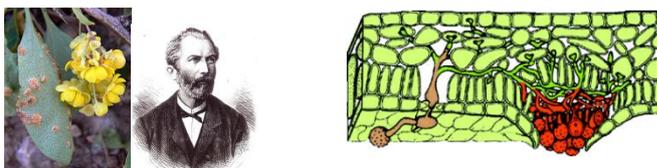


**ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ, ЧТО ВОПРОСЫ ЗАДАНИЙ С 1 ПО 26 ДЛЯ КАЖДОГО УЧАСТНИКА КОМПОНОВАЛИСЬ ИНДИВИДУАЛЬНО АВТОМАТИЧЕСКИ.**

**МЫ ПРИВОДИМ ОДИН ИЗ ТАКИХ ВАРИАНТОВ. ОН МОЖЕТ ОТЛИЧАТЬСЯ ОТ ВАШЕГО ЗАДАНИЯ ПО ЭТИМ ВОПРОСАМ.**

**Задания 1-20 по 1баллу за каждый правильный ответ**

1.



Немецкий учёный Антон де Бари изучал грибные заболевания растений. Он собрал споры ржавчинного гриба с нижней стороны листа барбариса, и нанес их на здоровые листья барбариса, но заражения при этом не произошло. Тогда он поместил те же самые споры с барбариса на листья пшеницы. Пшеница при этом заразилась и дала новые споры ржавчинного гриба. Де Бари наблюдал при этом примерно такую микроскопическую картину: Однако споры, образовавшиеся на листе пшеницы, также не были способны заражать барбарис. Ими удалось заразить только следующее растение пшеницы.

Исходя из результатов проведенных экспериментов, оцените следующее утверждение:

Заражение злаков произошло случайно. Большая часть жизненного цикла ржавчинного гриба проходит на барбарисе.

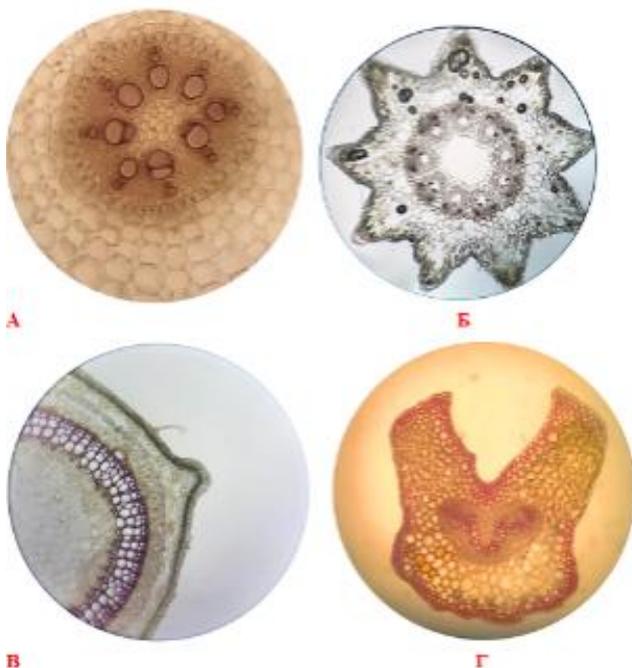
Верно, следует из описанных в задании результатов экспериментов

В принципе верно, но не следует из описанных в задании результатов экспериментов

**Принципиально неверное утверждение**

2. На фото изображены анатомические препараты поперечных срезов различных органов высших растений. Определите, какой орган изображен на фото под буквой А

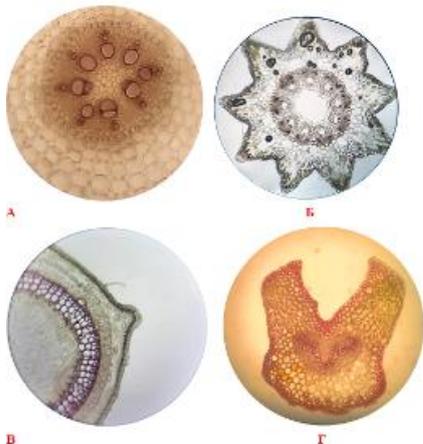
Фото препаратов поперечных срезов:



1. Корень
2. Стебель
3. Листовая пластинка
4. Черешок/рахис листа

3. На фото изображены анатомические препараты поперечных срезов различных органов высших растений. К какой таксономической группе относится растение, которому принадлежит данный орган, обозначенный на снимке буквой А.

Фото препаратов поперечных срезов:



1. Плаунообразные
2. Папоротникообразные (включая Хвощи)
3. Голосеменные
4. Цветковые однодольные
5. Цветковые двудольные

4. На фото изображены анатомические препараты поперечных срезов различных органов высших растений. К какой таксономической группе относится растение, которому принадлежит данный орган, обозначенный на снимке буквой Б.

1. Плаунообразные
2. Папоротникообразные (включая Хвощи)
3. Голосеменные
4. Цветковые однодольные.

Цветковые двудольные

5. Определите, к какой экологической группе можно отнести данное растение.



1. Гидрофиты
2. Склерофиты
3. Суккуленты
4. Псаммофиты
5. Эпифиты
6. Микотрофы

6. Назовите положение завязи в цветке для данного растения



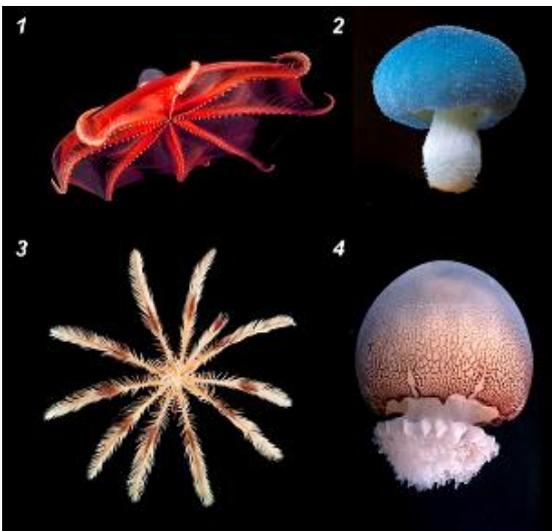
1. Завязь верхняя
2. Завязь нижняя.
3. Завязь полунижняя

7. Найдите представителя типа Моллюски:



- 1. 1;
- 2. 2;
- 3. 3;
- 4. 4

8. У какого из этих организмов нет полостного пищеварения?



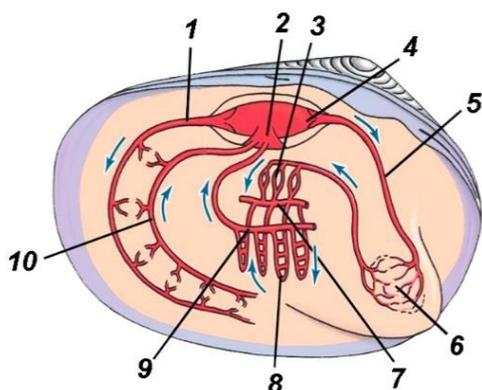
- 1. 1;
- 2. 2;
- 3. 3;
- 4. 4.

