27-я Международная Биологическая Олимпиада

17-23 июля 2016 года
Ханой, Вьетнам

Теоретический тест

ЧАСТЬ Б

Общее количество баллов: 50
Продолжительность: 3 часа

УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ,

Пожалуйста напишите ваш **Код студента** в предоставленную ячейку.
Запишите свои ответы с помощью ручки в Л**исте ответа.**
Оцениваться будет только ответы, внесенные в Л**ист ответов.**

Часть B состоит из 50-и вопросов:

- Q51-Q60: Клеточная биология
- Q61-Q68: Анатомия и физиология растений
- Q69-Q80: Анатомия и физиология животных
- Q81-Q83: Этология
- Q84-Q93: Генетика и эволюция
- Q94-Q98: Экология
- Q99-Q100: Биосистематика

Для каждого вопроса с множественным выбором укажите в Л**исте Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.
Для верных и неверных утверждений в Листе ответов используйте обозначение "√" .
Если вам нужно изменить ответ, вы должны зачеркнуть внесенный ошибочно ответ и записать новый.

Подсчет очков за один вопрос:

- Если все четыре ответа правильные, то вы получите 1 балл.
- Если только три ответа правильные, то вы получите 0,6 балла.
- Если только два ответа правильные, то вы получите 0.2 балла.
- Если только один ответ правильный, то вы ничего не получите (0).

Вы можете использовать предоставленные линейку и калькулятор.
Прекратите отвечать и положил ручку сразу, как только прозвенит звонок, указывающий на завершение экзамена. Вложите свои Л**ист ответов** и **бланки заданий** в предоставленный конверт.

Удачи!!!

БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ

Q.51

Ученый приготовил 3 главных компонента для высокопродуктивного скрининга ингибиторов протеинкиназ. На первом этапе было проведено слияние генов разных протеинкиназ с главным геном капсида (головки) фага T7. При экспресии в бактериях слитые белки, кодируемые слитыми генами, включались в капсид фага, причем киназы находились на внешней поверхности. На втором этапе аналог АТФ, который может связываться с АТФ-связывающим участком киназ, был присоединен к магнитным шарикам. На третьем этапе был приготовлен банк веществ, которые требовалось протестировать на их способность ингибировать потеинкиназы.

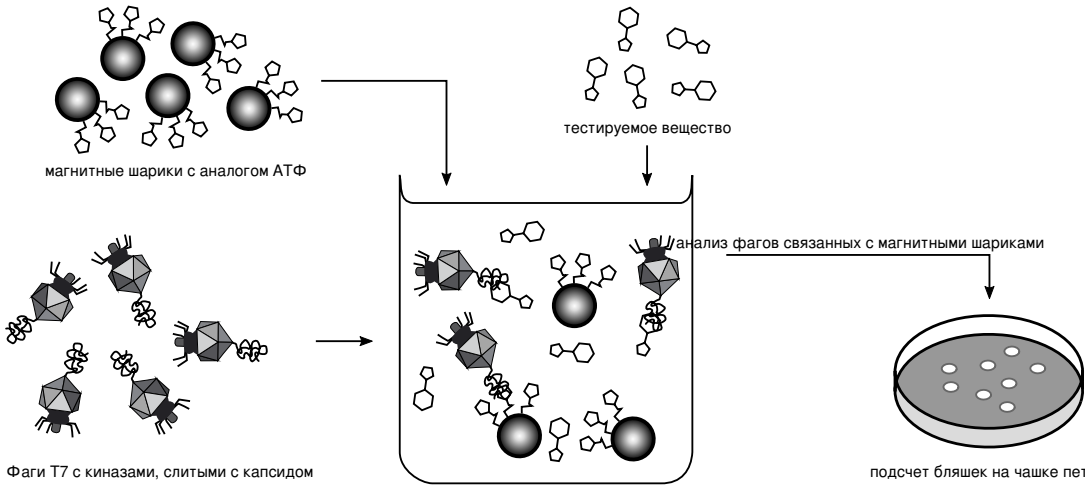


Рисунок Q.51 Скрининг потенциальных ингибиторов протеинкиназ

Для измерения способности тестируемых соединений связывать киназу, фаг, на поверхности которого находилась определенная киназа, смешивали с магнитными шариками в нескольких лунках микроплашета на 96 лунок. Затем тестируемое соединение вносили в отдельные лунки в различных концентрациях. Смеси инкубировали при осторожном перемешивании на протяжении 1 часа при температуре 25°C, шарики собирались на дне под воздействием сильного магнита и все свободные (несвязанные) компоненты вымывались. В конце связанные с шариками фаги отделялись от шариков под воздействием избытка того же самого аналога АТФ, который был связан с шариками, и подсчитывали количество литических бляшек, которые они образуют на бактериальном газоне в чашке Петри (**Рис.Q.51**).

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Когда процесс связывание достигает равновесия, все молекулы потенциального ингибитора будут связаны с киназой.

B. Тестируемые соединения, которые показывают высокое ингибирование в этом методе, связываются с АТФ-связывающим сайтом киназы.

C. Небольшие различия в эволюционно консервированых сайтах связывания АТФ в молекулах киназ позволяют адресно направлять специфические киназы на их субстраты.

D. Прочно связывающееся тестируемое соединение даст небольшое количество бляшек на бактериальном газоне..

Q.52

Вы определили ген у делящихся дрожжей, гомологичный субъединице теломеразы простейших. Затем вы провели нацеленную делецию одной копии этого гена у диплоидного штамма этих дрожжей и индуцировали споруляцию для получения гаплоидных организмов. Все 4 споры прекрасно проросли и вы смогли вырастить колонии на чашках с питательным агаром. Через каждые три дня вы переносили колонии на новые чашки. После четырех таких переносов, потомство двух из четырех исходных спор росло плохо, если вообще росло. Вы взяли клетки с 3, 6, и 9 дневных чашек, выделили из них ДНК и разрезали образцы в участке хромосомы примерно за 35 нуклеотидов от начала теломерных повторов. Вы разделили фрагменты при помощи гель-электрофореза и провели их гибридизацию со специфичным для теломер радиоактивным зондом (темные полосы) (**Рис.Q.52)** Считайте, что время удвоения числа клеток составляет 6 часов.

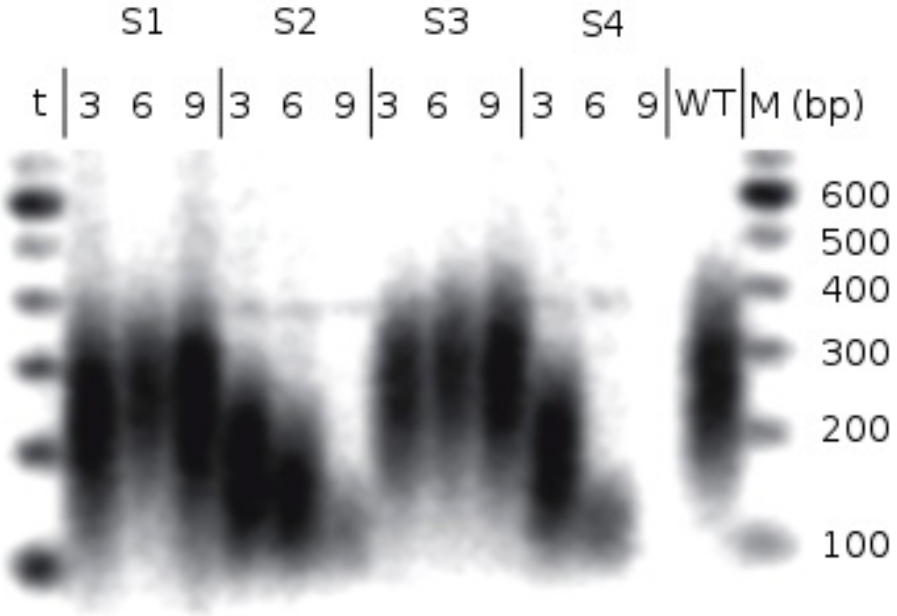


Рисунок Q.52. Анализ теломер из потомков первых четырех спор делящихся дрожжей, (S1-S4) на различных днях (t).
WT – это нормальные диплоидные дрожжи

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Средняя длина теломеры у делящихся дрожжей составляет 300 нуклеотидов.

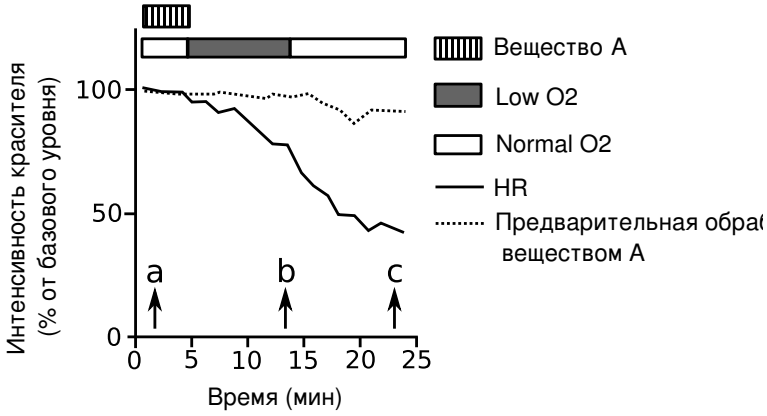
B. Споры 2 и 4, по-видимому, не имеют теломеразы.

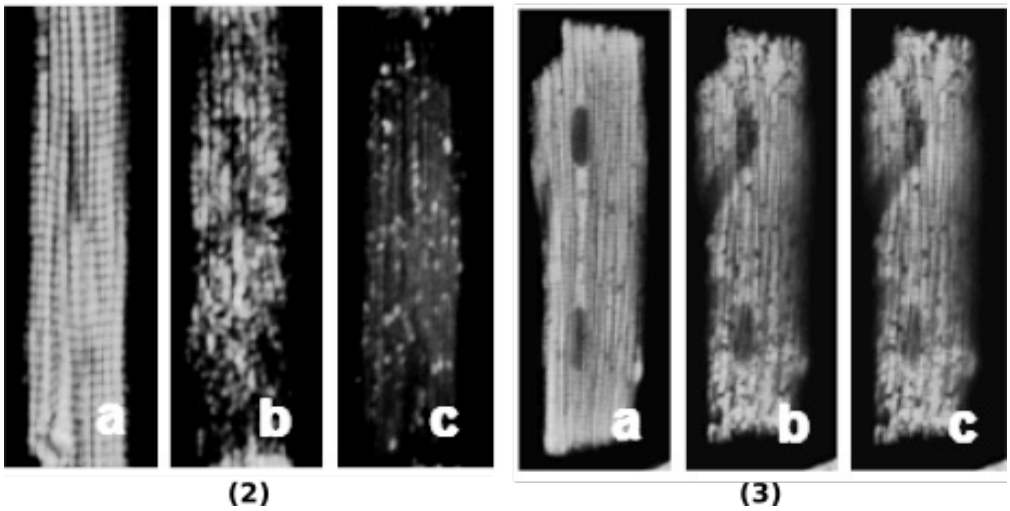
C. Теломеры делящихся дрожжей теряют меньше 20 нуклеотидов при каждой репликации.

D. Делящиеся дрожжи, которые потеряли свои теломеры, будут иметь нормальный размер клеток.

Q.53

Реоксигенация после периода отсутствия кислорода вызывает повреждение кардиомиоцитов. Одним из наиболее важных индикаторов оценки работы клеток сердечной мышцы является потенциал на мембране митохондрий, который можно пометить (сделать видимым) с помощью проникающего в клетки красителя (заряжен положительно, серого цвета на Рисунке ниже и красного цвета на прилагаемом к заданию Рисунке), который быстро накапливающимся в активных митохондриях из-за их относительно отрицательного заряда.
Рисунок ниже иллюстрирует модель одиночного миоцита, подвергнутого гипоксии/реоксигенации (HR) (1), с добавлением или без добавления вещества A перед гипоксией. Изображения миоцита были сделаны в моменты времени (a, b, c).





Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Как показано на **Рис.Q.53.(2)a**, кардиомиоциты – это типичные поперечнополосатые мышечные клетки.

B. Гипоксия вызывает снижение pH в матриксе митохондрий.

C. Предварительная обаботка веществом A полезна для клеток , так как это предотвращает потерю (коллапс) мембранного потенциала митохондрий при HR.

D. Снятые изображения в группе предварительного принятия лекарства A показаны на рисунке (2) и снятые изображения обработки HR без предварительного принятия лекарства A показаны на рисунке (3).

Q.54

Антифризные гликопротеины (АФГП) обладают способностью ингибировать образование льда и поэтому являются очень важными для выживания многих видов настоящих костистых рыб, которые очень часто сталкиваются с темпертурами ниже нуля. Типичный АФГП состоит из повторяющихся трипептидных единиц, а именно аланил-треонил-аланил $(Ala\text{-}Thr\text{-}Ala)_n$, связанной с дисахаридом гликозидной связью через гидроксильную группу остатка треонина. Для выяснения того, какие химические группы влияют на антифиризную активность этого гликопротеина, ученые синтезировали многочисленные аналоги АФГП путем модификации как сахара, так и пептида, заместив три группы R_1, R_2, R_3 различными химическими группами, как показано на **Рисунке Q.54,** и измерили антифризную активность.

