 0,6(O_2 \text{ мг/л}) = 2,6(O_2 \text{ мг/л})$$

Для перехода к органическому углероду необходимо умножить полученное значение на 0,94:

$$2,6 \times 0,94 = 2,44(C_{орг} \text{ мг/л}).$$

Ответ:

Чистая продукция = 2,44 ($C_{орг}$ мг/л)

Валовая продукция = 3,01($C_{орг}$ мг/л)

Задача 3 (10 баллов). Какие изменения должны произойти в строении электрических органов у африканского электрического сома (*Malapterurus electricus*), если в молодом возрасте он давал разряд с напряжением 150 В и мощностью 30 Вт; повзрослев, он смог дать разряд с напряжением 350 В и мощностью 70 Вт? Рассчитайте, во сколько раз должно измениться общее число электроцитов (клеток, генерирующих электрический разряд), число электроцитов в отдельном столбике, и число столбиков, в которые они собраны, если считать, что свойства электроцитов с возрастом изменяются незначительно.

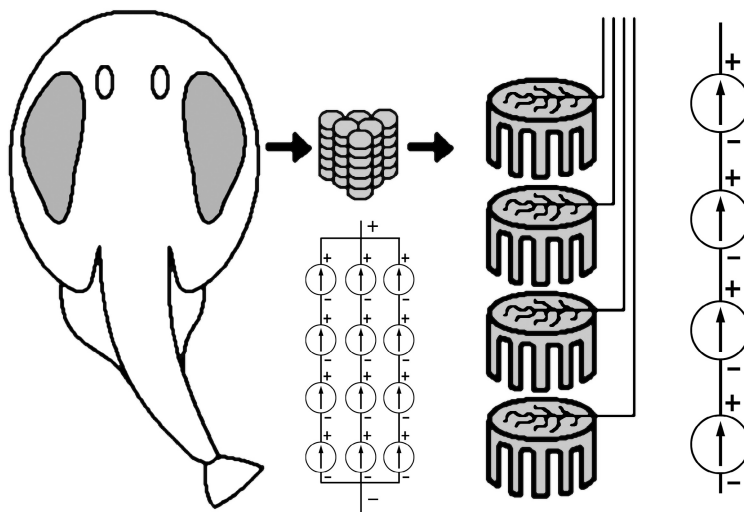


Схема расположения электроцитов у электрических рыб

Решение

Мощность электрического разряда выражается формулой:

$$W = U \times I,$$

где U – напряжение, а I – сила тока.

Рассчитаем силу тока, которая возникает при разряде у молодой и у взрослой рыбы.

Молодой сом:

$$30 \text{ Вт} : 150 \text{ В} = 0,2 \text{ А}$$

Взрослый сом:

$$70 \text{ Вт} : 350 \text{ В} = 0,2 \text{ А}$$

Таким образом, с возрастом сила тока, генерируемого рыбой, не изменилась, но при этом напряжение увеличилось в $2\frac{1}{3}$ раза. Чтобы возросло напряжение при той же силе тока в цепь необходимо добавить новые электрогенные элементы, причём они должны соединяться последовательно. Если считать, что свойства электроцитов не изменились, то в каждом столбике число электроцитов должно увеличиться в $2\frac{1}{3}$ раза, но число самих столбиков (соединённых параллельно!) должно остаться тем же самым. Общее число электроцитов возрастёт в $2\frac{1}{3}$ раза.

Ответ:

Общее число электроцитов возросло в $2\frac{1}{3}$ раза.

Число электроцитов в каждом столбике возросло в $2\frac{1}{3}$ раза.

Число столбиков с возрастом не изменилось.

Блок 3 [1]

Задача 4 (8 баллов). Некоторые сорта бананов (*Musa*) – триплоидные (именно поэтому у них нет семян). Предположим, что за красную окраску отвечает ген A , аллель a не даёт окрашенного пигмента. Интенсивность окраски зависит от того, сколько аллелей A несет данный организм. Сколько градаций красной окраски плодов теоретически возможно у бананов? Своё мнение обоснуйте.

