

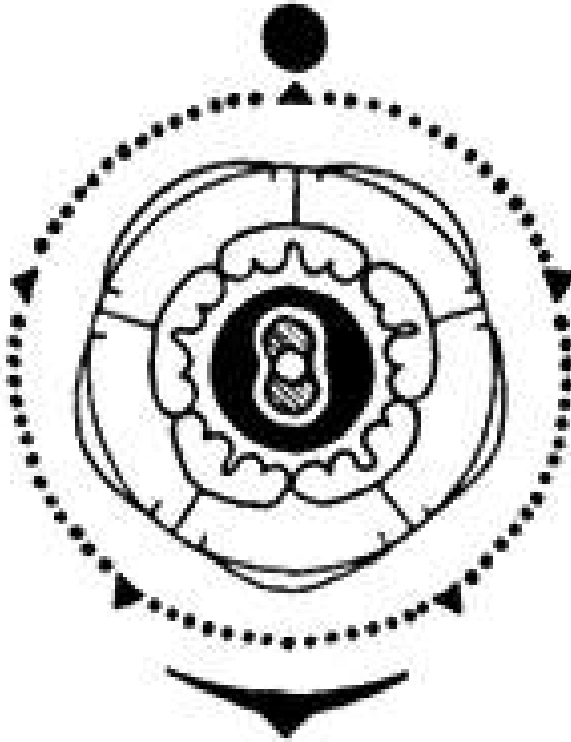
ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!»

БИОЛОГИЯ

10-11 классы

Тестовые вопросы (1 балл за правильный ответ).

1-1. Какой плод развивается из цветка, диаграмма которого представлена на рисунке:



1. ягода;
2. орешек;
3. семянка;
4. листовка.

2-1. Питательные вещества по флоэме транспортируются:

1. только вниз;
2. только вверх;
3. от органа – донора питательных веществ к органу – акцептору;
4. вверх или вниз в зависимости от корневого давления.

3-1. В клетке мякоти зрелого плода рябины под микроскопом можно увидеть следующие пластиды:

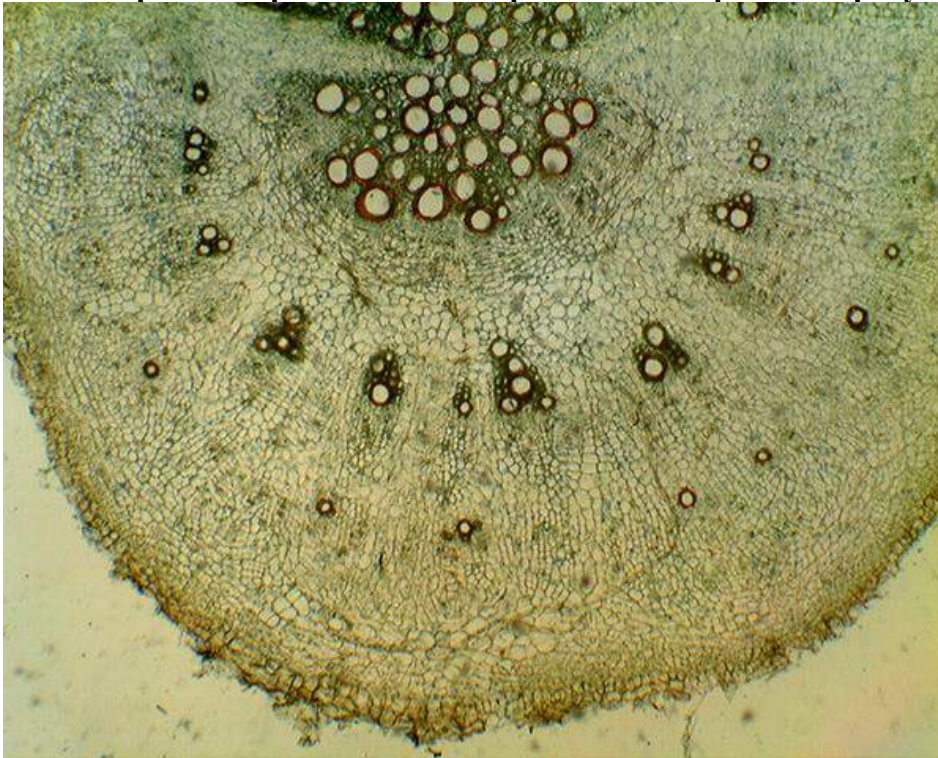
1. хромопласты;
2. хромопласты и лейкопласты;
3. хромопласты и хлоропласты;
4. хромопласты, лейкопласты и хлоропласты.