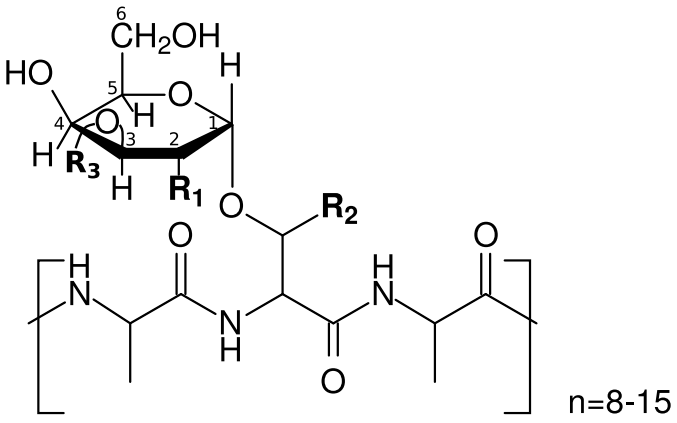


Рисунок Q.54 Структура типичного АФГП

Результаты исследований представлены в таблице ниже.

R_1	R_2	R_3	Антифризная активность
HO	CH_3	Галактозил	нет
N-Ацетил	CH_3	Галактозил	есть
N-Ацетил	H	Галактозил	нет
N-Ацетил	CH_3	H	есть
O-Ацетил	CH3	H	нет
N-Ацетил	CH_3	Галактозил - Галактозил	нет

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Для антифиризной активности требуется наличие дисахарида, связанного с остатком треонина.

B. Мутант, у которого остаток треонина замещен остатком серина, не обладает антифиризной активностью.

C. *N*-ацетильная группа в положении C-2 необходима для антифризной активности.

D. Разное число повторяющихся последовательностей в генах АФГП у близкородственных видов может быть связано с ошибками в работе ДНК-полимеразы.

Q.55

Субъединица F1 (периферический мембранный белок) АТФ-синтазы катализирует синтез АТФ, используя протон-движущую силу, которая обеспечивает вращение субъединицы F_0 (интегральный мембранный белковый комплекс) в одном направлении. F_1 состоит из трех a и трех b субъединиц, организованных по принципу чередования вокруг центрального стержня, субъединицы γ.
Для изучения вращения, Масакуке Йошида и его группа присоединили меченный флюоресцентной меткой филамент актина к γ и наблюдали за его движением

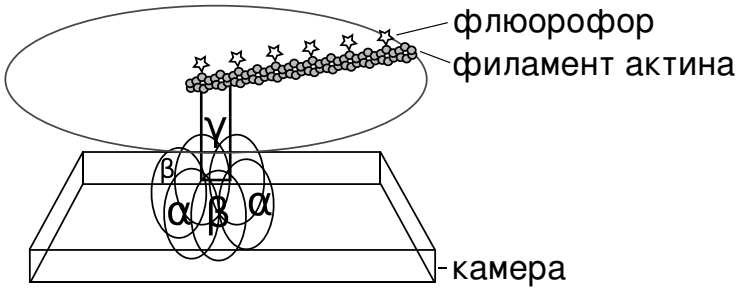


Рисунок Q.55A Присоединение меченного филамента актина к АТФ-синтазе.

Движущиеся филаменты актина наблюдали при помощи инвертированного флюоресцентного микроскопа после добавления 2 мМ АТФ в камеру, содержащую меченный F_1 комплекс, иммобилизованный на дне камеры, как зеркальное изображение, снятое фотоаппаратом. Промежуток времени между снимками составлял 220 мсек. Была сделана серия из 12 снимков, которая показана на **Рис. Q.55B**.

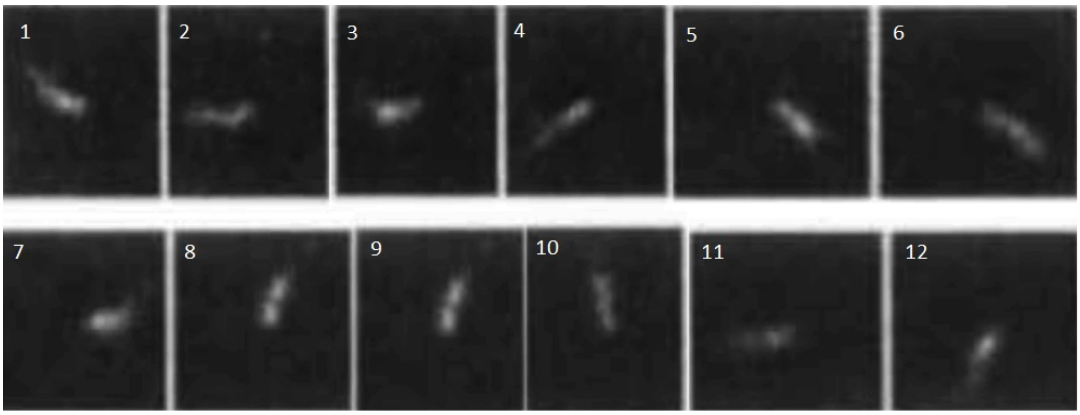


Рисунок Q.55B Последовательные снимки вращающегося филамента актина, присоединенного к субъединице в F_1 комплексе. Номера указывают на порядок снимков

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Гидролиз АТФ, осуществляемый F_1, приводит к конформационным изменениям субъединиц a и b.

B. Из серии снимков видно, что филамент вращался против часовой стрелки (при рассмотрении с цитозольной стороны).

C. Скорость вращения ниже 0.3 оборотов в секунду.

D. Вращение филамента актина в противоположном направлении сопряжено с синтезом АТФ.

Q.56

Овощи, подвергнутые молочнокислому брожению, являются традициональной пищей в кухне многих стран Азии. Микроорганизмы, которые обычно находят в ферментационной жидкости, это молочнокислые бактерии, дрожжи и нитчатые грибы.

Рис.Q.56 ниже показывает изменение количества живых клеток (log колониеобразующих единиц (КОЕ)/мл) трех различных групп микроорганизмов и значений pH при молочнокислом брожении капусты. Содержание кислорода, растворенного в ферментационной жидкости, снижалось со временем до его исчезновения на 22 день культивирования.

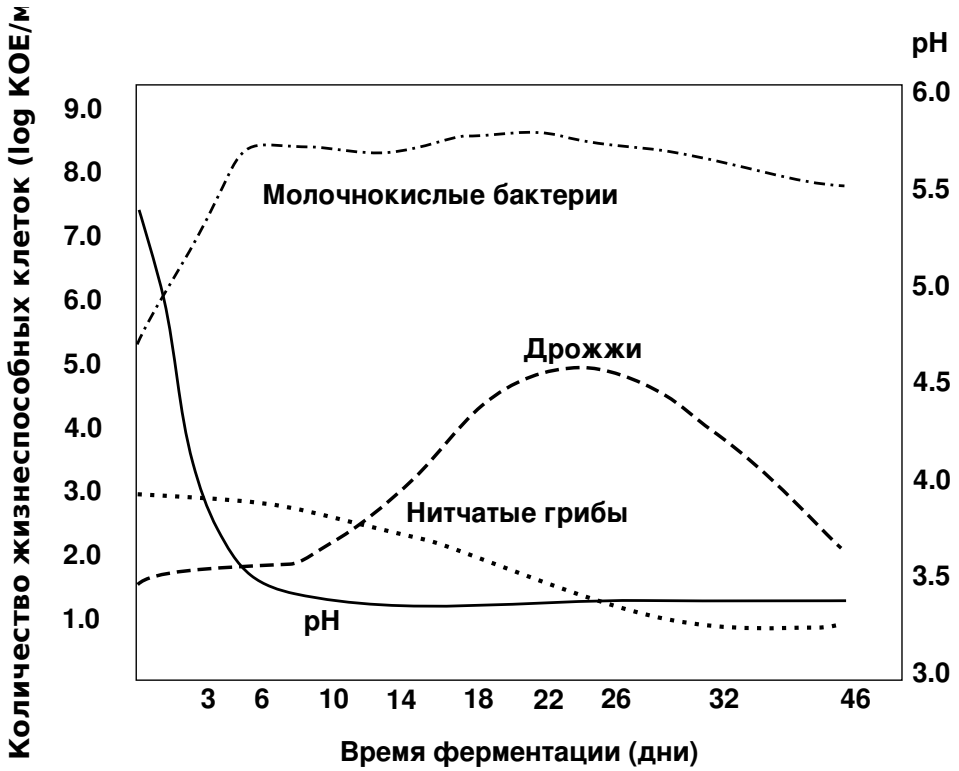


Рисунок Q.56 Изменения микрофлоры во время молочнокислого брожения капусты.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Падение значения pH с 1-го по 3 дни было вызвано только органическими кислотами образованными исключительно молочнокислыми бактериями.

B. Молочная кислота, образованная молочнокислыми бактериями, поддерживала рост клеток дрожжей с 10 дня по 26 день.

C. Дрожжевые клетки перешли от брожения к аэробную дыханию после 22 дня.

D. Некоторые нитчатые грибы показывают толерантность к низким значениям pH.

Q.57

Микроорганизмы, живущие при высокой концентрации соли (выше 2M NaCl) находятся в среде с низкой активностью воды, поэтому они должны иметь механизмы, препятствующие потере воды путем осмоса. Анализ внутриклеточной концентрации ионов у Галобактерий, живущих в соленых озерах, показывает, что эти микроорганизмы поддерживают исключительно высокие концентрации соли (KCl) внутри своих клеток. Наличие высокой внутриклеточной концентрации соли требует специальных адаптаций белков и других макромолекул клетки.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Большинство внутриклеточных белков Галобактерии содержит большой избыток заряженных аминокислот на их внешней поверхности.

B. Галобактерии тратят много АТФ для поддержки осмотического давления.

C. Большинство внутриклеточных ферментов Галобактерии теряют свою каталитическую активность в растворах, содержащих менее 1 M NaCl.

D. У Галобактерии аминокислоты могут проникать в клетку при помощи антипортеров Na^+/аминокислоты.

Q.58

Геном вируса гриппа А состоит из 8 отдельных одноцепочечных молекул РНК, кодирующих в общей сложности 11 вирусных белков. Вирусы гриппа А классифицируются на основе двух поверхностных антигенов, гемаглютинина (Н), у которого существует 18 различных подтипов (Н1-18); и нейраминидазы (N), у которой существует 11 подтипов (N1-11) (**Рис.Q.58A**). Жизненный цикл вируса гриппа А показан на **Рис. Q.58B**.

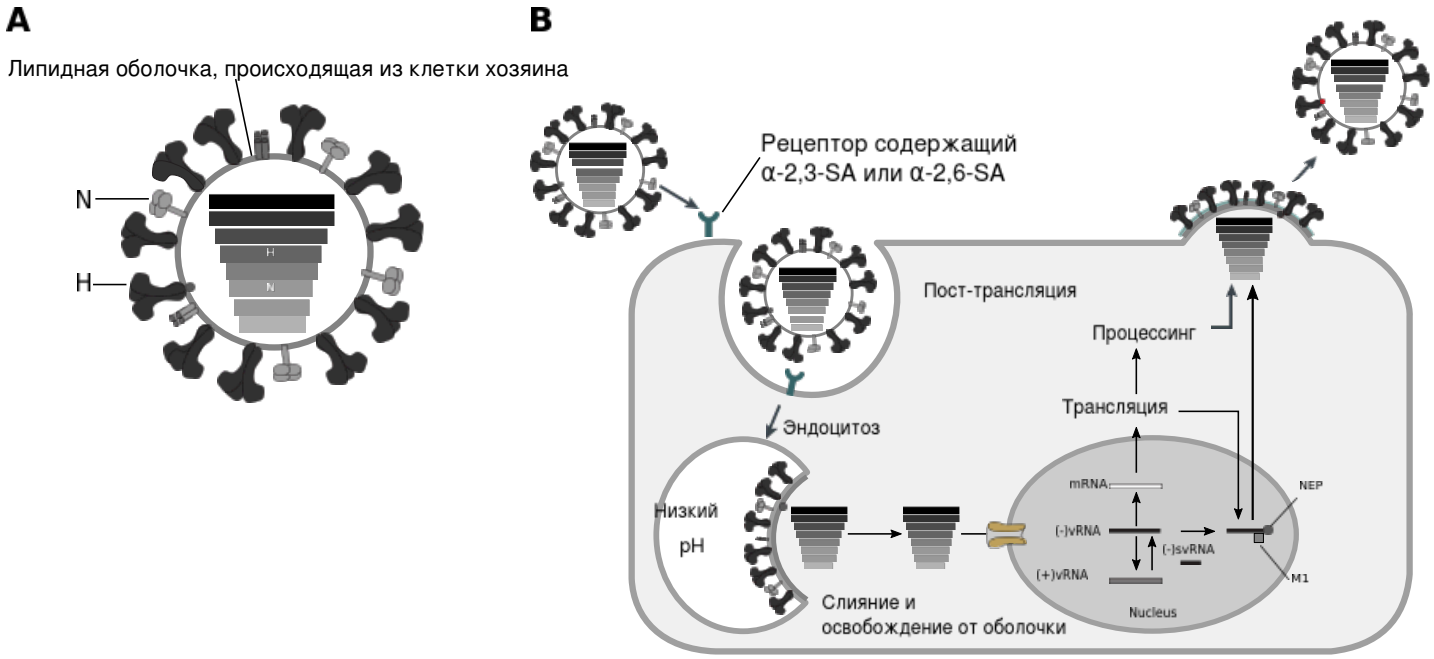


Рисунок Q.58 Вирус гриппа А: (А) строение вируса и (В) жизненный цикл вируса.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Вирусы гриппа А демонстрируют быструю эволюционную динамику, так как их геном сегментирован.

