



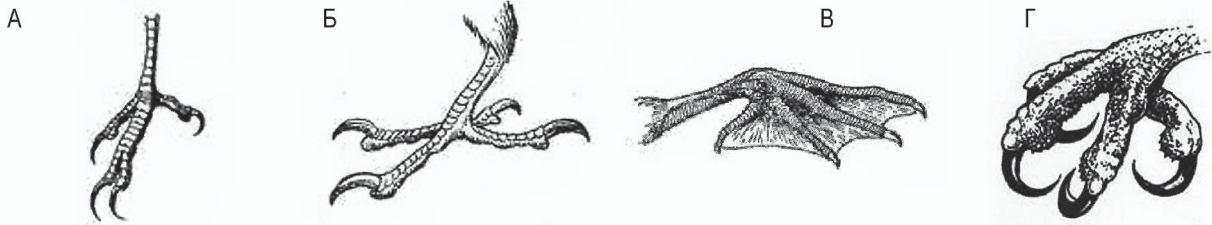
МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ

*олимпиады школьников
«ЛОМОНОСОВ»
по биологии*

2015/2016 учебный год

Задание для 10–11 класса (ответы и решения)

Задача 1. (8 баллов) Сопоставьте, к каким отрядам Птиц относятся объекты, ноги 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 – Пеликанообразные; 2 – Дятлообразные; 3 – Ракшеобразные; 4 – Журавлеобразные; 5 – Ржанкообразные; 6 – Пингвинообразные; 7 – Поганкообразные; 8 – Рябкообразные; 9 – Ястребообразные; 10 – Страусообразные; 11 – Стрижеобразные.



Решение.

А – 3, Ракшеобразные; **Б** – 2, Дятлообразные;
В – 1, Пеликанообразные; **Г** – 9, Ястребообразные.

Задача 2. (9 баллов) Для получения бессемянных растений F1 фирма-производитель использует в качестве женских растений диплоиды, несущие аллели **A, B, n** и **D**. В качестве опылителей служит тетраплоидная линия, несущая аллели **a, B, N** и **d**. Выпишите генотипы обоих родительских растений. Укажите генотип следующих структур гибридных семян: А – зародыша; Б – эндосперма; В – семенной кожуры. Ответ обоснуйте.

Решение.

А. Поскольку в условии указано, что были использованы линии, можно утверждать, что родительские растения, скорее всего, окажутся гомозиготными по всем указанным аллелям.

У диплоидного материнского растения каждый ген будет представлен двумя одинаковыми аллелями: **AA BB nn DD**. Оно будет давать гаметы с генотипом **A B n D**.

У тетраплоидного отцовского растения каждый ген будет представлен четырьмя одинаковыми аллелями: **aaaa BBBB NNNN dddd**. Оно будет давать гаметы с генотипом **aa BB NN DD**.

Соответственно при скрещивании возникнут зародыши с генотипом **Aaa BBB NNn Ddd**.

Ответ: Aaa BBB NNn Ddd.

Б. При формировании эндосперма у Покрытосеменных центральная клетка материнского растения оплодотворяется спермием мужского растения. Центральная клетка возникает путём слияния двух генетически идентичных ядер (до этого ядра получились путём обычного митоза). Генотип центральной клетки в данном случае будет **AA BB nn DD**. Таким образом, генотип эндосперма (в данном случае - тетраплоидного) окажется **AAaa BBBB NNnn DDdd**. Этот ответ достаточен.

У Голосеменных эндосперм возникает без оплодотворения (из мегаспоры). Методическая комиссия не знает примеров создания и коммерческого использования бессемянных Голосеменных растений F1 (будем рады узнать о таких примерах, если кто-то их участников нашей олимпиады их приведёт). Поскольку в условии прямо не оговорена таксономическая принадлежность объектов, в качестве правильного может быть засчитан ответ **A B n D**, но только в том случае, если в ответе участника прямо и недвусмысленно указано, что имеется в виду эндосперм Голосеменных (Gymnospermae, Pinophyta).

Ответ: AAaa BBBB NNnn DDdd для Покрытосеменных и/или **A B n D** для Голосеменных.

В. Поскольку семенная кожура возникает из клеток диплоидного материнского растения, их генотипы совпадают: **AA BB nn DD**.

Ответ: AA BB nn DD.

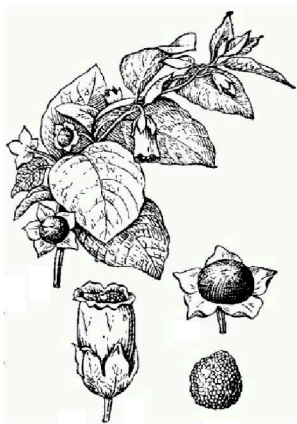
Задача 3. (5 баллов) Укажите порядок расположения тканей корня (**снаружи внутрь**):

- а) эпидерма – перицикл – первичная кора – эндодерма – флоэма – ксилема;
- б) эпидерма – первичная кора – перицикл – эндодерма – флоэма – ксилема;
- в) эпидерма – эндодерма – первичная кора – перицикл – флоэма – ксилема;
- г) эпидерма – первичная кора – эндодерма – перицикл – флоэма – ксилема;**
- д) первичная кора – эпидерма – эндодерма – перицикл – флоэма – ксилема.

Решение.

В последовательности **А** неверно указано положение перицикла (между эпидермой и первичной корой). В последовательности **Б** неверно указано расположение перицикла и эндодермы (эндодерма должна быть снаружи от перицикла). В последовательности **В** неверно указано положение эндодермы (между эпидермой и первичной корой). Последовательность **Г** в принципе подходит, хотя в ней не указан камбий (прокамбий), который должен располагаться между флоэмой и ксилемой. В последовательности **Д** неверно указано положение первичной коры и эпидермы (должно быть наоборот).

Ответ: Г.



Задача 4. (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

Решение.

На рисунке представлено растение из семейства Паслёновых: Красавка или Беладонна (*Atropa belladonna*). Правильный ответ – В. Актиноморфный цветок виден на рисунке (шифр Ж). К плоду чашечка прикреплена снизу, таким образом, сама завязь верхняя (шифр К). Плод – ягода (шифр М). Околоцветник двойной – представлен спайными чашечкой и венчиком (шифр Ф).

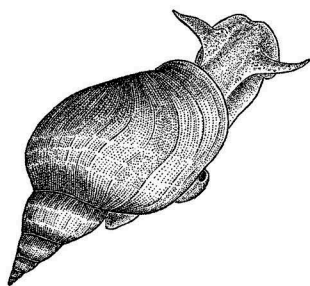
Ответ: В, Ж, К, М, Ф.

Задача 5. (5 баллов) Всех этих моллюсков можно встретить в одном и том же водоёме, за исключением одного.

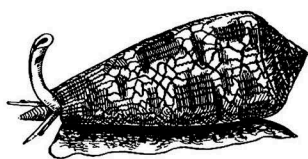
Решение.

На рисунке **Б** изображён представитель рода Конус (*Conus*). Хищные моллюски конусы обитают в тёплых морских водах. На остальных рисунках пресноводные моллюски, обитающие в водоёмах Средней полосы России: **А** – прудовик большой (видно лёгочное отверстие, так что это не морская улитка); **В** – беззубка и **Г** – катушка – хорошо известные моллюски, которых можно узнать по форме раковины.

Ответ: Б.



