

3-й этап с ответами

Вопрос 1.

Многие бабочки (имитаторы) мимикрируют под другие виды (модели), часто ядовитые или невкусные. При этом самки одного вида нередко подражают нескольким разным моделям, которые различаются по окраске и/или форме крыльев. Самцы того же вида либо вообще не мимикрируют, либо все подражают одной модели. С чем это может быть связано? Предложите как можно больше вариантов объяснения.

Ответ

1. По каким-то причинам хищники (чаще) охотятся на самок и не охотятся (или реже охотятся, менее успешно охотятся) на самцов. Например, самцы более скрытнее, быстрее летают, лучше видят и вовремя замечают хищника и т.п.
2. Теоретически самцы могут быть ядовитыми (и иметь предупреждающую окраску), а самки – нет.
3. Самки бабочек часто спариваются один раз в жизни, и запаса спермиев им хватает, чтобы оплодотворить все яйца, которые самка может произвести за свою жизнь. Репродуктивный успех самца определяется числом самок, которые он оплодотворит. Поэтому половой отбор сильнее действует на самцов, и этот отбор стабилизирующий. Самки не будут выбирать самцов с уклоняющейся окраской, самцам же приходится в ходе эволюции «научиться» опознавать несколько морф самок.
4. Общая численность популяции сильнее зависит от числа выживших самок, а это число – от соотношения численностей имитаторов и моделей (при слишком высокой численности имитатора по сравнению с моделью хищники начинают его есть). Можно предположить, что межпопуляционный (групповой) отбор благоприятствует популяциям, в которых самки подражают нескольким моделям.

Возможны и другие разумные идеи. Максимум 10 баллов

Вопрос 2.

Некоторые растения производят горький или ядовитый нектар. С чем это может быть связано и для чего это может быть нужно растению? Предложите как можно больше вариантов (не обязательно существующих в реальности).

Ответ

1. Горький и ядовитый для одних видов нектар может не быть горьким и ядовитым для других. Таким способом растение может отпугивать не слишком эффективных опылителей или защищаться от «ворующих» нектар видов, которые его вовсе не опыляют. Наиболее вероятен этот вариант, если «истинные» опылители относятся к одной группе (например, это насекомые), а «ложные» - к другой (например, это птицы или летучие мыши).
2. Существуют и крупные животные, которые могут просто поедать цветки (например, их употребляют в пищу многие приматы). Ядовитый или горький нектар может служить защитой от таких животных.

3. Выделение ядовитого нектара может быть побочным следствием химической защиты других органов (например, в нектар попадают алкалоиды, которые вырабатываются в листьях и стеблях),
4. Ядовитый нектар может убивать или парализовать часть посещающих цветки животных, которые падают на ловчие листья (в кувшинчики непентеса и т.п.), и растение их съедает.
5. Похожий вариант – убитые нектаром животные падают на землю и служат удобрением.
6. Убитые, парализованные, упавшие на землю посетители цветков привлекают каких-то других животных, которые полезны для растения (например, муравьев, которые защищают растение от вредителей).
7. Яд или вещество, придающее горький вкус, может менять поведение опылителей так, то они опыляют растение более эффективно (тут возможно много вариантов такого измененного поведения).

Возможны и другие разумные идеи. Максимум 10 баллов.

Вопрос 3.

Лианы могут причинять вред деревьям, на которые опираются при росте. Каким способами дерево может защищаться от лиан? Предложите как можно больше вариантов (не обязательно существующих в реальности).