B. Теоретически существует 88 типов вирусов гриппа А

C. Вирусы гриппа А имеют высокую скорость мутирования, поскольку их геном состоит из одноцепочечной РНК.

D. Вирион гриппа А может заражать клетки только в том случае, если присутствует РНК-зависимая РНК-полимераза.

Q.59

Фосфорилирование – это главная пост-трансляционная модификация, широко используемая в регуляции многих клеточных процессов. Методом, позволяющим определить уровень фосфорилирования белков, является электрофорез в модифицированном геле с химическими группами, содержащими ионы металла (M), которые могут обратимо связывать фосфаты и таким образом влиять на подвижность фосфорилированных белков.

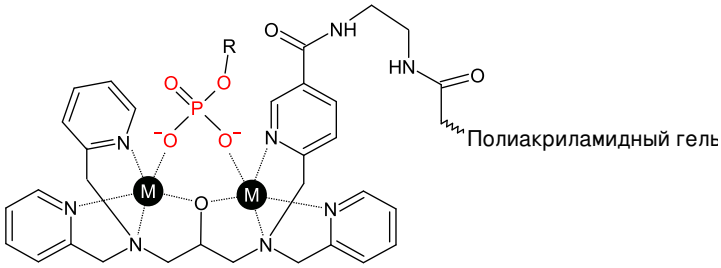


Рисунок Q.59.A Полиактиламидный гель с фосфатным тагом

Этот метод был использован для изучения фосфорилирования белка p35. Были созданы три мутантные формы этого белка: серин заменен аланином в положении 8 (S8A); треонин заменен аланином в положении 138 (T138A) и заменены обе аминокислоты (2A). Учтите, что серин и треонин могут быть фосфорилированы, а аланин нет. Затем два штамма дрожжей с нормальной (wt) или неактивной циклин-зависимой киназой 5 (Cdk5) (kn) были трансформированы либо геном p35 дикого типа (wt) либо одной из трех мутантных форм. Лизаты клеток восьми полученных штаммов были нанесены на гель с фосфатным тагом. Белки из геля были перенесены на мембрану путем вестерн-блоттинга, которую обработали антителами против p35 . Результат показан ниже.

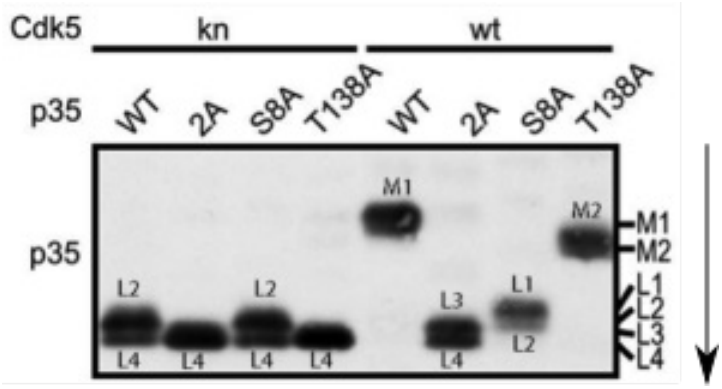


Рисунок Q.59.B Иммуноблот с антителами к p35. Стрелка указывает направление движения. Полосы p35 обозначены M1, M2, L1, L2, L3, и L4. Полоса L4 соответствует полностью нефосфорилированной форме p35.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Белок p35 имеет только два сайта фосфорилирования: серин 8 и треонин 138.

B. Белок p35 может быть фосфорилирован протеинкиназой, иной чем Cdk5.

C. У штамма Cdk5-wt p35-S8A только несколько молекул p35 фосфорилированы в положении T138.

D. Фосфатные группы, присоединенные в положении S8, более доступны для взаимодействия с группами, связывающими фосфат, на фосфо-таг геле, чем фосфатные группы, присоединённые в положении T138.

Q.60

Полярность, заряд и молекулярный вес молекул могут влиять на скорость их пассивной диффузии через мембраны. Аминокислоты и лекарства, такие как аспирин, различаются как по эффективности, так и по месту их абсорбции. На рисунке ниже показаны химические формулы и значения pKa аспирина и аргинина.

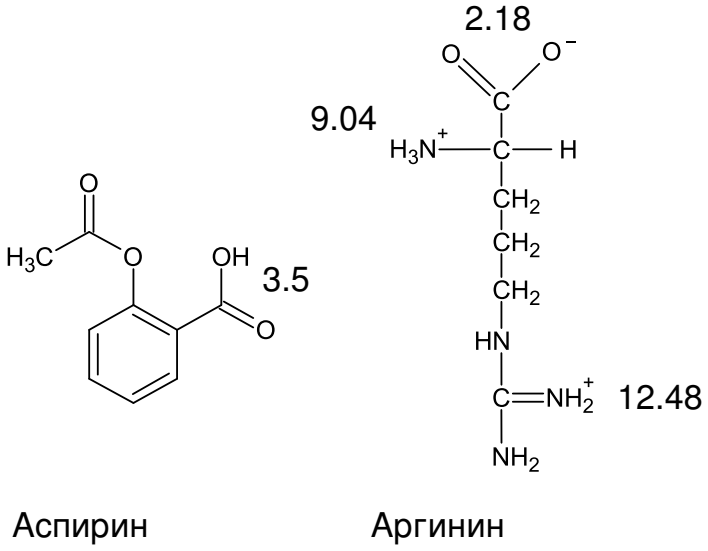


Рисунок Q.60

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Аспирин диффундирует через мембраны главным образом в желудке, так как больше молекул Аспирина находятся в депротонированном состоянии при значении pH около 1.6 в желудке.

B. Основываясь на молекулярном весе, Аспирин будет диффундировать через мембрану легче чем Аргинин.

C. Оптимальный диапазон pH для абсорбции Аргинина путем пассивной диффузии находится между 2.18 и 9.04.

D. Омепразол, ингибитор протонного насоса, блокирует поступление Аспирина в кровь в начальные несколько минут после приема таблетки.

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Q.61

Для изучения влияния кадмия (Cd) на развитие корня было проведено два эксперимента на проростках кукурузы с корнями длиной 6 см. В первом эксперименте проростки выращивали на среде с добавлением 5 µM Cd (Cd5) или без Cd (Cd0). Во втором эксперименте проростки выращивали между двумя слоями агара без Cd (Cd0-Cd0) или при наличии 100 µM Cd (Cd0–Cd100) только с одной стороны. Через 4 дня проанализировали рост корней (**Рис. Q.61-1**), сделали их поперечные срезы и окрасили их для выявления в эндодерме ламелл суберина (обозначения срезов A-I на **Рис. Q.61-2** соответствуют местам их проведения (A-I), показанных на **Рис. Q.61-1**).

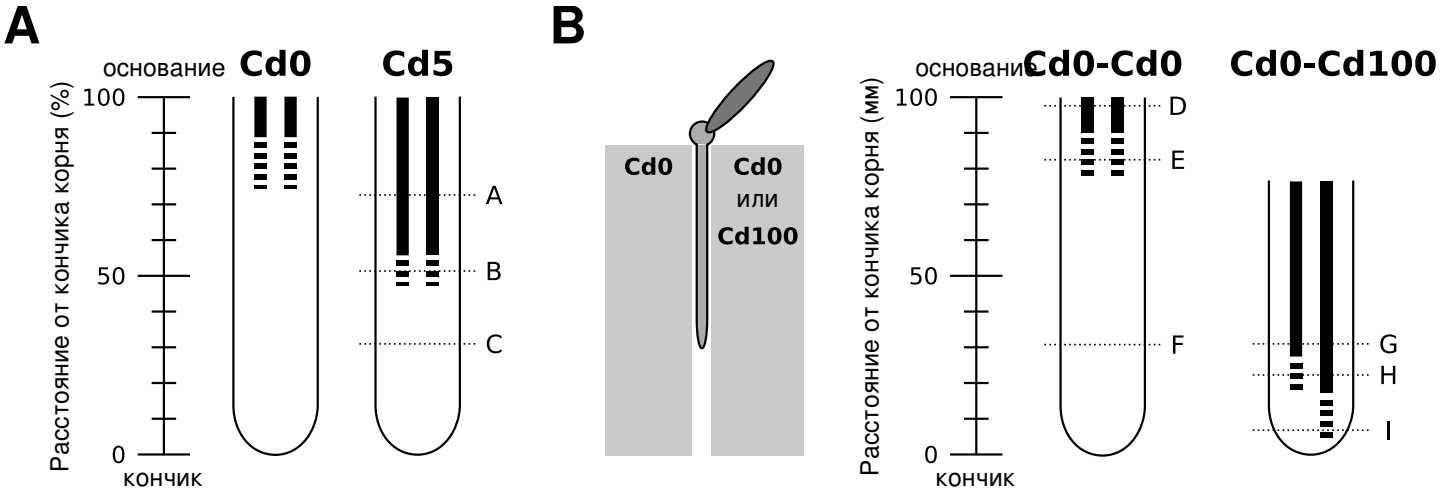


Рисунок Q.61-1. Расстояние от кончика корня до его основания в эксперименте 1 (A) и 2 (B). Области зрелой эндодермы в корнях показаны сплошной и пунктирной линиями.

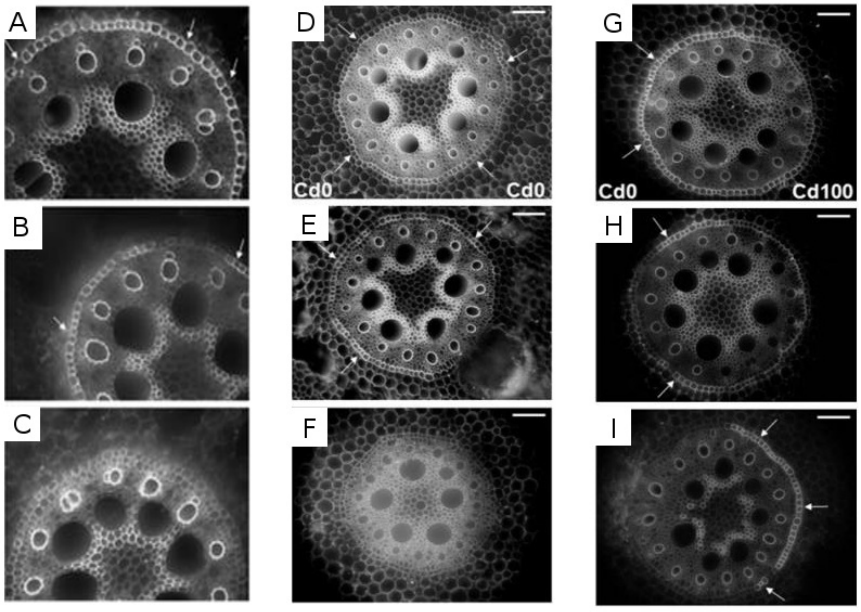


Рисунок Q.61-2. Поперечные срезы, проведённые в местах, укзанных буквами A-I на Рис. Q.61-1. Белые стрелки указывают на ламеллы суберина в эндодерме.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Обработка Cd приводила к уменьшению зоны растяжения корня, что уменьшало длину корня.

B. Эндодермальные клетки с ламеллами суберина уже присутствовали на участке, находящемся на расстоянии приблизительно 0,5 см от кончика корня, в тканях, примыкающих к агару, содержащему Cd100. Однако клетки, содержащие суберин, были обнаружены на большем отдалении от кончика на другой стороне.

C. В корнях, подвергнутых односторонней обработке Cd (Cd0–Cd100), происходило ускоренное и асимметричное развитие эндодермы.

D. На среде с высоким содержанием Cd ламеллы суберина в клетках эндодермы отсутствовали в более зрелых частях корня, вероятно, из-за нарушений, вызванных Cd в его более молодых частях.

Q.62

Изучая реакцию травянистых растений на засушливые условия, учёные провели исследование на трех видах *Ranunculus* в их естественных условиях обитания: *R. bulbosus* - на сухих лугах, *R. lanuginosus* - на влажных лугах, и *R. acris* - в обоих местах. Они измерили водный потенциал листьев и проводимость воды в зависимости от дегидратации (обезвоживания) (Рис. Q62). Для оценки потери проводимости из-за закупорки сосудов было проведено окрашивание ксилемы *R. acris* из сухих лугов. Было показано, что проводимость воды в ксилеме снижается на 50% при – 2 МПа или меньше из-за закупорки сосудов. Ранее проведенные исследования по изучению водной чувствительности листьев показали снижение в них на 50% водной проводимости от – 1 до – 1.8 МПа у многолетних травянистых растений и при - 1,8 МПа - у древесных.