9. На фотографии изображены организмы двух различных видов (1 и 2). Общими для них свойствами являются (выберите все верные ответы):



- 1. одинаковый тип симметрии
- 2. ресничный способ передвижения;
- 3. дыхание кислородом, растворённым в воде
- 4. способность сбрасывать внешний слой покровов (линять)
- 5. К- стратегия размножения

10. Рассмотрите схему организации кровеносной системы животного. Сосуды жабр обозначены цифрой или цифрами:



- 1. 1 и 10
- 2. 3
- 3. 5 и 6
- 4. 8 и 9

11. Какой из перечисленных видов амфибий отечественной фауны летом проводит дневное время в грунте, выкапывая самостоятельно небольшие подземные ходы, а ночью охотится на поверхности земли?

- 1. Кавказская крестовка
- 2. Гребенчатый тритон
- 3. Остромордая лягушка
- 4. Обыкновенная чесночница

12. Результатом какой формы обучения является возвращение перелётных птиц на гнездование в место своего рождения?

- 1 латентное обучение
- 2 инструментальное обучение
- 3 привыкание
- 4 импринтинг

13. Какая из тканей отличается по происхождению от остальных?

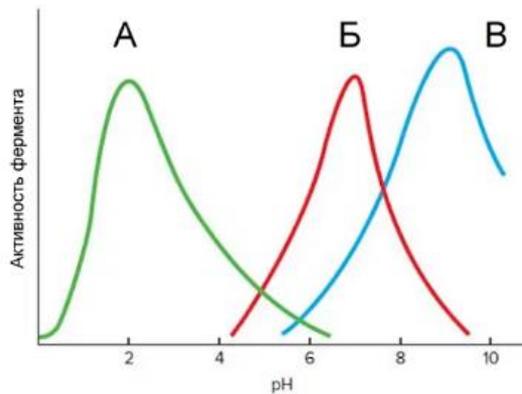
- 1.дентин
- 2.бурая жировая ткань
- 3.гиалиновая хрящевая ткань
- 4.глия

14. Антагонистом мышцы, обозначенной на рисунке зеленым цветом, является:



- 1.полусухожильная мышца
- 2.камбаловидная мышца
- 3.трапецевидная мышца
- 4.передняя большеберцовая мышца

15. На рисунке представлен график зависимости активности разных ферментов в зависимости от pH среды. Определите, какой из этих ферментов расщепляет пептиды в двенадцатиперстной кишке?



- А  
Б  
В  
ни один из этих ферментов

16. Найдите лишнее вещество:

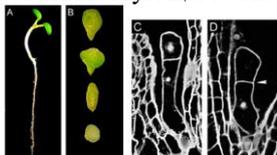
амилаза  
пепсин  
муцин  
лизозим

17. Какой стимул надо предъявлять первым в каждой пробе, если исследователь хочет выработать у собаки классический условный рефлекс?



- 1.ключевой стимул  
2.условный стимул  
3.безразличный (индифферентный) стимул  
4.безусловный стимул

18. Растительный гормон ауксин выполняет много важных функций. Так, к ним относятся регуляция роста клетки растяжением, контроль клеточных делений, разметка органов в зародыше и в меристемах. Ауксин транспортируется из клеток только при помощи специальных переносчиков, важнейшие среди них - белки PIN, которые могут при необходимости перераспределяться с одной стороны мембраны на другую, создавая направленный поток гормона из клетки в определенном направлении. Рецессивная мутация *gnom* нарушает эмбриогенез растения на ранних стадиях развития, корень и побег не развиваются, при этом уровень ауксина в клетках не снижен относительно дикого типа (см. рис.). Замечено, что у мутантов белки PIN полностью сохраняют свою функцию, но распределены по всей плазмалемме равномерно. Какова предположительная функция соответствующего гена?



Растение *Arabidopsis thaliana* L. (Heyhn.) дикого типа (A, C) и мутант *gnom* (B, D). A, B — общий вид проростков, C, D — первое деление зиготы

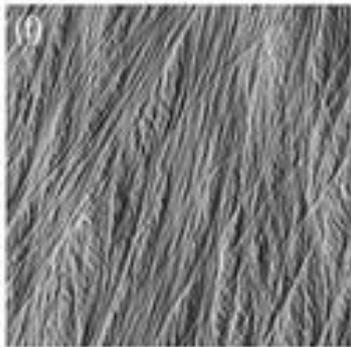
*GNOM* необходим для синтеза ауксина

Ген *GNOM* кодирует компонент центросомы

Этот ген необходим для процессов направленного эндо- и экзоцитоза

Этот ген кодирует один из ферментов синтеза суберина

19. Целлюлоза, полимер глюкозы, является необходимым компонентом клеточных стенок растительных клеток. Линейные цепи этого полимера соединяются в прочные нити, микрофибриллы, и служат каркасом клеточной стенки. Микрофибриллы обычно откладываются в определенном направлении (см. рисунок). Каким образом растительная клетка синтезирует целлюлозу?



*Целлюлозные микрофибриллы в первичной клеточной стенке.*

1. Целлюлоза синтезируется в аппарате Гольджи и доставляется от него в клеточную стенку мембранными везикулами
2. Целлюлоза синтезируется в ядре клетки и доставляется в клеточную стенку с помощью специальных моторных белков, «шагающих» по микротрубочкам
3. Целлюлоза синтезируется в хлоропластах, так как там происходит фотосинтез и синтезируется необходимая для синтеза этого полимера глюкоза. Из хлоропластов целлюлоза доставляется в клеточную стенку с помощью специальных моторных белков, «шагающих» по микротрубочкам
4. Целлюлоза синтезируется внеклеточно, специальным трансмембранным ферментом, который берет строительный материал для своей работы из цитозоля, а молекулы полимера синтезирует в клеточную стенку

20. Белки тубулины, из которых строятся нити веретена деления синтезируются в:

Метафазу

Синтетический период интерфазы

Пресинтетический период интерфазы

Постсинтетический период интерфазы

Анафазу

Телофазу

### **Задание 21- 23 по 3 балла за каждый правильный ответ**

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. Плод сочный ... 2.

+ Плод сухой ... 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 плод сочный (верна теза), то нужно по ссылке переходить к ступени 2. Если плод сухой (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 (гипантий, плюска, ценокарпный и др.). Чтобы правильно выполнить задание, вы должны самостоятельно выяснить значение этих терминов из любых доступных вам источников информации.

Ключ для определения растений по морфологическим признакам плода:

1. Плод сочный (как минимум некоторые части плода сочные).....	2
+ Плод сухой.....	11
2. Сочные структуры образованы различными частями цветка или соцветия.....	3
+ Сочным является только околоплодник (стенка завязи) или его часть.....	6
3. Сочная часть плода образована гипантием и стенкой завязи.....	<b>шифр А</b>
+ Гипантий отсутствует.....	4
4. Семена имеют сочную оболочку.....	<b>шифр Б</b>
+ Семена сухие.....	5
5. Плоды собраны в соплодие, стенка завязи отдельного плода сочная, также сочной является ось соцветия.....	<b>шифр В</b>
+ Плоды не собраны в соплодие, стенка завязи сухая, сочным является разросшееся цветоложе.....	<b>шифр Г</b>
6. Эндокарпий (внутренний слой околоплодника) одревесневает.....	7
+ Эндокарпий сочный.....	8
7. Плод односемянный, простой.....	<b>шифр Д</b>
+ Плод многосемянный, сборный.....	<b>шифр Е</b>
8. Плод паракарпный.....	<b>шифр Ж</b>
+ Плод синкарпный.....	9
9. Сочную часть плода формирует только эндокарпий.....	<b>шифр З</b>
+ Сочными являются эндокарпий и мезокарпий.....	10
10. Плод образован нижней завязью.....	<b>шифр И</b>
+ Плод образован верхней завязью.....	<b>шифр К</b>
11. Плод односемянный.....	12
+ Плод многосемянный.....	15
12. При плоде имеется плюска.....	13
+ Плюска отсутствует.....	14
13. Плюска состоит из сросшихся листьев, тонкая, при зрелом плоде хрупкая.....	<b>шифр Л</b>
+ Плюска состоит из сросшихся укороченных побегов, одревесневшая, при зрелом плоде жесткая.....	<b>шифр М</b>
14. Верхушка плода вытянута в длинный тонкий носик с хохолком, околоплодник тонкий, кожистый.....	<b>шифр Н</b>
+ Плод без носика, околоплодник дифференцирован на три слоя, имеется мощный волокнистый мезокарпий и одревесневший эндокарпий.....	<b>шифр О</b>
15. Семена распространяются ветром.....	16
+ Семена распространяются иначе.....	17

16. Плод при созревании разламывается на части, у каждой из которых есть несимметричное крыло..... **шифр П**
- + Плод при созревании не разделяется на части, крыло более-менее симметричное..... **шифр Р**
17. Плод апокарпный или мономерный, плоды (плодики) вскрываются по брюшному шву плодолистика.....18
- + Плод состоит из двух или более плодолистиков, сросшихся друг с другом.....20
18. Число плодолистиков в плоде не превышает пяти..... **шифр С**
- + Плод состоит из пяти или большего числа плодолистиков.....19
19. Плодики расположены в один круг (циклический гинецей)..... **шифр Т**
- + Плодики распложены по спирали (спиральный гинецей)..... **шифр У**
20. Плод вскрывается двумя створками, семена крепятся к ложной перегородке между створками.....21
- + Плод вскрывается иначе.....22
21. Длина плода не превышает ширину более чем в 3 раза..... **шифр Ф**
- + Длина плода превышает ширину более чем в 3 раза..... **шифр Х**
22. Плод – синкарпная коробочка.....23
- + Плод – паракарпная коробочка.....24
23. Коробочка вскрывается створками..... **шифр Ц**
- + Коробочка вскрывается крышечкой..... **шифр Ч**
24. Коробочка вскрывается створками..... **шифр Ш**
- + Коробочка вскрывается порами..... **шифр Щ**



**Г – Земляника мускусная**



**Ж – Крыжовник обыкновенный**



**И – Банан заостренный**

**Задание 24- 26 по 3 балла за каждый правильный ответ**

Задание по зоологии построено на том, чтобы в определительном ключе правильным образом расставить фотографии представителей класса Птиц. При создании фотографий использованы тушки птиц из музейной коллекции. На фотографиях изображены такие части тела птицы, как клюв и задние конечности. Эти части тела отражают особенности экологии птиц, и по ним можно определить отряд представленного объекта. В большинстве случаев для правильного расположения объекта в определительном ключе не требуется знать вид животного. В то же время элементы окраски головы, хвоста и тела птицы в ряде случаев достаточно точно позволяют определить и вид птицы. Стоит отметить, что использованные в задании виды птиц обитают на территории России, а большинство являются типичными для европейской части нашей страны.

Экзотические тропические виды в задании не представлены. В качестве важных признаков, на которые стоит обратить внимание при выполнении задания, можно отметить следующие. Для клюва - его пропорции (удлинённый, расширенный в основании и т.п.), наличие загнутого конца, зубцов, поперечных пластин, трубкообразных структур на надклювье, присутствие ямок для механорецепторов. Многие из этих признаков связаны с определённым типом кормодобывания птиц. Для задних конечностей – охват пальцев плавательной перепонкой (все пальцы охвачены общей перепонкой, либо каждый палец по отдельности и т.п.), оперённость ног, форма когтей, общее количество пальцев на конечностях, взаимное расположение пальцев. Эти признаки отражают, как среду обитания птиц, так и способы их кормодобывания. После определения отряда, а в некоторых случаях и вида птицы, может потребоваться знание некоторых особенностей поведения этой группы птиц или характера её пения. Для представления о размере птицы на фотографиях имеется мерная линейка. Для успешного выполнения задания стоит также поинтересоваться, что такое кинетизм черепа.

Перед Вами фотография птицы, выбранная из базы данных случайным образом (см. после текста ключа. Если вы опознали птицу, вы можете также использовать дополнительные справочные данные о ней.

Пользуясь определительным ключом, найдите для каждой птицы соответствующую ей букву шифра. В однобуквенном свободном поле запишите найденные шифры под каждой фотографией.

**ВНИМАНИЕ! ЗАПОЛНЯЙТЕ ТОЛЬКО ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ В РУССКОЙ РАСКЛАДКЕ КЛАВИАТУРЫ!** Проверка будет проходить автоматически, и неправильно заполненное поле не будет засчитано.

### **Определительный ключ**

1. Для черепа характерен ринхокинетизм. Клюв усажен большим количеством механорецепторов ... **Буква шифра А.**
- + Череп не обладает такой подвижностью ... 2.
2. Ротовой аппарат приспособлен для сбора воздушного планктона ... 3.
- + Ротовой аппарат приспособлен для питания более крупной или более грубой пищей ... 4.
3. Ведут дневной образ жизни. Пальцы задних конечностей приспособлены для удержания на вертикальных поверхностях ... **Буква шифра Б.**
- + Ведут ночной образ жизни. Очень крупные глаза. Гнездо устраивают на земле ... **Буква шифра В.**
- 4(2). Водоплавающие птицы ... 5.
- + Птицы наземных биотопов ... 10.
5. Задние конечности приспособлены преимущественно для плавания. В некоторых странах этих птиц используют для охоты на рыбу ... **Буква шифра Г.**
- + Задние конечности приспособлены как для плавания, так и для хождения по твёрдому субстрату ... 6.
6. Ноги птиц относительно длинные и приспособлены для передвижения по топкому грунту. На каждом пальце задних конечностей имеется своя фестончатая оторочка ... **Буква шифра Д.**
- + Три из четырёх пальцев задних конечностей одеты в общую плавательную перепонку ... 7.
7. Эти птицы обладают неплохим обонянием и способны по запаху крупных скоплений планктона предвидеть появление рыбы в районе охоты ... **Буква шифра Е.**
- + Обоняние не играет в жизни этих птиц такого большого значения ... 8.
8. На клюве имеются различные выросты в виде роговых зубчиков или поперечных пластин для удержания пищи ... 9.
- + Роговых зубчиков и пластин на клюве птиц нет. Питаются преимущественно рыбой, выхватывая её из воды с лёту ... **Буква шифра Ж.**
9. Птицы питаются рыбой или крупными беспозвоночными ... **Буква шифра З.**
- + Птицы питаются как животными, так и растительными кормами значительно меньшего размера, которые могут отфильтровывать из воды ... **Буква шифра И.**
- 10(4). Хищники, питающиеся позвоночными ... 11.
- + Преимущественно насекомоядные или растительноядные птицы ... 15.
11. Имеется подобие наружного уха из перьев ввиду ночного образа жизни ... **Буква шифра К.**
- + Подобие наружного уха из перьев отсутствует ... 12.
12. Охотятся на открытых пространствах ... 13.
- + Охотятся в лесу ... **Буква шифра Л.**
13. Охотятся преимущественно на птиц в полёте ... **Буква шифра М.**
- + Охотятся преимущественно на наземных позвоночных ... 14.
14. Высматривая добычу, используют парящий полёт ... **Буква шифра Н.**
- + Высматривая добычу, часто используют зависающий полёт ... **Буква шифра О.**
- 15(10). Кроме крупных насекомых, могут охотиться и на мелких позвоночных ... **Буква шифра П.**
- + Иной тип питания. Специально на позвоночных не охотятся ... 16.
16. Преимущественно насекомоядные птицы ... 17.
- + Преимущественно растительноядные птицы ... 20.
17. На задних конечностях два пальца развёрнуты вперёд, и два - назад ... 18.
- + На задних конечностях три пальца развёрнуты вперёд, и один - назад ... 19.
18. Жёсткие перья хвоста помогают при передвижении по вертикальным стволам деревьев ... **Буква шифра Р.**
- + Перья хвоста относительно мягкие. Развит гнездовой паразитизм ... **Буква шифра С.**
- 19(17). В летний период питается преимущественно насекомыми. Имеет сильные ноги, на которых может подвешиваться вниз головой к тонким концевым ветвям деревьев, собирая таким образом насекомых ... **Буква шифра Т.**
- + В летний период питается не только насекомыми, но и ягодами. Насекомых собирает преимущественно на земле ... **Буква шифра У.**
- 20(16). Преимущественно зерноядная птица, размером с воробья. Песню сравнивают иногда с фразой: «Мужик, мужик, вези сено, не тряси» ... **Буква шифра Ф.**