Решение

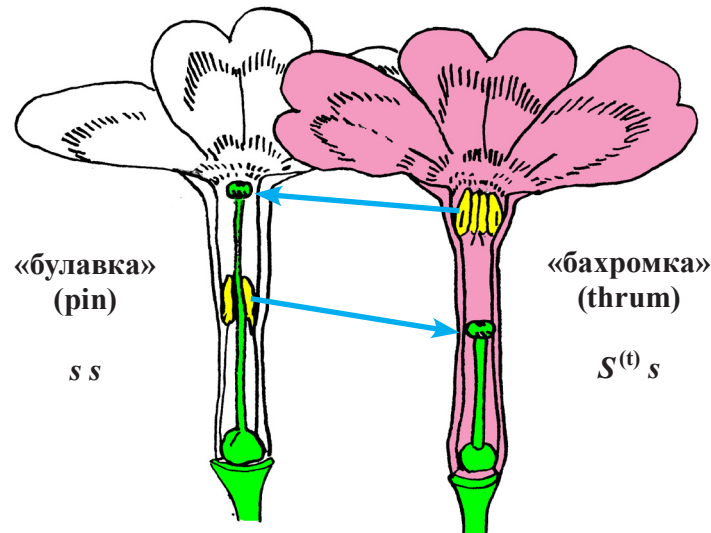
Поскольку бананы триплоидны, в каждой клетке находится по три гомологичных хромосомы, и, соответственно, по три аллеля каждого гена. Наиболее выраженная красная окраска (тёмно-красная) должна наблюдаться, если все три аллеля отвечают окрашенный пигмент – генотип AAA . Возможно, что в генотипе только два таких аллеля, а третий не даёт окраски – Aa . Тогда окраска будет более светлой, красной. В случае только одного функционального аллеля в геноме – Aaa – окраска будет розовой. Если все аллели представлены нефункциональным вариантом – aaa – окраска плодов будет белой. (Возможно наложение красной окраски на жёлтый фон.)

Ответ: У бананов теоретически возможно три градации красной окраски плодов, а также плоды без красного пигмента.

Задача 5 (18 баллов). У примул (*Primula*) есть две расы, отличающиеся строением цветка (см. рисунок):

- 1) «булавки» (pin), у которых длинный столбик, а тычинки короткие;
- 2) «бахромки» (thrum), у которых короткий столбик, а тычинки длинные.

Семена завязываются либо когда пыльца с коротких тычинок попадает на пестик с коротким столбиком, либо когда пыльца с длинных тычинок попадает на пестики с длинным столбиком (обозначено стрелками). Если перенести пыльцу с длинных тычинок на пестик с коротким столбиком, или с коротких тычинок на пестик с длинным столбиком, то семян не образуется.



Строение цветка контролирует генетический локус S . «Булавки» – гомозиготная раса с генотипом $s s$. У «бахромки» есть доминантный аллель $S^{(t)}$, который всегда встречается в гетерозиготе. Таким образом, генотип «бахромки» – $S^{(t)} s$.

Цвет лепестков у примул определяется геном красной окраски – A . Гомозиготы по рецессивному аллелю a – белые. Наблюдается кодоминирование.

После скрещивания розовой примулы-«бахромки» с белой примулой-«булавкой» в потомстве первого поколения получилось 697 белых примул-«бахромки» и 706 розовых примул-«булавок».

- А.** Выдвиньте гипотезу о наследовании гена окраски.
- Б.** Предложите генотипы родительской пары и всех потомков первого поколения.
- В.** Рассчитайте расщепление по генотипам и фенотипам во втором поколении, если дать гибридам первого поколения свободно опыляться между собой.
- Г.** В каком поколении можно ожидать появления красных примул-«бахромки»? Красных примул-«булавок»? Свое мнение обоснуйте.

Решение

А. Поскольку среди потомков все примулы-«бахромки» оказались белыми, а все примулы-«булавки» розовыми, и при этом расщепление оказалось близким к $1 : 1$, можно предположить, что ген A наследуется сцепленно с локусом S .

Б. Начнём с генотипов потомков первого поколения.

Белые примулы-«бахромки» с генотипом aa по окраске получили одну из хромосом, содержащую аллель a и локус $S^{(t)}$, от родителя-«бахромки», а вторую хромосому с аллелем a и локусом s – от родителя-«булавки». Этот генотип можно обозначить $S^{(t)a} s^a$.

Розовые примулы-«булавки» обладают генотипом Aa и несут аллель A , сцепленный с локусом s , от розового родителя-«бахромки», а второй аллель a с локусом s – от белого родителя-«булавки». Этот генотип можно обозначить $s^A s^a$.

После этого легко предложить генотипы родителей.

Белая примула-«булавка»: $s^a s^a$.

Розовая примула-«бахромка»: $S^{(t)a} s^A$.

В. В случае гибридов первого поколения опыление возможно только между расами, опыление внутри рас не происходит.

Раса розовых примул-«булавок» ($s^A s^a$) даст гаметы s^A и s^a .

Раса белых примул-«бахромки» ($S^{(t)a} s^a$) даст гаметы $S^{(t)a}$ и s^a .

гаметы	$S^{(t)a}$	s^a
s^A	$S^{(t)a} s^A$ розовые «бахромки»	$s^A s^a$ розовые «булавки»
s^a	$S^{(t)a} s^a$ белые «бахромки»	$s^a s^a$ белые «булавки»

Таким образом, во втором поколении (F_2) будет следующее расщепление:

25% $S^{(t)a} s^A$ розовые «бахромки»

25% $s^A s^a$ розовые «булавки»

25% $S^{(t)a} s^a$ белые «бахромки»

25% $s^a s^a$ белые «булавки»

Г. Фенотип «бахромки» определяется локусом $S^{(t)}$, а он тесно сцеплен с аллелем a , дающим белую окраску. Таким образом, примулы-«бахромки» будут либо белыми ($S^{(t)a} s^a$), либо розовыми ($S^{(t)a} s^A$). Красная окраска не возникнет ни в одном из последующих поколений.

