

# Ломоносов-2021. Биология 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.

### БОТАНИКА Тест №1 (1 балл)



Перед вами – фотография растения, которое дало название одному из Отделов растений. Латинское название этого растения переводится как «лапа» одного из животных, представленных ниже. Выберите фотографию тех лап, которые входят в латинское название.



А.



Б.



В.



Г.

**Ответ:** На фотографии изображён Плаун (*Lycoperidium*). Название происходит от *λύκος* (*lykos*) – «волк» и *πούς* (*poús*) – «лапа». Волчьи лапы изображены на рисунке **В**.

### Тест №2. (1 балл)

Цветок, строение которого описано формулой  $\uparrow K_{(5)}C_{1,2,(2)}A_{(5+4),1}G_{\underline{1}}$  имеет:

- a. Один круг тычинок
- b. Простой околоцветник
- c. Радиальную симметрию

**d. Верхнюю завязь**

### Тест №3. (1 балл)

Что характерно для плода костянка у высших растений?

- a. Наличие множества семян в плоде

**b. Склерефикация эндокарпия**

- c. Самопроизвольное вскрытие оболочек плода
- d. Развитие из нижней завязи

### Тест №4. (1 балл)

Сложный лист в отличие от простого листа:

- a. Имеет микрофильное происхождение

**b. Имеет несколько листовых пластинок (листочков)**

- c. Частично преобразован в усик
- d. Состоит из черешка и листовой пластинки

## Ботаника (ключ) (3 вопроса по 4 балла за каждый вопрос. **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. 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, гиофор, подчашие, ценокарпный и др.).

Чтобы правильно выполнить задание, вы должны самостоятельно выяснить значение этих терминов из любых доступных вам источников информации.

### **Задание**

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

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.

Допустим, из базы данных было выбрано следующее изображение.



Это растение – Мальва лесная (*Malva sylvestris*) Для выполнения задания название растения знать не нужно.

Далее в ключе цветом выделены правильные ответы в тезах и антитезах.

Ответ: **буква шифра Н.**

### Определительный ключ

1. Растение травянистое, стебли не утолщены, покрыты эпидермой ... 2.
  - + Растение древесное, стебли вторично утолщены и покрыты коркой ... 14.
2. Листья черешковые ... 3.
  - + Листья сидячие ... 5.
3. Число элементов околоцветника более 10 ... 4.
  - + Число элементов околоцветника 10 или менее ... 8.
4. Завязь верхняя ... Буква шифра А.
  - + Завязь нижняя ... Буква шифра Б.
- 5(3). Лепестков 5 и более ... 6.
  - + Лепестков менее 5 ... 7.
6. Завязь верхняя ... Буква шифра В.
  - + Завязь нижняя ... Буква шифра Г.
- 7(5). Цветки собраны в цимозные соцветия ... Буква шифра Д.
  - + Цветки одиночные ... Буква шифра Е.
- 8(3). Цветки собраны в соцветие, имитирующее крупный цветок ... 9.
  - + Цветки одиночные или соцветие иного строения ... 10.
9. Функцию привлечения опылителей выполняют яркие стерильные цветки ... Буква шифра Ж.
  - + Функцию привлечения опылителей выполняют яркие чешуевидные листья ... Буква шифра З.
- 10(8). Завязь нижняя ... Буква шифра И.
  - + Завязь верхняя ... 11.
11. Плод сочный ... 12.
  - + Плод сухой ... 13.
12. Тычнок 5 ... Буква шифра К.
  - + Тычинок более 5 ... Буква шифра Л.
- 13(11). Листья непарноперистосложные ... Буква шифра М.
  - + Листья пальчато-сложные или простые ... Буква шифра Н.
- 14(1). Растение не имеет цветков и плодов ... 15.
  - + Растение цветковое, имеет цветки и плоды ... 21.
15. Листья имеют уплощенную широкую листовую пластинку ... 16.
  - + Листья игловидные (хвоинки) ... 18.
16. Лист цельнокрайний ... Буква шифра О.
  - + Лист рассеченный ... 17.
17. Лист трижды перисто-рассеченный ... Буква шифра П.
  - + Лист дважды перисто-рассеченный ... Буква шифра Р.
18. Все побеги одинаковые, листья равномерно расположены на них ... 19.
  - + Побеги разделены на ауксбласты и брахибласты, листья расположены только на брахибластах ... 20.
19. Семязачатки расположены на семенных чешуях, семенные и кроющие чешуи формируют сложный стробил (шишку) ... Буква шифра С.
  - + Семязачатки одиночные, семяножка с сочным ариллусом ... Буква шифра Т.
- 20(18). Каждый брахибласт несет по два листа ... Буква шифра У.
  - + Каждый брахибласт несет по пять листьев ... Буква шифра Ф.
- 21(14). Листорасположение супротивное или мутовчатое ... 22.
  - + Листорасположение очередное ... 25.
22. Листья простые, с одной листовой пластинкой ... 23.
  - + Листья сложные, состоят из нескольких листочков ... 24.
23. Цветки однополые ... Буква шифра Х.
  - + Цветки обоеполые ... Буква шифра Ц.
- 24(22). Цветки зигоморфные ... Буква шифра Ч.

- + Цветки актиноморфные ... **Буква шифра Ш.**
- 25(21). Листья сложные, состоят из нескольких листочков ... 26.
- + Листья простые, с одной листовой пластинкой ... 27.
- 26. Листья непарноперистосложные ... **Буква шифра Ш.**
- + Листья пальчато-сложные ... **Буква шифра Ъ.**
- 27(25). Плоды сухие ... 28.
- + Плоды сочные ... 29.
- 28. Плод простой, односемянный, невскрывающийся ... **Буква шифра Ы.**
- + Плод сложный, плодики односемянные, вскрывающиеся ... **Буква шифра Ь.**
- 29(27). Плод образован верхней завязью ... **Буква шифра Э.**
- + Плод образован нижней завязью ... 30.
- 30 Листовые пластинки обратнойцевидные, цельнокрайние ... **Буква шифра Ю.**
- + Листовые пластинки округлые или широко-треугольные в очертании, пальчато-раздельные ... **Буква шифра Я.**

## ЗООЛОГИЯ

### **Зоология позвоночных, ключ** (2 задания по 4 балла. **Всего – 8 баллов**)

#### **Задание**

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 фотография птицы, обитающей в России (см. в конце ключа). При определении имейте в виду, что признаки, используемые в ключе, не обязательно должны быть заметны на фотографии, но эти признаки являются характерными для отряда, к которому относится птица. Ответом будет буква шифра, соответствующая предложенной фотографии птицы.