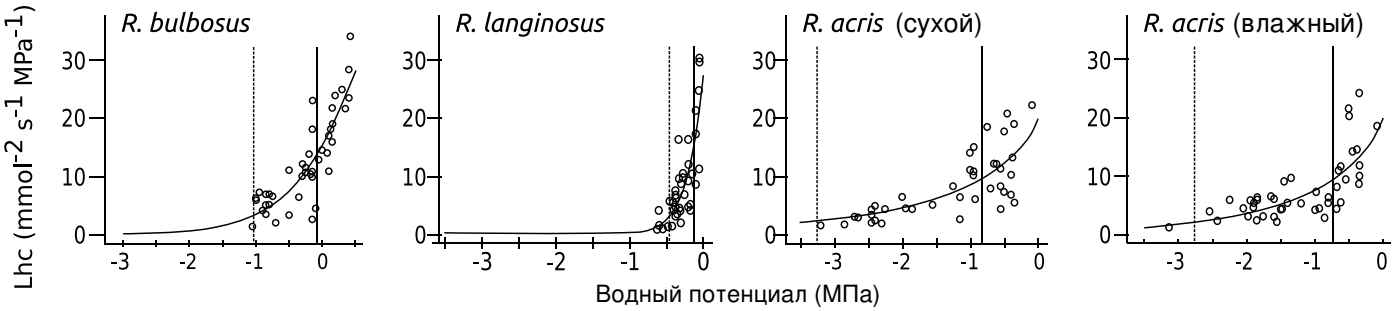


Рисунок Q.62 Водная проводимость листа (Lhc) у видов/популяций *Ranunculus* в ответ на дегидратацию. Сплошная и пунктирная вертикальные линии показывают достижение уровня 50% и 88% -падения водной проводимости листа, соответственно.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Все виды очень чувствительны к водному стрессу. Среди видов с узкой экологической амплитудой, засухочувствительный вид *R. bulbosus* был менее чувствительным к засухе, чем обитающий в более влажных условиях *R. lanuginosus*.

B. Виды травянистых растений более чувствительны к водному стрессу, чем деревья и многолетние травы, но также обладают различными межвидовыми и внутривидовыми приспособлениями к изменению водного режима, в зависимости от наличия воды в местах их обитания.

C. Транспорт воды в листьях осуществляется двумя путями, как по ксилеме, так и вне её.

D. У рассматриваемых растений засуха приводит к падению водной проводимости листа при среднем водном потенциале, вызванному скорее внексилемным транспортом воды, чем закупоркой сосудов.

Q.63

Белок может встраиваться в мембрану при помощи полипептидной последовательности или при помощи липидного «якоря». Присоединение эукариотических белков к наружному липидному слою плазматической мембраны осуществляется только при помощи якорей гликозилфосфатидилинозитола (GPI). Биосинтез гликолипида GPI это многоступенчатый процесс, в котором принимают участие многие белки, включая GPI трансамидазу. У растений *Arabidopsis*, ген *AtGPI8* кодирует фермент GPI трансамидазу. Для изучения роли этого гена в развитии растения ученый создал мутантную линию растений (*atgpi8-1)*. Он наблюдал фенотипы как растений дикого типа (WT), так и мутантных растений.

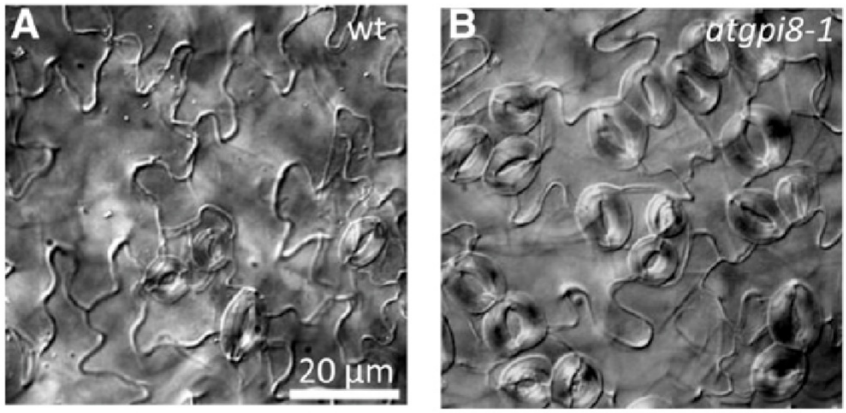


Рисунок Q.63.1 Эпидермис семядолей растений дикого типа (A) и *atgpi8-1* (B).

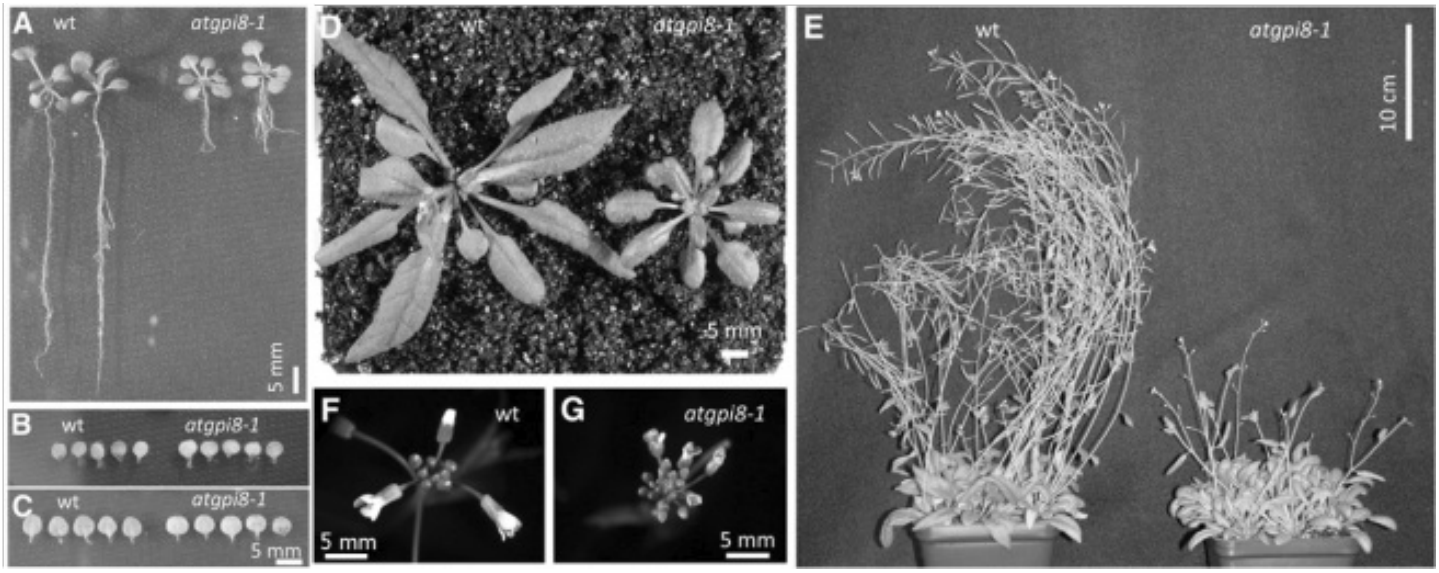


Рисунок Q.63.2 Фенотипы растений дикого типа и *atgpi8-1*. (A) проростки, (B) семядоли, (C) первые два листа проростков. (D) - 30-дневные и (E) - 60-дневные растения. F- G: Соцветия.

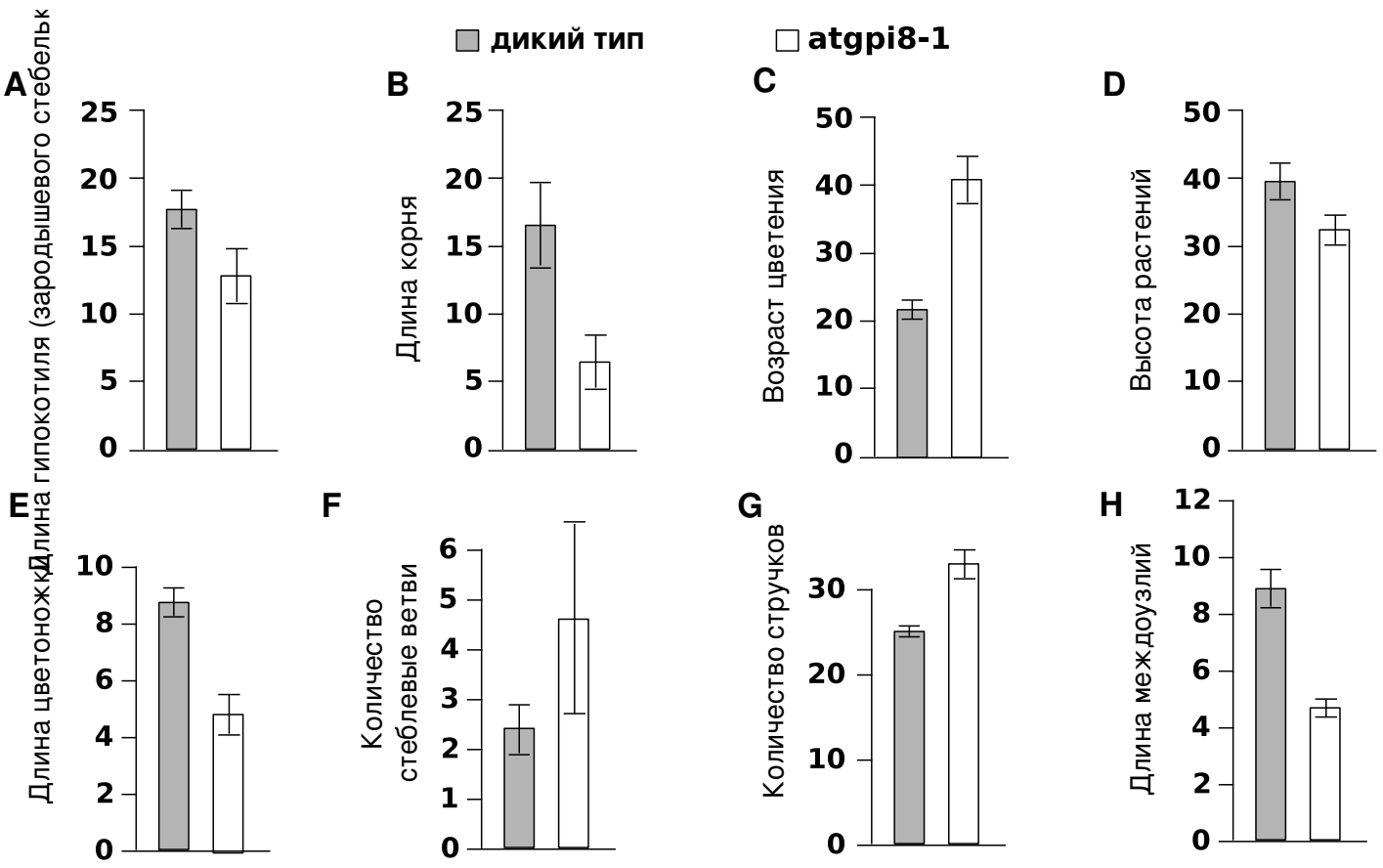


Рисунок Q.63.3 *Морфометрический анализ дикого типа (серые столбики) и atgpi8-1 (белые столбики), проростков и взрослых растений. Все значения статистически значимы.*
Измерения D-H были проведены при полном созревании через 60 дней для дикого типа и 90 дней для мутантного.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Данная мутация не влияет на ранний рост семядолей после прорастания и образование первых двух листьев, однако сильно влияет на рост корня, удлинение зародышевого стебелька и дифференциацию устьиц.

B. Данные показывают, что «заякоривание» GPI усиливает рост листьев у вегеативных растений, однако ингибирует образование пазушных стеблей.

C. Мутация *atgpi8-1* приводит к укорачиванию междоузлий и удлинению цветоножек. Однако при этом высота растений *atgpi8-1* снижается умеренно, так как возрастает количество междоузлий.

D. Результаты показывают, что ген *AtGPI8* способствует раннему переходу к цветению, но ингибирует образование стручков.

Q.64

Фотосинтез у погруженных в воду водных растений сильно затрудняется многими факторами внешней среды. В морской и пресной воде интенсивность света и его спектр изменяются с глубиной и таким образом влияют на фотосинтез. Другими факторами, оказывающими влияние на фотосинтез, являются уровень углекислого газа (CO_2) и кислорода (O_2).

Болотное растение *Meionectes brownie* может произрастать в затапливаемых пресной водой участках. Был поставлен эксперимент по изучению фотосинтеза водных растений, во время которого были измерены дневные колебания освещения поверхности, парциального давления O_2, концентрации CO_2 и значение pH в водоемах с обильным произрастанием *Meionectes brownie* **(Рис.Q.64)**.