+ Растительоядные птицы, размером с голубя или крупнее ... 21.

21. Цевка оперена до пальцев. Имеются все 4 пальца задних конечностей. Размер – крупнее голубя ... **Буква шифра Х.**

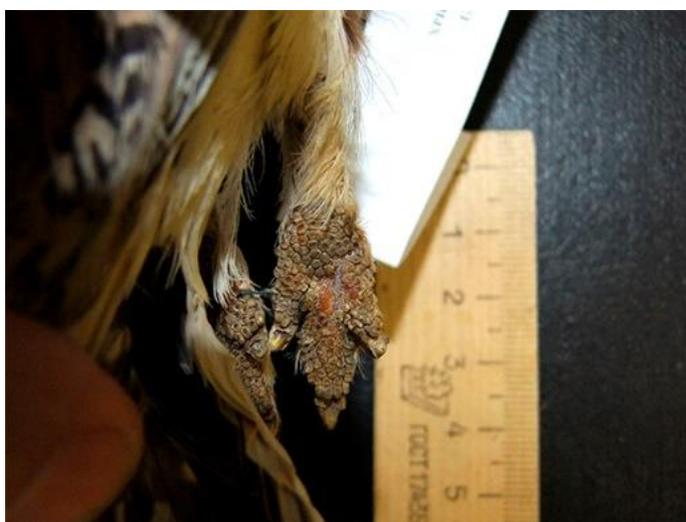
+ Цевка оперена, но первый палец полностью редуцирован, а третий и четвёртый срастаются в основании. Ранее этих птиц относили к голубеобразным ... **Буква шифра Ц.**