4-1. Видоизменением каких органов являются кувшинчики растения, изображенного на фотографии:



1. стебля;
2. листа;
3. прилистников;
4. черешка.

5-1. Поперечный срез какой части растения изображен на рисунке?



1. стебель;
2. лист;
3. корень;
4. плод.

6-1. животное, изображенное на фотографии, скорее всего обитает:



1. в пустыне;
2. в полупустыне;
3. в лесу;
4. в тундре.

7-1. Какое животное построило домик, изображенный на фотографии.



1. шалашник;
2. общественная оса;
3. ткач;
4. городская ласточка.

8-1. Какие усики (сяжки) у насекомого, представленного на фотографии:



1. щетинковидные;
2. нитевидные;
3. булабовидные;
4. гребенчатые.

9-1. Какое из перечисленных животных относится к брюхоногим моллюскам?

1. морской гребешок;
2. морской черенок;
3. морской молоток;
4. морское ушко.

10-1. Может ли личинка насекомого отличаться от имаго по типу ротового аппарата?

1. нет, не может;
2. да, может у насекомых с неполным превращением;
3. да, может у насекомых с полным превращением;
4. да, может у насекомых с полным и неполным превращением

11-1. У какого животного есть ключица в поясе передних конечностей:

1. гепарда;
2. лошади;
3. горицлы;
4. кабана.

12-1. Для симпатических эффектов характерно:

1. скудное слюноотделение;
2. обильное слюноотделение;
3. сужение бронхов и усиление секреции слизи;
4. сужение зрачка.

13-1. Масса эритроцита равна примерно:

1. 100 миллиграммов;
2. 100 микрограммов;
3. 100 нанограммов;
4. 100 пикограммов.

14-1. Человек при спокойном дыхании (например, йог во время медитации) за сутки вдыхает и выдыхает около:

1. 100 000 л воздуха;
2. 10 000 л воздуха;
3. 1 000 л воздуха;
4. 100 л воздуха.

15-1. Рецептором, который в ответ на специфический сигнал (стимул), отвечает гиперполяризацией клеточной мембраны является:

1. волосковая клетка улитки внутреннего уха;
2. обонятельный рецептор в носовой полости;
3. вкусовой рецептор языка;
4. колбочка в сетчатке глаза.

16-1. Выберите правильную «цепочку» из приведенных ниже:

1. тиролиберин – адренкортикотропный гормон – тестостерон;
2. тиролиберин – тиреотропный гормон – адреналин;
3. тиролиберин – тиреотропный гормон – инсулин;
4. тиролиберин – тиреотропный гормон – тироксин.

17-1. Линейным гомополимером является:

1. гликоген;
2. крахмал;
3. целлюлоза
4. глютен.

18-1. Бета-слой в белках формируется за счёт образования:

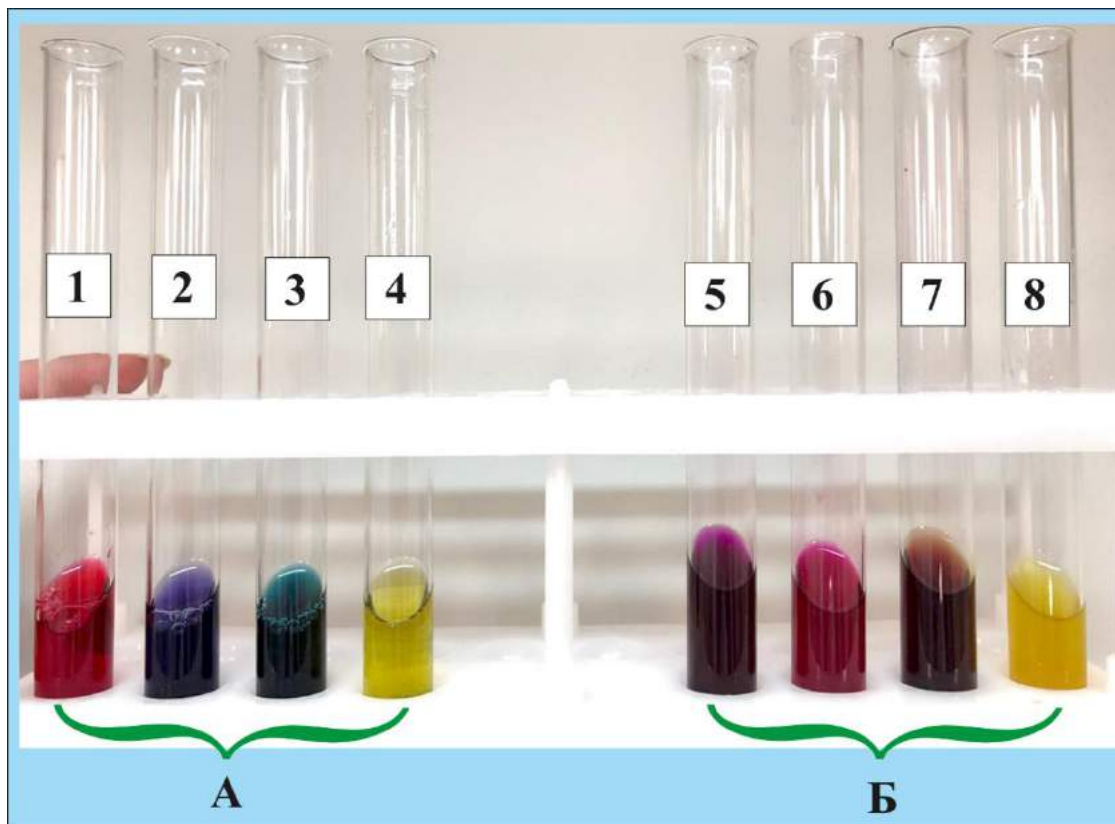
1. ионных связей;
2. водородных связей;
3. гидрофобных взаимодействий;
4. ковалентных связей.