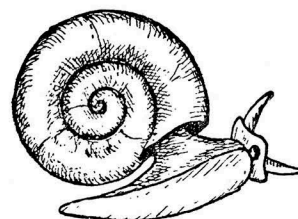
А



Б



В



Г

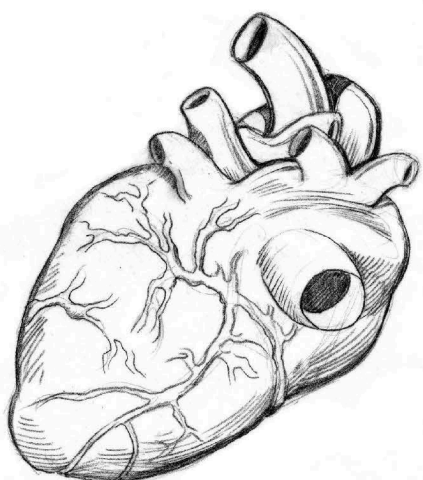


Рис. 1. Сердце. Источник: anatomy, art, biology, clip, clipart, drawing, graphic

Блок 2 [3]

Задача 6. (10 баллов) В покое конечно-диастолический объем левого желудочка равен 120 мл, а конечно-систолический – 50 мл. При выполнении физического упражнения конечно-диастолический объем увеличился до 160 мл, а конечно-систолический уменьшился до 20 мл. Во сколько раз изменился сердечный выброс, если пульс участился в 2 раза?

Решение.

Ударный объем (объем крови, который выбрасывается желудочком (левым или правым) за один сердечный цикл) в покое равен $120 \text{ мл} - 50 \text{ мл} = 70 \text{ мл}$.

При выполнении физического упражнения ударный объем равен $160 \text{ мл} - 20 \text{ мл} = 140 \text{ мл}$.

Таким образом, сердечный выброс при выполнении физического упражнения увеличился в 2 раза. Так как и пульс участился в 2 раза, то сердечный выброс (объем крови, выбрасываемый левой или правой половиной сердца за 1 мин) увеличился в $2 \times 2 = 4$ раза.

Ответ: При выполнении физического упражнения сердечный выброс увеличился в 4 раза по сравнению с состоянием покоя.

Задача 7. (12 баллов) Какое количество CO_2 необходимо ассимилировать из воздуха финиковой пальме (*Phoenix dactylifera*) чтобы вырастить ствол высотой 15 м и диаметром 1 метр. Примем, что ствол состоит целиком из целлюлозы $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$, является цилиндром, а плотность древесины равна $\rho - 800 \text{ кг/м}^3$.

Справочные данные:

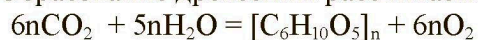
атомарная масса углерода – 12, кислорода – 16, водорода – 1.

Решение.

1. Рассчитываем массу выросшей пальмы

$$m = \pi r^2 h \rho = 3,14 \times [0,5\text{м}]^2 \times 15 \text{ м} \times 800 \text{ кг/м}^3 = 9\,420 \text{ кг}$$

2. Образование древесины рассчитаем по уравнению фотосинтеза:



3. Рассчитаем молекулярную массу углекислого газа:

$$M_1 [\text{CO}_2] = 12 + 16 \times 2 = 44 \text{ г/моль}$$

4. Молекулярная масса целлюлозы довольно велика, но для нашей оценки достаточно будет рассчитать молекулярную массу отдельного мономера:

$$M_2 [\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n = 12 \times 6 + 1 \times 10 + 16 \times 5 = 72 + 10 + 80 = 162 \text{ г/моль}$$

5. Обозначим искомые массы: масса $\text{CO}_2 - m_1$, масса $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n - m_2$
молекулярные массы CO_2 и $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$ соответственно – M_1 и M_2

Поскольку из 6 молей углекислого газа образуется 1 моль мономеров целлюлозы, по закону эквивалентов составим пропорцию: $m_1 : m_2 = [6 \times M_1] : M_2$

Отсюда

$$m_1 = 6 \times m_2 \times M_1 / M_2 = [6 \times 9420 \text{ кг} \times 44 \text{ г/моль}] : 162 \text{ г/моль} = 15\,351,1 \text{ кг} \approx 15\,350 \text{ кг}$$

Поскольку в задаче спрашивается о количестве углекислого газа, а с точки зрения химии количество вещества измеряется в молях, то правильным также может быть признан округленный ответ $15\,350\,000 \text{ г} : 44 \text{ г/моль} = 348\,900 \text{ моль}$.

Ответ: Необходимо поглотить примерно 15 350 кг или 348 900 моль CO_2 . Оба ответа считаются правильными.



Рис. 2. Финиковая пальма.

Источник: http://http://etc.usf.edu/clipart/83000/83014/83014_date_palm_lg.gif

Задача 8. (16 баллов) Молекула транспортной РНК приобретает вторичную структуру «клеверного листа», так как в её последовательности имеются четыре пары комплементарных участков, образующих двуспиральные шпильки, которые стабильны, если содержат 5 и более комплементарных пар подряд. Две нити шпильки соединены между собой одонитевыми участками – петлями. Петля, расположенная в центральной части последовательности тРНК, содержит антикодон, причём он располагается точно посередине петли. Была определена последовательность средней части одной из тРНК:

5'-ГЦАЦАУЦАЦАЦАУААУГАУГУГГ-3'.

Какова вторичная структура, формируемая этим участком тРНК?

Какой антикодон несёт эта тРНК?

Пользуясь таблицей генетического кода, определите, какую аминокислоту переносит эта тРНК.

	У	Ц	А	Г	
У	УУУ <i>фенилаланин</i>	УЦУ <i>серин</i>	УАУ <i>тирозин</i>	УГУ <i>цистеин</i>	У
	УУЦ <i>фенилаланин</i>	УЦЦ <i>серин</i>	УАЦ <i>тирозин</i>	УГЦ <i>цистеин</i>	Ц
	УУА <i>лейцин</i>	УЦА <i>серин</i>	УАА стоп	УГА стоп	А
	УУГ <i>лейцин</i>	УЦГ <i>серин</i>	УАГ стоп	УГГ <i>триптофан</i>	Г
Ц	ЦУУ <i>лейцин</i>	ЦЦУ <i>пролин</i>	ЦАУ <i>гистидин</i>	ЦГУ <i>аргинин</i>	У
	ЦУЦ <i>лейцин</i>	ЦЦЦ <i>пролин</i>	ЦАЦ <i>гистидин</i>	ЦГЦ <i>аргинин</i>	Ц
	ЦУА <i>лейцин</i>	ЦЦА <i>пролин</i>	ЦАА <i>глицин</i>	ЦГА <i>серин</i>	А
	ЦУГ <i>лейцин</i>	ЦЦГ <i>пролин</i>	ЦАГ <i>глицин</i>	ЦГГ <i>серин</i>	Г
А	АУУ <i>изолейцин</i>	АЦУ <i>треонин</i>	ААУ <i>аспарагин</i>	АГУ <i>аргинин</i>	У
	АУЦ <i>изолейцин</i>	АЦЦ <i>треонин</i>	ААЦ <i>аспарагин</i>	АГЦ <i>аргинин</i>	Ц
	АУА <i>изолейцин</i>	АЦА <i>треонин</i>	ААА <i>лизин</i>	АГА <i>аргинин</i>	А
	АУГ метионин	АЦГ <i>треонин</i>	ААГ <i>лизин</i>	АГГ <i>аргинин</i>	Г
Г	ГУУ <i>валин</i>	ГЦУ <i>аланин</i>	ГАУ <i>аспарагиновая кислота</i>	ГГУ <i>глицин</i>	У
	ГУЦ <i>валин</i>	ГЦЦ <i>аланин</i>	ГАЦ <i>аспарагиновая кислота</i>	ГГЦ <i>глицин</i>	Ц
	ГУА <i>валин</i>	ГЦА <i>аланин</i>	ГАА <i>глутаминовая кислота</i>	ГГА <i>глицин</i>	А
	ГУГ <i>валин</i>	ГЦГ <i>аланин</i>	ГАГ <i>глутаминовая кислота</i>	ГГГ <i>глицин</i>	Г

Решение.