Ответ

1. Затенение прорастающих семян или растущей лианы (но к этому лианы обычно легко приспосабливаются, идея слабая, и оценивать ее нужно невысоко).
2. Выделение в почву токсичных веществ, которые убивают проростки или блокируют прорастание семян лиан. К этому некоторые растения способны. Убить токсинами уже выросшую лиану через ее поверхность вряд ли удастся, это плохая идея.
3. Защита от прикрепления лиан. Тут возможны разные варианты – гладкая кора и листья, за которые трудно зацепиться шипиками; периодическое сбрасывание коры и/или листьев/ветвей, в том числе как реакция на прикрепление лианы; отдергивание листьев при прикосновении лианы (если они обладают высокой подвижностью, как у мимозы); наконец, большая толщина ствола (как показывают исследования, она защищает от вьющихся и лазающих с помощью усиков лиан, но не от таких, которые крепятся корнями, как плющ).
4. «Опережающий» рост (и увеличение толщины ствола за счет него) может служить способом защиты от медленно растущих деревянистых лиан.
5. Симбиоз с муравьями. Муравьи не только нападают на травоядных животных, но и обкусывают молодые побеги лиан, защищая от них, например, некоторые южноамериканские виды акаций. В некоторых случаях муравьи вообще поддерживают монокультуру деревьев, убивая все «посторонние» растения (см. https://en.wikipedia.org/wiki/Devil%27s_garden).

Возможны и другие разумные идеи. Максимум 10 баллов.

Вопрос 4.

Чистая первичная продукция (ЧПП) фитопланктона обычно ограничивается в морях концентрацией биогенных элементов (в первую очередь азота и фосфора), а они поступают в океан в основном с суши, и их концентрация обычно повышается с приближением к берегу. Тем не менее, ЧПП фитопланктона обычно максимальна не в

прибрежной полосе, а на некотором удалении от нее, часто над глубинами 200-400 м. Предложите разные возможные объяснения этого факта.

Ответ

ЧПП можно считать по-разному – на кубометр воды или во всей толще под квадратным метром. Во втором случае ЧПП сильно зависит от толщины эвфотического слоя. Понятно, что возле самого берега он узкий, но в прибрежных участках он вообще редко превышает 100 м. Однако и такая его толщина достигается не там, где глубина равна 100 м, а дальше от берега. Это связано прежде всего с тем, что мутность воды тоже выше всего у самого берега, откуда в океан смывается сносится ветром почва и мелкие минеральные частицы. Поэтому, даже если концентрация биогенов максимальна у берега, ЧПП достигает максимума на некотором расстоянии от него.

Можно предположить, что фотосинтез у берега лимитируется и другими факторами – например, более сильными колебаниями температуры или солености, которые выдерживают не все водоросли.

Еще один вариант –

конкуренция фитопланктона за биогены с прибрежными макроводорослями (макрофитами). Макрофиты могут поглощать заметную часть биогенных элементов, снижая их доступность для фитопланктона; а распространены прибрежные донные водоросли в основном до глубины 100-200 метров.

Принимается и идея, что, хотя в целом концентрация биогенов растет с приближением к берегу, эта закономерность может нарушаться (для всех или отдельных элементов). Например, биогены могут поступать в эвфотический слой за счет апвеллинга, а он может быть наиболее интенсивным на некотором расстоянии от берега.

Возможны и другие разумные идеи. Максимум 10 баллов.

Вопрос 5

Ниже приводятся часто встречающиеся утверждения, на самом деле неверные (или не во всем верные). Объясните, в чем их ошибочность, и/или приведите примеры, когда они не выполняются (если исключений несколько –попробуйте назвать их все).

1. Все кости скелета человека развиваются из мезодермы

Ответ

Большинство костей черепа развиваются из эктодермы – производных клеток нервного гребня. У млекопитающих нервный гребень также участвует в образовании частей шейных позвонков, лопатки и ключицы.

Максимум 3 балла

2. Основа мембран всех живых клеток – двойной слой фосфолипидов

Ответ

Если иметь в виду наружные мембраны, то есть только одно исключение – мембраны архей состоят из двойного или одинарного слоя простых эфиров глицерина и изопреноидных

углеводородов. Если говорить о всех мембранах, то есть органоиды (липидные вакуоли адипоцитов), которые окружены мембраной из одного слоя фосфолипидов. Тем не менее, это полноценная мембрана, содержащая белки.