19-1. Из перечисленных белков выберите тот, который выполняет структурную функцию:

1. гемоглобин;
2. лизоцим;
3. трипсин;
4. коллаген.

Вопросы с развернутым ответом.

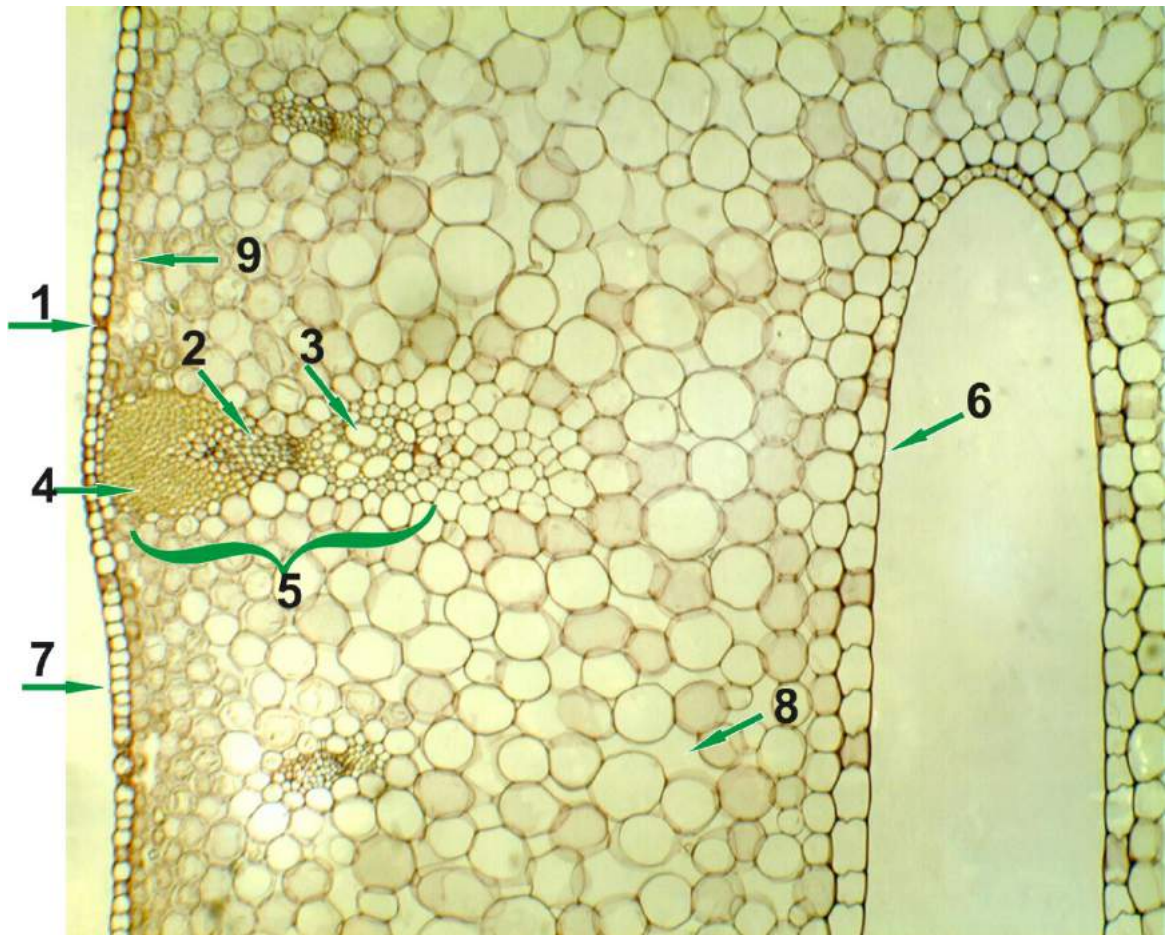
Вопрос 21. На фотографии представлены результаты опыта по экстракции пигментов. Внесите в таблицу название пигментов ряда А (1-4 пробирки) и ряда Б (5-8 пробирки). Определите РН среды в каждой пробирке. Ответы внесите в таблицу.