ответ: **буква шифра А**



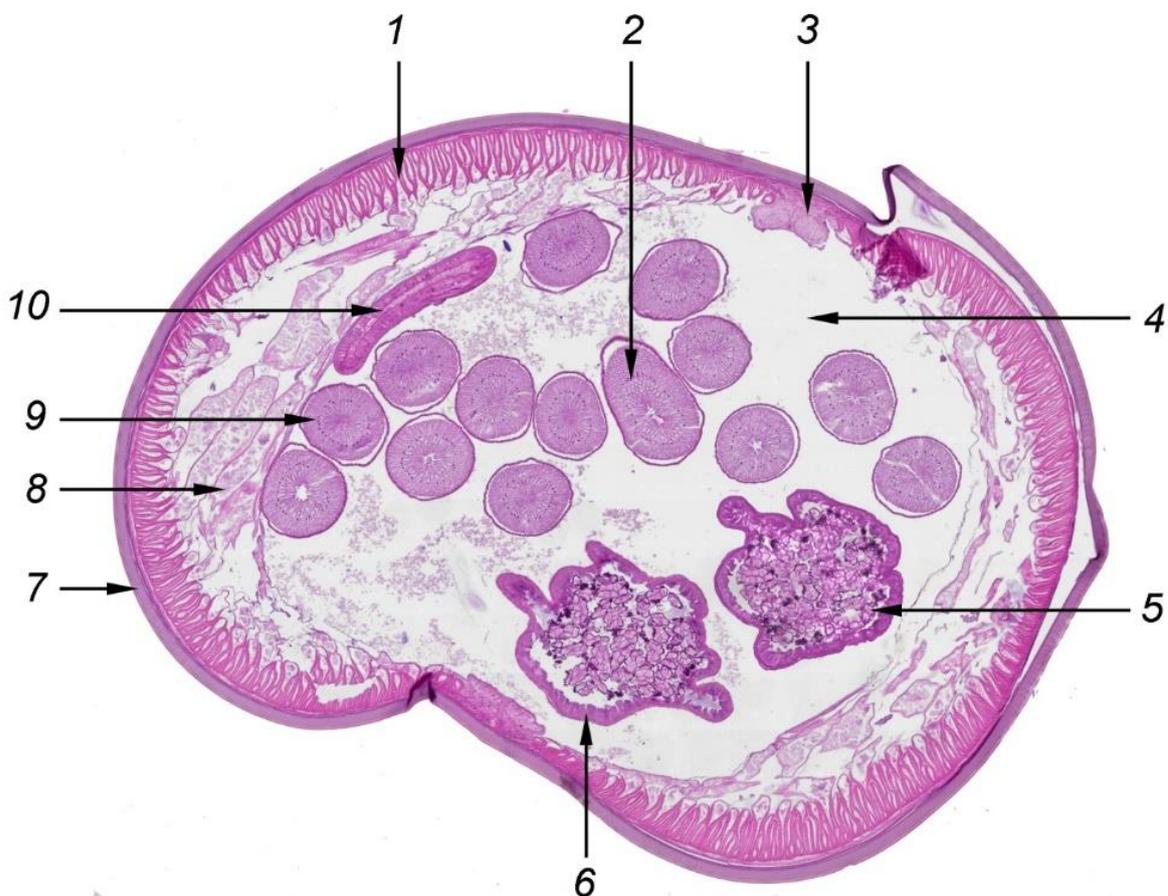
ответ: **буква шифра Ж**



ответ: **буква шифра Ц**

**Задание 27 по 1 баллу за каждый правильный ответ**

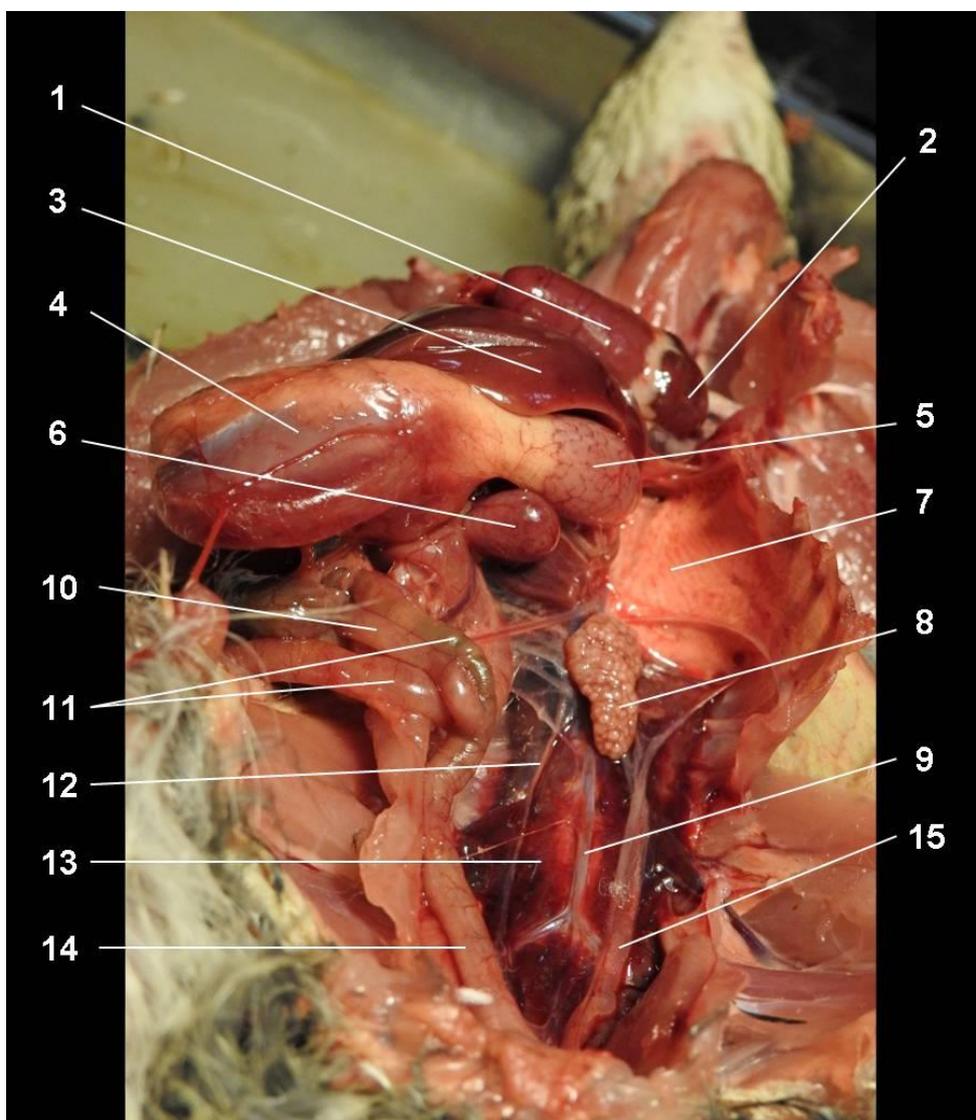
Рассмотрите фотографию поперечного среза животного. Какие органы, ткани и клетки обозначены цифрами? Некоторые варианты ответов избыточны: такие структуры отсутствуют у данного животного либо не видны или не отмечены на фотографии.



1	продольная мускулатура
2	яйцевод
3	покровная ткань
4	первичная полость тела
5	яйцо
6	матка
7	кутикула
8	несократимые части мышечных клеток
9	яичник
10	кишечник
избыточный	кольцевая мускулатура
избыточный	вторичная полость тела
избыточный	паренхима
избыточный	брюшная нервная цепочка
избыточный	семенник
избыточный	метанефридий
избыточный	хорда
избыточный	кровеносный сосуд

**Задание 28 по 1 баллу за каждый правильный ответ. Максимальный балл -15**

Перед Вами препарат, демонстрирующий внутренние органы молодого перепела (вид с брюшной стороны). Часть органов специально сдвинута на левую сторону препарата, чтобы были видны лежащие глубже структуры. Сопоставьте цифровым обозначениям названия внутренних органов и элементов кровеносной системы.



Цифровое обозначение	Элементы внутреннего строения
1	левый желудочек сердца
2	левое предсердие
3	печень
4	мышечный желудок
5	железистый желудок
6	селезёнка
7	лёгкие
8	яичник
9	спинная аорта
10	тонкая кишка
11	слепые кишки
12	мочеточник
13	почки
14	задняя (толстая, прямая) кишка
15	яйцевод

**Задание 29 по 1 баллу за каждый правильный ответ Максимальный балл -10.**

В задании представлен спинной мозг и позвоночник (поперечный срез эмбриона курицы, 20 дней инкубации).

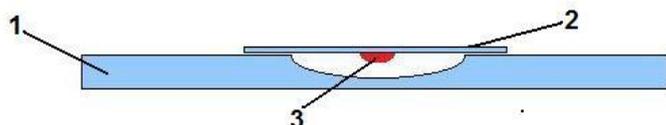
Выберите из списка термины, соответствующие цифрам 1-10 на предложенной фотографии.



- 1 – спинальный ганглий
- 2 – задний корешок
- 3 – центральный канал
- 4 – задний рог
- 5 – паутинная оболочка
- 6 – дуга позвонка
- 7 – передний корешок
- 8 – белое вещество
- 9 – тело позвонка
- 10 – двигательные нейроны

**Задание 30-39 по 1 баллу за каждый правильный ответ**

В XIX веке были проведены три эксперимента. Первое наблюдение было таким: если у животного или человека взять порцию крови в стерильных условиях, то она может долго храниться и при этом не портится (не гниет). Второе наблюдение: если взять сыворотку крови и методом «висячей капли» смешать с культурой бактерий, то бактерии погибнут.



Метод висячей капли

Если сыворотку нагреть до 52°C, то ее активность повысится, если же нагреть до 55°C, то активность исчезнет. Третье наблюдение: если к сыворотке добавить сульфат аммония, то выпадет осадок и активность исчезнет, если осадок растворить, например, в щелочной среде, то активность восстановится. Какие выводы из этих экспериментов можно сделать?

Картинка дублировалась для каждого варианта вопроса

**А. В сыворотке крови содержатся бактерицидные факторы.**

1. в принципе верное высказывание, но не следует из поставленных экспериментов
2. неверное высказывание
3. верное высказывание, следует из поставленных экспериментов

**Б. В крови в норме содержатся антибиотики, уничтожающие бактерий.**

1. в принципе верное высказывание, но не следует из поставленных экспериментов
2. неверное высказывание
3. верное высказывание, следует из поставленных экспериментов

**В. Бактерицидные факторы сыворотки - это вещества белковой природы.**

1. в принципе верное высказывание, но не следует из поставленных экспериментов
2. неверное высказывание
3. верное высказывание, следует из поставленных экспериментов

**Г. В сыворотке крови содержатся гормоны, вызывающие лизис бактерий.**

1. в принципе верное высказывание, но не следует из поставленных экспериментов
2. неверное высказывание
3. верное высказывание, следует из поставленных экспериментов

**Д. В сыворотке крови содержатся антитела.**

1. в принципе верное высказывание, но не следует из поставленных экспериментов
2. неверное высказывание
3. верное высказывание, следует из поставленных экспериментов