Максимум 3 балла

3. Пластиды – это двумембранные органоиды.

Ответ

Первичные пластиды зеленых и красных водорослей – действительно всегда двумембранные. Но вторичные пластиды, предки которых – эукариотические водоросли, могут иметь четыре или три мембраны. Так, пластиды криптофитовых водорослей окружены четырьмя мембранами: наружная – продолжение мембраны ЭПС клетки-хозяина, следующая – мембрана водоросли, две внутренние унаследованы от цианобактерии. Иногда внешняя из этих мембран исчезает, и пластиды становятся трехмембранными (например, у эвгленовых).

Максимум 3 балла

4. Согласно теории симбиогенеза, внутренняя мембрана митохондрий – это бывшая мембрана бактерии, а наружная – мембрана пищеварительной вакуоли эукариотической клетки.

Ответ

На самом деле обе мембраны митохондрий унаследованы от грамотрицательных бактерий, предков митохондрий. Это бывшие плазматическая и наружная мембраны бактерии, а клеточная стенка, которая находилась между ними, редуцировалась. Вероятно, изначально предки митохондрий находились во внутриклеточной вакуоли, но затем вышли из нее в цитоплазму; так поступают и некоторые современные патогенные бактерии (например, листерии).

Максимум 3 балла

5. Если возбудитель уже проник в организм, проводить вакцинацию бесполезно; в этих случаях вводят лечебную сыворотку.

Ответ

1. Есть смысл проводить вакцинацию при длительном инкубационном периоде, когда возбудитель еще не проник туда, где иммунитету трудно с ним справиться. Классический пример – бешенство. (1 балл)

2. Вакцинация для стимуляции иммунитета при хронических инфекционных болезнях тоже вполне возможна. Сейчас разрабатываются и проходят клинические испытания терапевтические вакцины против ВИЧ-СПИД и гепатита С. (2 балла)

Максимум 3 балла

6. Белковый яд может быть опасен для человека только при введении в кровь, но не при приеме с пищей, так как в желудке и кишечнике все белки расщепляются до аминокислот

Ответ

1. Яд может быть ферментом, который повреждает мембраны клеток пищевода, желудка или кишечника (липаза)
 2. Яд может проникать в клетки пищеварительного тракта до того, как он переварился, и повреждать именно эти клетки
 3. Далеко не все белки перевариваются в желудке и кишечнике, они могут разными способами проникать оттуда в кровь (примеры – ботулотоксин, рицин и др.).
 4. Теоретически токсичный белок может содержать небелковую часть (или пептидные фрагменты), которые отщепляются при пищеварении, проникают в кровь и оказывают токсическое действие
 5. Опасной может оказаться иммунная реакция на чужеродный белок, даже если он находится в кишечнике или клетках кишечника
- Возможны и другие разумные идеи.
Максимум 10 баллов

7. Все взрослые амфибии дышат одновременно легкими и кожей

Ответ

1. Некоторые неотенические формы (взрослые, т.е. размножающиеся половым путем) могут дышать также наружными жабрами (аксолотль, протей и др.).
2. Безлегочные формы существуют в каждом из трех отрядов – хвостатые (безлегочные саламандры), безногие (например, *Atretochoana eiselti*) и бесхвостые (*Barbourula kalimantanensis*).
3. У некоторых лягушек (филломедузы, австралийские древесные лягушки *Litoria gracilentia*) кожа покрыта липидной пленкой, что сильно уменьшает потери воды и затрудняет кожное дыхание. Такие виды дышат в основном легкими.