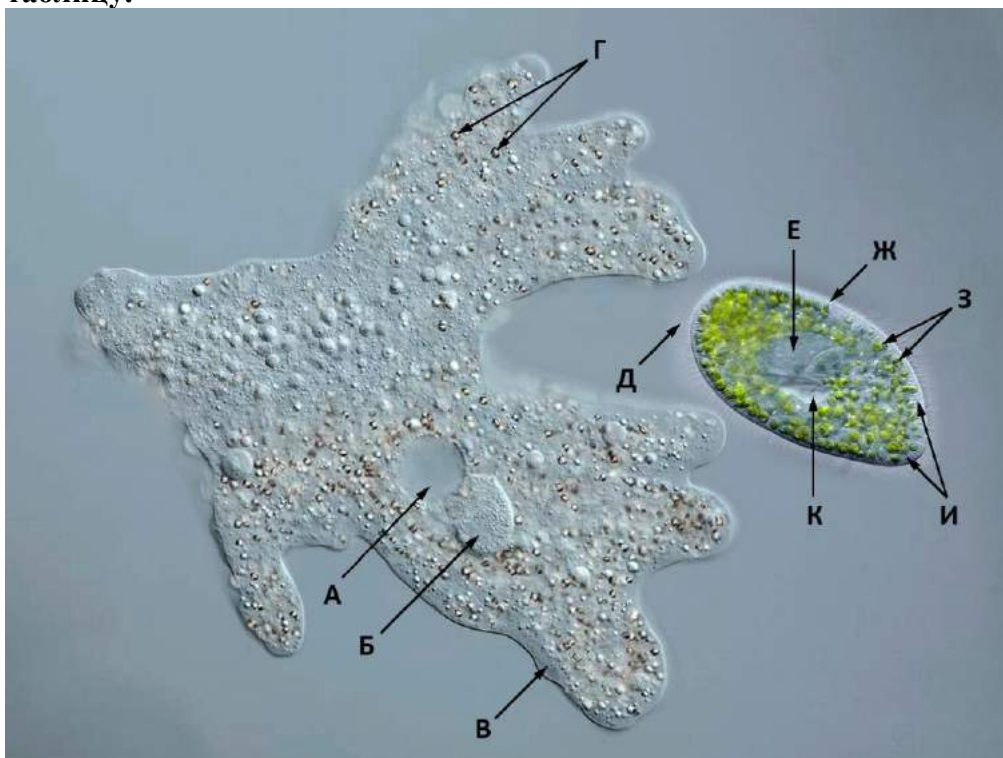
Название пигментов серии А	<i>антоцианы</i>							
Название пигментов серии Б	<i>беталаины</i>							
Кислотность среды РН	1	2	3	4	5	6	7	8
	РН 5	РН 7	РН 7,5	РН 9	РН 5	РН 7	РН 7,5	РН 9

Вопрос 22. Какие структуры соответствуют цифрам на фотографии. Ответ внесите в таблицу. Срез какой часть растения представлен на фотографии?

Цифра на фотографии	<i>Название ткани или элемента ткани</i>
1	<i>устьице</i>
2	<i>элементы флоэмы</i>
3	<i>сосуды ксилемы</i>
4	<i>склеренхима</i>
5	<i>закрытый сосудисто-волокнистый пучок</i>
6	<i>верхний эпидермис</i>
7	<i>нижний эпидермис</i>
8	<i>межклетник</i>
9	<i>ассимиляционная ткань</i>
Часть растения	<i>лист</i>



Вопрос 23. Определите, какие структуры изображены на фотографии. Заполните таблицу.