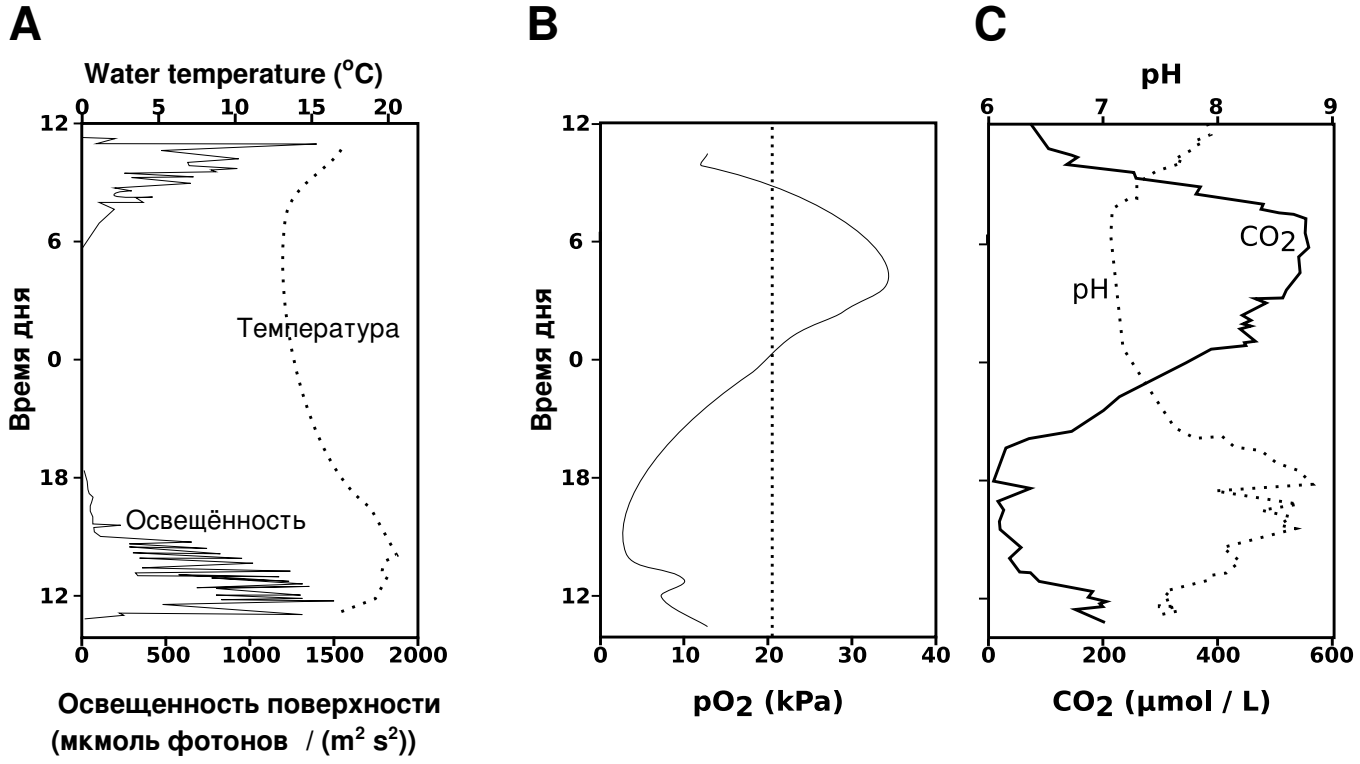


Рисунок Q.64

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Под водой в пруду освещённость лимитируется в утренние часы и сразу после после обеда вместе с CO2 .

B. Снижение уровня O_2 в толще воды ночью вызывается дыханием *Meionectes brownie .*

C. В толще воды пруда молекулы CO_2 образуются прямо при дыхании *Meionectes brownie* и путем превращения из HCO^-_3 при нейтральных значениях pH, что приводит к повышению уровня CO_2.

D. Как показано на рисунке, в прудах богатых *Meionectes brownie* температура колеблется от 13 до 20°C. Незначительное изменение температуры обусловлено, главным образом, высокой плотностью этого вида растений.

Q.65

Ассимиляция азота играет важную роль в метаболизме растений и развитии их клеток . Растительные клетки могут получать неорганический азот в форме ионов аммония (NH_4^+) и нитрата (NO_3^-). Проникая в растительную клетку при помощи мембранного переносчика нитрата (NRT), ион NO_3^- может восстанавливаться нитратредуктазой (NR) до NO_2^- , а затем до NH_4^+ и аминокислот (AA). Кроме того, NO_2^- может превращаться в оксид азота (NO), а далее в реакции с глутатионом (GSH) в S-нитрозоглутатион (GSNO), и на конечном этапе при участии фермента 1 S-нитрозоглутатиона редуктазы (GSNOR1) - в окисленный глутатион (GSSG) и NH_4^+ .

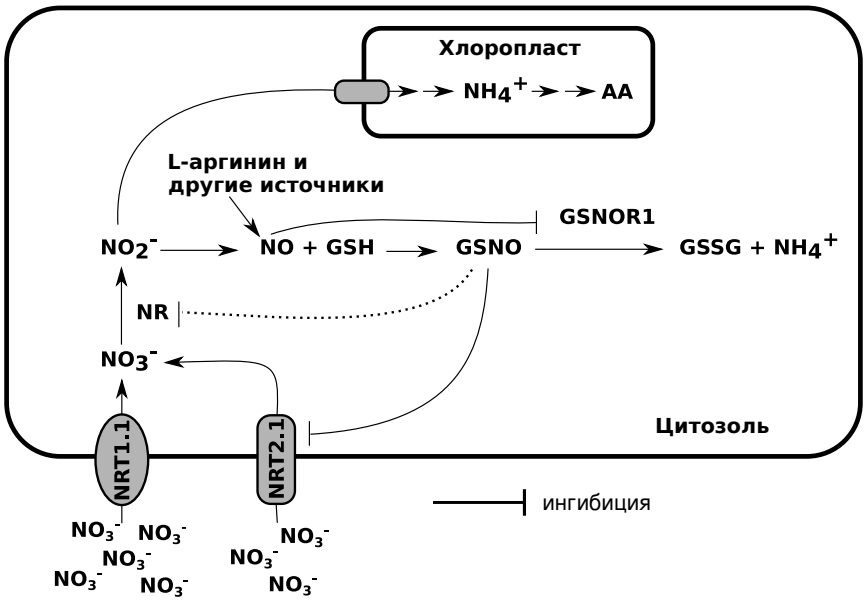


Figure Q.65 Схема контроля ассимиляции азота в растениях через NO сигналинг.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. В метаболизме азота в растительных клетках NO является одним из продуктов, однако, играет роль в регуляции образования NH_4^+ и ассимиляции NO_3^-.

B. Уровень NH^{4+} в хлоропластах растительных клеток регулируется активностью GSNO.

C. Уменьшение содержания ионов NO^{2-} наблюдается, главным образом, в цитозоле.

D. Ответная реакция NO регулирует ассимиляцию нитратата и регулирует его биодоступность путем модулирования своего собственного метаболизма.

Q.66

Было проведено исследование влияния свинца (Pb), токсичного тяжелого металла, на рост и фотосинтез двух одноклеточных водорослей *Chlorella* и *Scenedesmus*. На рисунке слева показан рост этих штаммов, по-разному отвечающих на концентрацию свинца после 4 дней обработки. По кривой роста (*Ke*), время удвоения (G) для каждого штамма при каждой концентрации свинца можно определить при помощи уравнения: G= ln2/*Ke.* В правой части **рисунка Q.66** показано влияние свинца на фотосинтез этих штаммов, выраженное соотношением Fv/Fm, чувствительным показателем, который снижается при ослаблении фотосинтеза. Концентрацию свинца, при которой достигается половинный ответ, IC_{50}, можно определить по графику, отражающего зависимость этих процессов от концентрации свинца.

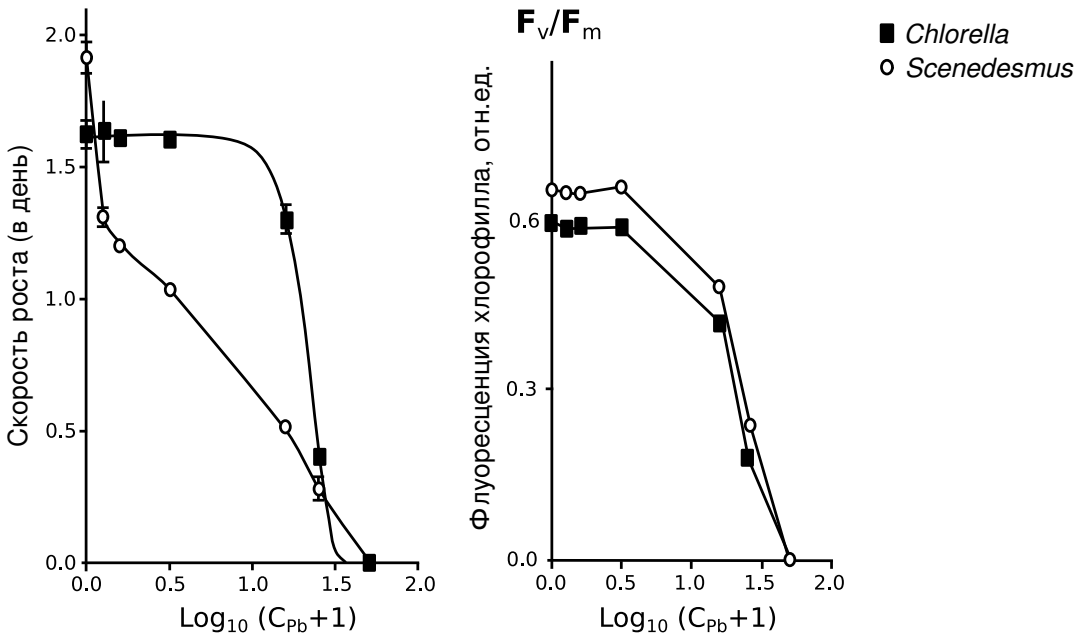


Рисунок Q.66

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Значение IC_{50} роста для *Scenedesmus* была выше таковой для *Chlorella.*

B. Снижение уровня фотосинтеза под влиянием Pb вероятно отвечало за снижение роста у *Chlorella*, но не у *Scenedesmus.*

C. Значение IC_{50} влияло на соотношение F_V/F_m больше , чем на рост у *Scenedesmus.*

D. При концентрации свинца Log_{10}([Pb]+1) равной 0.5, *Scenedesmus* размножался быстрее, чем *Chlorella.*

Q.67

Ученый создал две трансгенные линии растений тополя: не синтезирующую гиббереллин (GA) (GA-дефицитная) и нечувствительную к GA (GA-нечувствительную). Он измерил концентрацию фитогормонов, включая гиббереллины GA1 и GA4, и ауксин IAA, в листьях и корнях трансгенных растений и растений дикого типа (**Таблица Q67**). Он также измерил рост растений в теплице и в условиях *in vitro* (**Рис. Q.67**).

Таблица Q.67 *Концентрация фитогормонов (нг/г сухого веса) в листьях и корнях растений дикого типа и двух трансгенных типов*

Орган	Типы растений	GA1	GA4	IAA
Лист	Дикий тип	58,1 ± 15,4	6,64 ± 3,18	22,5 ± 3,1
Лист	GA-дефицитный	19,9 ± 9,4 **	5,53 ± 2,33 *	21,1 ± 5,9
Лист	GA-нечувствительный	139,6 ± 21,9 **	12,2 ± 3,6 **	19,6 ± 3,7
Корень	Дикий тип	77,1 ± 29,3	2,24 ± 0,74	61,4 ± 4,1
Корень	GA-дефицитный	48,8 ± 9,6 **	1,15 ± 0,62 **	72,9 ± 5,2 *
Корень	GA-нечувствительный	97,7 ± 31,5 **	3,93 ± 0,68 **	69,1 ± 9,7 *

* и ** достоверные различия по сравнению с диким типом при значениях p=0.05 и p=0.01 по Т-тесту Стьюдента.

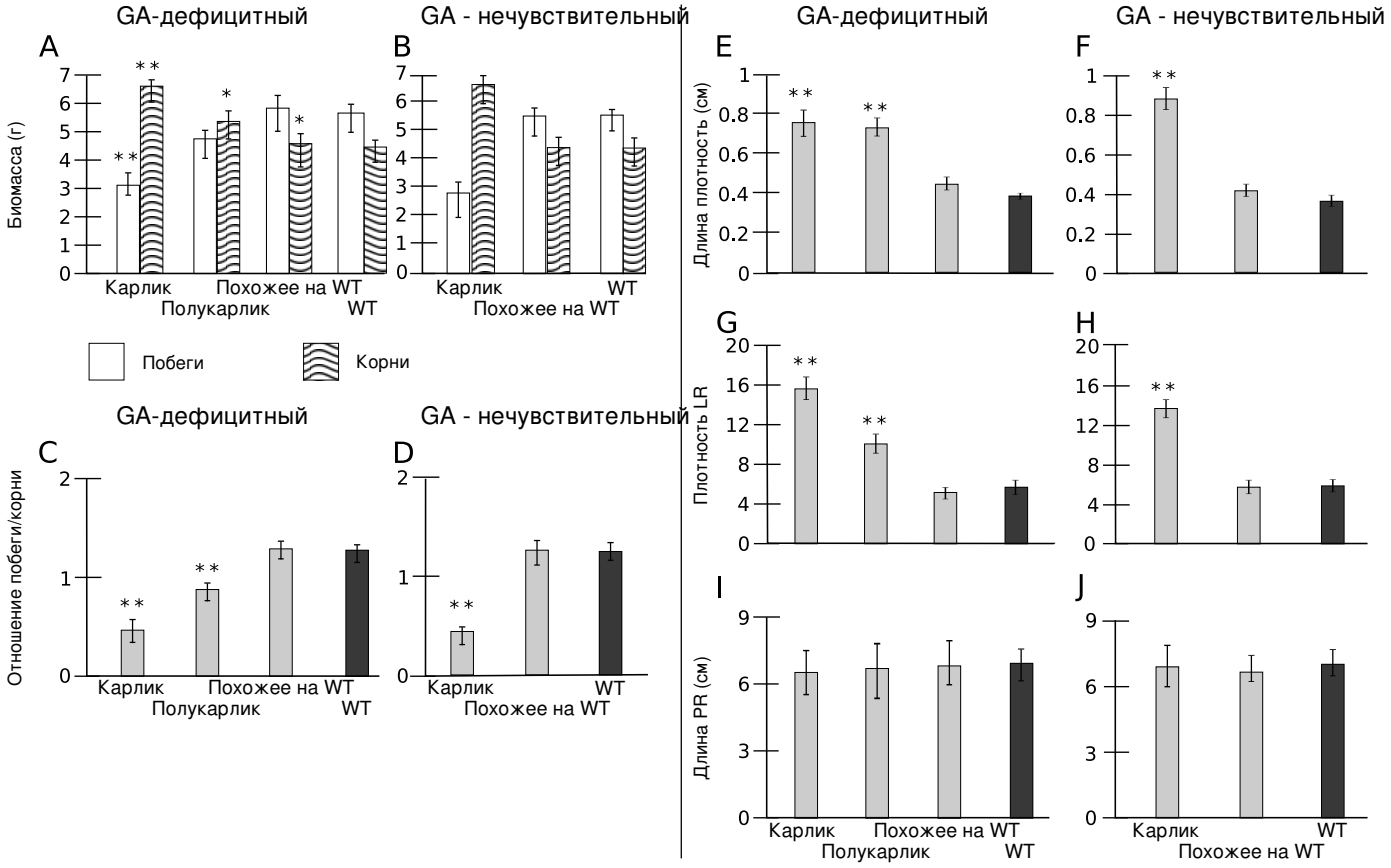


Рис. Q.67. A-D: Корневая и наземная биомасса при выращивании в тепличных условиях. Диаграммы A и B показывают сырую надземную и подземную биомассу: (A) - GA-дефицитных и (B) - GA-нечувствительных трансгенных форм. Диаграммы C и D показывают соотношения надземная/подземная биомасса у: (C) - GA-дефицитных и (D) - GA-нечувствительных трансгенных форм. * и ** показывают значимые отличия.