Допустим, из базы данных была выбрана следующая фотография.



Это – Канюк обыкновенный (*Buteo buteo*). Для выполнения задания знать название птицы не обязательно. Далее в ключе цветом выделены правильные ответы в тезах и антитезах.

Ответ: **буква шифра Д.**

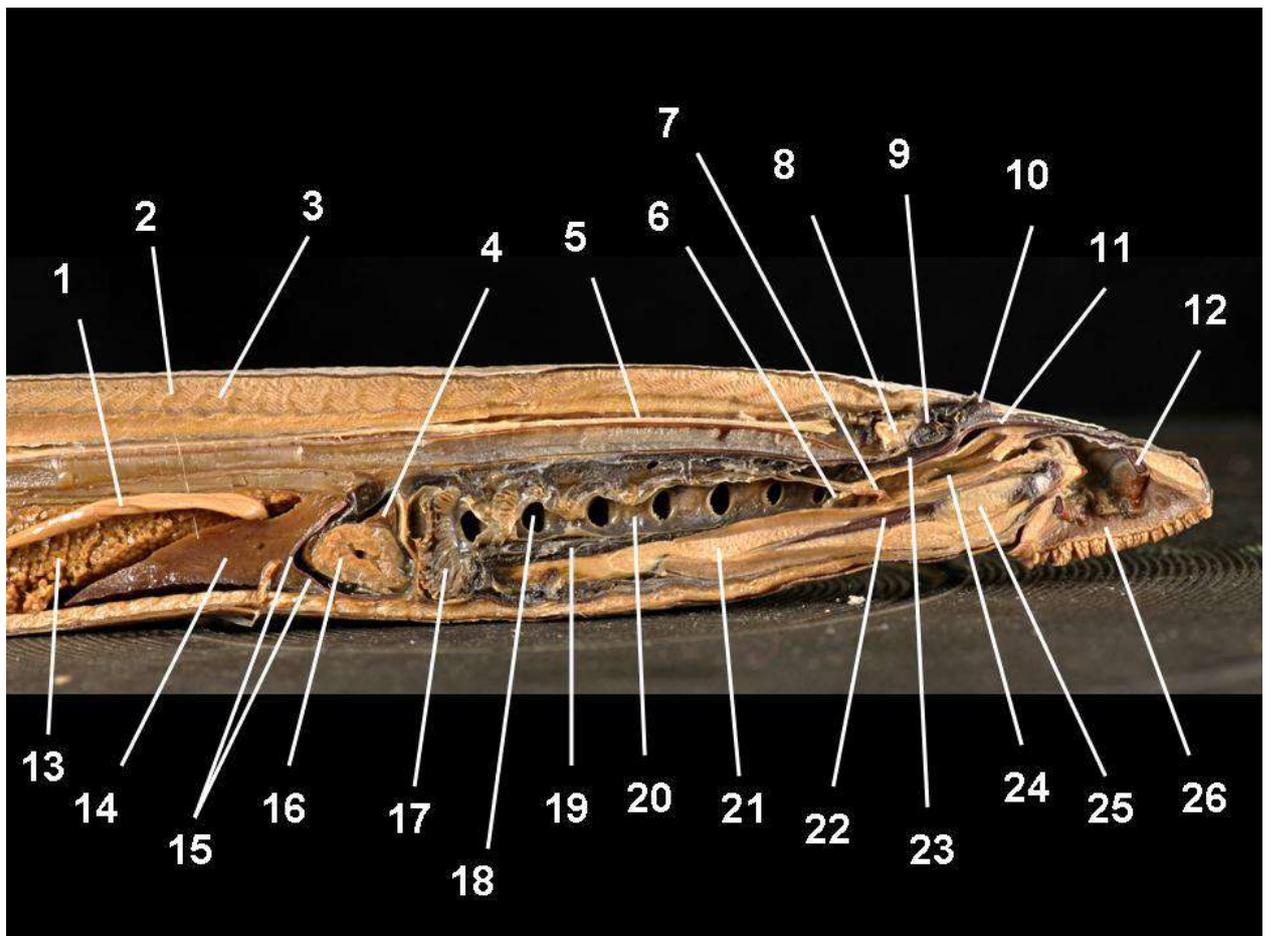
### Определительный ключ

1. Пальцы ног не имеют общей плавательной перепонки. Каждый палец одет своей кожистой (фестончатой) оторочкой. ... Буква шифра А  
+. Пальцы без фестончатых оторочек: либо полностью свободные, либо соединены плавательной перепонкой. ... 2.
2. Ноздри открываются в трубочки, расположенные по бокам или по хребту надклювья. Передние пальцы объединены плавательной перепонкой. ... Буква шифра Б  
+. Ноздри открываются на поверхности клюва или в углублениях. ... 3.
3. Все четыре пальца ног объединены плавательной перепонкой. ... Буква шифра В  
+. Плавательная перепонка либо отсутствует, либо объединяет только три передних пальца. ... 4.
4. По краям надклювья и подклювья расположены тонкие поперечные роговые пластинки или острые роговые зубчики. ... Буква шифра Г  
+. Края надклювья и подклювья гладкие или с одним зубцом. ... 5.
5. Основание клюва покрыто восковицей. ... 6.  
+. Восковицы на основании клюва нет. ... 7.
6. Клюв острый, крючковатый. Когти острые, сильно изогнутые. ... Буква шифра Д  
+. Клюв и когти не изогнутые. Ноздри прикрыты сверху вздутыми мясистыми выростами. ... Буква шифра Е
- 7(5). Первый палец на ноге отсутствует. ... Буква шифра Ж  
+. Первый палец на ноге развит. ... 8.
8. Крупные глаза направлены вперёд. Перья головы образуют «лицевой диск». ... Буква шифра З  
+. Глаза направлены в стороны. «Лицевого диска» из перьев нет. ... 9.
9. Все четыре пальца ног направлены вперёд. ... Буква шифра И  
+. Вперёд направлены три или два пальца ног. ... 10.
10. Два пальца ног направлены вперёд, а два или один – назад (один из последних может отворачиваться вбок). ... Буква шифра К  
+. Три пальца направлены вперёд, один – назад. ... Буква шифра Л