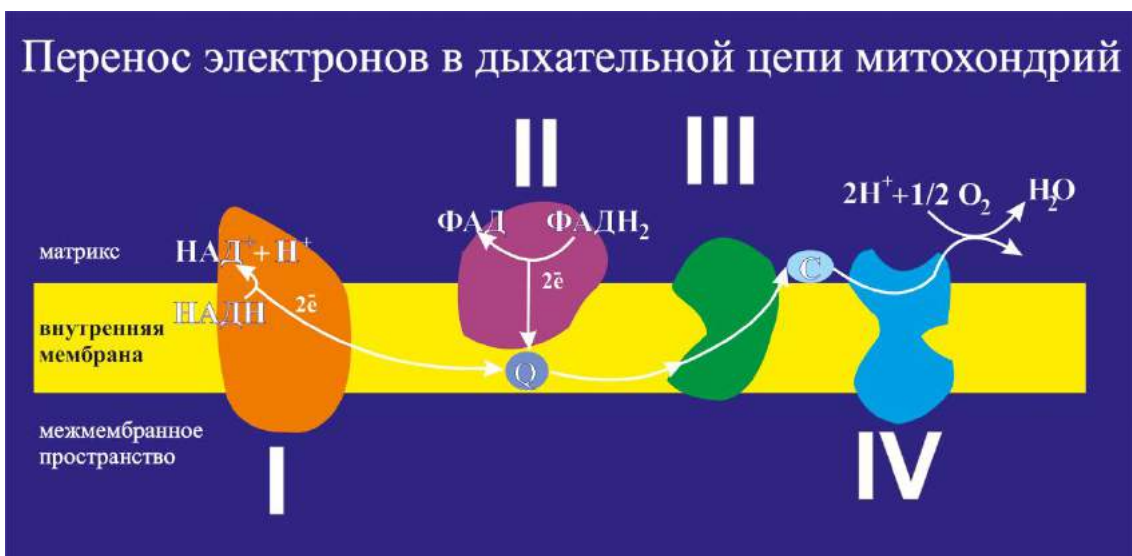
Буквенное обозначение	Название структуры
А	
Б	
В	
Г	
Д	
Е	
Ж	
З	
И	
К	

Ответ:

Буквенное обозначение	Название структуры
А	сократительная вакуоль
Б	ядро
В	эктоплазма
Г	включения
Д	реснички
Е	ядро
Ж	пелликула
З	автотрофные симбионты
И	трихоцисты
К	клеточный рот

Вопрос 24. В процессе клеточного дыхания через кофермент-Q (убихинон) и цитохром с в дыхательной цепи митохондрий прошло по 10 молей электронов.

- А.** Сколько молей воды при этом образовалось?
Б. Сколько молей пирувата (пировиноградной кислоты) при этом окислилось?



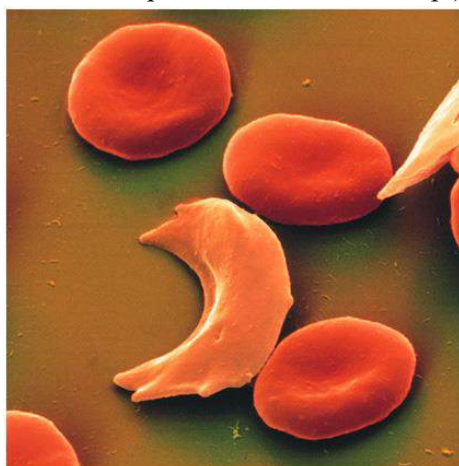
Ответ: 5 молей воды и 1 моль пирувата

В дыхательную цепь митохондрий электроны поступают при окислении НАДН или ФАДН₂. Окисление 1 моля каждого из этих динуклеотидов обеспечивает «поступление» в дыхательную цепь 2 молей электронов. Эти электроны «идут» на восстановление кислорода с образованием воды. Один моль воды образуется при связывании кислородом 2 молей электронов. Переносчик электронов кофермент-Q «транспортирует» их от I комплекса дыхательной цепи (НАДН-дегидрогеназы) или от II комплекса дыхательной цепи (сукцинатдегидрогеназы) к III комплексу (цитохромы *bc1*), а цитохром *c* – от III комплекса дыхательной цепи (цитохромы *bc1*) к IV комплексу (цитохром-*c*-оксидазе), которая передает их на кислород. Таким образом, по этим переносчикам последовательно проходят одни и те же электроны. Итак, 10 молей электронов обеспечат образование 5 молей воды.

В процессе окисления 1 моля пирувата в митохондриях образуется 4 моля НАДН (1 моль при декарбоксилировании пирувата и образовании ацетил-кофермента-А и 3 моля в цикле Кребса) и 1 моль ФАДН₂ (в цикле Кребса). Как говорилось выше, окисление 1 моля каждого из этих динуклеотидов обеспечивает «поступление» в дыхательную цепь 2 молей электронов. Следовательно, 10 молей электронов поступает в дыхательную цепь при окислении 1 моля пирувата.