**Е. В сыворотке крови содержится комплемент.**

1. в принципе верное высказывание, но не следует из поставленных экспериментов
2. неверное высказывание
3. верное высказывание, следует из поставленных экспериментов

**Ж. В сыворотке крови содержится анатоксин.**

1. в принципе верное высказывание, но не следует из поставленных экспериментов
2. неверное высказывание
3. верное высказывание, следует из поставленных экспериментов

**З. В сыворотке крови содержатся опсоины**

1. в принципе верное высказывание, но не следует из поставленных экспериментов

2. неверное высказывание
3. верное высказывание, следует из поставленных экспериментов

**И. Для бактерицидной активности могут использоваться фагоциты.**

1. в принципе верное высказывание, но не следует из поставленных экспериментов
2. неверное высказывание
3. верное высказывание, следует из поставленных экспериментов

**К. В крови в норме присутствуют термолабильные бактериофаги, разрушающие клетки бактерий.**

1. в принципе верное высказывание, но не следует из поставленных экспериментов
2. неверное высказывание
3. верное высказывание, следует из поставленных экспериментов

#### **Задача. Максимальный балл за задачу - 17 баллов**

Недозревшие плоды хурмы (*Diospyros kaki*) обычно имеют выраженный вяжущий вкус, который обусловлен растворимыми фенольными веществами – **танинами**. При созревании танины переходят в нерастворимую форму, и вяжущий вкус пропадает. Важную роль в регуляции растворимости танинов играют семена. Из семенной кожуры выделяются продукты спиртового брожения (**ацетальдегид**, этанол), которые запускают синтез **полифенолоксидазы** – фермента, окисляющего танины. При этом танины превращаются в темноокрашенные нерастворимые вещества, мякоть плода становится «шоколадной» и теряет терпкий вкус.

**А.** При одомашнивании хурмы были отобраны **партенокарпические** сорта, развивающие плоды без опыления. При опылении у них могут также завязываться обычные плоды с семенами внутри. У сорта ‘Хиакуме’ (‘Hiakume’) партенокарпические плоды всегда имеют вяжущий вкус. Объясните это явление. Предложите предпродажную обработку, снижающую вяжущий вкус партенокарпических плодов сорта ‘Хиакуме’.



Партенокарпический сорт ‘Хиакуме’ (‘Королёк’)

**Решение.** Поскольку в условии сказано, что потеря терпкого вкуса регулируется продуктами спиртового брожения (ацетальдегидом или этанолом), которые выделяются из семенной кожуры, а у партенокарпических плодов нет семян, эти вещества не действуют на мякоть плода и танины остаются в растворимой форме. Плоды без семян вяжущего вкуса. **1 балл**

Чтобы убрать вяжущий вкус, можно перед продажей обработать партенокарпические плоды либо ацетальдегидом, либо этанолом. В промышленности партенокарпические плоды вяжущих сортов обычно обрабатывают парами более дешевого этанола (кроме того, он пахнет менее резко по сравнению с ацетальдегидом). В быту можно поместить хурму в полиэтиленовый пакет вместе с салфеткой, смоченной 40% раствором этилового спирта и плотно завязать. Через 2–3 дня при комнатной температуре хурма потеряет вяжущий вкус. **1 балл**

**Б.** Сорты хурмы с семенами и крупными плодами (например, ‘Ромашка’) также часто бывают вяжущего вкуса (независимо от числа семян). Их мякоть окрашена неравномерно: «шоколадная» в центре и оранжевая на периферии плода. Мелкие плоды чаще развивают «шоколадный» фенотип с однородной окраской мякоти (сорт ‘Свеча’). Объясните различие во вкусе и цвете плодов в зависимости от размера. Считайте, что танины – единственные фенольные вещества хурмы, которые могут взаимодействовать с полифенолоксидазой.



Сорт ‘Ромашка’ с неравномерной окраской мякоти



«Шоколадный» сорт ‘Свеча’

**Решение.** Семена выделяют ацетальдегид и этанол, под действием которых включается полифенолоксидаза и окисляет танины. У крупных плодов сорта ‘Ромашка’ те части мякоти, которые находятся вблизи семян, получили необходимую концентрацию ацетальдегида, полифенолоксидаза подействовала. Вокруг семян – коричневая область. Однако на большом расстоянии от семян концентрация ацетальдегида уже недостаточна для запуска полифенолоксидазы, эта часть мякоти останется оранжевой и при этом терпкой (вяжущей).

**2 балла**

У мелких плодов хурмы сорта ‘Свеча’ мякоти немного, расстояние от семян сравнительно невелико. Ацетальдегид, выделяющийся из семян, действует на всю мякоть, она приобретает равномерную «шоколадную» окраску и полностью теряет вяжущий вкус.

**1 балл**

**В. 3 балла автоматическая проверка, по 0.5 за каждый правильный генотип** С XIX века в Японии известна небольшая группа сортов с крупными партенокарпическими плодами без вяжущего вкуса (например, сорт ‘Тайшу’). У них также развиваются плоды с семенами. При этом мякоть оранжевая, без вяжущего вкуса. Предположим, что за биосинтез танинов отвечает ген *T*, за размер плодов – ген *B*, а за выделение ацетальдегида – ген *E*. Для каждого из генов обнаружены нефункциональные аллели (*t*, *b* и *e* соответственно). Предложите все возможные генотипы для сорта ‘Тайшу’, считая во всех случаях доминирование полным.

*TT BB EE*  
*tt bb EE*

*TT BB Ee*  
*Tt BB Ee*  
*tt BB Ee*  
*TT Bb ee*  
*Tt Bb ee*  
*tt Bb ee*  
*TT bb Ee*  
*Tt bb Ee*  
*tt bb Ee*

*TT Bb ee*  
*Tt Bb ee*  
*tt Bb ee*  
*TT bb Ee*  
*Tt bb Ee*  
*tt bb Ee*  
*TT bb ee*  
*Tt bb ee*  
*tt bb ee*

**Решение.** Поскольку в условии сказано, что плоды крупные, в генотипе ген **B** должен быть представлен функциональным (доминантным) аллелем. При этом в плодах (даже партенокарпических) не должно быть танинов. Это означает, что ген **T** представлен только нефункциональным аллелем **t**. Выделение ацетальдегида не важно – танины всё равно не образуются. Поэтому ген **E** может быть представлен любыми аллелями. Для сорта ‘Тайшу’ нужно выбрать все гомозиготы **tt**, гомозиготы и гетерозиготы **BB** и **Bb**, и все возможные варианты генотипов по **E**.

Ответ (возможные генотипы сорта ‘Тайшу’ выделены цветом):

**TT BB EE**

**Г.** Вы скрещиваете два сорта хурмы с генотипами  $tt BB ee$  и  $TT bb EE$ .

Каким будет расщепление среди потомков во втором поколении по признакам:

- Сладкий / вяжущий партенокарпический плод
- Сладкий / вяжущий плод с семенами
- Оранжевая / неравномерная / целиком «шоколадная» мякоть партенокарпического плода
- Оранжевая / неравномерная / целиком «шоколадная» мякоть плода с семенами?

Считайте, что гены  $T$ ,  $B$  и  $E$  наследуются независимо, а вяжущий вкус обусловлен теми же явлениями, что у сортов 'Ромашка' и 'Свеча' (см. пункт Б задачи).