### Зоология позвоночных, Анатомия

(26 ответов – по 0,5 балла за каждый правильный ответ. **Всего 13 баллов**)

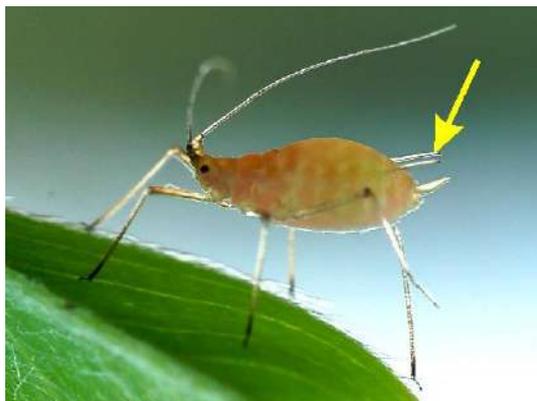
На занятии школьного кружка по зоологии позвоночных Савелий рассматривает продольный срез передней части тела миноги. Помогите Савелию расставить обозначения внутренних органов на представленном срезе. Обратите внимание, что названия элементов строения могут повторяться под разными цифровыми обозначениями.



- 1 кишечник
- 2 миосепта
- 3 миомер
- 4 предсердие
- 5 спинной мозг
- 6 парус
- 7 пальцевидные выросты
- 8 часть головного мозга
- 9 обонятельная капсула
- 10 ноздря
- 11 хрящ мозговой части черепа
- 12 кольцевой хрящ, поддерживающий предротовую воронку
- 13 гонады
- 14 печень
- 15 околосердечный хрящ
- 16 желудочек
- 17 жаберный мешок
- 18 внутреннее отверстие жаберного мешка
- 19 брюшная аорта
- 20 дыхательная трубка
- 21 мышцы языка
- 22 хрящ языка
- 23 назогипофизарный мешок
- 24 ротовая полость
- 25 мышцы языка
- 26 предротовая воронка

## Зоология (тесты)

### Тест №1 (1 балл)



На какую структуру указывает стрелка на фотографии:

- a. Восковые железы
- b. Рудиментарные крылья
- c. Соковые трубочки (конусы)**
- d. Анальное отверстие
- e. Дыхальца

### Тест №2 (1 балл)



На какую структуру указывает стрелка на фотографии:

- a. Щиток**
- b. Переднегрудь
- c. Метатарзус
- d. Заднегрудь
- e. Место прикрепления крыльев

### Тест №3 (1 балл)



На какую структуру указывает стрелка на фотографии:

- a. Антенны
- b. Выросты первого сегмента груди
- c. Дыхальца
- d. Крылья заднегруды
- e. Жужжальца**

### Тест №4 (1 балл)



На какую структуру показывает стрелка на фотографии:

- a. Среднегрудь
- b. Щиток
- c. Слитые переднегрудь и среднегрудь
- d. Укороченные надкрылья**
- e. Первый сегмент брюшка

### Тест №5 (1 балл)

У инфузории-туфельки в клетке два ядра - макронуклеус и микронуклеус. Чтобы во время деления хромосомы микронуклеуса и макронуклеуса не смешивались, деление этих ядер происходит:

- a. только деление микронуклеуса, а макронуклеус совсем не делится
- b. На максимальном расстоянии друг от друга, причем для каждого ядра формируется свое веретено деления
- c. Неодновременно (макронуклеус и микронуклеус делятся в разное время)
- d. Без разрушения ядерной оболочки**

### Тест №6 (1 балл)

Вентиляция легких у рептилий осуществляется благодаря периодическому сокращению и расслаблению:

- a. межреберных мышц
- b. мышц, окружающих ротовую полость
- c. диафрагмы
- d. мышц гортани

### Тест №7 (1 балл)

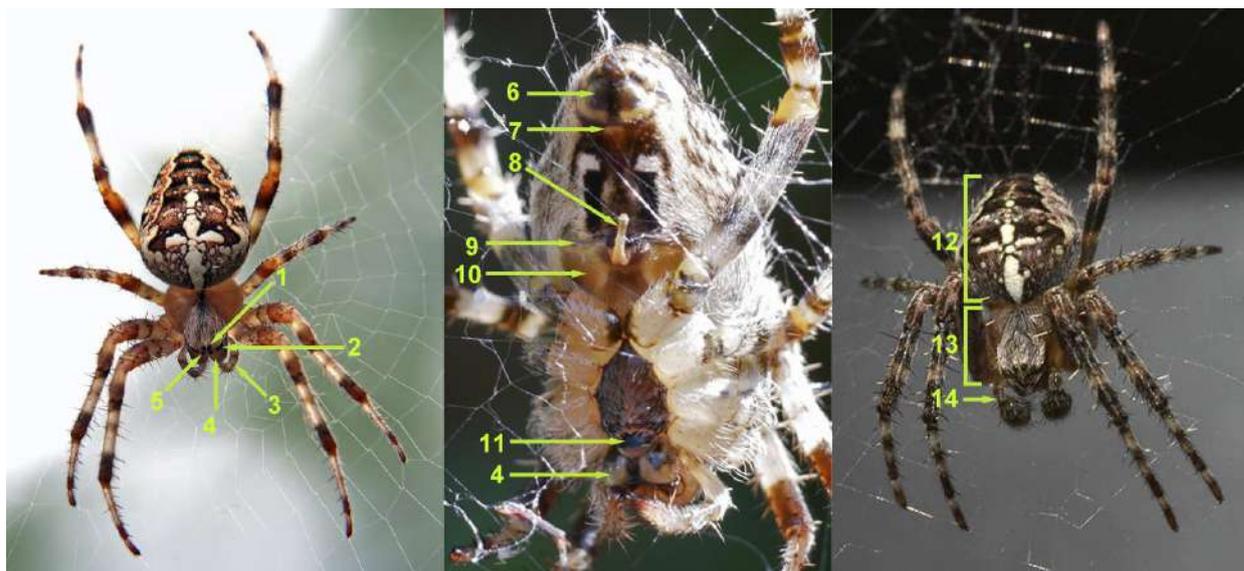
У лягушки, длительно находящейся под водой 1) Повышается доля кислорода, поступающего от кожных капилляров. 2) Выделение мочи снижается.