Сначала найдём, есть ли на приведённом фрагменте комплементарные участки. Сначала определим, какая последовательность будет комплементарна небольшому фрагменту в начале, например, первым 6 нуклеотидам:

5'-ГЦАЦАУ-3'

3'-ЦГУГУА-5', при этом комплементарная последовательность направлена в противоположную сторону. Перепишем её от 5' к 3': **АУГУГЦ**. Проверим, есть ли такая последовательность во второй половине данного фрагмента:

5'-ГЦАЦАУЦАЦАЦАУААУГАУГУГГ-3' Есть часть этой последовательности из 5 нуклеотидов (выделена цветом). Таким образом, первый и последний нуклеотиды фрагмента не комплементарны, затем в начале и конце идут 5 комплементарных оснований. Проверяем комплементарность следующих оснований: седьмой нуклеотид от начала (Ц) комплементарен седьмому от конца (Г), восьмой (А) комплементарен восьмому от конца (У), а девятый и последующие не комплементарны. Таким образом нуклеотиды 2–8 и 16–22 будут образовывать шпильку, а 9–15 антикодоновую петлю (см. рис. ►).

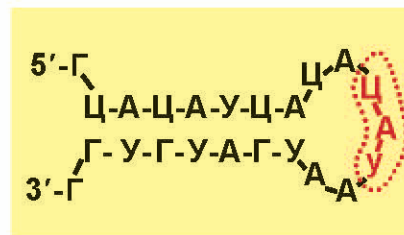
В антикодоновой петле семь нуклеотидов. 3 входят в антикодон, находящийся в середине, значит с каждой стороны антикодона по два нуклеотида (Ц-А и А-А). Антикодон выделен цветом (ЦАУ).

Для того, чтобы узнать, какую аминокислоту переносит эта тРНК, нам надо знать её кодон. Кодон комплементарен антикодону: Антикодон **5'-ЦАУ-3'**

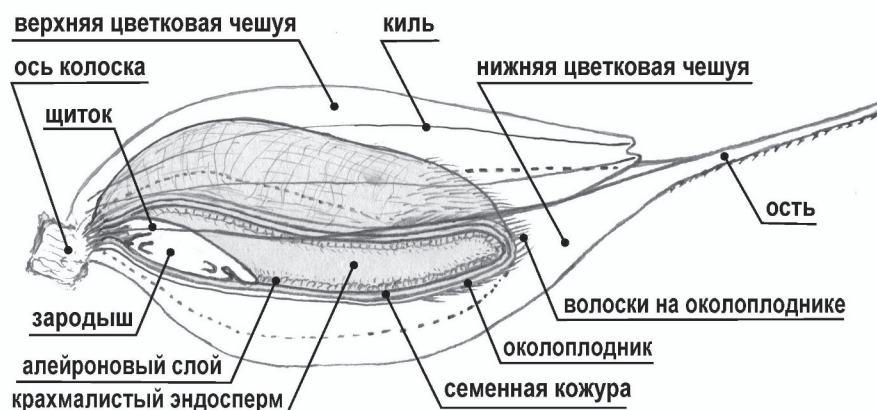
Кодон **3'-ГУА-5'**.

Но, как во всех случаях комплементарных цепей нуклеиновых кислот, кодон антипараллелен антикодону, т.е. читается в противоположном направлении (от 5' к 3'): Кодон **5'-АУГ-3'**. По таблице генетического кода находим аминокислоту – метионин.

Ответ: 1) нуклеотиды 2–8 и 16–22 будут образовывать шпильку, а 9–15 антикодоновую петлю. 2) Антикодон: **5'-ЦАУ-3'**. 3) кодируемая аминокислота – метионин.



Блок 3 [4]



Задача 9. (25 баллов) В зависимости от сорта ячменя (*Hordeum vulgare*), зерновка может срастаться с цветковыми чешуями, либо развиваться свободно (голозерные формы). Допустим, что за срастание отвечает доминантный аллель **F**, а голозерные формы – гомозиготы по рецессивному аллелю **f**. В эндосперме накапливается крахмал, общее содержание которого варьирует от 30 до 60%. Предположим, что содержание крахмала контролирует ген **D**: аллель **D** отвечает за массовое накопление крахмала, а аллель **d** – может дать лишь небольшое накопление крахмала, и при этом наблюдается кодоминирование.

Кроме того, в околоплоднике могут накапливаться красные пигменты. Если присутствует доминантный аллель **R**, то окраска развивается. Гомозиготы по аллелю **r** не окрашены в красный цвет. Гены **F**, **D** и **R** наследуются независимо.

А. Сколько градаций содержания крахмала будет наблюдаться при данной модели наследования признака? Ответ обоснуйте.

Решение.

Поскольку крахмал накапливается в эндосперме [в норме это триплоидная ткань], возможны следующие генотипы: **DDD**, **DDd**, **Ddd** и **ddd**. Если принять, что накопление крахмала зависит от числа аллелей **D** [кодоминирование], то возможно четыре градации накопления крахмала. Условно назовём их для дальнейшего решения как 1) максимальное содержание [генотип **DDD**]; 2) высокое содержание [генотип **DDd**]; 3) среднее содержание [генотип **Ddd**] и 4) низкое содержание [генотип **ddd**]. Описание градаций признака может быть выражено в других терминах, что не отразится на дальнейшем ходе решения задачи.

Ответ: 4 градации содержания крахмала.

Б. На рыльца низкокрахмалистой линии ячменя с красными зерновками, прирастающими к цветковым чешуям, нанесли пыльцу от белой голозерной линии, гомозиготной по гену **D**. Укажите генотипы родительских растений, генотипы гибридных зародышей и эндосперма. Каким будет фенотип зерновок, собранных после опыления?

Решение.

В условии указано, что в качестве родителей выбран линейный материал. Мы можем утверждать, что линии гомозиготны по каждому из генов. За признак низкого содержания крахмала отвечает аллель **d**, красная окраска определяется доминантным аллелем **R**, а срастание с цветковыми чешуями – доминантный аллель **F**. Таким образом, генотип материнского родителя будет **dd FF RR**.

Донором пыльцы была голозёрная линия (аллель **f**) с белыми зерновками (аллель **r**). Кроме того, прямо указано, что отцовское растение было гомозиготным по аллелю **D**. Таким образом, генотип второго родителя – **DD ff rr**.

После опыления зародыши, образованные при слиянии яйцеклеток и спермиев, будут гетерозиготами по всем указанным генам. Генотип зародышей: **Dd Ff Rr**.

Эндосперм образуется при слиянии центральной клетки и спермия. Сама центральная клетка

получает два идентичных набора аллелей (при ее формировании сливаются два идентичных гаплоидных ядра, образовавшиеся путём митоза). Генотип центральной клетки – **dd FF RR**. «Добавив» к нему по одной аллели от спермия, получим генотип эндосперма: **Ddd Fff RRr**.

Теперь оценим фенотип зерновок, собранных после опыления. Генотип эндосперма по гену **D** – **Ddd** – указывает на среднее содержание крахмала. Пигменты накапливаются в околоплоднике, который образуется из стенок завязи. Поэтому генотип околоплодника и семенной кожуры совпадает с генотипом материнского растения: **dd FF RR**. Такой генотип обуславливает накопление красного пигмента и срастание околоплодника с цветковыми чешуями.

Ответ:

P: ♀ **dd FF RR** × ♂ **DD ff rr**
 F1: [зародыши] **Dd Ff Rr**
 [эндосперм] **Ddd Fff RRr**

Фенотип зерновок с зародышами F1: все со средним содержанием крахмала, с красным околоплодником, приросшим к цветковым чешуям.

В. После самоопыления с гибридов первого поколения собрали зерновки. Каким будет расщепление по фенотипам среди зерновок?

Решение.