Во втором поколении получились как розовые «булавки», так и розовые «бахромки», причём в обоих случаях аллель A сцеплен с локусом s . При скрещивании этих потомков можно получить примулы-«булавки» с генотипом $s^A s^A$. При кодоминировании окраска будет красной. Итак, красные примулы-«булавки» получатся уже в третьем поколении (F_3).

Дополнение к решению. Можно также высказать гипотезу, что, несмотря на сцепление, происходит кроссинговер между локусом S и геном A . Исходя из условия, расстояние между ними округлённо составит меньше 0,035 сантиморган ($1 : 1403$ особи) : 2.

Если мы увеличим выборку, то уже во втором поколении есть вероятность обнаружить красную примулу-«бахромку». Гаметы $S^{(t)A}$ образуются с вероятностью $0,01 m/2$, где m – расстояние между локусом S и геном A в сантиморганах. Соответственно, доля красных примул-«бахромки» среди потомков F_2 составит $(0,5 - 0,005m) \times 0,005m$.

Ответ:

А. Ген окраски наследуется сцепленно с локусом S .

Б. Генотипы родителей (P):

Белая примула-«булавка»: $s^a s^a$.

Розовая примула-«бахромка»: $S^{(t)a} s^A$.

Генотипы потомков F_1 :

Розовая примула-«булавка»: $s^A s^a$.

Белая примула-«бахромка»: $S^{(t)a} s^a$.

В. Расщепление во втором поколении (F_2):

25% $S^{(t)a} s^A$ розовые «бахромки»

25% $s^A s^a$ розовые «булавки»

25% $S^{(t)a} s^a$ белые «бахромки»

25% $s^a s^a$ белые «булавки»

Г. Красные примулы-«булавки» получатся в третьем поколении (F_3). Красные примулы-«бахромки» не должны возникнуть ни в одном из последующих поколений.

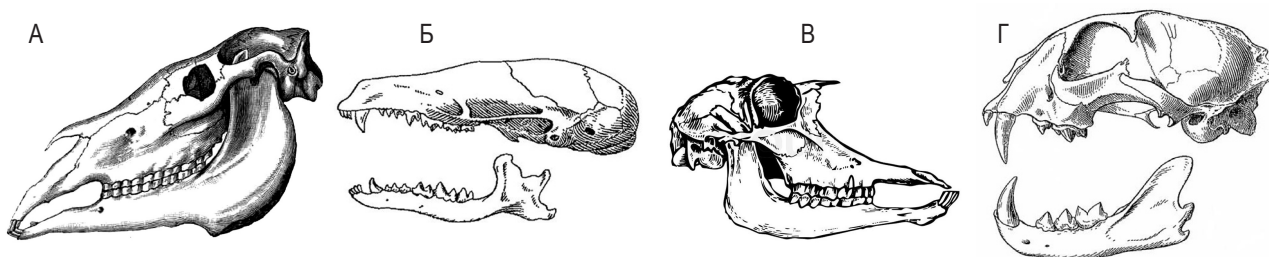
[Или уже во втором поколении, если между локусом S и геном A возможен кроссинговер – но тогда для обнаружения красных примул-«бахромки» нужно увеличить выборку растений во втором поколении.]

Ответы на задание заключительного этапа Олимпиады «Ломоносов-2015» по биологии 10–11 классы

Вариант 2

Блок 1 [10]

Задание 1 (8 баллов). Сопоставьте к каким отрядам Млекопитающих относятся объекты, черепа которых изображены на рисунках▼. Обратите внимание, что разные объекты могут относиться к одному и тому же отряду. В ответе дайте цифру шифра, соответствующую букве рисунка. 1 – Непарнокопытные; 2 – Парнокопытные; 3 – Грызуны; 4 – Хищные; 5 – Рукокрылые; 6 – Приматы; 7 – Зайцеобразные; 8 – Насекомоядные; 9 – Ластоногие; 10 – Китообразные



Ответ:

A – 1 (Непарнокопытные)

B – 2 (Парнокопытные)

B – 8 (Насекомоядные)

Г – 4 (Хищные)

Задание 2 (8 баллов). Для перечисленных растений шифром укажите тип завязи. 1 – завязь нижняя, околоцветник прикреплен на верхушке завязи. 2 – завязь верхняя, околоцветник прикреплен у основания завязи.

а) пшеница; б) миндаль; в) вишня; г) лилия; д) огурец; е) дыня; ж) тыква; з) арбуз.