- a. верны оба утверждения
- b. первое утверждение неправильное, второе – верное
- c. первое утверждение верно, второе – неправильное
- d. оба утверждения неверны

### Зоология беспозвоночных, Анатомия

(14 ответов – по 1 баллу за каждый правильный ответ. Всего 14 баллов)

На фотографиях представлены животные одного и того же вида. Какие органы и части тела обозначены цифрами? Некоторые из предложенных ответов избыточны: либо такие структуры отсутствуют у животного, либо не отмечены на этих фотографиях.

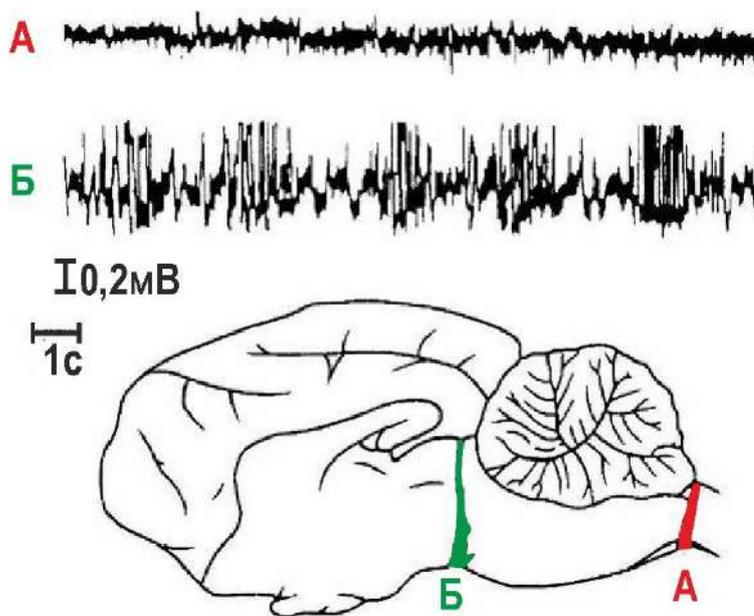


- |   |                           |    |                      |
|---|---------------------------|----|----------------------|
| 1 | задние медиальные глаза   | 8  | копулятивный аппарат |
| 2 | латеральные глаза         | 9  | лёгочное дыхальце    |
| 3 | педипальпа самки          | 10 | лёгкое               |
| 4 | хелицера                  | 11 | нижняя губа          |
| 5 | передние медиальные глаза | 12 | брюшко               |
| 6 | паутинные бородавки       | 13 | головогрудь          |
| 7 | трахейное дыхальце        | 14 | педипальпа самца     |

## Физиология животных (эксперимент)

(4 вопроса по 1 баллу = 4 балла)

Незадолго до начала Второй мировой войны известный бельгийский ученый опубликовал результаты исследования, в котором он попытался выяснить, какое влияние оказывает приток сенсорной информации на активацию коры больших полушарий. Исследователь сделал перерезки на разных уровнях головного мозга кошки. Места перерезок схематически изображены на рисунке. Буквой А обозначен препарат, в котором перерезка выполнена на границе спинного и головного мозга. Буквой Б обозначен препарат, в котором перерезки сделаны на уровне среднего мозга. Исследователь обнаружил, что у полученных препаратов энцефалограмма и диаметр зрачка различаются. Фрагменты энцефалограмм приведены на рисунке, буквы соответствуют уровню перерезки. (Энцефалограмма отражает активность коры головного мозга.)



Выводы из этих наблюдений вызвали дискуссию в научной среде. И только с позиции более поздних открытий они были правильно интерпретированы.

Предлагаем вам выбрать из списка приведенных объяснений:

- а – правильные ответы, строго соответствующие описанному эксперименту;
- б – в принципе правильные ответы, но не относящиеся к данному эксперименту;
- с – совсем неверные высказывания.

**Примеры вопросов:**

**Вопрос №1.** У препарата А кора больших полушарий демонстрирует нормальную смену сна и бодрствования, а у препарата Б кора все время спит.

- а. правильно, следует из результатов описанного эксперимента**
- б. в принципе верно, но не следует из результатов данного эксперимента
- с. принципиально неверно

**Вопрос №2.** Активирующая система мозга состоит из ретикулярной формации и таламуса.

- а. правильно, следует из результатов описанного эксперимента
- б. в принципе верно, но не следует из результатов данного эксперимента**
- с. принципиально неверно

**Вопрос №3.** Активация коры больших полушарий определяется работой центров симпатической нервной системы, которые находятся в спинном мозге.

- а. правильно, следует из результатов описанного эксперимента
- б. в принципе верно, но не следует из результатов данного эксперимента
- с. принципиально неверно**

## Экология задача

(3 численных ответа по 2 балла = 6 баллов)



Одним из доступных методов определения первичной продукции в водных экосистемах является «метод светлых и темных склянок». Он был предложен российским гидробиологом **Георгием Георгиевичем Винбергом**.

Суть метода состоит в следующем. Воду из водоема пропускают через тонкий фильтр, чтобы удалить из нее зоопланктон. При этом более мелкий фитопланктон через этот фильтр проходит. Затем в этой воде определяют исходное содержание кислорода (контроль). После чего воду заливают в одинаковые флаконы из светлого или темного стекла (не пропускающего солнечные лучи), которые опускают в водоем на сутки. Далее во флаконах определяют количество кислорода. Огрубленно можно считать, что в светлых склянках происходят как фотосинтез, так и дыхание, тогда как в темных — только дыхание фитопланктона.

Чтобы перейти от выделения кислорода к продукции в форме органического углерода [С], производят пересчет по уравнению фотосинтеза:



Найдем соотношение масс всех участников этой химической реакции.