Итак, растения с генотипом **Dd Ff Rr** самоопылились. В условии спрашивается только о фенотипах зерновок. Проанализируем каждый признак в отдельности.

Содержание крахмала определяется соотношением аллелей **D** и **d**. В мегаспору попадает либо аллель **D** (50% мегаспор), либо аллель **d** (50% мегаспор). При образовании центральной клетки число аллелей удвоится. Таким образом, среди центральных клеток будет расщепление 50% **DD** : 50% **dd**.

Отметим, что генотип **Dd** для центральной клетки следует считать ошибочным, так как он противоречит механизму образования центральной клетки зародышевого мешка.

В пыльцевые зёрна попадёт либо аллель **D** (50% пыльцевых зёрен), либо аллель **d** (остальные 50%). Теперь мы можем предложить решётку Пенетта для образования эндосперма.

спермий ▶	D	d
▼ центр. клетка		
DD	DDD [максимальное]	DDd [высокое]
dd	Ddd [среднее]	ddd [низкое]

В скобках указан соответствующий фенотип по накоплению крахмала. Видно, что среди зерновок будет расщепление по этому признаку: 25% с максимальным, 25% с высоким, 25% со средним и 25% с низким содержанием крахмала.

Теперь оценим фенотип околоплодника. Как мы уже указывали, генотип этой структуры совпадает с генотипом материнского растения. Поскольку у всех родительских растений присутствуют доминантные аллели **Ff Rr**, околоплодник будет прирастать к цветковым чешуям, и при этом в нем будет синтезироваться красный пигмент.

Ответ: все зерновки красные, прирастающие к цветковым чешуям. Расщепление по содержанию крахмала – 1/4 с максимальным, 1/4 с высоким, 1/4 со средним и 1/4 с низким содержанием.

Г. Далее провели самоопыление растений второго поколения и собрали зерновки. Укажите, каким будет расщепление по содержанию крахмала? Каким будет расщепление по внешним фенотипическим признакам: окраске и голозерности?

Решение.

Как и в предыдущем случае, оценим признаки околоплодника и признаки эндосперма отдельно. По гену **D** среди зародышей F2 произойдет классическое менделевское расщепление:

$\frac{1}{4} DD : \frac{2}{4} Dd : \frac{1}{4} dd$.

Как сказано в условии, третье поколение является результатом самоопыления растений F2.

При этом $\frac{1}{4}$ зерновок, происходящих от растений **DD**, накопят максимальное количество крахмала [генотип эндосперма – **DDD**]. Еще $\frac{1}{4}$ зерновок, происходящих от растений **dd**, окажутся с низким содержанием крахмала [генотип эндосперма – **ddd**].

Остается проанализировать расщепление среди зерновок, происходящих от родителей с генотипом **Dd**. Очевидно, что в урожае F3 они составят половину ($\frac{1}{2}$). Расщепление для гетерозигот мы уже анализировали в части **B**, и можем воспользоваться готовым результатом: – 1 : 1 : 1 : 1. Таким образом, в общей доле урожая потомки гетерозигот внесут следующий вклад в фенотипы: $\frac{1}{8}$ зерновок с максимальным содержанием крахмала [генотип эндосперма – **DDD**]; $\frac{1}{8}$ зерновок с высоким содержанием крахмала [генотип эндосперма – **DDd**]; $\frac{1}{8}$ зерновок со средним содержанием крахмала [генотип эндосперма – **Ddd**] и $\frac{1}{8}$ зерновок с низким содержанием крахмала [генотип эндосперма – **ddd**]. Просуммировав, получим расщепление по признаку содержания крахмала:

Генотип эндосперма	Содержание крахмала (фенотип)	Доля среди зерновок F3
DDD	Максимальное	$\frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{3}{8}$ (37,5%)
DDd	Высокое	$\frac{1}{8}$ (12,5%)
Ddd	Среднее	$\frac{1}{8}$ (12,5%)
ddd	Низкое	$\frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{3}{8}$ (37,5%)

Признаки околоплодника третьего урожая зависят от генотипов материнских родителей F2. Для их анализа составим решётку Пеннета для генов **F** и **R**.

	FR	Fr	fR	fr
FR	FFRR	FFRr	FfRR	FfRr
Fr	FFRr	FFrr	FfRr	Ffrr
fR	FfRR	FfRr	ffRR	ffRr
fr	FfRr	Ffrr	ffRr	ffrr

Получилось классическое дигибридное скрещивание:

$\frac{9}{16}$ **F₋R₋** – прирастающих с красным околоплодником (56,25%);

$\frac{3}{16}$ **F₋rr** – прирастающих с белым околоплодником (18,75%);

$\frac{3}{16}$ **ffR₋** – голозёрных с красным околоплодником (18,75%);

$\frac{1}{16}$ **ffrr** – голозёрных с белым околоплодником (6,25%).

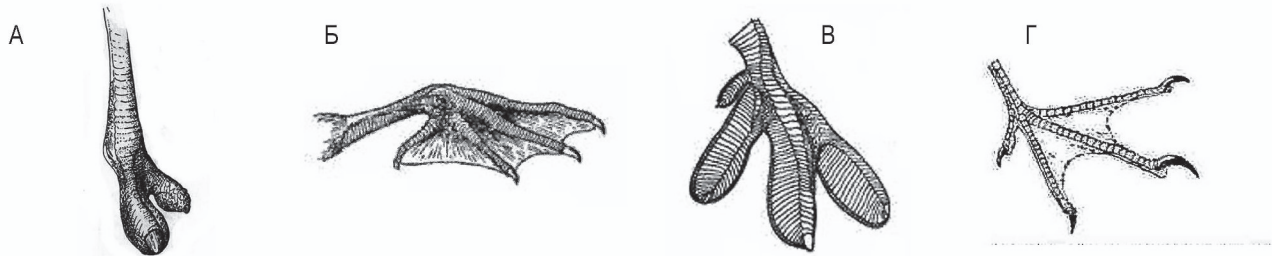
В принципе на этом можно остановиться. Но можно также, опираясь на независимое наследование признаков, перемножить соответствующие доли, чтобы получить общее расщепление по фенотипам зерновок.

Ответ: Расщепление зерновок третьего урожая по фенотипам:

	Максимальное $\frac{3}{8}$	Высокое $\frac{1}{8}$	Среднее $\frac{1}{8}$	Низкое $\frac{3}{8}$
Прирастают к цветковым чешуям, околоплодник красный $\frac{9}{16}$	$\frac{9}{16} \times \frac{3}{8} = \frac{27}{128}$	$\frac{9}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{9}{128}$	$\frac{9}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{9}{128}$	$\frac{9}{16} \times \frac{3}{8} = \frac{27}{128}$
Прирастают к цветковым чешуям, околоплодник белый $\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16} \times \frac{3}{8} = \frac{9}{128}$	$\frac{3}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{3}{128}$	$\frac{3}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{3}{128}$	$\frac{3}{16} \times \frac{3}{8} = \frac{9}{128}$
Голозёрные, околоплодник красный $\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16} \times \frac{3}{8} = \frac{9}{128}$	$\frac{3}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{3}{128}$	$\frac{3}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{3}{128}$	$\frac{3}{16} \times \frac{3}{8} = \frac{9}{128}$
Голозёрные, околоплодник белый $\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16} \times \frac{3}{8} = \frac{3}{128}$	$\frac{1}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{128}$	$\frac{1}{16} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{128}$	$\frac{1}{16} \times \frac{3}{8} = \frac{3}{128}$

Задание для 10–11 класса (ответы и решения)

Задача 1. (8 баллов) Сопоставьте, к каким отрядам Птиц относятся объекты, ноги 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 – Пеликанообразные; 2 – Дятлообразные; 3 – Ракшеобразные; 4 – Журавлеобразные; 5 – Ржанкообразные; 6 – Пингвинообразные; 7 – Поганкообразные; 8 – Рябкообразные; 9 – Ястребообразные; 10 – Страусообразные; 11 – Стрижеобразные.