Вопрос 25.

Серповидноклеточная анемия – тяжелое заболевание, вызываемое мутацией в гене **HBB**, отвечающем за биосинтез гемоглобина. При этом вместо нормального гемоглобина А в эритроцитах синтезируется гемоглобин S с особыми свойствами: в условиях недостатка кислорода он может кристаллизоваться, причем образуются длинные надмолекулярные комплексы гемоглобина. Эритроциты приобретают серповидную форму, что ухудшает кровоток в капиллярах (серповидные эритроциты могут их закупоривать). В результате человек чувствует усталость, возможны отеки, возрастает риск инфекции в детском возрасте, хуже работают капилляры печени, почек, головного мозга и т.д. У гетерозигот в эритроцитах есть как гемоглобин А, так и гемоглобин S, и симптомы анемии проявляются только при крайних физиологических обстоятельствах (перепад температур, подъем в горы, обезвоживание и др.).

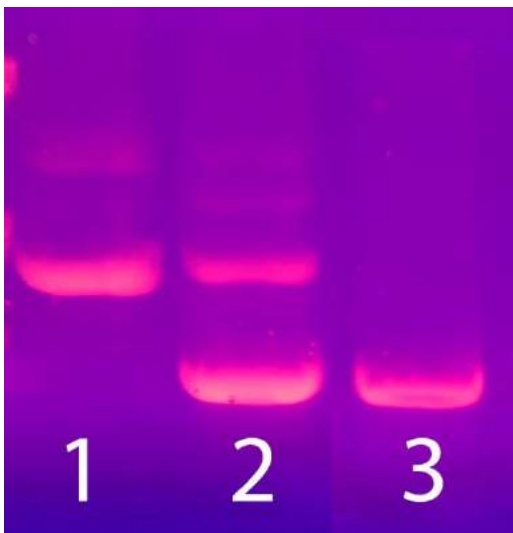


Серповидный эритроцит в окружении нормальных эритроцитов

Мутантный аллель получил распространение в местах, где люди часто болеют малярией. При этом эритроциты, содержащие гемоглобин S, слабо поражаются малярийными плазмодиями, т. е. больные серповидноклеточной анемией и носители (гетерозиготы) почти не болеют малярией.

Ученые давно ведут наблюдение за племенем мумбо-юмбо, обитающем по болотистым берегам Грандибара. Традиционны внутриплеменные браки. По достижении определенного возраста каждый житель должен вступить в брак, выбрав супруга из соседней деревни, но обязательно из того же самого племени. По данным медиков среди взрослого населения всегда есть как здоровые люди, так и носители серповидноклеточной анемии, причем соотношение между больными и носителями вот уже на протяжении более чем 100 лет сохраняется постоянным. Смертность в племени мумбо-юмбо довольно высока. От анемии умирает 208 человек на тысячу новорожденных, причем чаще всего – в раннем детском возрасте.

В XXI веке всех мумбо-юмбийцев обследовали с применением современных молекулярных методов. После применения ПЦР-анализа с выявлением молекулярных маркеров серповидноклеточной анемии оказалось, что среди взрослых (достигших брачного возраста) 3024 человека являются носителями, и при этом у всех ПЦР-анализ выявляет два маркера разной длины (см. рис.2). Здоровых среди взрослых мумбо-юмбийцев оказалось 756 человек, причем у них всегда обнаруживался только один маркер с большей длиной (см. рис. 1). Наличие одного короткого маркера удалось обнаружить только среди детей, которые были больны серповидноклеточной анемией (рис. 3).



1. Определите частоту встречаемости аллелей среди взрослой части популяции в мумбо-юмбо.
2. Опираясь на закон Харди-Вайнберга, рассчитайте долю гомозигот по нормальному аллелю, гомозигот по мутантному аллелю и гетерозигот среди новорожденных в первом поколении.
3. Вычислите смертность от малярии в племени мумбо-юмбо.
4. Рассчитайте долю гомозигот по нормальному аллелю, гомозигот по мутантному аллелю и гетерозигот среди новорожденных для второго поколения.
5. Правительство Грандибарии решило вылечить всех больных малярией, осушить Великие Грандибарские Болота и истребить всех малярийных комаров. Рассчитайте долю гомозигот по нормальному аллелю, гомозигот по мутантному аллелю и гетерозигот среди новорожденных в первом поколении после реализации правительственной программы по борьбе с малярией.
6. Каким будет соотношение генотипов среди новорожденных во втором поколении?
7. Рассчитайте смертность от анемии для второго поколения.