E-J: Развитие корней у GA-дефицитных и GA-нечувствительных трансгенных линий выращенных *in vitro*. LR - боковые корни, PR - главный корень, * и ** показывают значимые отличия по сравнению с диким типом (WT).

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Тепличные карликовые растения обоих трансгенных типов показывают существенное уменьшение наземной биомассы и увеличение подземной , что приводит к значительному уменьшению соотношения наземная часть/корень по сравнению с контрольным образцом дикого типа.

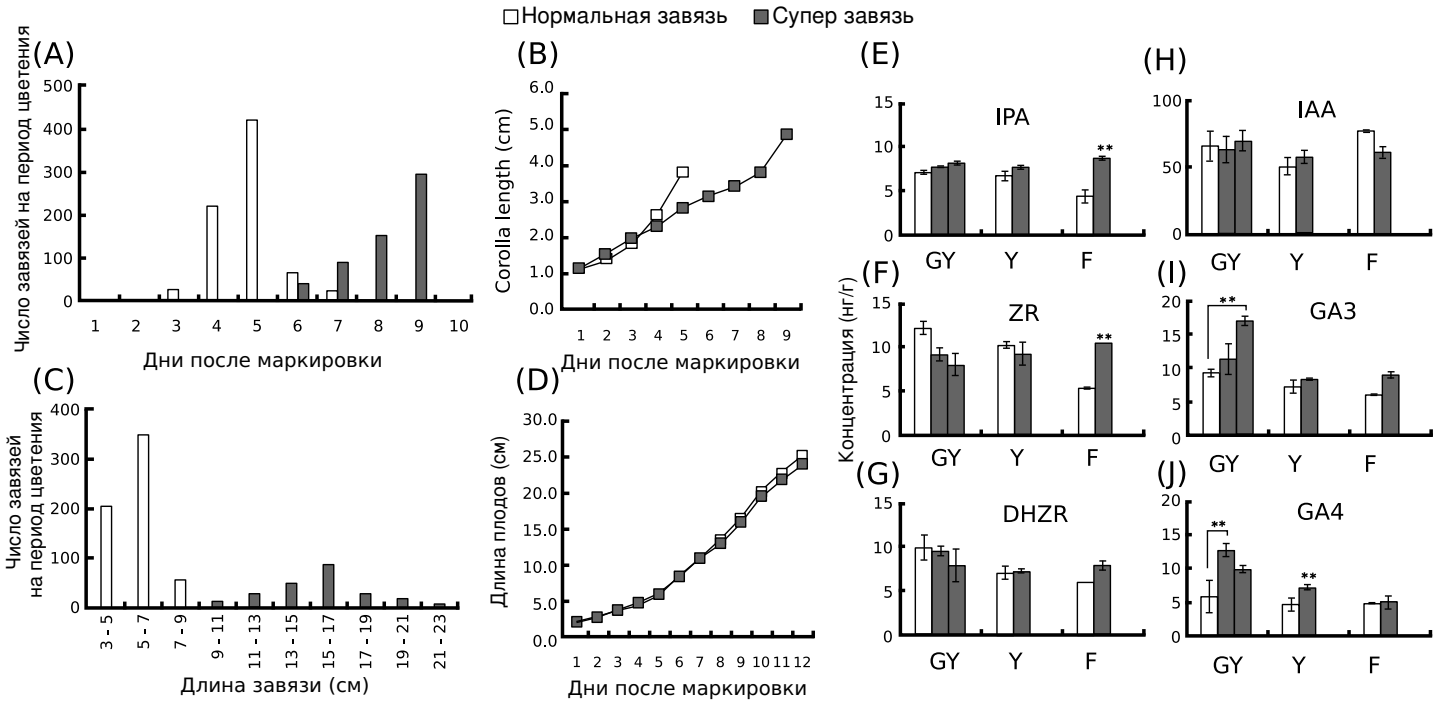
B. Боковых корней больше и они длиннее у самых маленьких карликовых растений по сравнению с контрольными растениями дикого типа.

C. Уровень карликовости как у GA-независимых, так и у GA-зависимых линий положительно коррелирует со степенью образования и удлинения главного корня и боковых корней.

D. У растений тополя гиббереллины отрицательно влияют на образование боковых корней, и в этом случае может иметь место взаимодействие между гиббереллинами и ауксином, который регулирует образование боковых корней.

Q.68

Ученый вырастил растения огурцов при различных условиях питания для получения либо тип супер-завязи, либо тип с нормальной завязью. Он маркировал цветки, когда они появились, и наблюдал за их развитием . Основываясь на окраске и форме, он выделил в развитии венчика четыре последовательные стадии: зеленая почка (G), зелено-желтая почка (GY), желтая почка (Y), и цветение (F). Он также измерил концентрацию регулятора роста растений на различных стадиях развития цветка.



бFig.Q.68 A-D: Морфологическая характеристика нормальной завязи и супер-завязи . E-J: Концентрация цитокининов (IPA, ZR, DHZR), гиббереллинов (GA3, GA4) и ауксина (IAA) на различных стадиях развития цветка. У типа супер-завязь были включены также две промежуточные стадии. ** указывает статистически значимые различия внутри одной стадии развития.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Развитие венчика между стадиями сильно отставало у супер-завязи.

B. При цветении супер завязь была существенно длиннее, по сравнению с нормальной, тогда как после маркировки длина их плодов не различалась.

C. Содержание гиббереллинов было повышенным у супер-завязи на начальных стадиях развития венчика, что соответствует большему размеру венчика.

D. Цитокинины являются главными регуляторами отрывания цветков у огурцов, тогда как ауксин, вероятно, принимает участие в регуляции размера венчика и плода.

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Q.69

На **Рисунке Q.69** показана регуляция секреции HCl обкладочными (париетальными) клетками желудка.

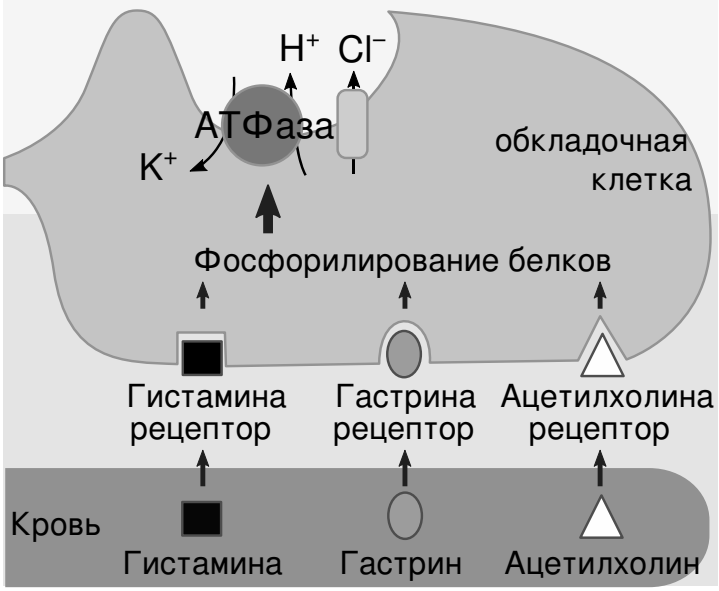


Рисунок Q.69

Четыре лекарства (Лекарство1 - 4) по-разному ингибируют секрецию кислоты в желудке *in vivo* через один из четырех механизмов: инактивация H^+/K^+АТРазы, блокирование рецептора гистамина, блокирование рецептора гастрина и блокирование рецептора ацетилхолина.
Для ответа на вопрос, по какому механизму эти лекарства ингибируют секрецию кислоты в желудке, был проведен ряд экспериментов. Обкладочные клетки были выделены и выращивались на разных средах. Каждая среда содержала одно из четырех лекарств. К каждой среде, содержащей лекарство, было добавлено одно из трех соединений (гистамин, гастрин, ацетилхолин). В разных культурах измерялась секреция HCl обкладочными клетками. Результаты этих опытов представлены в Таблице.

(–: нет секреции HCl; +: секреция HCl; ?: не показано).

	Без лекарства	Лекарство 1	Лекарство 2	Лекарство 3	Лекарство 4
Без добавок	-	-	-	-	-
Добавлен гистамин	?	?	?	?	-
Добавлен гастрин	?	?	?	+	?
Добавлен ацетилхолин	+	-	?	?	-

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. HCl секретировалась обкладочными клетками в среде, содержащей Лекарство 1 и гистамин.

B. Лекарство 2 блокировало рецепторы гастрина.

C. Лекарство 3 блокировало рецепторы гистамина.

D. В культуре обкладочных клеток, выращенных в среде с добавкой Лекарства 4 и ацетилхолина, наблюдался более низкий уровень внутриклеточного K^+, чем в клетках, выращенных на среде с добавлением только ацетилхолина.

Q.70

Гликопротеин 4-1BB – это рецептор, экспрессируемый в большом количестве на поверхности активных Т-клеток. Лиганд 4-1BB (4-1BBL) представляет собой молекулу, которая связывается с рецептором 4-1BB и активирует его.
Эта молекула экспрессируется в больших количествах на поверхности антигенпрезентирующих клеток. Двунаправленный сигналинг при взаимодействии 4-1BB и 4-1BBL усиливает активность обоих типов клеток и увеличивает образование и секрецию цитокинов, таких как MCP-1, который стимулирует инфильтрацию лейкоцитов (**Рисунок Q.70**). Недавно в ряде работ была показана взаимосвязь между сигнальным путем, включающим взаимодействие между 4-1BB и 4-1BBL, и рядом заболеваний человека, включая нарушения метаболизма.

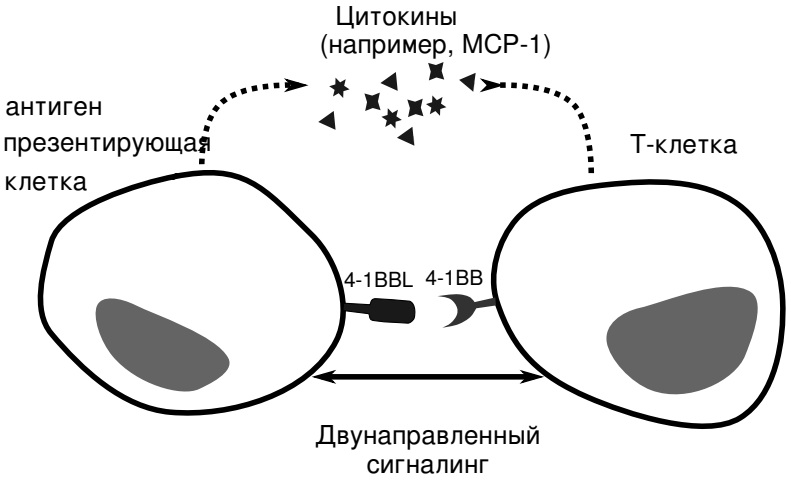


Рисунок Q.70

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Ингибирование экспрессии 4-1BB тормозит развитие атеросклероза.

B. Активация 4-1BB ограничивает действие автоиммунных заболеваний на организм.

C. Все три вида клеток, макрофаги, дендритные клетки и натуральные киллеры, в больших количествах экспрессируют 4-1BBL .

D. Блокирование взаимодействия между 4-1BB и 4-1BBL усиливает приживаемость трансплантатов при пересадке органов.

Q.71

Потенциал действия клеток сердечной мышцы отличается от такового в других клеток, таких как клетки скелетных мышц и нейроны. **Рисунок Q.70** показывает разные фазы потенциала действия в клетках сердечной мышцы.