Решение.

А – 10, Страусообразные; **Б** – 1, Пеликанообразные;

В – 7, Поганкообразные; **Г** – 5, Ржанкообразные.

Задача 2. (9 баллов) Для получения бессемянных растений F1 фирма-производитель использует в качестве женских растений диплоиды, несущие аллели **a, H, G** и **D**. В качестве опылителей служит тетраплоидная линия, несущая аллели **a, h, g** и **d**. Выпишите генотипы обоих родительских растений. Укажите генотип следующих структур гибридных семян: А – зародыша; Б – эндосперма; В – семенной кожуры. Ответ обоснуйте.

Решение.

А. Поскольку в условии указано, что были использованы линии, можно утверждать, что родительские растения, скорее всего, окажутся гомозиготными по всем указанным аллелям.

У диплоидного материнского растения каждый ген будет представлен двумя одинаковыми аллелями: **aa HH GG DD**. Оно будет давать гаметы с генотипом **a H G D**.

У тетраплоидного отцовского растения каждый ген будет представлен четырьмя одинаковыми аллелями: **aaaa hhhh gggg dddd**. Оно будет давать гаметы с генотипом **aa hh gg dd**.

Соответственно при скрещивании возникнут зародыши с генотипом **aaa Hhh Ggg Ddd**.

Ответ: **aaa Hhh Ggg Ddd**.

Б. При формировании эндосперма у Покрытосеменных центральная клетка материнского растения оплодотворяется спермием мужского растения. Центральная клетка возникает путём слияния двух генетически идентичных ядер (до этого ядра получились путём обычного митоза). Генотип центральной клетки в данном случае будет **aa HH GG DD**. Таким образом, генотип эндосперма (в данном случае – тетраплоидного) окажется **aaaa HHhh GGgg DDdd**. Этот ответ достаточен.

У Голосеменных эндосперм возникает без оплодотворения (из мегаспоры). Методическая комиссия не знает примеров создания и коммерческого использования бессемянных Голосеменных растений F1 (будем рады узнать о таких примерах, если кто-то их участников нашей олимпиады их приведёт). Поскольку в условии прямо не оговорена таксономическая принадлежность объектов, в качестве правильного может быть засчитан ответ **a H G D**, но только в том случае, если в ответе участника прямо и недвусмысленно указано, что имеется в виду эндосперм Голосеменных (Gymnospermae, Pinophyta).

Ответ: **aaaa HHhh GGgg DDdd** для Покрытосеменных и/или **a H G D** для Голосеменных.

В. Поскольку семенная кожура возникает из клеток диплоидного материнского растения, их генотипы совпадают: **aa HH GG DD**.

Ответ: **aa HH GG DD**.

Задача 3. (6 баллов) Укажите порядок расположения тканей стебля двудольного (**снаружи внутрь**):

- а) эпидерма – первичная кора – камбий – флоэма – ксилема – сердцевина;
- б) эпидерма – первичная кора – ксилема – камбий – флоэма – сердцевина;
- в) эпидерма – флоэма – ксилема – камбий – сердцевина;

г) эпидерма – первичная кора – флоэма – ксилема – сердцевина;

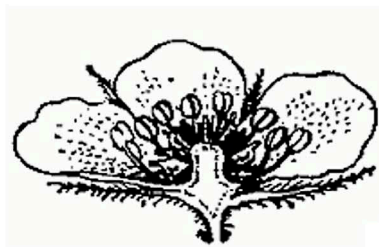
д) пробка – пробковый камбий – флоэма – камбий – ксилема – сердцевина.

Решение.

В последовательности **А** неверно указано положение камбия (между первичной корой и флоэмой). В последовательности **Б** неверно указано расположение ксилемы и флоэмы (флоэма должна быть снаружи от ксилемы). В последовательности **В** неверно указано положение камбия (между ксилемой и сердцевинной). Последовательность **Г** в принципе подходит, хотя в ней не указан камбий (прокамбий), который должен располагаться между флоэмой и ксилемой. Последовательность **Д** также в принципе подходит, хотя в ней пропущен слой феллемы, расположенной внутри от пробкового камбия.

Ответ: Г, Д.

Задача 4. (10 баллов) С помощью буквенного шифра дайте описание растения, представленного на рис.



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

Решение.

На рисунке представлено растение из семейства Розоцветных, по видимому, близкое к Землянике или Лапчатке (точнее по рисунку установить трудно). Подчашие не показано, листочки подчашия «заслонены» лепестками. Правильный ответ – А. Актиноморфный цветок виден на рисунке (шифр Ж). На разрезе видно, что все части околоцветника и тычинки прикреплены снизу от пестиков, таким образом, сама завязь верхняя (шифр К). Плод – многоорешек (шифр Н). Околоцветник двойной – представлен чашечкой и венчиком (шифр Ф).

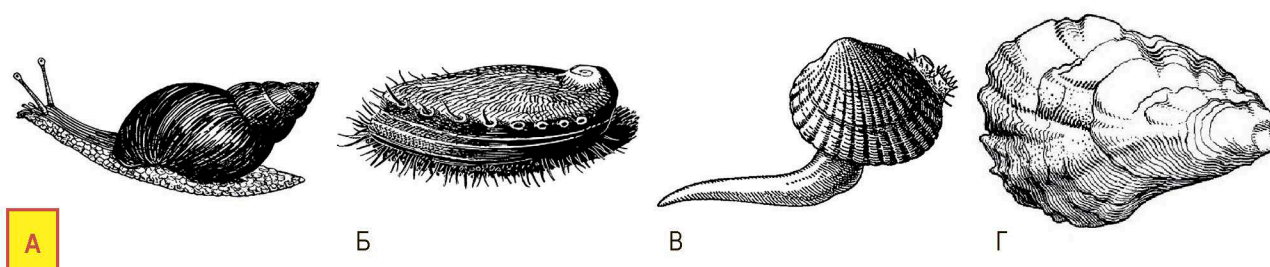
Ответ: А, Ж, К, Н, Ф.

Задача 5. (5 баллов) Всех этих моллюсков можно встретить в одном и том же водоёме, за исключением одного.

Решение.

На рисунке **А** изображена наземная лёгочная улитка (класс Брюхоногие). В отличие от брюхоногих, дышащих жабрами, у неё нет крышечки, прикреплённой к спинной стороне ноги. Глаза у этой улитки располагаются на вершинах щупалец, а у пресноводных лёгочных брюхоногих, например прудовиков, глаза находятся у основания щупалец. Улитку с рисунка **А** нельзя встретить в природе вместе с остальными изображёнными моллюсками. **Б** – морское ушко, **В** – кардиум, **Г** – устрица – все они обитают в море.

Ответ: А.



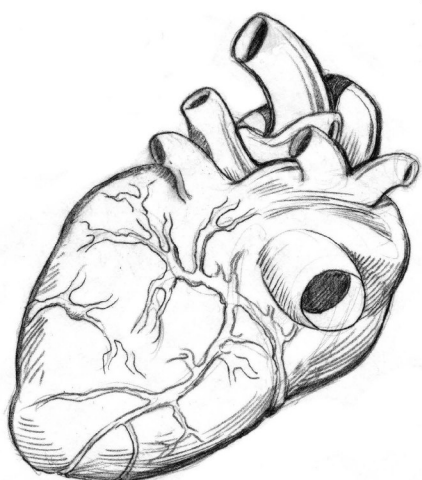


Рис. 1. Сердце. Источник: anatomy, art, biology, clip, clipart, drawing, graphic

Блок 2 [6]

Задача 6. (9 баллов) Во время сна сердечный выброс равен 3 л/мин, при самой интенсивной работе пульс учащается до 300 ударов в минуту, а ударный объем сердца достигает 150 мл. Во сколько раз изменился сердечный выброс при работе относительно сна?