**Решение.** Перед нами – тригибридное скрещивание, в котором все гены наследуются независимо и наблюдается полное доминирование. В первом поколении все растения будут тригетерозиготами с генотипом  $Tt Bb Ee$ . У них будет синтезироваться танин, плоды крупные, семена выделяют ацетальдегид. Партенокарпические плоды будут равномерно оранжевыми и вяжущими (из-за аллеля  $T$ ), плоды с семенами – коричневыми внутри и оранжевыми вяжущими на периферии. Суммарный вкус – вяжущий.

По каждому из генов во втором поколении произойдет расщепление. Поскольку нам необходимо указать только фенотипы, проанализируем расщепление в упрощенном виде.

Расщепление			Доля потомков в $F_2$	Фенотип партенокарпических плодов	Фенотип плодов с семенами
по гену $T$	по гену $B$	по гену $E$			
$\frac{3}{4} T_-$	$\frac{3}{4} B_-$	$\frac{3}{4} E_-$	$\frac{27}{64} T_B E_-$	<b>Вяжущие</b> , крупные, оранжевые	Вяжущие, крупные, <b>неравномерные</b>
		$\frac{1}{4} ee$	$\frac{9}{64} T_B ee$	<b>Вяжущие</b> , крупные, оранжевые	Вяжущие, крупные, оранжевые
	$\frac{1}{4} bb$	$\frac{3}{4} E_-$	$\frac{9}{64} T_{bb} E_-$	<b>Вяжущие</b> , мелкие, оранжевые	Сладкие, мелкие, «шоколадные»
		$\frac{1}{4} ee$	$\frac{3}{64} T_{bb} ee$	<b>Вяжущие</b> , мелкие, оранжевые	Вяжущие, мелкие, оранжевые
$\frac{1}{4} tt$	$\frac{3}{4} B_-$	$\frac{3}{4} E_-$	$\frac{9}{64} tt B E_-$	<b>Сладкие</b> , крупные, оранжевые	Сладкие, крупные, оранжевые
		$\frac{1}{4} ee$	$\frac{3}{64} tt B ee$	<b>Сладкие</b> , крупные, оранжевые	Сладкие, крупные, оранжевые
	$\frac{1}{4} bb$	$\frac{3}{4} E_-$	$\frac{3}{64} tt bb E_-$	<b>Сладкие</b> , мелкие, оранжевые	Сладкие, мелкие, оранжевые
		$\frac{1}{4} ee$	$\frac{1}{64} tt bb ee$	<b>Сладкие</b> , мелкие, оранжевые	Сладкие, мелкие, оранжевые

Теперь проанализируем расщепления по отдельным признакам.

1). Сладкий / вяжущий партенокарпический плод. Так как семян нет, фенотип зависит только от синтеза танинов (гена  $T$ ).  $\frac{3}{4} T_-$  будут вяжущими и  $\frac{1}{4} tt$  – сладкими.

2). Сладкий / вяжущий плод с семенами. Если в плодах нет танинов, то они сладкие независимо от наличия семян. Кроме того, сладкими будут равномерно окрашенные мелкие «шоколадные» плоды с семенами (в том случае, если семена синтезируют ацетальдегид). Это соответствует генотипу  $T_{bb} E_-$ . Такие образом, всего **сладких**:

$$\frac{1}{4} tt \_ \_ \_ + \frac{9}{64} T_{bb} E_- = \frac{16}{64} + \frac{9}{64} = \frac{25}{64}$$

Остальные генотипы дадут **вяжущие** плоды с семенами:

$$\frac{27}{64} T_B E_- + \frac{9}{64} T_B ee + \frac{3}{64} T_{bb} ee = \frac{39}{64}$$

3). Обратите внимание, что партенокарпические плоды всегда оранжевые – в них нет семян, не включается полифенолоксидаза, не проявляется коричневая («шоколадная») окраска. По этому признаку расщепления не будет.

4). Оранжевая / неравномерная / целиком «шоколадная» мякоть плода с семенами.

В плодах с семенами равномерная оранжевая мякоть может быть в двух случаях: либо если не синтезируются танины (генотип  $tt$ ), либо если семена не могут выделять ацетальдегид (генотип  $ee$ ). Таким образом, доля потомков с равномерной оранжевой мякотью с семенами составит:

$$\frac{1}{4} tt \_ \_ \_ + \frac{9}{64} T_B ee + \frac{3}{64} T_{bb} ee = \frac{16}{64} + \frac{9}{64} + \frac{3}{64} = \frac{28}{64} = \frac{7}{16}$$

Для проявления неравномерной окраски необходимо, чтобы в плодах были танины (генотип  $T_{-}$ ), сами плоды должны быть крупными (генотип  $B_{-}$ ), а семена образуют ацетальдегид (генотип  $E_{-}$ ). Доля потомков  $T_{-}B_{-}E_{-}$  составляет  $\frac{27}{64}$ .

Равномерная шоколадная окраска бывает у плодов с танинами (генотип  $T_{-}$ ), мелкими плодами (генотип  $bb$ ) и при этом семена выделяют ацетальдегид (генотип  $E_{-}$ ). Доля потомков  $T_{-}bbE_{-}$  составляет  $\frac{9}{64}$ .

**Ответ:**

- $\frac{1}{4}$  (25%) сладких :  $\frac{3}{4}$  (75%) вяжущих партенокарпических плодов;
- $\frac{25}{64}$  (39,0625%) сладких :  $\frac{39}{64}$  (60,9375%) вяжущих плодов с семенами;
- все партенокарпические плоды с оранжевой мякотью (1 или 100%);
- $\frac{28}{64}$  (43,75%) оранжевых :  $\frac{27}{64}$  (42,1875%) неравномерных :  $\frac{9}{64}$  (14,0625%) целиком «шоколадных» плодов с семенами.

**4 балла , по 1 баллу за каждый правильный ответ**

**Д. 2 балла автоматическая проверка** В конце XX века в Китае обнаружен новый сорт партенокарпической хурмы без вяжущего вкуса – ‘Люо Тянь Тянь Ши’. В отличие от японских сортов, в скрещиваниях с ‘Люо Тянь Тянь Ши’ отсутствие вяжущего вкуса оказалось доминантным признаком. Какими изменениями может быть вызван данный фенотип? Выберите один правильный ответ.

- Утрата гена полифенолоксидазы
- Утрата фактора транскрипции, запускающего синтез полифенолоксидазы
- Усиление работы фактора транскрипции, запускающего выделение ацетальдегида
- Изменение функции с активаторной на ингибиторную у фактора транскрипции, запускающего синтез ацетальдегида
- Утрата гена фермента, участвующего в синтезе танинов
- Утрата фактора транскрипции, запускающего синтез танинов
- Изменение функции с активаторной на ингибиторную у фактора транскрипции, запускающего синтез танинов
- Усиление гена сахарозного транспортера, отвечающего за накопление сахаров в плодах