Для простоты расчетов примите, что смерть в детском возрасте может произойти либо от малярии, либо от серповидноклеточной анемии. В дальнейшем – смерть от старости. Ген **HBB** обозначьте как **A**, а его мутантный аллель – как **a**. Ген не сцеплен с полом.

ОТВЕТ:

Решение

Обозначим мутантный аллель как **a**, а нормальный аллель (дикого типа) – как **A**. Очевидно, что длинный маркер (рис. 1) соответствует гомозиготам **AA** (здоровые люди). Короткий маркер (рис. 3) соответствует гомозиготам по мутантному аллелю **aa**. Поскольку в условии сказано, что только короткий маркер встречается только среди детей, то можно принять, что гомозиготы **aa** не доживают до возраста вступления в брак. Люди, у которых выявляются оба маркера (рис. 2) – это гетерозиготы **Aa**.

1. Частота встречаемости аллелей среди взрослых

Пусть частота встречаемости аллеля **a** равна **p**, а частота встречаемости аллеля **A** равна **q**. Так как соотношение между здоровыми и носителями и больными постоянно, популяция находится в состоянии равновесия, и частоты аллелей не изменяются. Оценим частоты каждого из аллелей.

$$p = \frac{1}{2} N_{Aa} : (N_{Aa} + N_{AA}) = \frac{1}{2} \times 3024 : (3024 + 756) = 1512 : 3780 = 0,4$$

$$q = (\frac{1}{2}N_{Aa} + N_{AA}) : (N_{Aa} + N_{AA}) = (\frac{1}{2} \times 3024 + 756) : (3024 + 756) = 2268 : 3780 = 0,6$$

где N_{AA} и N_{Aa} – число человек с соответствующим генотипом в популяции.

Отметим, что $p + q$ в данном случае должно быть равно 1, что служит дополнительной проверкой правильности расчетов.

Ответ 1. Частота встречаемости мутантного аллеля **a** составляет 0,4 (40%), частота встречаемости аллеля **A** – 0,6 (60%).

2. Соотношение в первом поколении среди новорожденных

Среди новорожденных генотип **aa** будет встречаться с частотой $p^2 = (0,4)^2 = 0,16$

генотип **Aa** – с частотой $2pq = 2 \times 0,4 \times 0,6 = 0,48$

и генотип **AA** – с частотой $q^2 = (0,6)^2 = 0,36$

Ответ 2: В первом поколении среди новорожденных доля гомозигот **aa** по мутантному аллелю составит 16%, гомозигот **AA** по нормальному аллелю – 36%, и доля гетерозигот **Aa** – 48%.

3. Смертность от малярии

Поскольку ни одна гомозигота **aa** не доживает до брачного возраста, можно считать, что вклад этих гомозигот в смертность от серповидноклеточной анемии составит 16%, или 160 человек на тысячу населения. Однако в условии сказано, что смертность от анемии составляет 208 человек на тысячу. Это означает, что гетерозиготы **Aa** также могут умирать от анемии до вступления в брак. Их вклад составит $208 - 160 = 48$ человек на тысячу. Если учесть, что среди новорожденных на тысячу приходится 48% (480 на тысячу) гетерозигот **Aa**, это будет означать, что 90% (0,9) из них доживают до брачного возраста.

Воспользуемся этим расчетом для вычисления смертности от малярии. Пусть **v** - коэффициент выживаемости гомозигот **AA**. Поскольку известно, что пропорция между больными, носителями и

здоровыми в ряду поколений остается постоянной, можно считать, что популяция находится в состоянии равновесия, т.е. частоты аллелей должны оставаться неизменными.

Для удобства вычислений оценим смертность от малярии через частоту аллеля a (хотя можно провести аналогичные вычисления для аллеля A , но это окажется более громоздким).

С одной стороны, как мы только что показали, $p = 0,4$

С другой стороны, для взрослой части популяции (с учетом смертности):

$$p = \frac{1}{2} \times 0,9 \times 2pq : (0,9 \times 2pq + v \times q^2) = 0,9 \times p : (0,9 \times 2p + v \times q)$$

Отсюда

$$1 = 0,9 : (0,9 \times 2p + v \times q)$$

$$0,9 \times 2p + v \times q = 0,9$$

Теперь подставив численные значения для p и q , найдем v :

$$0,9 \times 2 \times 0,4 + v \times 0,6 = 0,9$$

$$v \times 0,6 = 0,9 - 0,72$$

$$v = 0,18 : 0,6$$

$$v = 0,3$$

Таким образом, для сохранения равновесия частот аллелей в популяции необходимо, чтобы до брачного возраста доживало 30% здоровых людей (генотип AA). Смертность от малярии среди них составит 70%.