Ответ:

а) – 2

в) – 2

д) – 1

ж) – 1

б) – 2

г) – 2

е) – 1

з) – 1

Задание 3 (4 балла). Укажите порядок расположения тканей листа С-3 растений (сверху вниз):

а) эпидерма – губчатый мезофилл – столбчатый мезофилл – ксилема – флоэма;

б) эпидерма – столбчатый мезофилл – ксилема – флоэма – губчатый мезофилл;

в) эпидерма – столбчатый мезофилл – флоэма – ксилема – губчатый мезофилл;

г) столбчатый мезофилл – ксилема – эпидерма – флоэма – губчатый мезофилл;

д) эпидерма – столбчатый мезофилл – флоэма – губчатый мезофилл – ксилема.

Ответ:

б)

Задание 4. Для перечисленных растений условным шифром укажите пол цветков.

1 – цветки всегда обоеполые. 2 – есть мужские и женские цветки.

а) одуванчик; б) табак; в) крапива; г) дыня; д) тополь; е) кукуруза; ж) овёс; з) ячмень.

Ответ:

а) – 1

в) – 2

д) – 2

ж) – 1

б) – 1

г) – 2

е) – 2

з) – 1



Задание 5 (10 баллов). С помощью буквенного шифра дайте описание растения, представленного на рисунке.

Семейство: А – Розоцветные; Б – Крестоцветные; **В – Паслёновые;**
Г – Бобовые; Д – Лилейные; Е – Злаковые.

Цветок: **Ж – актиноморфный;** З – зигоморфный; И – неправильный

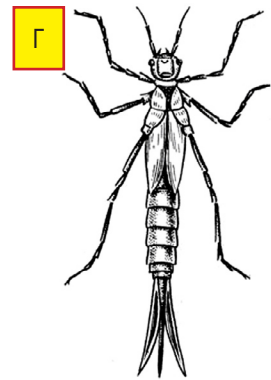
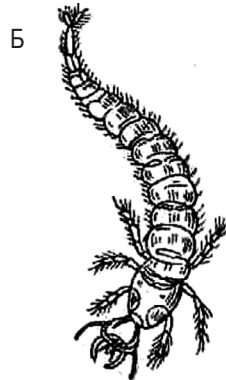
Завязь: **К – верхняя;** Л – нижняя

Плод: М – ягода; Н – орешек или многоорешек; О – костянка; П – зерновка;
Р – семянка; С – стручок или стручочек; Т – боб; **У – коробочка**

Околоцветник: **Ф – двойной;** Х – простой; Ц – редуцированный

Ответ: В, Ж, К, У, Ф.

Задание 6 (4 балла). Личинка стрекозы изображена на рисунке:

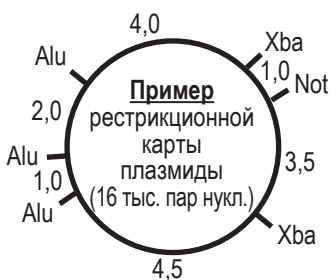


Ответ: Г

Блок 2 [9]

Задача 1 (12 баллов). У многих бактерий для защиты от вирусов есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы присоединением к основанию метильной группы. Эти ферменты называют по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, например, **Есо** – *Escherichia coli* – рестриктаза из кишечной палочки. При действии такого фермента на очищенную ДНК разрывы происходят в строго определённых местах, и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление исследуемой ДНК различными

Рестриктазы	Длины фрагментов в тысячах пар нуклеотидов
Sal	Два по 5
Hind	6 и 4
Ava	6 и 4
Sal + Hind	4; 3; 2 и 1
Sal + Ava	4; 3; 2 и 1
Hind + Ava	4 и три по 2

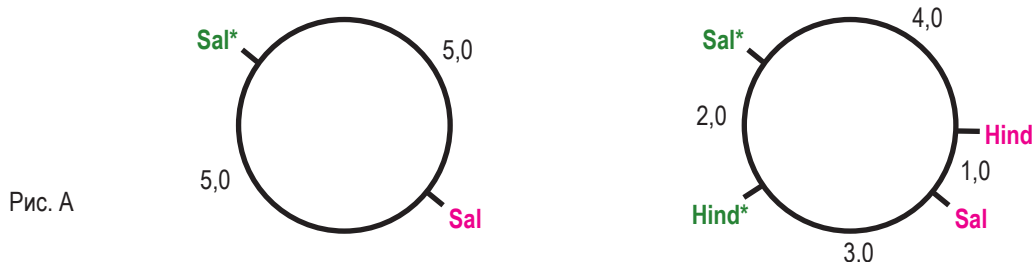


рестриктазами и их комбинациями, можно определить относительное расположение точек расщепления и построить **рестрикционную карту** данной последовательности ДНК. Из клеток бактерий выдели небольшую кольцевую ДНК – плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. Расщепление этой плазмиды тремя рестриктазами дало следующие фрагменты (см. таблицу). По этим данным постройте рестрикционную карту плазмиды, расположив на ней все точки расщепления. Ответ обоснуйте и оформите по образцу (как на рис.).