Масса  $6\text{CO}_2 = (12+16\times 2)\times 6 = 44\times 6 = 264$  г

Масса глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 12\times 6 + 1\times 12 + 6\times 16 = 180$  г. Из этой массы  $12\times 6 = 72$  г приходится на углерод [С] – искомую величину.

Масса  $6\text{O}_2 = 16\times 2\times 6 = 192$  г

Таким образом, масса зафиксированного органического углерода меньше, чем масса выделившегося кислорода в  $72 : 192 = 0,375$  раза  $\approx 0,4$  раза.

**При решении примите, что на 1 г выделившегося кислорода приходится 0,4 г фиксированного углерода.**

Пусть исходная концентрация  $\text{O}_2 = 12,03$  мг/л, в темной склянке после экспозиции в течение суток  $\text{O}_2 = 11,78$  мг/л, а в светлой  $\text{O}_2 = 16,08$  мг/л.

Рассчитайте дыхание ( $\text{O}_2$ , мг/л), валовую и чистую продукцию органического вещества в пробе по углероду (С, мг/л), используя при переходе от кислорода к углероду коэффициент 0,4. Внесите полученные значения в поле ответов в виде чисел с точностью до второго знака после запятой. Используйте ЗАПЯТУЮ, иначе ответ не будет засчитан!

**Решение: Чистая продукция = валовая продукция - дыхание**

*Валовую продукцию определяют по разности содержания кислорода в светлой и темной склянках в конце экспозиции.*

**Валовая продукция = 16,08** ( $\text{O}_2$ , мг/л в светлом флаконе) – **11,78** ( $\text{O}_2$ , мг/л в темном флаконе) = **4,3** ( $\text{O}_2$ , мг/л)  $\times 0,4 = 1,72$  (С, мг)

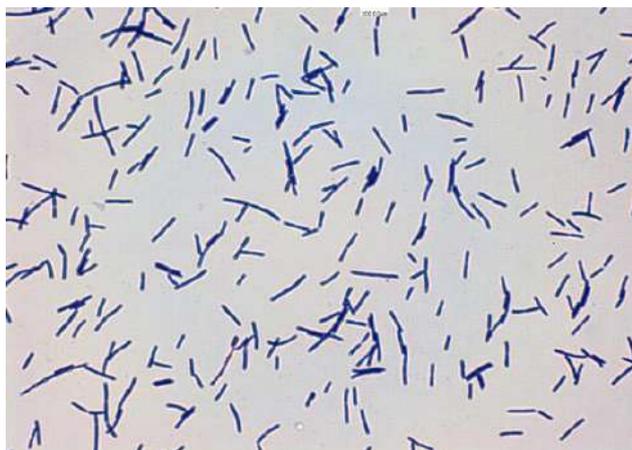
*Величину дыхания (деструкции), определяют по уменьшению содержания растворенного кислорода в темной склянке по сравнению с исходным.*

**Дыхание (деструкция) = 12,03** ( $\text{O}_2$ , мг/л исходное содержание в темном флаконе) – **11,78** ( $\text{O}_2$ , мг/л содержание в темном флаконе после экспозиции) = **0,25** ( $\text{O}_2$ , мг/л)

**Чистая продукция = 4,3** ( $\text{O}_2$ , мг/л) – **0,25** ( $\text{O}_2$ , мг/л) = **4,05** ( $\text{O}_2$  мг/л)  $\times 0,4 = 1,62$  (С, мг)

## Биохимия задача

(3 численных ответа по 2 балла = 6 баллов)



Молочнокислые бактерии, растущие в бескислородных условиях на глюкозе как единственном источнике углерода, получают энергию в виде АТФ в результате гликолиза. В колбу поместили 200 мл среды, содержащей 20,0 грамма на литр глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ), и культуру бактерий. После выращивания в анаэробных условиях до стационарной фазы в колбе накопилось 3,15 г лактата ( $C_3O_3H_6$ ) и в среде осталось 2,0 грамма на литр глюкозы.

Какая часть использованной глюкозы (в процентах) была использована для энергетического обмена?

Какая часть использованной глюкозы (в процентах) была использована для пластического обмена?

Сколько молей АТФ было образовано в процессе роста бактерий?

Внесите полученные значения в поле ответов для % энергетического и пластического обмена с точностью до второго, а для количества АТФ - в молях с точностью до третьего знака после запятой. Используйте ЗАПЯТУЮ, иначе ответ не будет засчитан!

### Решение:

1. В процессе брожения из одной молекулы глюкозы получается две молекулы лактата, а энергетический баланс составляет 2 молекулы АТФ. Соответственно, на 1 моль образовавшегося спирта получится 1 моль АТФ.

2. Рассчитаем количество АТФ, образованной в ходе брожения

Молярная масса лактата:  $12 \times 3 + 1 \times 6 + 16 \times 3 = 90$  г/моль

3. Накопилось  $3,15$  г :  $90$  г/моль =  $0,035$  моль лактата, что соответствует  $0,035$  моль АТФ. **Ответ: Получено 0,035 моль АТФ**

Рассчитаем, сколько глюкозы было потрачено на энергетический метаболизм (с образованием лактата):  $0,035$  моль /  $2 = 0,0175$  моль

Молярная масса глюкозы:  $12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6 = 180$  г/моль

Соответственно,  $0,0175$  моль  $\times$   $180$  г/моль =  $3,15$  г

4. Рассчитаем общее количество израсходованной глюкозы:

$[20$  г/л –  $2$  г/л] $\times$  $0,2$  л =  $3,6$  г

Отсюда доля глюкозы, использованной для энергетического обмена, составит:

$[3,15$  г /  $3,6$  г]  $\times$   $100\% = 87,50\%$

**Ответ: Доля субстрата, использованного для энергетического обмена: 87,50%**

Доля глюкозы, израсходованной на пластический обмен:  $100\% - 87,50\% = 12,50\%$