Решение.

Чтобы сравнить эти 2 состояния нам надо привести параметры работы сердца к общему знаменателю. Для сна мы не можем рассчитать ударного объема (объем крови, выбрасываемый левой или правой половиной сердца при одиночном сокращении сердца). Но можем рассчитать минутный объем (сердечный выброс) для интенсивной работы. Он равен:

$$150 \text{ мл} \times 300 \text{ уд/мин} = 45\,000 \text{ мл/мин или } 45 \text{ л/мин.}$$

Так как в покое минутный объем равен 3 л/мин, то легко видеть, что эти два состояния различаются в 15 раз.

Ответ: Сердечный выброс при интенсивной работе увеличился в 15 раз.

Задача 7. (12 баллов) Какое количество CO_2 необходимо ассимилировать из воздуха листу пеперомии (*Peperomia incana*) чтобы вырасти диаметром 5 сантиметров толщиной 0,2 см. Примем, что лист состоит целиком из целлюлозы $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$, по форме – круг, а его плотность равна $\rho = 0,7 \text{ г/см}^3$.

Справочные данные:

атомарная масса углерода – 12, кислорода – 16, водорода – 1.

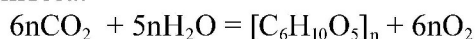
Решение.

1. Рассчитываем массу выросшего листа пеперомии.

Примем, что лист имеет форму цилиндра с очень маленькой высотой

$$m = \pi r^2 h \rho = 3,14 \times [2,5 \text{ см}]^2 \times 0,2 \text{ см} \times 0,7 \text{ г/см}^3 = 2,7475 \text{ г} \approx 2,7 \text{ г}$$

2. Образование древесины рассчитаем по уравнению фотосинтеза:



3. Рассчитаем молекулярную массу углекислого газа:

$$M_1 [\text{CO}_2] = 12 + 16 \times 2 = 44 \text{ г/моль}$$

4. Молекулярная масса целлюлозы довольно велика, но для нашей оценки достаточно будет рассчитать молекулярную массу отдельного мономера:

$$M_2 [\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n = 12 \times 6 + 1 \times 10 + 16 \times 5 = 72 + 10 + 80 = 162 \text{ г/моль}$$

5. Обозначим искомые массы: масса CO_2 – m_1 , масса $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$ – m_2
молекулярные массы CO_2 и $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$ соответственно – M_1 и M_2

Поскольку из 6 молей углекислого газа образуется 1 моль мономеров целлюлозы, по закону эквивалентов составим пропорцию: $m_1 : m_2 = [6 \times M_1] : M_2$

Отсюда

$$m_1 \approx 6 \times m_2 \times M_1 / M_2 = [6 \times 2,7 \text{ г} \times 44 \text{ г/моль}] : 162 \text{ г/моль} = 4,4 \text{ г}$$

Поскольку в задаче спрашивается о *количестве* углекислого газа, а с точки зрения химии количество вещества измеряется в молях, то правильным также может быть признан округленный ответ $4,4 \text{ г} : 44 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль}$.

Ответ: Необходимо поглотить примерно 4,4 г или 0,1 моль CO_2 . Оба ответа считаются правильными.



Рис. 2. Пеперомия серая.
Источник: http://plantillustrations.org/ILLUSTRATIONS_full_size/145147.jpg

Задача 8. (16 баллов) Молекула транспортной РНК приобретает вторичную структуру «клеверного листа», так как в её последовательности имеются четыре пары комплементарных участков, образующих двуспиральные шпильки, которые стабильны, если содержат 5 и более комплементарных пар подряд. Две нити шпильки соединены между собой одонитевыми участками – петлями. Петля, расположенная в центральной части последовательности тРНК, содержит антикодон, причём он располагается точно посередине петли. Была определена последовательность средней части одной из тРНК:

5'-АЦГУЦГЦГЦУГАУААЦГЦГАЦУГ-3'.

Какова вторичная структура, формируемая этим участком тРНК?

Какой антикодон несёт эта тРНК?

Пользуясь таблицей генетического кода, определите, какую аминокислоту переносит эта тРНК.

	У	Ц	А	Г	
У	УУУ <i>фенилаланин</i>	УЦУ <i>серин</i>	УАУ <i>тирозин</i>	УГУ <i>цистеин</i>	У
	УУЦ <i>фенилаланин</i>	УЦЦ <i>серин</i>	УАЦ <i>тирозин</i>	УГЦ <i>цистеин</i>	Ц
	УУА <i>лейцин</i>	УЦА <i>серин</i>	УАА стоп	УГА стоп	А
	УУГ <i>лейцин</i>	УЦГ <i>серин</i>	УАГ стоп	УГГ <i>триптофан</i>	Г
Ц	ЦУУ <i>лейцин</i>	ЦЦУ <i>пролин</i>	ЦАУ <i>гистидин</i>	ЦГУ <i>аргинин</i>	У
	ЦУЦ <i>лейцин</i>	ЦЦЦ <i>пролин</i>	ЦАЦ <i>гистидин</i>	ЦГЦ <i>аргинин</i>	Ц
	ЦУА <i>лейцин</i>	ЦЦА <i>пролин</i>	ЦАА <i>глицин</i>	ЦГА <i>серин</i>	А
	ЦУГ <i>лейцин</i>	ЦЦГ <i>пролин</i>	ЦАГ <i>глицин</i>	ЦГГ <i>серин</i>	Г
А	АУУ <i>изолейцин</i>	АЦУ <i>треонин</i>	ААУ <i>аспарагин</i>	АГУ <i>аргинин</i>	У
	АУЦ <i>изолейцин</i>	АЦЦ <i>треонин</i>	ААЦ <i>аспарагин</i>	АГЦ <i>аргинин</i>	Ц
	АУА <i>изолейцин</i>	АЦА <i>треонин</i>	ААА <i>лизин</i>	АГА <i>аргинин</i>	А
	АУГ <i>метионин</i>	АЦГ <i>треонин</i>	ААГ <i>лизин</i>	АГГ <i>аргинин</i>	Г
Г	ГУУ <i>валин</i>	ГЦУ <i>аланин</i>	ГАУ <i>аспарагиновая кислота</i>	ГГУ <i>глицин</i>	У
	ГУЦ <i>валин</i>	ГЦЦ <i>аланин</i>	ГАЦ <i>аспарагиновая кислота</i>	ГГЦ <i>глицин</i>	Ц
	ГУА <i>валин</i>	ГЦА <i>аланин</i>	ГАА <i>глутаминовая кислота</i>	ГГА <i>глицин</i>	А
	ГУГ <i>валин</i>	ГЦГ <i>аланин</i>	ГАГ <i>глутаминовая кислота</i>	ГГГ <i>глицин</i>	Г

Решение.

Сначала найдём, есть ли на приведённом фрагменте комплементарные участки. Сначала определим, какая последовательность будет комплементарна небольшому фрагменту в начале, например, первым 6 нуклеотидам:

5'-АЦГУЦГ-3'

3'-УГЦАГЦ-5', при этом комплементарная последовательность направлена в противоположную сторону. Перепишем её от 5' к 3': **ЦГАЦГУ**. Проверим, есть ли такая последовательность во второй половине данного фрагмента:

5'-АЦГУЦГЦГЦУГАУААЦГЦГАЦУГ-3' Есть часть этой последовательности из 4 нуклеотидов (выделена цветом). Таким образом, первые два и последние два нуклеотида фрагмента не комплементарны, затем в начале и конце идут 4 пары комплементарных оснований. Проверяем комплементарность следующих оснований: седьмой нуклеотид от начала (Ц) комплементарен седьмому от конца (Г), восьмой (Г) комплементарен восьмому от конца (Ц), а девятый и последующие не комплементарны. Таким образом нуклеотиды 3 – 8 и 16 – 21 будут образовывать шпильку, а 9 – 15 антикодоновую петлю: (см. рис. ►).

