

Заочный тур олимпиады «Покори Воробьёвы Горы» по биологии 2012/13 года.

10-11 класс

Задание 1. При болезни Паркинсона в отделе мозга под названием «черная субстанция» существенно увеличивается концентрация активных форм кислорода, которые способны модифицировать ДНК и таким образом вызывать мутации. Объясните, пожалуйста, почему количество дефектных (мутантных) белков, кодируемых геномом митохондрий, в «черной субстанции» значительно больше, чем белков, кодируемых ядерным геномом.

Ответ. (25 баллов)

Причины этого кроются в различиях ядерного и митохондриального геномов. Ядерный геном диплоидный, в тоже время в клетке существует большое число митохондрий (около 1000) несущих независимо существующие копии митохондриальной ДНК. Поэтому мутации в геноме одних митохондрий не приводят к нарушению функционирования других (клетка сохраняет нормальную жизнеспособность при повреждении 10% митохондрий), а мутантные белки в повреждённых митохондриях накапливаются. Повреждение же ядерных генов часто приводит к гибели клетки, а следовательно, мутантные белки не будут накапливаться.

Важным фактором является то, что в ядре лишь около 2% ДНК кодирует белки, то есть вероятность попадания мутации в белок равна приблизительно 1/50. В митохондриях же эта вероятность более 50%, так как почти вся ДНК в них кодирует белки или РНК.

В митохондриях система репарации имеет более низкую эффективность, чем в ядре клетки, в связи с этим больше вероятность фиксации мутаций.

Задание 2. По мнению некоторых исследователей, на задних конечностях современных амфибий насчитывается не по пять, а по шесть пальцев. Дополнительный палец образует так называемый внутренний пяточный бугор. Он хорошо выражен у жаб и чесночниц и слабее развит у лягушек. Как вы думаете, для чего может быть полезен лишний палец этим животным?

Ответ: (15 баллов)

У ископаемых амфибий известны конечности с более чем пятью пальцами. Шестой палец у современных амфибий, на самом деле предпервый палец -хрящевой. Он образует внутренний пяточный бугор – своеобразный каблучок на пятке для упора о твёрдую поверхность при хождении. Поэтому он сильнее выражен у более сухопутных обитателей, таких как жабы и чесночницы. При плавании в воде, как например у лягушек, он не нужен. Кроме того, крупный пяточный бугор используется амфибиями при рытье нор задними конечностями, например у чесночниц и их североамериканских аналогов - лопатоногов. Закапываются они при этом задом наперёд.

Задание 3. В практике сельского хозяйства для повышения урожайности перед посевом озимой ржи на новом поле первые два года сажают клевер, а непосредственно в год перед посевом поле перепахивается и ничем не засеивается. В чем смысл подобной смены культур. Изменится ли скорость роста клевера на данном поле, если его не перепахивать и оставить под этой культурой в течение нескольких лет.

Ответ: (20 баллов)

У клевера, как и у других бобовых, на корнях имеются клубеньки, в которых обитают симбиотические азотфиксирующие бактерии. Поэтому выращивание клевера обогащает почву азотом. Перепахивание участка в год перед посевом ржи приводит к тому, что

зелёная масса клевера попадает в почву и там перегнивает, дополнительно обогащая её. Кроме того, это запахивание уменьшает количество сорняков, растущих на поле. Если клевер оставить на поле на большой срок, произойдёт его вытеснение другими растениями. Дело в том, что бобовые затрачивают на азотфиксацию значительную часть энергии, полученной ими в результате фотосинтеза. Пока в почве мало азота, они имеют явное преимущество перед другими растениями. Как только за счёт деятельности клевера почва обогатится азотом, другие растения, например, злаки, не затрачивающие энергию на азотфиксацию и поэтому быстрее растущие, начнут вытеснять клевер.

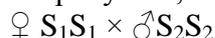
Задание 4. У растений дикой капусты при самоопылении семена не завязываются. За это отвечает генетический локус S , представленный в популяции несколькими аллелями ($S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ и т.д.). Если хотя бы один аллель отцовского и материнского растения совпадают, опыление не происходит. Какое минимальное число аллелей должно присутствовать в популяции дикой капусты для её успешного существования? Какое минимальное число семян должно попасть на новый участок, чтобы дикая капуста там размножилась? Обозначив аллели номерами, рассчитайте равновесное соотношение, которое при этом установится в популяции.

Решение. (40 баллов)

Согласно условию, для того, чтобы завязались семена, необходимо, чтобы ни один из аллелей материнского и отцовского растения не совпадали. Каждое растение несёт по два аллеля S .

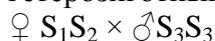
Одного аллеля S_1 явно недостаточно, поскольку тогда он будет совпадать у материнского и отцовского растений, и семян при скрещивании не получится.