**Ответ: Доля субстрата, использованного для пластического обмена: 12,50%**

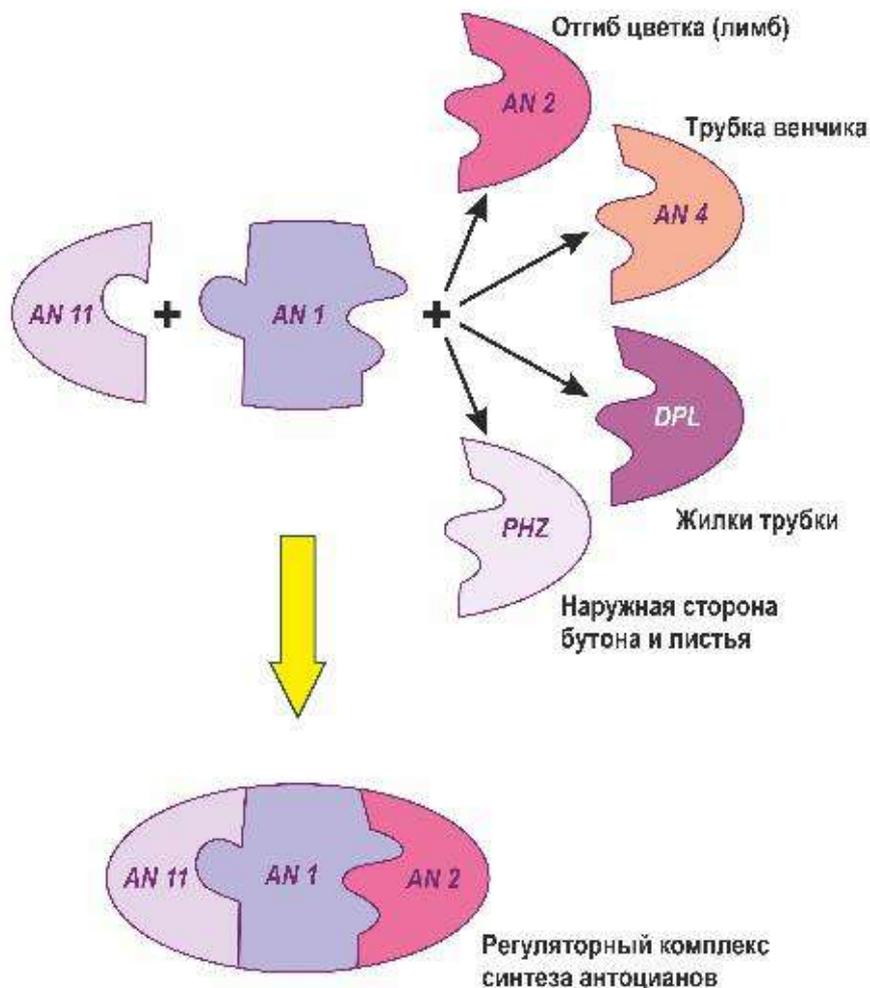
## Генетика задача

(26 баллов)

Окраску цветкам петунии придают водорастворимые пигменты – антоцианы. Биосинтез антоцианов – сложный процесс, который регулируется определенными генами, кодирующими факторы транскрипции. Для «запуска» биосинтеза антоцианов в клетке должен собраться регуляторный транскрипционный комплекс, состоящий из трёх компонентов. Первый компонент – WD40-белок, получивший название ANTHOCYANIN 11 (AN11), служит своеобразной «затравкой» для образования комплекса (сам он не связывается с ДНК). Второй участник – фактор транскрипции типа «спираль-петля-спираль» ANTHOCYANIN 1 (AN1), который узнает участки в промоторах ключевых генов биосинтеза антоцианов. Белки AN11 и AN2 присутствуют во всех клетках растения.

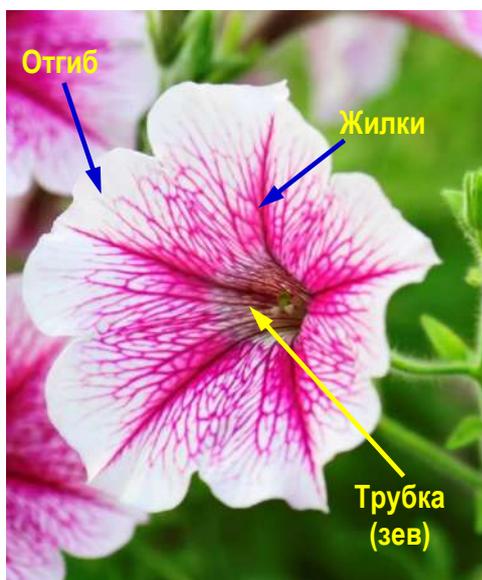
Третий компонент – один из транскрипционных факторов семейства MYB (взаимодействует с ДНК) – появляется только в определенных частях растения. Так, ген ANTHOCYANIN 2 (AN2) активен в отгибе венчика, который также называют «лимбом». Ген ANTHOCYANIN 4 (AN4) управляет биосинтезом антоцианов в трубке венчика и тычинках. Ген DEEP PURPLE (DPL) активен в жилках цветка, особенно – в трубке венчика. Ген PINK HAZE (PHZ) включается на наружной стороне бутона и в листьях.

Факторы транскрипции MYB конкурируют друг с другом за место в составе комплекса. Если хотя бы один из компонентов транскрипционного комплекса отсутствует (например, в нем произошла мутация с нарушением функции), то гены биосинтеза антоцианов не «включаются», и окраска не возникает.



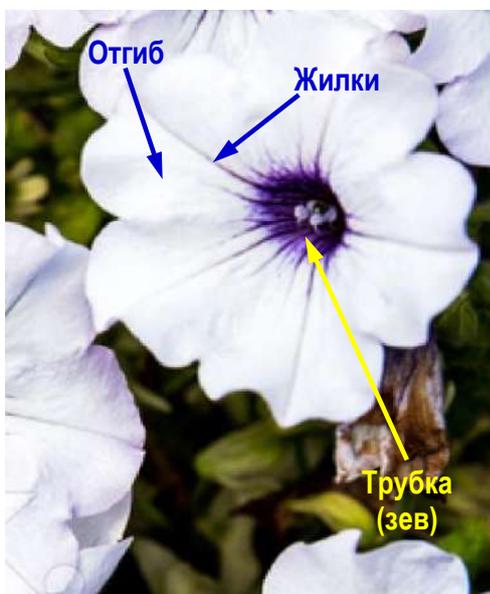
Рассмотрите фотографии трех сортов петунии и предположите, мутации в каких генах могли привести к распределению антоцианов в цветках, показанному на фотографии (выберите для каждого случая только один правильный ответ).