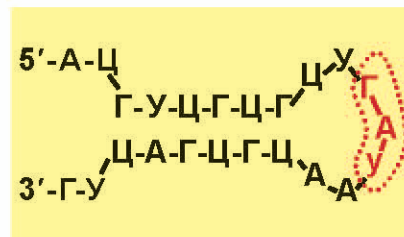
В антикодоновой петле семь нуклеотидов. 3 входят в антикодон, находящийся в середине, значит с каждой стороны антикодона по два нуклеотида (Ц-У и А-А). Антикодон выделен цветом (ГАУ).

Для того, чтобы узнать, какую аминокислоту переносит эта тРНК, нам надо знать её кодон. Кодон комплементарен антикодону: Антикодон **5'-ГАУ-3'**

Кодон **3'-ЦУА-5'**.

Но, как во всех случаях комплементарных цепей нуклеиновых кислот, кодон антипараллелен антикодону, т.е. читается в противоположном направлении (от 5' к 3'): Кодон **5'-АУЦ-3'**. По таблице генетического кода находим аминокислоту – изолейцин.

Ответ: 1) нуклеотиды 3 – 8 и 16 – 21 будут образовывать шпильку, а 9 – 15 антикодоновую петлю. 2) Антикодон: **5'-ГАУ-3'**. 3) кодируемая аминокислота – изолейцин.



Блок 3 [9]

Задача 9. (25 баллов) Для консервирования выращивают специальные «сахарные» сорта кукурузы (*Zea mays* convar. *saccharata*). В них поступающая от листьев сахара по той или иной причине слабо превращается в крахмал и накапливается в зерновке. При созревании эндосперм содержит мало крахмала, и плод «сморщивается» (морщинистые зерновки).

За проявление признака отвечают два независимо наследующихся гена: **A** и **F**. Признак морщинистости рецессивный. Для его проявления достаточно, чтобы в клетках эндосперма был представлен либо только мутантный аллель гена **a**, либо только мутантный аллель **f**.

Околоплодник и семенная кожура у кукурузы могут быть либо бесцветными, либо коричневыми по мере созревания. Коричневая окраска появляется из-за окисления фенольных соединений перекисью водорода при участии особого фермента – пероксидазы. Активное выделение перекиси и окисление фенолов повышают устойчивость зерновок к повреждению патогенными грибами и насекомыми. Пероксидазу кодирует аллель **B**, а у растений с бесцветными покровами зерновок есть нефункциональный аллель **b**. [Считайте, что активность пероксидазы очень высокая.] Ген **B** наследуется независимо от генов **A** и **F**.

A. При опылении линии «сахарной» кукурузы с бесцветными зерновками пыльцой другой линии «сахарной» кукурузы, устойчивой к повреждению грибами, получились только гладкие зерновки. Предложите генотипы:

- материнского и отцовского растений
- полученных зародышей F1
- эндосперма зерновок F1

Решение.

В условии сказано, что в скрещивании участвовали линии, поэтому мы вправе предположить, что оба родителя – гомозиготы по всем рассматриваемым генам. Поскольку нам известно, что обе родительские линии были «сахарными», т.е. имели морщинистые зерновки, можно предположить, что они несли либо два рецессивных аллеля **aa**, либо два рецессивных аллеля **ff**. При перекрестном опылении этих линий получились гладкие зерновки. Такой результат возможен только в том случае, когда линии несут разные аллели одного и того же гена. Здесь возможно два варианта:

- 1) ♀ **aa FF** × ♂ **AA ff**
- 2) ♀ **AA ff** × ♂ **aa FF**

Бесцветные зерновки могут образоваться только тогда, когда материнское растение гомозиготно по рецессивному аллелю **bb**. Линия, устойчивая к грибам, несёт доминантный аллель **B**.

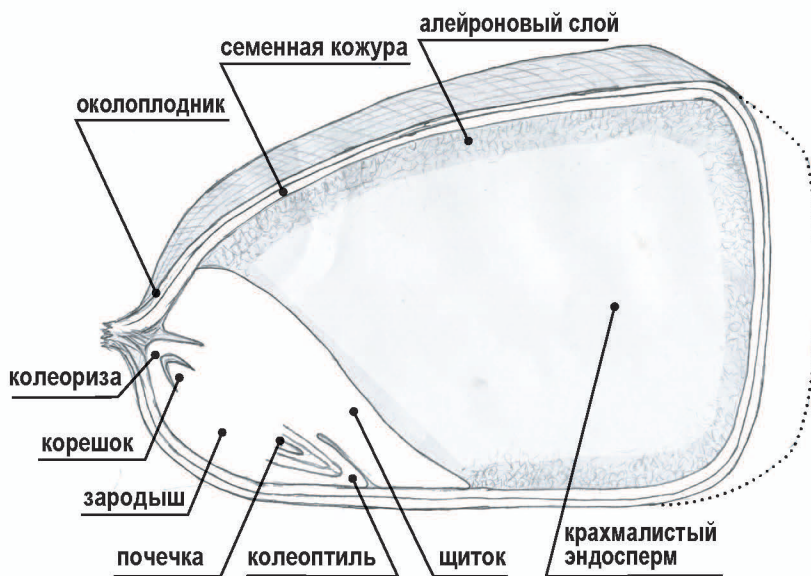
Соответственно, мы должны это также учесть.

Возможные генотипы родительских линий:

- 1) ♀ **aa FF bb** × ♂ **AA ff BB**
- 2) ♀ **AA ff bb** × ♂ **aa FF BB**

Эти вариации в обозначениях не повлияют на генотип зародышей – они будут гетерозиготами по обоим аллелям всех трёх генов: **Aa Ff Bb**.

Эндосперм образуется при слиянии диплоидной центральной клетки и спермия. Сама центральная клетка получается при слиянии двух идентичных по генотипу гаплоидных ядер.



В зависимости от того, как мы обозначили генотипы родительских линий, мы можем предложить два варианта для эндосперма:

- 1) **Aaa FFf Bbb**
- 2) **AAa Fff Bbb**

Ответ:

Генотип

- материнского и отцовского растений: 1) ♀ **aa FF bb** × ♂ **AA ff BB** или
2) ♀ **AA ff bb** × ♂ **aa FF BB**
- полученных зародышей F1: **Aa Ff Bb**
- эндосперма зерновок F1: 1) **Aaa FFf Bbb**; 2) **AAa Fff Bbb**

Б. Будут ли эти зерновки устойчивыми к повреждению грибами? При обосновании ответа укажите генотип околоплодника.

Решение.

Поскольку околоплодник развивается из тканей материнского растения [а про него известно, что оно принадлежит к линии с белыми зерновками], то генотип околоплодника совпадает с генотипом материнского растения: 1) **aa FF bb** или 2) **AA ff bb**. В любом случае околоплодник будет бесцветным, и поэтому зерновки окажутся восприимчивы к грибным заболеваниям.

Ответ: зерновки F1 не будут устойчивыми к повреждению грибами. Возможные генотипы околоплодника: 1) **aa FF bb** или 2) **AA ff bb**.

В. Из зерновок от предыдущего скрещивания вырастили растения и от свободного опыления собрали урожай зерновок F2. Проанализируйте генотипы этих зерновок. Постройте решетку Пеннета для генов **A** и **F**. В решетке обозначьте генотипы материнских и отцовских гамет; в ячейках решетки выпишите генотип зародыша, а также соответствующий ему генотип эндосперма (по два генотипа в одной ячейке!).

Г. На основании таблицы рассчитайте суммарное расщепление среди зерновок F2 по двум признакам: «сахаристости» и устойчивости к патогенам.