Максимум 5 баллов

8. Все млекопитающие – гомойотермные животные

Ответ

1. Чисто (или почти чисто) пойкилотермный вид – голый землекоп.
2. Признаки пойкилотермности (особенно при понижении температуры) есть и у других видов семейства землекоповые, а также (особенно при повышении температуры) у однопроходных.
3. Признаки пойкилотермности есть у новорожденных детенышей многих видов.
4. Многие другие млекопитающие гетеротермны – впадающие в настоящую спячку или холодное оцепенение (сурки, летучие мыши и др.)
5. Вымершие триасовые и юрские млекопитающие (переходные формы между млекопитающими и рептилиями), по мнению некоторых ученых, были пойкилотермными

Максимум 5 баллов

9. Все диплоидные клетки человека содержат по две копии каждого гена.

Ответ

1. После S-периода каждая хромосома состоит из 2 хроматид, и пара гомологичных хромосом содержит 4 копии гена
2. Гены X-хромосомы содержатся в клетках мужчин в одной копии

3. Одна из копий гена может утрачиваться в результате делеции (при этом клетка остается диплоидной)
4. Даже если считать копии гена, возникшие в результате дупликации, разными генами (паралогами), есть идентичные дублицированные гены – например, гены рибосомальных РНК, которые содержатся в геноме в сотнях копий (а в яйцеклетках добавляются их внехромосомные копии)
5. Некоторые гены содержатся в митохондриях, и их в клетках много копий. Возможны и другие разумные варианты.

Максимум 10 баллов

10. В профазе митоза ядерная оболочка растворяется

Ответ

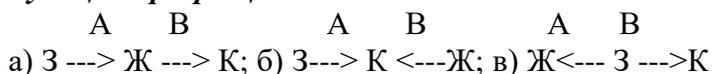
1. Растворяться могут разве что белки ламины, из которых состоит ламина – внутриядерный слой, подстилающий ядерную мембрану. Сама ядерная мембрана не растворяется, а распадается на пузырьки.
2. При закрытых митозах ядерная оболочка и не распадается. Найти информацию об этом сложно, но на самом деле наличие таких вариантов деления известно ученикам по картинкам из учебника зоологии 7 класса – так проходит митоз у инфузории-туфельки и эвглены зеленой.
3. Еще один возможный вариант ответа – ядерная оболочка сохраняется при эндомитозах (этот тип деления не всегда считают разновидностью митоза, но можно такой ответ засчитывать).

Максимум 5 баллов

Максимум 50 баллов за ответ

Вопрос 6

Какое расщепление по цвету в F1 получится при скрещивании родителей AaBb x AaBb, если несцепленные гены A и B отвечают за синтез ферментов, осуществляющих следующие превращения:



Ж, З, К – желтое, зеленое, красное вещества, из которых красное самое яркое и "забивает" по цвету два других, а желтое "забивает" зеленое (если у животного идет синтез красного вещества, то окраска красная, если нет красного, но есть желтая – то желтая, а если нет ни красного, ни желтого – то зелена, вещества не смешиваются и промежуточной окраска не бывает). Над стрелками показаны гены, отвечающие за фермент, который катализирует данную реакцию. Аллели a и b производят неактивные формы ферментов. Исходные вещества, которые не синтезируются в ходе данных реакций, присутствуют в организме «по умолчанию».

Приведите ход решения, а в ответе напишите, каким цветам какие генотипы соответствуют

Ответ

Всюду расщепление будет 9 A-B- : 3A-bb : 3 aaB- : 1 aabb (на месте прочерков могут стоять любые аллели).

а) 9 красных A-B-: 3 желтым A-bb: 4 зеленым aa—

Красный пигмент синтезируется, только если есть доминантные аллели обоих генов; если есть только аллель А, то синтез желтого пигмента идет, а красного – нет; при отсутствии А независимо от наличия В синтез желтого и красного не идет, окраска остается зеленой.

б) 15 красных А-ааВ-: 1 желтому ааbb

Тут при наличии хотя бы одного из доминантных аллелей окраска становится красной, а при генотипе ааbb остается желтой.