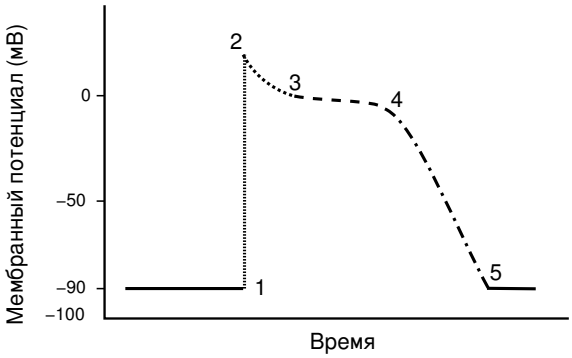


Рисунок Q.70

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Вещество, которое ингибирует поглощение Ca^{2+} саркоплазматическим ретикулумом, увеличивает интервал времени между точками 3 и 4.

B. Концентрация K^+ в саркоплазме в точке 2 выше, чем в точке 3.

C. Инъекция адреналина снижает интервал времени между точками 1 и 5.

D. Величина потенциала действия (от точки 1 до точки 2) снижается, если уровень Na^+ в саркоплазме выше нормального уровня.

Q.72

Паратироидный гормон (PTH) играет важную роль в регуляции уровней кальция и фосфата в плазме крови. Рисунок Q.72 показывает изменения уровней PTH, Ca^{2+}, и фосфата (Pi) в плазме крови мышей, которым вводили специфический ингибитор секреции PTH.

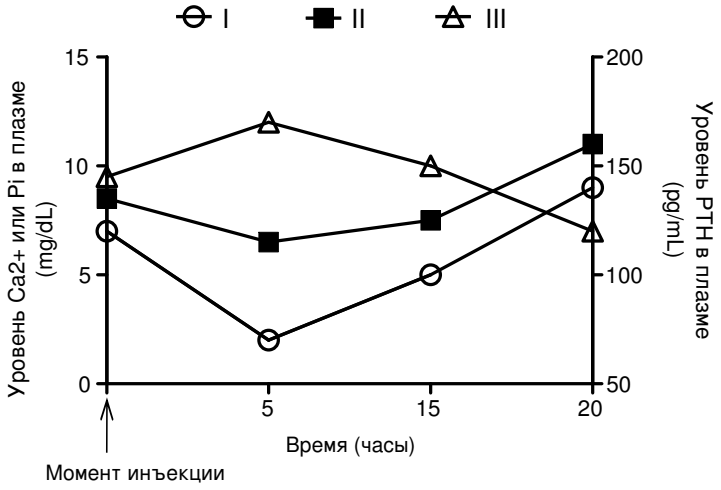


Рисунок Q.72

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Если Кривая I показывает уровень PTH, то Кривая II и Кривая III, вероятно, показывают уровни Pi и Ca^{2+} соответственно.

B. Мыши с PTH-нокаутом должны иметь более высокий уровень Pi в моче по сравнению с мышами дикого типа при том же рационе питания.

C. Диета с повышенным содержанием кальция снижает уровень витамина D (активной формы) в плазме здоровых людей.

D. Люди с суппрессией кальций-чувствительного рецептора имеют более высокий уровень Ca^{2+} в плазме по сравнению со здоровыми людьми при том же рационе питания.

Q.73

Следующая таблица описывает скорость кровотока в разных частях тела, включая сердечную мышцу, мозг, кожу и кишечник в состоянии покоя и при интенсивных физических упражнениях.

Часть тела	Скорость кровотока (см3/мин)	
	В покое	Во время упражнений
I	250	1200
II	500	500
III	500	1000
IV	2500	90

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. В покое синтез АТФ в клетках части тела I обеспечивается, главным обазом, за счет окисления жирных кислот.

B. Активность рецепторов инсулина в клетках части тела II возрастала во время упражнений, что увеличивало поглощение ими глюкозы.

C. Увеличение кровотока в части тела III во время упражнений помогает регулировать температуру тела.

D. Адреналин снижает кровоток в части тела IV, действуя на β-адренорецепторы.

Q.74

Мужчина при аварии на мотоцикле потерял примерно 700 мл крови в результате повреждения крупной артерии. После аварии давление крови у него было 90/50 ммHg. В ответ на такую кровопотерю можно ожидать определенные изменения физиологических параметров.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Сродство гемоглобина к кислороду в периферических тканях увеличивается.

B. Общее сопротивление периферических сосудов увеличивается.

C. В клетках синоатриального узла (водителя ритма) происходит гиперполяризация.

D. В мозге и коронарных артериях происходит вазоконстрикция (сужение просвета кровеносных сосудов).

Q.75

Обычно заболевания органов дыхания подразделяют на обструктивные и рестриктивные заболевания. Для обструктивных заболеваний характерно уменьшение скорости прохождения воздуха по дыхательным путям. Для рестриктивных заболеваний характерно уменьшение объёма легких.
Рисунок Q.75 показывает форму кривых поток воздуха-объём, измеренных при форсированном вдохе и форсированном выдохе, у здоровых людей и у четырех пациентов, имеющих 4 разных типа обычных респираторных заболеваний.

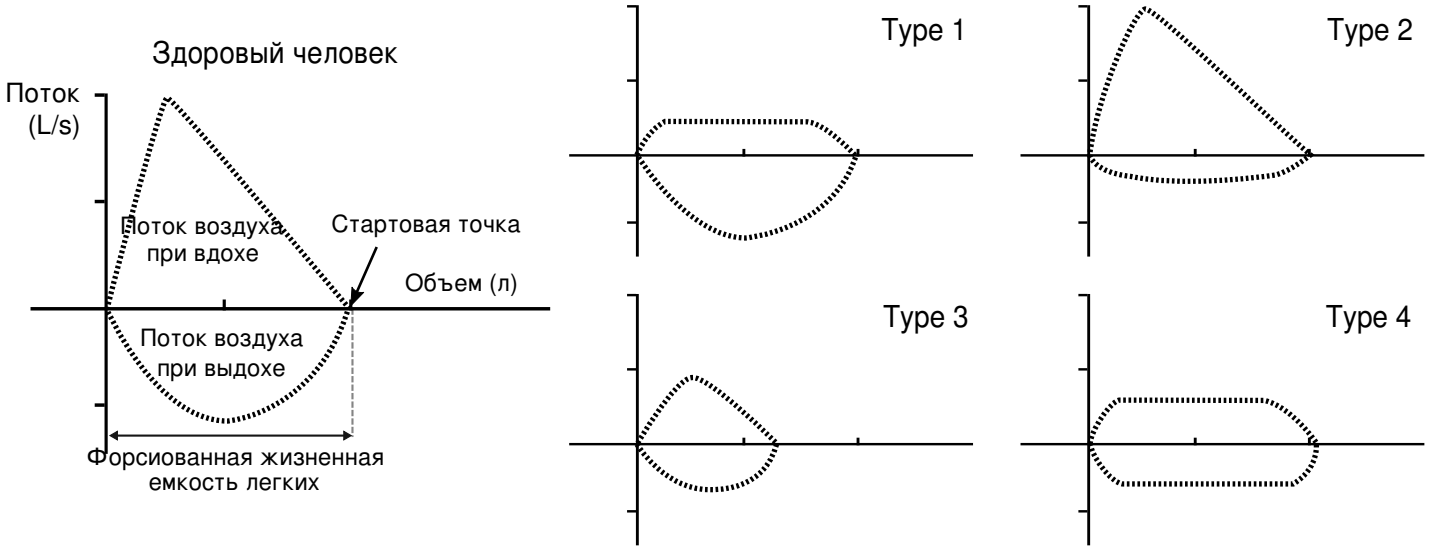


Рисунок Q.75

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Значение pH крови у пациента с заболеванием Типа I выше, чем у здоровых людей.

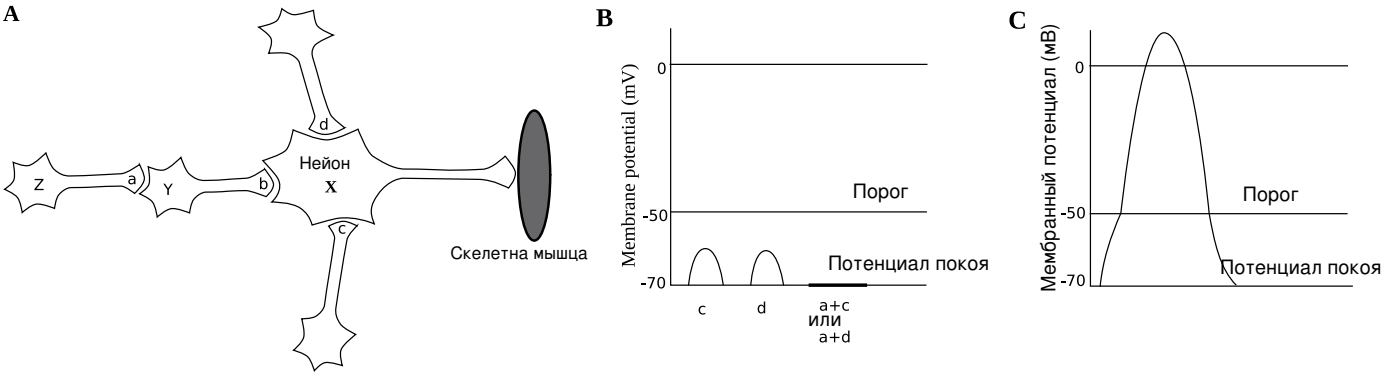
B. Длительность усиленного вдоха у пациентов с заболеванием Типа 2 короче, чем у здоровых людей.

C. У пациента с заболеванием Типа 3 скорость дыхания выше, чем у здоровых людей.

D. Остаточный объём у пациента с заболеванием Типа 4 выше, чем у здоровых людей.

Q.76

На **Рисунке Q.76A** показан нейрон X, получающий сигналы прямым путем от трех разных нервных окончаний *b*, *c* и *d*. Нейрон Y получает сигналы от нервного окончания *a*.
На **Рисунке Q.76B** показаны разные постсинаптические потенциалы, записанные у нейрона X после получения им сигналов прямым путем от окончаний *b*, *c*, и *d* и непрямым путем от окончания *a*.
На **Рисунке Q.76C** показан потенциал действия, записанный у нейрона Y, после получения им сигналов от пресинаптического окончания *a*.



Рисунки Q.76A, B и C.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Потенциалы действия могут возникать у нейрона X, если быстро возбуждать нервное окончание *c*.

B. Если одновременно стимулировать три нервных окончания *a*, *c* и *d*, то постсинаптические потенциалы, записанные у нейрона X меньше, чем таковые при одновременной стимуляции нервных окончаний *c* и *d*.

C. Нервное окончание *a* выделяет тормозной нейромедиатор и нервное окончание *b* выделяет возбуждающий нейромедиатор.

D. В теле млекопитающих существует много нейронов, подобных нейронам Z, Y, X. Нейроны Z, Y, X являются сенсорными нейронами, ингибиторными нейронами (клетками Реншоу) и моторными нейронами соответственно. Если введенное в тело вещество (например, стрихнин) блокирует рецепторы глицина, то диафрагма полностью сократится и останется в сокращенном состоянии.

Q.77

Был проведен ряд экспериментов по изучению регуляции секреции гормонов и влияния различных лекарств на активность желез внутренней секреции у крыс. Крысы были разделены на разные группы, которым вводили разные гормоны или лекарства. При этом анализировались некоторые физиологические параметры.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. У группы крыс, которым водили лекарство, снижающее чувствительность гипоталамуса к кортизолу, наблюдается более высокие уровни глюкозы и инсулина в плазме крови, по сравнению с группой крыс, которым вводили лекарство, снижающее чувствительность рецепторов адренокортикотропного гормона (АКТГ).

B. У группы крыс, которым вводили лекарство, увеличивающее чувствительность гипоталамуса к тироксину, наблюдается более высокая скорость метаболизма и более высокая температуры тела по сравнению с группой крыс, которым вводили лекарство, повышающее чувствительность клеток-мишеней к тиреолиберину (тиреотропин рилизинг гормону, ТРГ).

C. У группы крыс, которым вводили пропилтиоурацил (блокирует синтез тироидного гормона) наблюдается уменьшение азмера щитовидной железы и веса тела по сравнению с группой крыс, которым вводили плацебо.

D. У группы крыс, которым вводили тиреотропный гормон (ТТГ), наблюдается уменьшение размера гипофиза и увеличение размера надпочечников по сравнению с группой крыс, которым вводили кортиколиберин (кортикотропин рилизинг гормон, КРГ).

Q.78

Было поведено исследование изменения уровня концентрации кортизола в слюне и концентрации 2-АГ (2-арахидонилглицерина) в крови у двух групп людей, подверженных и не подверженных морской болезни (укачиванию), во время полетов по параболической траектории (ППТ). Во время ППТ уровни кортизола и концентрации 2-AG в крови были измерены в образцах, взятых уже во время полета непосредственно перед началом ППТ (T0), после 10 парабол (T1), 20 парабол (T2), и 30 парабол (T3), окончания ППТ (T4) и через 24 ч после ППТ (T5). Результаты показаны на **Рисунке Q.78.**

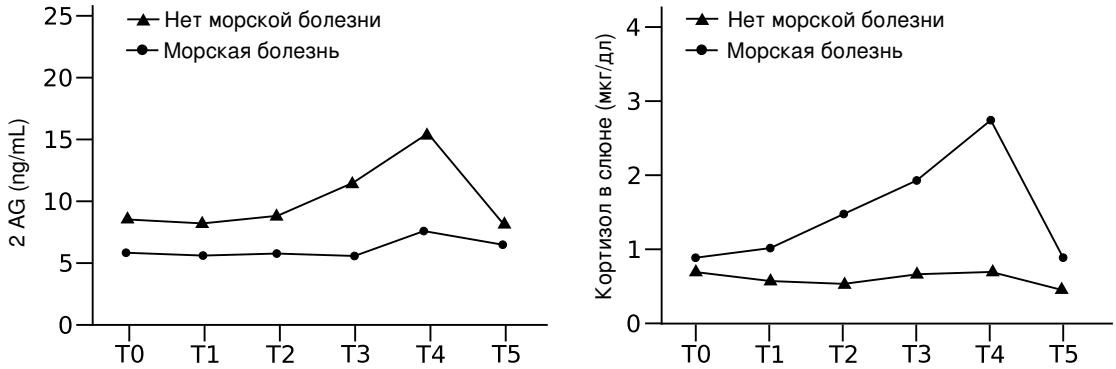


Рисунок Q.78

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Для лечения морской болезни можно применять ингибитор 2-АГ.