**Решение.** Рассмотрим последствия, к которым приведёт каждая из перечисленных выше мутаций.

- 1). Утрата гена полифенолоксидазы приведет к невозможности окисления танинов (вяжущему вкусу).
- 2). Утрата фактора транскрипции, запускающего синтез полифенолоксидазы приведет к недостаточному синтезу полифенолоксидазы, танины будут слабо разрушаться (вяжущий вкус).
- 3). Усиление работы фактора транскрипции, запускающего выделение ацетальдегида. Поскольку сказано, что сорт ‘Люо Тянь Тянь Ши’ дает сладкие партенокарпические плоды, а ацетальдегид выделяется семенами, указанный ген не может обуславливать сладкий вкус.
- 4). Изменение функции с активаторной на ингибиторную у фактора транскрипции, запускающего синтез ацетальдегида. Также не скажется на партенокарпических плодах (см. п.3).
- 5). Утрата гена фермента, участвующего в синтезе танинов. Эта ситуация похожа на разобранный выше случай с сортом ‘Тайшу’: при скрещивании с другим сортом, у которого есть функциональный аллель гена биосинтеза танинов признак «сладкий плод» окажется рецессивным. В условии говорится о доминантном признаке.
- 6). Утрата фактора транскрипции, запускающего синтез танинов. Аналогично, при скрещивании с сортом, у которого есть функциональный ген фактора транскрипции произойдет «запуск» синтеза танинов, и гетерозигота будет с вяжущим вкусом (т.е., как и в п. 5 – рецессивный признак, а нам нужен доминантный).
- 7). Изменение функции с активаторной на ингибиторную у фактора транскрипции, запускающего синтез танинов. Если фактор транскрипции вместо активатора стал ингибитором, то синтез танинов будет подавлен, плоды станут сладкими. В гетерозиготе на биосинтез танинов будут влиять два «противоположных» аллеля: с активаторной и с ингибиторной функцией. В этом случае ингибитор может оказаться доминантным, что соответствует условию.
- 8). Усиление гена сахарозного транспортера, отвечающего за накопление сахаров в плодах. Признак «сладкий плод» у хурмы связан не с накоплением сахаров, а с отсутствием танинов. Накопление сахаров не может убрать вяжущий вкус.

**Ответ:** Изменение функции с активаторной на ингибиторную у фактора транскрипции, запускающего синтез танинов.

**Е.** Обозначим ген, отвечающий за отсутствие вяжущего вкуса у хурмы ‘Люо Тянь Тянь Ши’ как  $N$ , а соответствующий аллель вяжущего вкуса как  $n$ . Каким будет расщепление по вкусу партенокарпических плодов в первом и во втором поколении от скрещивания сортов ‘Люо Тянь Тянь Ши’ и ‘Тайшу’, если считать сорт ‘Люо Тянь Тянь Ши’ гетерозиготой, а ‘Тайшу’ – гомозиготой по гену  $N$  и гомозиготами по всем остальным генам. Считайте, что гены наследуются независимо. Генотипом по генам, не существенным для проявления признака, можно пренебречь.

**Решение.** Поскольку в условии не спрашивается о размере плодов, ген  $B$  можно не рассматривать. Кроме того, необходимо оценить вкус партенокарпических плодов, для которых не важно, могут ли семена выделять ацетальдегид. Таким образом, ген  $E$  также исключим из анализа. Остаются гены  $N$  и  $T$ .

Сначала выпишем генотипы родителей в соответствии с условием задачи. Сорт ‘Тайшу’ по условию гомозиготен по обоим генам. Его генотип  $nn\ tt$ .

Сорт ‘Люо Тянь Тянь Ши’ может обладать несколькими генотипами. Известно, что он гетерозиготен по гену  $N$  и гомозиготен по остальным. Возможно два генотипа:  $Nn\ TT$  и  $Nn\ tt$ .

Если принять, что сорт ‘Люо Тянь Тянь Ши’ лишен возможности синтезировать танины ( $tt$ ), то при скрещиваниях с сортом ‘Тайшу’ (также  $tt$ ) в ряду поколений ни у одного из потомков не будет вяжущего вкуса плодов (для вяжущего вкуса необходим аллель  $T$ ), т.е. расщепления не будет.

Примем генотипы родителей **Р:**  $Nn\ TT$  (‘Люо Тянь Тянь Ши’) и  $nn\ tt$  (‘Тайшу’).

Тогда в первом поколении по гену  $N$  произойдет расщепление, а по гену  $T$  потомки окажутся гетерозиготами:

**F<sub>1</sub>:**  $\frac{1}{2} Nn\ Tt$  (сладкие партенокарпические плоды) :  $\frac{1}{2} nn\ Tt$  (вяжущие партенокарпические плоды).

Теперь оценим вероятность образования гамет с различными генотипами. Аллель  $N$  есть только у половины растений, причем эти растения гетерозиготны. Поэтому среди популяции особей  $F_1$  гаметы, несущие аллель  $N$ , будут встречаться с частотой  $\frac{1}{4}$ . Остальные  $\frac{3}{4}$  гамет несут аллель  $n$ . Поскольку по гену  $T$  все особи гетерозиготны, очевидно, что  $\frac{1}{2}$  гамет будет нести аллель  $T$ , а вторая половина ( $\frac{1}{2}$ ) – аллель  $t$ . Таким образом, будут следующие вероятности образования гамет:  $\frac{1}{8} NT$ ,  $\frac{1}{8} Nt$ ,  $\frac{3}{8} nT$ , и  $\frac{3}{8} nt$ .

Для оценки частоты встречаемости генотипов у потомков второго поколения построим решётку Пеннета.

**F<sub>2</sub>:**

	$\frac{1}{8} NT$	$\frac{1}{8} Nt$	$\frac{3}{8} nT$	$\frac{3}{8} nt$
$\frac{1}{8} NT$	$\frac{1}{64} NN\ TT$	$\frac{1}{64} NN\ Tt$	$\frac{3}{64} Nn\ TT$	$\frac{3}{64} Nn\ Tt$
$\frac{1}{8} Nt$	$\frac{1}{64} NN\ Tt$	$\frac{1}{64} NN\ tt$	$\frac{3}{64} Nn\ Tt$	$\frac{3}{64} Nn\ tt$
$\frac{3}{8} nT$	$\frac{3}{64} Nn\ TT$	$\frac{3}{64} Nn\ Tt$	$\frac{9}{64} nn\ TT$	$\frac{9}{64} nn\ Tt$
$\frac{3}{8} nt$	$\frac{3}{64} Nn\ Tt$	$\frac{3}{64} Nn\ tt$	$\frac{9}{64} nn\ Tt$	$\frac{9}{64} nn\ tt$

Вяжущим вкусом будут обладать плоды, у которых есть хотя бы один доминантный аллель  $T$ , но при этом гомозиготные по рецессивному аллелю  $n$  (отмечены в решётке цветом). Суммарно доля таких особей составит:

$$\frac{9}{64} nn\ TT + \frac{18}{64} nn\ Tt = \frac{27}{64} \text{ (партенокарпические плоды вяжущего вкуса).}$$

Остальные партенокарпические плоды будут сладкими:

$$\frac{1}{64} NN\ TT + \frac{2}{64} NN\ Tt + \frac{6}{64} Nn\ TT + \frac{1}{64} NN\ tt + \frac{12}{64} Nn\ Tt + \frac{6}{64} Nn\ tt + \frac{9}{64} nn\ tt = \frac{37}{64}$$

**Ответ:**

В первом поколении (F<sub>1</sub>):  $\frac{1}{2}$  (50%) сладких :  $\frac{1}{2}$  (50%) вяжущих партенокарпических.

Во втором поколении (F<sub>2</sub>):  $\frac{37}{64}$  (57,8125%) сладких :  $\frac{27}{64}$  (42,1875%) вяжущих партенокарпических.

**3 балла**