в) 12 красных -В-: 3 желтым А-bb: 1 зеленому ааbb

Если есть В – окраска в любом случае будет красной (это $\frac{3}{4}$ случаев, т.е. 12 из 16). Если нет В и есть А (А-bb) – окраска желтая ($\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$). Зеленые – ааbb.

Полностью правильный ответ с решением – 20 баллов

Вопрос 7

Некий белок X на поверхности оболочки яйцеклетки млекопитающих отвечает за прикрепление к ней сперматозоидов, на головке которых есть белки-рецепторы, распознающие его. Этот белок видоспецифичен: например, сперматозоиды мыши не могут прикрепляться к оболочке яйцеклеток человека и наоборот.

Если получить генно-инженерным путем мышь без X, то она остается бесплодной – в его отсутствие оплодотворение невозможно. А если такой мыши с помощью стандартных методов генной инженерии встроить в геном человеческий ген белка X, то человеческие сперматозоиды с ее яйцеклетками сливаться не смогут, а мышинные – смогут. Предложите возможные объяснения этого парадокса.

Ответ

При данных условиях возможны два основных объяснения:

1. Белок X посттрансляционно модифицируется в клетках мыши, и человеческий белок в результате становится похож на мышинный. Наиболее вероятный вариант такой модификации – гликозилирование при прохождении через ЭПС и аппарат Гольджи. Сперматозоиды мыши опознают олигосахаридные цепочки на поверхности белка X.
2. На мембране белок X до взаимодействия с рецепторами сперматозоидов или во время него образует комплекс с какими-то другими белками, и именно их характеристики играют решающую роль в видоспецифичном опознавании яйцеклетки сперматозоидом.
3. Менее вероятный вариант – видоспецифичный альтернативный сплайсинг. Если иРНК, кодирующая белок X, разрезается «по-мышинному» (например, вырезается один из экзонов), то в клетке мыши его структура может становится больше похожа на мышиную, чем на человеческую.

Иные варианты вроде бы из условия не следуют. Если оплодотворение происходит не в пробирке, а в организме мыши, то дополнительной причиной того, что человеческие сперматозоиды не опознают белок X, могут стать другие условия их капаситации (за эту идею можно добавлять баллы).

Максимум 10 баллов

Вопрос 8

А) Чтобы получить живую вакцину, болезнетворных бактерий часто длительное время держат в культуре на искусственной питательной среде, многократно делая пересевы. Почему бактерии в культуре теряют патогенность (вирулентность)? Б) Если увеличить интервал между пересевами, то патогенность (вирулентность) может утрачиваться быстрее. Почему?

Ответ

Понятно из вопроса, что речь идет о необратимой утрате патогенности. Поэтому варианты разнообразной регуляции работы генов не рассматриваются.

А) Патогенность (или вирулентность, в этой задаче отличия между ними не столь важны) определяется «факторами вирулентности» (ФВ) – определенными белками (реже – гликолипидами и т.п.). Они могут помогать бактерии преодолевать защитные барьеры или ослаблять иммунный ответ хозяина. На их синтез бактерия затрачивает вещества и энергию. В искусственной питательной среде ФВ могут не давать никакого преимущества. Там бактерии, лишившиеся ФВ из-за мутации или сходных процессов (например, утраты плазмид, в которых часто закодированы ФВ), начинают размножаться быстрее и постепенно вытесняют сохранивших патогенность бактерий (непатогенные мутанты могут еще и быстрее реплицировать ДНК). Б) При редких пересевах в среде могут заканчиваться питательные вещества (падает их концентрация), усиливается конкуренция, и отбор в пользу непатогенных штаммов может идти быстрее.

Еще одно возможное объяснение – нарушение стерильности и появление в среде конкурентов или хищников. В их присутствии клоны, утратившие ФВ, могут получать еще большее преимущество перед вирулентными.

Максимум 10 баллов

Вопрос 9

Скрещиваются два растения разных сортов – первое тетраплоидное, а второе диплоидное. Оба родителя имеют розовые цветки. В потомстве обнаруживаются растения с белыми, ярко-розовыми, бледно-розовыми и красными цветками. Известно, что за окраску цветков отвечает один ген. Каковы численные соотношения этих четырех фенотипов в потомстве?