Решение

Для начала можно определить, как на плазмиде располагаются сайты рестрикции Sal и Hind друг относительно друга. Поскольку Sal даёт два фрагмента одинаковой длины (5 тыс. п.н.), а после обработки Sal+Hind получаются фрагменты 4; 3; 2 и 1, то очевидно, что один из фрагментов Sal разрезается Hind на фрагменты 4 и 1 (4 + 1 = 5), а другой – на фрагменты 3 и 2 (3 + 2 = 5).

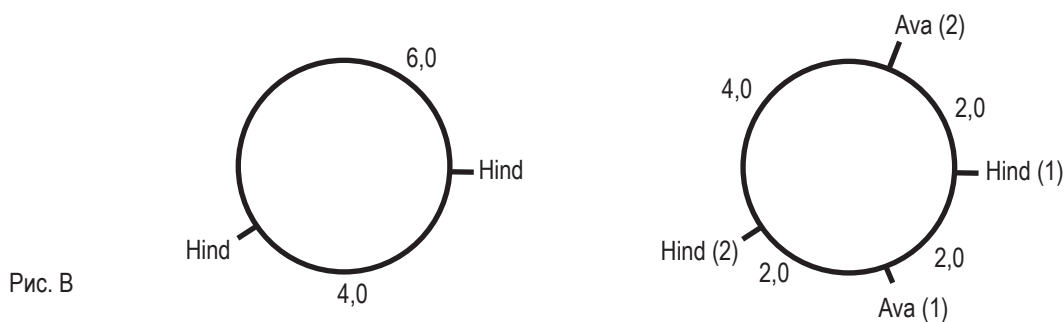
Рестриктаза *Hind* даёт фрагменты 6 и 4 тыс. п. н. После обработки *Sal+Hind* фрагмент 6 тыс. п.н. разрезается на фрагменты 4 и 2 тыс. п. н., а фрагмент 4 тыс. п.н. – на 3 и 1 соответственно. Исходя из этого можно начать строить рестрикционную карту плазмиды. Отметим, что сайты рестрикции *Sal* несимметричны (показано цветом). Ближайший сайт рестрикции *Hind* также обозначим соответствующим цветом.



Теперь нужно расставить сайты рестрикции *Ava*. При совместном действии *Sal+Ava* получается четыре фрагмента: 4 тыс. п. н.; 3 тыс. п. н., 2 тыс. п. н. и 1 тыс. п. н. Очевидно, что один из фрагментов *Sal* разрезается *Ava* на 4 и 1 тыс. п. н. ($4 + 1 = 5$), а второй – на 3 и 2 тыс. п. н. ($3 + 2 = 5$) соответственно. Аналогично можно построить карту для *Sal* и *Ava*.



Теперь построим еще одну вспомогательную карту для *Hid* и *Ava*. Очевидно, что фрагмент *Hind* длиной 6 тыс. п. н. разрезается *Ava* на фрагменты 4 и 2 тыс. п. н., а фрагмент *Hind* 4 тыс. п. н. разрезается *Ava* на два фрагмента по 2 тыс. п. н. каждый.



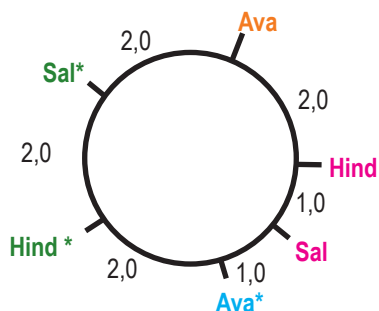
Для окончательного решения необходимо совместить все полученные рестрикционные карты. При этом мы можем столкнуться с ситуацией, когда одну из карт придётся либо симметрично отобразить, либо повернуть на некоторый угол. Есть две возможности такого совмещения.

- 1) Сайт **Hind (1)** на рис. В соответствует сайту **Hind***, помеченному зелёным цветом на рис. А.
 - 2) Сайт **Hind (1)** на рис. В соответствует сайту **Hind**, помеченному розовым цветом на рис. А.
- Рассмотрим обе возможности.

1) В случае **Hind (1)=Hind*** сайты рестрикции *Sal* должны находиться на расстоянии 2 (**Sal***) и 3 тыс. п. н. (**Sal**). Тогда точка рестрикции *Sal* совпадёт (окажется на очень близком расстоянии) с точкой рестрикции **Ava (1)** (см. рис. В). При совместном действии на ДНК плазмиды *Sal+Ava* должно получиться только три фрагмента (четвёртый – слишком маленький, чтобы его учитывать). Однако это противоречит условию: образуется четыре фрагмента заметной длины: один – 4 тыс. п. н., а три другие – по 2 тыс. п. н.