1. Предположим, что в популяции есть два аллеля. Тогда для образования семян потребуется, чтобы материнское и отцовское растение были гомозиготами:



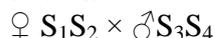
Оставив в стороне вопрос о том, как могли образоваться гомозиготы, рассмотрим первое поколение. Оно будет представлено гетерозиготами S_1S_2 . Поскольку все аллели совпадают, то нельзя подобрать ни одной пары растений, чтобы они могли образовать плодовитое потомство. Таким образом, двух аллелей (S_1 и S_2) также недостаточно для устойчивого существования популяции.

2. Рассмотрим вариант скрещивания, если в популяции есть три аллеля: один из родителей гетерозиготный, а второй – гомозиготный.



В первом поколении будет расщепление по генотипам: $1 S_1S_3 : 1 S_2S_3$. Обратим внимание, что у всех потомков этого скрещивания присутствует аллель S_3 , а по условию, если хотя бы один из аллелей у растений совпадает, они не дадут семян. Таким образом, и для трёх аллелей во втором поколении невозможно подобрать пару растений, которым смогли бы дать семена. Трёх аллелей для устойчивого существования популяции также недостаточно.

3. Увеличим число аллелей до 4. Тогда оба родителя должны быть гетерозиготными.



F1:

Генотипы гамет	S_3	S_4
S_1	S_1S_3	S_1S_4
S_2	S_2S_3	S_2S_4

В первом поколении будет наблюдаться расщепление по генотипам 1 S_1S_3 : 1 S_1S_4 : 1 S_2S_3 : 1 S_2S_4 . Теперь в первом поколении можно подобрать пары растений, которые при скрещивании дадут семена (они расположены по диагоналям решётки): а) S_1S_3 и S_2S_4 или б) S_2S_3 и S_1S_4 .

Заметим, что в первом поколении частота встречаемости каждого аллеля – 25%.

Теперь рассмотрим второе поколение, которое возникает в двух вариантах скрещивания.

а) Скрещивание ♀ $S_1S_3 \times \text{♂} S_2S_4$ даст в потомстве расщепление по генотипам 1 S_1S_2 : 1 S_1S_4 : 1 S_2S_3 : 1 S_3S_4 .

б) Скрещивание ♀ $S_2S_3 \times \text{♂} S_1S_4$ даст в потомстве расщепление по генотипам 1 S_1S_2 : 1 S_2S_4 : 1 S_1S_3 : 1 S_3S_4 .

В обоих вариантах частота встречаемости каждого из аллелей оказалась равной 25%.

Обратим внимание, что уже во втором поколении получились потомки со всеми возможными парными сочетаниями аллелей, за исключением гомозигот, 6 генотипов

Теперь рассмотрим, какие пары растений среди потомков F2 смогут скрещиваться с образованием семян. Число таких пар очень ограничено. Более того, все варианты скрещиваний мы уже рассмотрели в предыдущих примерах.

	S_1S_2	S_1S_3	S_1S_4	S_2S_3	S_2S_4	S_3S_4
S_1S_2	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	1 S_1S_3 : 1 S_1S_4 : 1 S_2S_3 : 1 S_2S_4
S_1S_3	Нет	Нет	Нет	Нет	1 S_1S_2 : 1 S_1S_4 : 1 S_2S_3 : 1 S_3S_4	Нет
S_1S_4	Нет	Нет	Нет	1 S_1S_2 : 1 S_2S_4 : 1 S_1S_3 : 1 S_3S_4	Нет	Нет
S_2S_3	Нет	Нет	1 S_1S_2 : 1 S_2S_4 : 1 S_1S_3 : 1 S_3S_4	Нет	Нет	Нет
S_2S_4	Нет	1 S_1S_2 : 1 S_1S_4 : 1 S_2S_3 : 1 S_3S_4	Нет	Нет	Нет	Нет
S_3S_4	1 S_1S_3 : 1 S_1S_4 : 1 S_2S_3 : 1 S_2S_4	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

Таким образом, 4 – минимальное число аллелей, при котором популяция дикой капусты может устойчиво воспроизводиться. Для заселения нового участка на него должно попасть не менее 2 семян гетерозиготных растений, у которых ни один из аллелей не совпадает. Варианты сочетаний аллелей, при которых возможно образование семян – см. таблицу. Частота встречаемости аллелей в этой системе со временем не изменяется и равна 25% (равновесная частота). Все возможные генотипы будут присутствовать в равновесной популяции в равных количествах, т.е. встречаться с частотой 1/6, или 16,7%

Возможен немного другой подход к решению. Т.к. родительские растения не могут иметь одинаковых аллелей, при опылении у дикой капусты не может возникать гомозигот. Все растения несут два разных аллеля. В случае если в популяции имеется три аллеля, возможны три разных генотипа, у родителей будет совпадать хотя бы один аллель, и опыление не произойдёт ($S_1S_3 \times S_2S_3$, $S_1S_2 \times S_2S_3$; $S_1S_2 \times S_1S_3$). Если имеются два растения с несовпадающими аллелями, т.е. в популяции 4 аллеля S, решение далее как в пункте 3 первого варианта решения.