### Решение



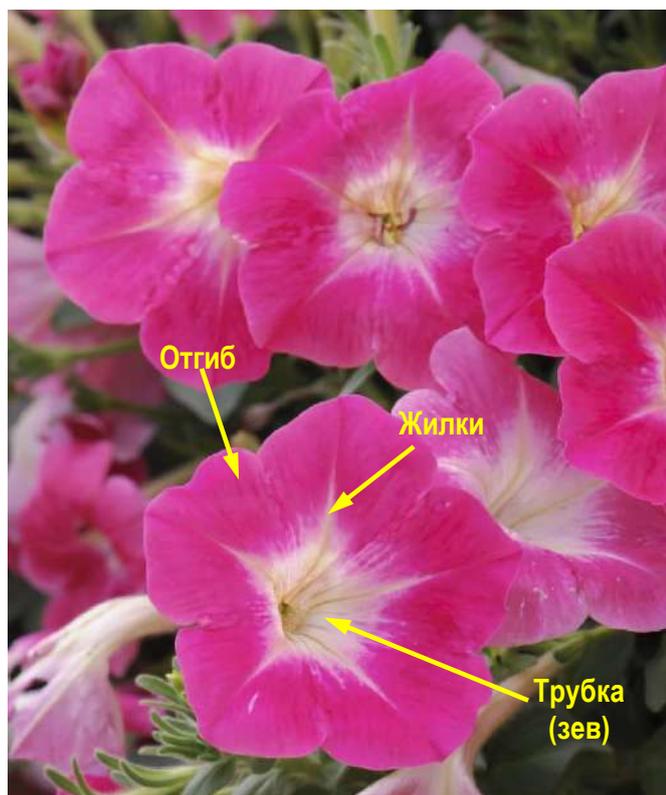
Видно, что окрашенные участки располагаются вдоль жилок, соответственно, ген *DPL* должен работать. Между жилками как в трубке венчика, так и в отгибе расположены неокрашенные участки. Это означает, что мутации произошли одновременно как в гене *an2* (из-за этого совсем не окрашены края отгиба цветка), так и в гене *an4* (из-за этого не окрашены участки между жилками трубки венчика).

**Ответ:** Мутация произошла в генах *an2* и *an4*.



Если сравнить с предыдущим рисунком, то видно, что окрашена только трубка венчика, жилки почти не окрашены, отгиб венчика также белый. Это означает, что работает только ген *AN4*. Мутации должны затронуть *an2* и *dpl*.

**Ответ:** Мутация произошла в генах *an2* и *dpl*.



В этом случае трубка венчика и жилки в ней не окрашены, а отгиб, наоборот, синтезирует антоцианы. Это означает что должен работать ген *AN2*, а гены *an4* и *dpl* не работают.

**Ответ:** Мутация произошла в генах *an4* и *dpl*.

Белая окраска цветков может быть вызвана мутациями либо в ключевом гене биосинтеза антоцианов (халконсинтазе), либо в гене WD-40 белка *AN11*, либо в гене фактора транскрипции *AN1*, либо множественными мутациями в генах *MYB*. Предположим, что у розы биосинтез антоцианов и его регуляция происходят так же, как у петунии. Внимательно рассмотрите фотографию белой розы сорта 'Irene of Denmark'. Какими мутациями обусловлена белая окраска в данном случае?



**Решение.** На фотографии ясно видно, что на белом фоне лепестков иногда возникают небольшие красные пятна. Они показаны стрелками. Это означает, что растение в принципе может синтезировать антоцианы. (У белой розы сорта 'Irene of Denmark')

Denmark' они появляются в дождливую погоду в тех местах, где на лепестки попадают споры бактерий и грибов. Активация метаболизма фенольных веществ – в том числе антоцианов – это защитная реакция на попытку инфицировать лист.)

Халконсинтаза – ключевой фермент биосинтеза антоцианов. Если бы мутация произошла в гене халконсинтазы, растение вообще не могло бы синтезировать антоцианы.

Если бы мутация произошла в гене WD-40 белка *AN11*, который незаменим при сборке регуляторного комплекса, то нарушился бы синтез антоцианов во всём растении, и ни при каких обстоятельствах антоцианы не могли бы синтезироваться.

Второй участник – фактор транскрипции «спираль-поворот-спираль» *AN1* – согласно условию задачи, также незаменим. Мутация в этом гене привела бы к тому же эффекту – полному отсутствию антоцианов в растении.

Таким образом, белый цвет в данном случае обусловлен множественными мутациями в MYB-генах *dpl*, *an2* и *an4*. Тогда будет возможность задействовать другие транскрипционные факторы из семейства MYB для сборки регуляторного комплекса (например, *RHZ*). В тех местах, где он активен, будут возникать красные пятна.

**Ответ: Мутации произошли в MYB-генах *dpl*, *an2* и *an4*.**

Мутации в генах *an11* и *an1* приводят к комплексным изменениям метаболизма фенольных соединений. Они затрагивают не только биосинтез антоцианов, но и, к примеру, синтез кверцетина, от которого зависит фертильность пыльцы. Если кверцетин не синтезируется, то пыльца не прорастает на своем рыльце, а при перекрестном опылении с нормальными растениями прорастает не более 3% пыльцевых зёрен.

При мутациях в генах *an11* и *an1* нарушается биосинтез проантоцианидинов, которые откладываются в семенной кожуре и при окислении дают коричневую окраску. При мутациях семенная кожура становится светлой (прозрачной).



Линию петунии с белыми цветками и светлыми семенами опыляют пыльцой линии с белыми цветками и коричневыми семенами. При этом все потомки первого поколения имеют фенотип, показанный на фотографии.



Какого цвета были семена, собранные после гибридизации? Свое мнение обоснуйте.

#### **Решение**

В условии сказано, что материнский родитель – это линия с белыми цветками и светлыми семенами. По-видимому, у этой линии нарушен биосинтез многих фенольных соединений (антоцианов, проантоцианидинов, кверцетина и др.). Семенная кожура возникает из интегументов, составленных диплоидными клетками материнского растения. Цвет семенной кожуры зависит только от генотипа материнского растения. Таким образом, все семена, собранные после гибридизации, должны оказаться с неокрашенной семенной кожурой.