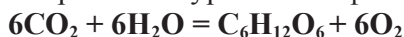
2) В случае **Hind (1)=Hind** сайты рестрикции Sal должны находиться на расстоянии 1 (**Sal**) и 4 тыс. п. н. (**Sal***). В этом случае сайт **Sal** окажется на расстоянии 1,0 от сайта **Ava (1)**, а сайт **Sal*** – на расстоянии 2,0 от сайта **Ava (2)**. Таким образом, сопоставляя рис. Б и рис. В, мы находим, что **Ava (1) = Ava***, тогда как **Ava (2) = Ava**, и мы должны отобразить карту на рис. Б зеркально. Итоговая рестрикционная карта выглядит следующим образом.

Ответ:



Если карта зеркально симметрична приведенной в ответе, и/или повернута на некоторый угол, это не является ошибкой. Задачу также можно было начинать решать с построения начальной карты для любой другой рестриктазы.

Задача 2 (10 баллов). Чтобы определить скорость продукции и деструкции органического вещества в водоёмах экологи используют **метод светлых и тёмных склянок**. Три склянки равного объёма заполняют водой из водоёма. В пробу попадают различные планктонные организмы (фитопланктон, бактериопланктон и др.). В первой из светлых склянок (из прозрачного стекла) определяют начальную концентрацию O_2 . Вторую светлую и тёмную (светонепроницаемую) склянку помещают в естественную среду на 24 часа, а затем в обеих склянках определяют концентрацию O_2 . Далее производят пересчёт по уравнению фотосинтеза:



Найдем соотношение масс продуктов этой химической реакции.

Масса глюкозы $C_6H_{12}O_6 = 12 \times 6 + 1 \times 12 + 6 \times 16 = 180$ г. Масса $6O_2 = 16 \times 2 \times 6 = 192$ г.

Таким образом, на один грамм выделившегося кислорода приходится 0,94 г образовавшегося органического вещества $[C_{орг}] - 180 : 192 = 0,9375$. Для дальнейшего пересчёта от кислорода к органическому веществу округлим этот коэффициент до **0,94**.

Пусть начальное содержание $O_2 - 9,64$ мг/л;

в темной склянке после экспозиции в течение 24 часов содержание $O_2 - 8,84$ мг/л;

а в светлой склянке после экспозиции в течение 24 часов содержание $O_2 - 12,32$ мг/л.

Рассчитайте чистую и валовую продукцию в пробе по органическому веществу ($C_{орг}$ мг/л).

Решение

Чистая продукция = валовая продукция – дыхание

Валовая продукция, оцененная по кислороду, равна

$$12,32(O_2 \text{ мг/л}) - 8,84(O_2 \text{ мг/л}) = 3,48(O_2 \text{ мг/л})$$

Для перехода к органическому углероду необходимо умножить полученное значение на 0,94:

$$3,48 \times 0,94 = 3,27(C_{орг} \text{ мг/л})$$

$$\text{Дыхание (деструкция)} = 9,64(O_2 \text{ мг/л}) - 8,84(O_2 \text{ мг/л}) = 0,8(O_2 \text{ мг/л})$$

$$\text{Чистая продукция} = 3,48(O_2 \text{ мг/л}) - 0,8(O_2 \text{ мг/л}) = 2,68(O_2 \text{ мг/л})$$

Для перехода к органическому углероду необходимо умножить полученное значение на 0,94:

$$2,68 \times 0,94 = 2,52(C_{орг} \text{ мг/л}).$$

Ответ:

Чистая продукция = 2,52 ($C_{орг}$ мг/л)

Валовая продукция = 3,27($C_{орг}$ мг/л)

Задача 3 (8 баллов). Африканский электрический сом (*Malapterurus electricus*) при охоте на мелких рыб выдал разряд с напряжением 350 В. Мощность разряда составила 140 Вт. Рассчитайте возникшую силу тока и суммарное сопротивление в возникшей электрической цепи.

Решение

Мощность электрического разряда выражается формулой:

$$W = U \times I,$$

где U – напряжение, а I – сила тока.

Рассчитаем силу тока, которая возникает при разряде у африканского электрического сома.

$$140 \text{ Вт} : 350 \text{ В} = 0,4 \text{ А}$$

Сила тока прямо пропорциональна напряжению, и обратно пропорциональна сопротивлению, что отражается формулой:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$\text{Отсюда } R = U : I = 350 \text{ В} : 0,4 \text{ А} = 875 \text{ Ом}$$

Ответ:

875 Ом.