Вклад малярии в общую смертность в популяции мумбо-юмбо составит $0,7q^2$,

т. е. $0,7 \times 0,6^2 = 0,7 \times 0,36 = 0,252$ или 252 человека на тысячу.

Ответ 3. Смертность от малярии составляет 252 человека на тысячу населения.

4. Соотношение во втором поколении среди новорожденных

Поскольку популяция находится в равновесии, то доля генотипов среди новорожденных будет такой же, как и в первом поколении.

Ответ 4: Во втором поколении среди новорожденных доля гомозигот aa по мутантному аллелю составит 16%, гомозигот AA по нормальному аллелю – 36%, и доля гетерозигот Aa – 48%.

5. Соотношение в первом поколении среди взрослых после излечения от малярии

Поскольку после реализации правительственной программы Грандибарии произойдет полное истребление малярийных комаров и излечение всех больных малярией, смертность от малярии станет равной нулю, но смертность от серповидноклеточной анемии сохранится.

Тогда в первом поколении при рождении будет:

доля aa – 16%,

доля AA – 36%,

и доля Aa – 48%.

Генотип aa летален, а среди Aa выживают только 90% (коэффициент выживания – 0,9).

Поэтому к брачному возрасту доля носителей серповидноклеточной анемии с генотипом Aa составит

$$0,48 \times 0,9 : (0,48 \times 0,9 + 0,36) = 0,432 : (0,432 + 0,36) = 0,432 : 0,792 \approx 0,5455 \text{ (54,55\%)}$$

Доля здоровых людей с генотипом AA среди взрослых составит $1 - 0,5455 = 0,4545$ (45,45%).

Ответ 5: В первом поколении среди взрослых доля гомозигот AA по нормальному аллелю приблизительно равна 45,45%, и доля гетерозигот Aa – 54,55%.

6. Соотношение во втором поколении среди взрослых после излечения от малярии

Очевидно, что популяция вышла из состояния равновесия. Для расчета новых частот воспользуемся формулами

$$p_1 = \frac{1}{2} M_{Aa} = \frac{1}{2} \times 0,5455 = 0,27275$$

$$q_1 = \frac{1}{2} M_{Aa} + M_{AA} = \frac{1}{2} \times 0,5455 + 0,4545 = 0,72725$$

где M_{Aa} и M_{AA} – частоты (доли) соответствующих генотипов среди взрослых в первом поколении после истребления малярии.

Тогда во втором поколении при рождении будет:

$$\text{доля } aa = p_1^2 = 0,27275^2 \approx 0,0744;$$

$$\text{доля } AA = q_1^2 = 0,72725^2 \approx 0,5289;$$

$$\text{и доля } Aa = 2p_1q_1 = 2 \times 0,27275 \times 0,72725 \approx 0,3967$$

Ответ 6: Во втором поколении среди новорожденных доля гомозигот AA по нормальному аллелю приблизительно равна 52,89%, и доля гетерозигот Aa – 39,67%, а доля гомозигот aa – 7,44%.

7. Расчет смертности от серповидноклеточной анемии во втором поколении после истребления малярии

Если принять, что по-прежнему все гомозиготы aa умирают в раннем возрасте, то их вклад в смертность от анемии составит 7,44%. Кроме того, умрет 10% гетерозигот Aa , т.е. еще приблизительно 3,97%. Итого смертность от серповидноклеточной анемии составит 11,41%, или 114 человек на тысячу населения.

Ответ 7. Смертность от серповидноклеточной анемии во втором поколении после истребления малярии составит 114 человек на тысячу населения.

Комментарий

Очевидно, что мутация, приводящая к серповидноклеточной анемии летальна в гомозиготе, и, кроме того, повышает риск смерти у гетерозигот-носителей при стрессах. Тем не менее, высокий риск умереть от малярии поддерживает на определенном уровне долю мутантного аллеля в популяции. Происходит отбор против обеих гомозигот (в пользу гетерозигот). Если в начале нашего вычислительного эксперимента в состоянии равновесия гетерозиготы в популяции преобладали, то после исцеления от малярии оказалось, что их доля в популяции уже ко второму поколению упала и стала меньше половины. В целом уменьшилась и смертность. Если в начале малярия и анемия суммарно уносили жизни 460 детей, то после принятых мер борьбы с малярией смертность в целом снизилась во втором поколении более, чем в 4 раза, и будет продолжать снижаться от поколения к поколению (проверьте самостоятельно). Соответственно доля мутантного аллеля в популяции будет падать, поскольку теперь отбор работает против любых носителей мутации – и гомозигот, и (частично) гетерозигот.