Решение.

Как мы уже указывали, генотип зародышей (и взрослых растений) второго поколения будет **Aa Ff Bb**. Для анализа фенотипа зерновок достаточно рассмотреть расщепление и построить решётку Пеннета только для двух генов: **A** и **F** (см. след. страницу). В квадратных скобках дополнительно даны генотипы центральных клеток. Обратите внимание, что центральные клетки всегда гомозиготны по обоим аллелям. Указание генотипа центральной клетки как **Aa FF**, **aa Ff**, **Aa ff** и т.п. (гетерозиготность хотя бы по одному аллелю) считается ошибкой, поскольку это противоречит механизму образования центральной клетки.

В решётке при указании генотипа эндосперма аллели материнского родителя всегда должны «удваиваться». Если «удвоены» аллели отцовского растения, это считается ошибкой. Если не указано, где в решётке находятся генотипы отцовского и материнского растений, баллы также будут снижены.

Жёлтой заливкой в решётке Пеннета показаны те генотипы эндосперма, которые содержат либо три рецессивных аллеля **aaa**, либо три рецессивных аллеля **fff** (или и то, и другое), что соответствует «сахарному» фенотипу (морщинистым зерновкам). Из анализа расщепления видно, что соотношение составляет $\frac{9}{16}$ гладких зерновок к $\frac{7}{16}$ морщинистых зерновок.

Не будет ошибкой указание аллелей всех трёх генов (**A**, **F** и **B**). Тогда таблица приобретёт более громоздкий трудно читаемый вид и затруднит анализ расщепления по фенотипам.

Для анализа признака устойчивости к патогенам, нужно определить, есть ли у материнского растения аллель **B**. Очевидно, что генотип околоплодника будет совпадать с генотипом растений F1, т.е. будет **Aa Ff Bb**. При этом все зерновки второго урожая должны оказаться коричневыми, т.е. устойчивыми к патогенам.

♀ Яйцеклетки [центральные клетки] ▼	♂ Спермии ►				
		AF	Af	aF	af
AF [AA FF]	зародыш: AA FF эндосперм: AAA FFF	зародыш: AA Ff эндосперм: AAA FFf	зародыш: Aa FF эндосперм: AAa FFF	зародыш: Aa Ff эндосперм: AAa FFf	зародыш: Aa ff эндосперм: AAa fff
Af [AA ff]	зародыш: AA Ff эндосперм: AAA Fff	зародыш: AA ff эндосперм: AAA fff	зародыш: Aa Ff эндосперм: AAa Fff	зародыш: Aa ff эндосперм: AAa fff	зародыш: Aa ff эндосперм: AAa fff
aF [aa FF]	зародыш: Aa FF эндосперм: Aaa FFF	зародыш: Aa Ff эндосперм: Aaa FFf	зародыш: aa FF эндосперм: aaa FFF	зародыш: aa Ff эндосперм: Aaa FFf	зародыш: aa ff эндосперм: Aaa FFf
af [aa ff]	зародыш: Aa Ff эндосперм: Aaa Fff	зародыш: Aa ff эндосперм: Aaa fff	зародыш: aa Ff эндосперм: aaa Fff	зародыш: aa ff эндосперм: aaa fff	зародыш: aa ff эндосперм: aaa fff

Ответ: среди зерновок второго урожая все будут устойчивыми к патогенам [грибным заболеваниям], а по признаку «сахаристости» [морщинистые] будет расщепление:

$\frac{9}{16}$ «не сахаристых» [гладких] зерновок к $\frac{7}{16}$ «сахаристых» [морщинистых] зерновок.

Приложение. Вариант решётки Пенетта для трёх генов. В верхней строке – генотипы спермиев, в столбце – генотипы яйцеклеток, в квадратных скобках – генотипы центральных клеток. В каждой ячейке сверху – генотип зародыша, снизу – генотип эндосперма. Жёлтой заливкой показаны «сахаристые» [морщинистые] зерновки.

▼♀\♂►	AFB	AFb	AfB	Afb	aFB	aFb	afB	afb
AFB [AA FF BB]	AA FF BB AAA FFF BBB	AA FF Bb AAA FFF Bbb	AA Ff BB AAA Ff BBB	AA Ff Bb AAA Ff Bbb	Aa FF BB AAa FFF BBB	Aa FF Bb AAa FFF Bbb	Aa Ff BB AAa Ff BBB	Aa Ff Bb AAa Ff Bbb
AFb [AA FF bb]	AA FF Bb AAA FFF Bbb	AA FF bb AAA FFF bbb	AA Ff Bb AAA Ff Bbb	AA Ff bb AAA Ff bbb	Aa FF Bb AAa FFF Bbb	Aa FF bb AAa FFF bbb	Aa Ff Bb AAa Ff Bbb	Aa Ff bb AAa Ff bbb
AfB [AA ff BB]	AA Ff BB AAA Ff BBB	AA Ff Bb AAA Ff Bbb	AA ff BB AAA ff BBB	AA ff Bb AAA ff Bbb	Aa Ff BB AAa Ff BBB	Aa Ff Bb AAa Ff Bbb	Aa ff BB AAa ff BBB	Aa ff Bb AAa ff Bbb
Afb [AA ff bb]	AA Ff Bb AAA Ff Bbb	AA Ff bb AAA Ff bbb	AA ff Bb AAA ff Bbb	AA ff bb AAA ff bbb	Aa Ff Bb AAa Ff Bbb	Aa Ff bb AAa Ff bbb	Aa ff Bb AAa ff Bbb	Aa ff bb AAa ff bbb
aFB [aa FF BB]	Aa FF BB Aaa FFF BBB	Aa FF Bb Aaa FFF Bbb	Aa Ff BB Aaa Ff BBB	Aa Ff Bb Aaa Ff Bbb	aa FF BB aaa FFF BBB	aa FF Bb aaa FFF Bbb	aa Ff BB aaa Ff BBB	aa Ff Bb aaa Ff Bbb
aFb [aa FF bb]	Aa FF Bb Aaa FFF Bbb	Aa FF bb Aaa FFF bbb	Aa Ff Bb Aaa Ff Bbb	Aa Ff bb Aaa Ff bbb	aa FF Bb aaa FFF Bbb	aa FF bb aaa FFF bbb	aa Ff Bb aaa Ff Bbb	aa Ff bb aaa Ff bbb
afB [aa ff BB]	Aa Ff BB Aaa Ff BBB	Aa Ff Bb Aaa Ff Bbb	AA ff BB Aaa ff BBB	Aa ff Bb Aaa ff Bbb	aa Ff BB aaa Ff BBB	aa Ff Bb aaa Ff Bbb	aa ff BB aaa ff BBB	aa ff Bb aaa ff Bbb
afb [aa ff bb]	Aa Ff Bb Aaa Ff Bbb	Aa Ff bb Aaa Ff bbb	Aa ff Bb Aaa ff Bbb	Aa ff bb Aaa ff bbb	aa Ff Bb aaa Ff Bbb	aa Ff bb aaa Ff bbb	aa ff Bb aaa ff Bbb	aa ff bb aaa ff bbb



2015/2016 учебный год
КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЁРОВ¹

олимпиады школьников
«ЛОМОНОСОВ»
по биологии
10-11 классы

ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ:

*От **80** баллов включительно и выше.*

ПРИЗЁР:

*От **45** баллов до **79** баллов включительно.*

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

ПОБЕДИТЕЛЬ (диплом I степени):

*От **85** баллов включительно и выше.*

ПРИЗЁР (диплом II степени):

*От **75** баллов до **84** баллов включительно.*

ПРИЗЁР (диплом III степени):

*От **70** баллов до **74** баллов включительно.*

¹ Утверждены на заседании жюри олимпиады школьников «Ломоносов» по биологии