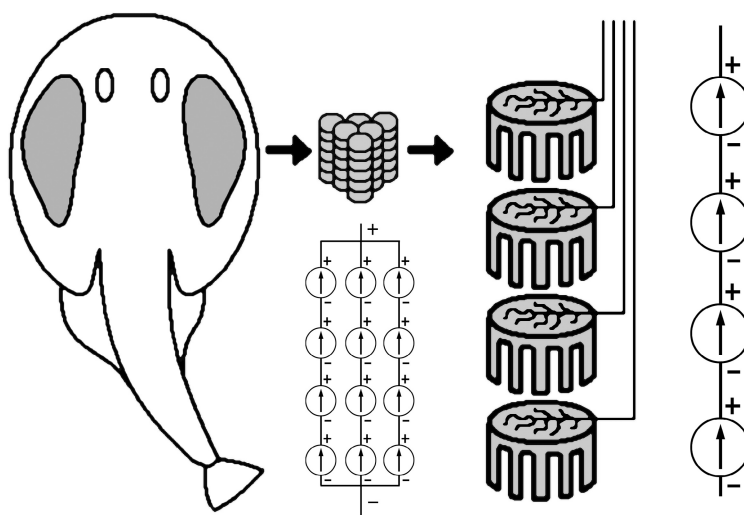


Схема расположения электроцитов у электрических рыб

Блок 3 [6]



Лилейник рыжий (*Hemerocallis fulva* 'Kwanso')

Задача 4 (8 баллов). Лилейник рыжий (*Hemerocallis fulva*) – триплоид культурного происхождения. Предположим, что за оранжевую окраску отвечает ген A , аллель a не даёт окрашенного пигмента. Интенсивность окраски зависит от того, сколько аллелей A несет данный организм. Сколько градаций оранжевой окраски цветков теоретически возможно у лилейника рыжего? Своё мнение обоснуйте.

Решение

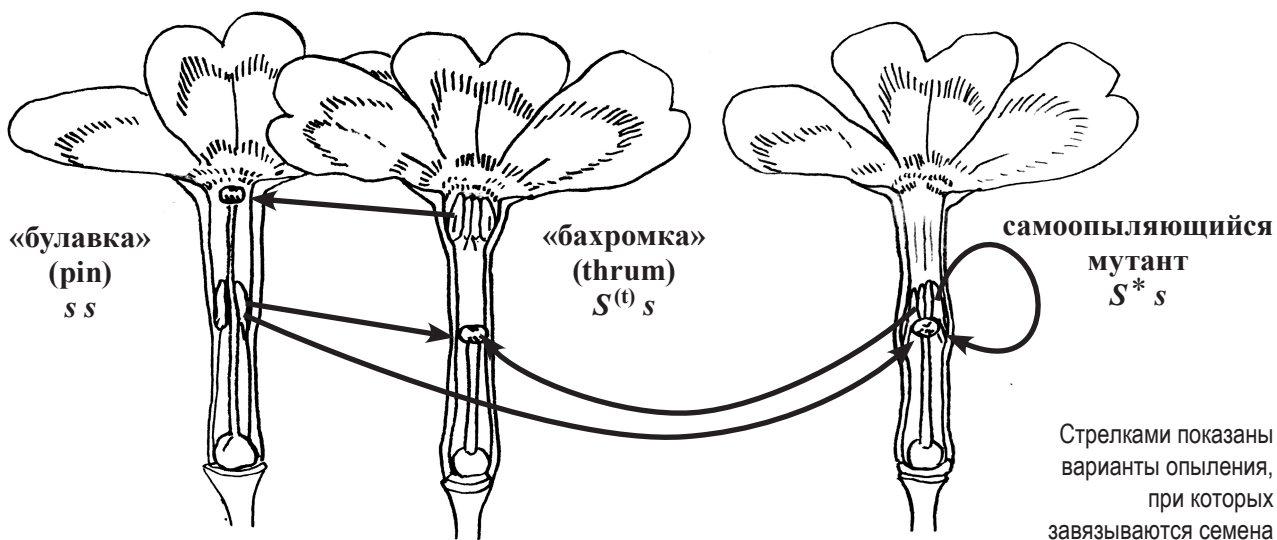
Поскольку лилейник рыжий – триплоид, в каждой клетке находится по три гомологичных хромосомы, и, соответственно, по три аллеля каждого гена. Наиболее выраженная оранжевая окраска (кирпично-оранжевая) должна наблюдаться, если все три аллеля отвечают окрашенный пигмент – генотип AAA . Возможно, что в генотипе только два таких аллеля, а третий не даёт окраски – AaA . Тогда окраска будет более светлой, оранжевой. В случае только одного функционального аллеля в геноме – Aaa – окраска будет светло-абрикосовой (=персиковой; =кремовой). Если все три аллеля представлены нефункциональным вариантом – aaa – окраска цветков будет белой.

Ответ: У лилейника рыжего возможно три градации оранжевой окраски цветков, а также белые цветки.

Задача 5 (20 баллов). У примул (*Primula*) есть две расы, отличающиеся строением цветка (см. рисунок):

- 1) «булавки» (pin), у которых длинный столбик, а тычинки короткие;
- 2) «бахромки» (thrum), у которых короткий столбик, а тычинки длинные.

Семена завязываются либо когда пыльца с коротких тычинок попадает на пестик с коротким столбиком, либо когда пыльца с длинных тычинок попадает на пестики с длинным столбиком (обозначено стрелками). Если перенести пыльцу с длинных тычинок на пестик с коротким столбиком, или с коротких тычинок на пестик с длинным столбиком, то семян не образуется.