Ответ

Все потомки – триплоиды. Возможны следующие сочетания рецессивных и доминантных аллелей одного гена (обозначим его как К – ген красной окраски):

ККК

ККк

ккК

kkk

Логично предположить, что окраска у потомков ККК красная, kkk – белая, ККк – темно-розовая, Ккк – бледно-розовая (вариант неполного доминирования с кумулятивным эффектом, сходным с полимерией). Родительские фенотипы (розовые цветки) у потомков не встречаются, поскольку возникают при равном соотношении доминантных и рецессивных аллелей (ККkk у первого родителя и Кк у второго).

У второго родителя гаметы К и к образуются в соотношении 1:1. Чтобы посчитать расщепление в потомстве, нужно понять, в каких соотношения образуются диплоидные гаметы второго родителя. Для этого обозначим четыре его гомологичные хромосомы номерами: К1К2к3к4. Допустим, к одному полюсу отошла хромосома К1. К этому же полюсу могут отойти с равной вероятностью любая из трех оставшихся хромосом. Получаем три варианта гамет – К1К2, К1к3 и К1к4. Ко второму полюсу в этих трех случаях отошли хромосомы к3к4, К2к4 и К2к3 (конечно, при мейозе у цветковых образуются не гаметы, а споры, но генотипы гамет те же, так что это несущественно). Мы видим, что образовалось 4 гаметы с генотипом Кк из шести вариантов ($4/6 = 2/3$) и по 1/6 гамет с генотипами КК и кк.

Теперь можно составить решетку Пеннета

| | | | |
|---|----------|----------|----------|
| | 1/6 KK | 2/3 Kk | 1/6 kk |
| K | 1/12 KKK | 4/12 KKk | 1/12 Kkk |
| k | 1/12 KKK | 4/12 Kkk | 1/12 kkk |

Ответ: белых kkk и красных KKK по 1/12, ярко-розовых KKk и бледно-розовых Kkk по 5/12. Полностью правильный ответ с решением – 20 баллов

Вопрос 10

Многие вытянутые структуры в клетках, которые собираются из множества коротких, глобулярных белковых молекул или имеют еще более сложное строение (жгутики, центриоли, актиновые филаменты скелетных мышц и др.), могут иметь строго определенную длину. Предложите несколько механизмов, с помощью которых клетка может регулировать эту длину, то есть останавливать рост таких структур в нужный момент, когда они достигли определенного размера.

Ответ

- 1) Клетка может использовать какую-то другую молекулу (например, фибриллярный белок, длина которого закодирована в ДНК) в качестве «линейки». Такая роль предполагалась для белка небулина в тонких филаментах мышц.
- 2) Может использоваться «принцип нониуса» https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Noniusz_010mm_9mm.GIF – клетка собирает структуру из двух типов деталей разной длины, и сборка заканчивается, когда длина двух цепочек совпадает.
- 3) Если речь идет о жгутики, то скорость разборки микротрубочек может быть постоянной, а скорость доставки новых субъединиц уменьшается по мере увеличения длины; при какой-то одной длине наступает равновесие между скоростью сборки и разборки.
- 4) Если субъединицы структуры в клетке содержатся в постоянной концентрации, то при сборке этой структуры концентрация свободных субъединиц падает, и тоже может установиться равновесие между сборкой и разборкой при определенной длине структуры.
- 5) Разновидность предыдущего варианта – возможна отрицательная обратная связь между длиной структуры и скоростью присоединения субъединиц, если готовая структура связывает белок (например, протеинкиназу), отвечающий за присоединение субъединиц, и его концентрация падает до нуля при определенной длине структуры.

Возможны и другие разумные идеи. Максимальное число баллов – 20

Общая сумма баллов – 170