**Ответ: Все семена, собранные после гибридизации, будут светлыми.**

Каким был генотип материнского родителя?

Предложите генотип отцовского родителя.

Дайте объяснение, на основании чего вы выбрали такие генотипы родителей.

#### **Решение**

В условии сказано, что мы имеем дело с линиями растений, из чего можно сделать вывод, что и материнское, и отцовское растение гомозиготны.

Поскольку и цветки, и семенная кожура лишены окраски, изменения должны произойти в каком-то из незаменимых компонентов регуляторного комплекса. Это либо ген WD-40 белка (*ANII*), либо ген фактора транскрипции «спираль-поворот-спираль» (*ANI*).

Среди предложенных вариантов генотипов не было ни одного с мутацией по гену *ANI*. Таким образом, в генотипе материнского растения обязательно должна быть мутация по *an11*: *an11 an11 ANI ANI*.

Отцовская линия должна обязательно нести доминантный аллель *ANII*, иначе синтез проантоцианидинов, дающих впоследствии окраску семенной кожуры, не мог бы происходить. Кроме того, у потомков первого поколения синтез антоцианов в лепестках в принципе восстанавливается. В генотипе отцовского растения оба аллеля доминантные: *ANII ANII ANI ANI*.

Возникает вопрос: каким должен быть генотип по MYB-генам? Выше мы уже разбирали, какие мутации обуславливают окрашивание жилок, но не трубки и отгиба венчика. В таких цветках, как показано на фотографии, должен работать ген *DPL*. Однако «рабочего» аллеля нет у отцовского родителя (иначе его цветки не были бы белыми). Для отцовского родителя мы можем выбрать только вариант *an2 an2 an4 an4 dpl dpl*.

От материнского родителя потомкам должен достаться доминантный аллель *DPL*, но не аллели *AN2* и/или *ANI* (иначе были бы окрашены еще какие-то части цветка). Таким образом, у материнского родителя должен быть генотип *an2 an2 an4 an4 DPL DPL*.

**Ответ:**

**Генотип материнского растения:** *an11an11 AN1AN1 an2an2 an4an4 DPLDPL*

**Генотип отцовского растения:** *AN11 AN11 AN1 AN1 an2 an2 an4 an4 dpl dpl*

От гибридных растений первого поколения путём самоопыления получили семена. Каким будет распределение по окраске среди собранных семян? Почему?

**Решение**

Гибриды первого поколения будут гетерозиготными по генам *AN11* и *DPL* и гомозиготными по остальным генам: *AN11 an11 AN1 AN1 an2 an2 an4 an4 DPL dpl*.

Как мы обсуждали выше, цвет семенной кожуры (семян в целом) определяется генотипом материнского растения. В данном случае синтез проантоцианидинов в принципе возможен (есть аллель *AN11*), а это означает, что все семена будут коричневыми.

**Ответ:** Все семена, собранные с гибридов первого поколения, будут коричневыми.

Каким будет расщепление по окраске цветка среди второго поколения растений, если считать, что все вышеперечисленные гены наследуются независимо? Приведите решение задачи.

Для описания фенотипов используйте следующие обозначения (см. фото):

<p><b>Фенотип №1 (белые)</b></p> 	<p><b>Фенотип №3 (окрашенные жилки)</b></p> 	<p><b>Фенотип №5 (окрашенная трубка)</b></p> 
<p><b>Фенотип №2 (равномерно окрашенные)</b></p> 	<p><b>Фенотип №4 (окрашенные жилки и трубка)</b></p> 	<p><b>Фенотип №6 (окрашенный отгиб)</b></p> 

### Решение

Фактически расщепление будет идти только по локусам *AN11* и *DPL* на фоне «работающего» *AN1* и мутантных *an2* и *an4*. Отметим, что для окраски отгиба (как в фенотипах №2 и №6) необходим доминантный аллель *AN2*. Для синтеза антоцианов в трубке (как в фенотипах №2, №4 и №5) необходим доминантный аллель *AN4*. Ни того, ни другого в генотипе гибридов первого поколения нет, и, соответственно, эти варианты окраски не могут встречаться у потомков второго поколения.

Таким образом, среди потомков второго поколения могут быть только особи с фенотипами №1 (белые) или №3 (окрашенные жилки). Причём, чтобы цветки были белыми, достаточно, чтобы растения были гомозиготными либо по *an11*, либо по *dpl*. Фенотип №3 возникает, если в генотипе есть хотя бы один доминантный аллель как гена *AN11*, так и гена *DPL*. Оформим решение в виде решетки Пеннета.

	<i>AN11 DPL</i>	<i>AN11 dpl</i>	<i>an11 DPL</i>	<i>an11 dpl</i>
<i>AN11 DPL</i>	<i>AN11 AN11 DPL DPL</i>  Фенотип №3	<i>AN11 AN11 DPL dpl</i>  Фенотип №3	<i>AN11 an11 DPL DPL</i>  Фенотип №3	<i>AN11 an11 DPL dpl</i>  Фенотип №3
<i>AN11 dpl</i>	<i>AN11 AN11 DPL dpl</i>  Фенотип №3	<i>AN11 AN11 dpl dpl</i>  Фенотип №1	<i>AN11 an11 DPL dpl</i>  Фенотип №3	<i>AN11 an11 dpl dpl</i>  Фенотип №1
<i>an11 DPL</i>	<i>AN11 an11 DPL DPL</i>  Фенотип №3	<i>AN11 an11 DPL dpl</i>  Фенотип №3	<i>an11 an11 DPL DPL</i>  Фенотип №1	<i>an11 an11 DPL dpl</i>  Фенотип №1
<i>an11 dpl</i>	<i>AN11 an11 DPL dpl</i>  Фенотип №3	<i>AN11 an11 dpl dpl</i>  Фенотип №1	<i>an11 an11 DPL dpl</i>  Фенотип №1	<i>an11 an11 dpl dpl</i>  Фенотип №1

Ответ:

$\frac{9}{16}$  фенотип №3 (окрашенные жилки)

$\frac{7}{16}$  фенотип №1 (белые)

**Итого за всё задание – 100 баллов**

**Желаем вам дальнейших успехов!**