Строение цветка контролирует генетический локус S . «Булавки» – гомозиготная раса с генотипом $s s$. У «бахромок» есть доминантный аллель $S^{(t)}$, который всегда встречается в гетерозиготе. Таким образом, генотип «бахромка» – $S^{(t)} s$.

Получен мутант примулы, способный к самоопылению (и тычинки, и столбик пестика короткие). Такой фенотип определяется аллелем S^* , который доминирует над s , но рецессивен по отношению к $S^{(t)}$ ($S^{(t)} > S^* > s$).

Пыльцу растения с генотипом $S^* s$ нанесли на рыльце нормальной примулы-«бахромки» и собрали семена.

А. Предложите генотипы всех потомков первого поколения.

Б. Рассчитайте соотношение по генотипам и фенотипам в первом поколении.

В. Рассчитайте расщепление по генотипам и фенотипам во втором поколении, если дать гибридам первого поколения свободно опыляться между собой (считайте опыление пыльцой различных генотипов равновероятным).

Г. Как изменится расщепление в первом поколении, если посадить рядом примулу-«бахромку» и мутант, а затем после свободного опыления собрать семена с обоих растений? (Считайте при этом семенную продуктивность растений одинаковой.)

Решение

А. Растение-мутант с генотипом ($S^* s$) даст гаметы S^* и s .

Примула-«бахромка» ($S^{(t)} s$) даст гаметы $S^{(t)}$ и s .

гаметы	$S^{(t)}$	s
S^*	$S^{(t)} S^*$	$S^* s$
s	$S^{(t)} s$	$s s$

Б. Выпишем из решётки Пеннета генотипы и, исходя из условия, предложим фенотипы для потомков первого поколения.

$S^{(t)} S^*$ и $S^{(t)} s$ «бахромки» (50%)

$S^* s$ мутантный фенотип (25%)

$s s$ «булавки» (25%)

В. Оценим, какие из растений второго поколения смогут скрещиваться друг с другом.

Мужской родитель ► ▼ Женский родитель	$S^{(t)} S^*$ «бахромка»	$S^{(t)} s$ «бахромка»	$S^* s$ мутант	$s s$ «булавка»
$S^{(t)} S^*$ «бахромка»	Нет	Нет	Скрещ. 2	Скрещ. 3
$S^{(t)} s$ «бахромка»	Нет	Нет	Скрещ. 4	Norma
$S^* s$ мутант	Нет	Нет	Скрещ. 5	Скрещ. 6
$s s$ «булавка»	Скрещ. 1	Norma	Нет	Нет

«Нет» стоит в тех ячейках таблицы, где потомство не будет получено,

Словом «Norma» обозначено скрещивание между обычными «булавками» и «бахромками». Оно даёт расщепление 1: 1 и по генотипу, и по фенотипу (встречается в таблице дважды).

Обратим внимание, что **Скрещивание №1** и **Скрещивание №3** дадут одинаковый результат. При этом получится половина «бахромок» и половина особей с мутантным фенотипом.

Скрещивание №6 даст половину «булавок» и половину мутантных особей

Скрещивание №4 аналогично скрещиванию исходной родительской пары: половина «бахромок», четверть мутантов и четверть «булавок».

Скрещивание №2 даст половину «бахромок» и половину мутантов, но при этом каждый фенотип будет представлен двумя генотипами.

Скрещивание №5 мутантных особей на самих себя даст классическое менделевское расщепление 3 (мутанты) : 1 («булавки»).

Для подведения итогов необходимо аккуратно просуммировать результаты всех этих скрещиваний.

Скрещивание ► ▼ Генотип		№1	№2	№3	№4	№5	№6	Norma	Norma	Итого	
$S^{(t)} S^*$	«бахромка»		0,25		0,25					0,5	1
$S^{(t)} s$		0,5	0,25	0,5	0,25			0,5	0,5	2,5	5
$S^* S^*$	мутанты		0,25			0,25				0,5	1
$S^* s$		0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5			2,5	5
$s s$	«булавки»				0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	2	4

Теперь просуммируем расщепление по фенотипам.

«Бахромки» – 6

Мутантный фенотип – 6

«Булавки» – 4

Можно сократить, и тогда получится расщепление:

3 «Бахромки» : 3 мутантный фенотип : 2 «Булавки»

Г. Если мы считаем, что опыляться будут только «бахромки» и мутанты, то семена на «бахромках» завяжутся только от опыления пылью мутантов, а у мутантов будет самоопыление (пыльца с «бахромок» не сможет опылить мутантов). Таким образом, нам нужно будет учесть потомство от «бахромок» (0,5 «бахромок»; 0,25 «булавок» и 0,25 мутантов) и потомство от самоопыления мутантов (0,75 мутантов и 0,25 «булавок»). В итоге получится 0,5 «бахромок»; 0,5 «булавок» и 1 мутантов, или 1 : 1 : 2. Доля мутантов повысится, а доля «бахромок» снизится.