B. В группе подверженных морской болезни уровень глюкозы в крови в точке T4 был выше, чем в точке T1.

C. В точке T2 уровень адренокортикотропного гормона (ACTH) в крови был выше в группе людей, не страдающих морской болезнью, по савнению с группой людей, подверженных этому заболеванию

D. В группе больных морской болезнью уровень кортиколиберина (CRH) в крови в точке T5 был ниже, чем в точке T2.

Q.79

Если человека, родившегося и выросшего на уровне моря, перенести вертолетом в местность, лежащую на высоте 3000 метров над уровнем моря, в его организме произойдут некоторые адаптационные изменения для компенсации сниженного давления кислорода на высокогорье.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. В момент прибытия человека на высокогорье кривая диссоциации оксигемоглобина сдвигается влево (что указывает на более высокое сродство гемоглобина к кислороду).

B. После нескольких дней пребывания на высокогорье вязкость крови у человека снижается, позволяя его крови доставлять больше кислорода к тканям.

C. После нескольких недель пребывания на высокогорье в клетках легких этого человека образуется больше оксида азота (NO).

D. Многие люди, быстро поднявшиеся на высокогорье, ощущают в определенной степени симптомы острой горной болезни (головную боль, недомогание и тошноту). Это состояние можно лечить с помощью лекарства, которое приводит к выделению бикарбоната с мочой.

Q.80

Рисунок Q.80 показывает взаимосвязь между концентрацией кислорода и парциальным давлением кислорода (Po_2) в крови двух видов позвоночных (виды *a* и *b*). Каждый образец был подвергнут двум уровням давления углекислого газа (Pco_2): кривая I представляет величины, измеренные при нормальном Pco_2 и кривая II представляет величины, измеренные при повышенном Pco_2. Кровь, проходящая через легкие, у двух видов в норме имеет Po_2 равное 100 ммHg, а деоксигенированная кровь, покидающая ткани, имеет Po_2 равное 40 ммHg.

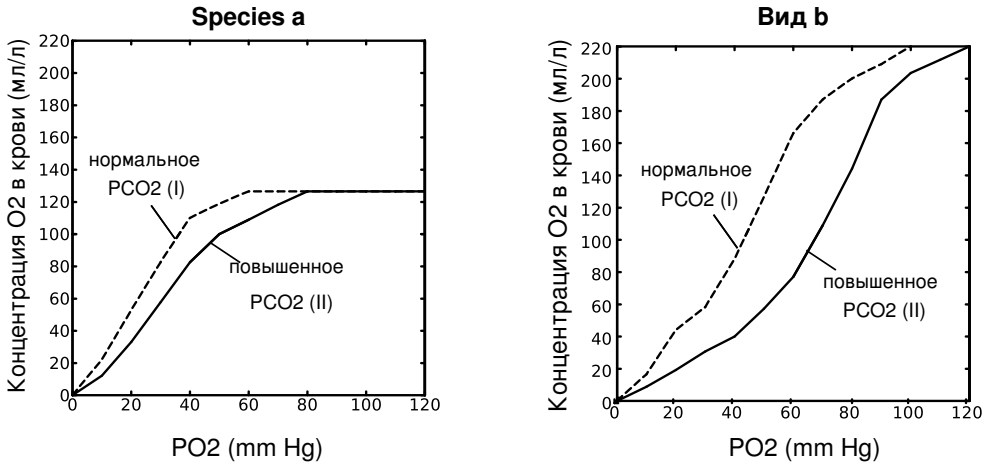


Рисунок Q.80

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Если сравнить кривую I вида *a* с кривой I вида *b*, можно предположить, что концентрация O_2 в крови в легких вида *a* будет выше, чем таковая вида *b*.

B. Если экспонировать деоксигенированную кровь двух видов при одинаковом уровне Pco_2 и повышенном уровне Po_2, то первой насытится O_2 кровь вида *a*.

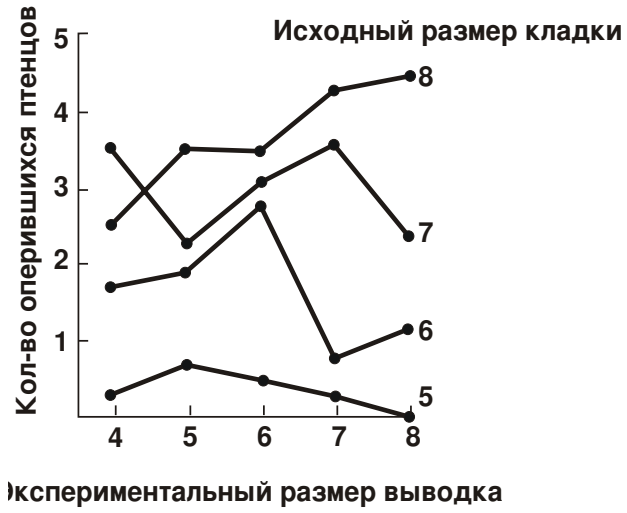
C. Если кривые I и II представляют собой Pco_2 оксигенированной и деоксигенированной крови соответственно, то у вида *b* из литра крови при ее прохождении через ткани выделится менее 160 мл O_2.

D. У вида *a* увеличение Pco_2 в крови уменьшает сродство гемоглобина к кислороду, но не оказывает влияния на максимальную кислородную емкость крови.

ЭТОЛОГИЯ

Q.81

В экспериментальном исследовании сороки *Pica Pica,* проведенном в Швеции, Горан Högstedt манипулировал с исходным размером кладки (показан справа на графике) экспериментальных птиц для того, чтобы получить кладки разного размера у разных групп птиц (в зависимости от исходного размера кладки), как показано на оси X. Количество успешно оперившихся молодых птиц при различных условиях показано на Y-оси. Пищевое обилие и качество территории, как полагают, связаны с размером выводка. Интенсивность поедание хищниками ниже в случае больших выводков.



Изучив представленные данные, укажите в листе ответов, является ли каждое из утверждений верным или неверным.

A. В целом, птенцы лучше выживают в экспериментально созданных больших выводках.

B. Интенсивность размножения птиц ближе всего к тому показателю, который максимизирует их индивидуальный успех размножения.

C. У птиц, обитающих на территории высокого качества, как правило, выводки больше.

D. Экспериментально измененные выводки больше голодают.

Q.82

Изучено поведение двух видов крабов-скрипачей (группа манящих крабов) одинаковых размеров (*Uca latimanus* и *U. musica*), которые живут совместно в одной и той же среде обитания. Самцы строят навесы над своими норами для привлечения самок. Поиск партнера является опасной активностью для самок краба-скрипача, так что эти самки могут быть вынуждены сделать неоптимальный выбор самца ради своей собственной безопасности, особенно в тех районах, где плотность самцов их вида более низкая. На рисунке **Q.82** ниже показано, как часто самки двух видов приближались к самцам, а также к норкам (с навесами и без навесов) самцов своего вида.

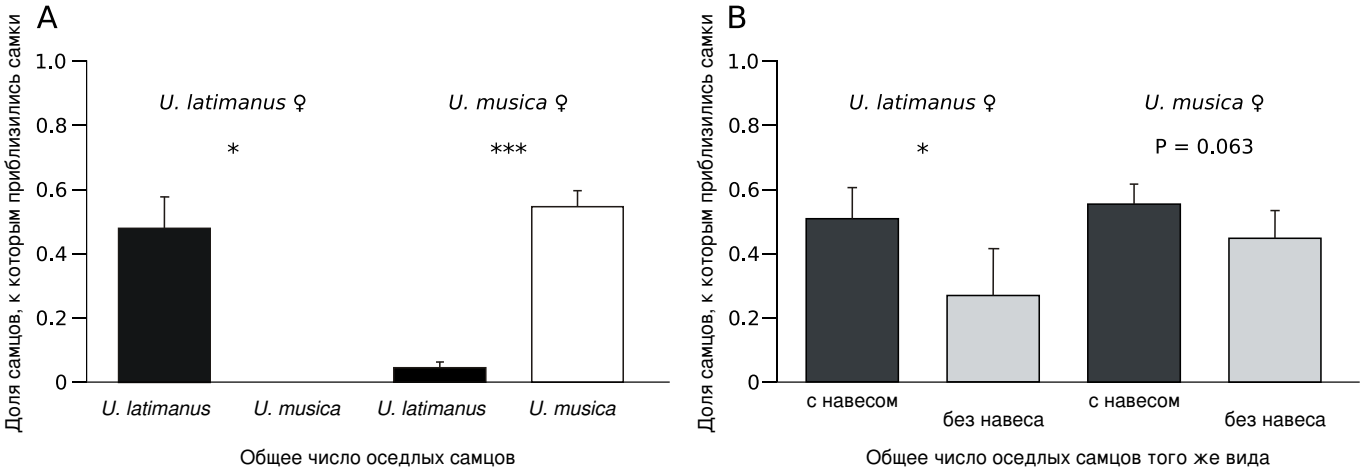


Рисунок Q82. (A) Средняя (± SE стандартная ошибка) доля оседлых самцов *Uca latimanus* и *U. musica* . к которым приблизились странствующие самки *U. latimanus* и *U. musica* . * P <0,05; *** P <0,0001.
(B) Средняя (± SE стандартная ошибка) доля оседлых самцов того же вида с навесами над норками и без них, к которым приблизились странствующие самки *U. latimanus* и *U. musica*. * P <0,05.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Самки обоих видов чаще приближались к самцам своего вида, чем к самцам другого вида.

B. Привлекательность навесов над норками для самок *U. musica* не так сильна, как у *U. latimanus*

C. Самцы крабов готовы ухаживать за каждой самкой, независимо от их вида, что используется самками, ищущими укрытия и стремящимися избегать хищников.

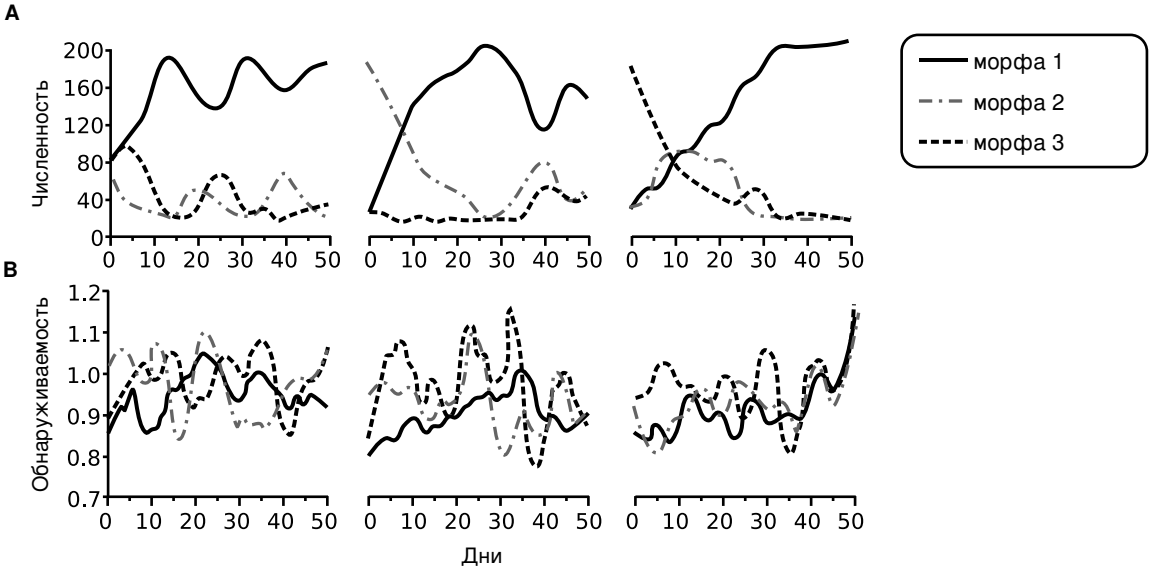
D. Перекрывание используемых местообитаний данных двух видов близких по размеру крабов не оказывает никакого влияния как на особей, подающих сигналы, так и на особей их принимающих.

Q.83

Три морфы полиморфного вида моли *Catocala* различаются только рисунком на передних крыльях.
В эксперименте шесть голубых соек (*Cyanocita cristata*) искали добычу на экране компьютера в серии испытаний.

No translation found

В каждом испытании используется экран, на котором показывалось наличие или отсутствие бабочек трех различных морф. Если птица находит бабочку, она вознаграждается пищей. В течение 50 дней для каждой птицы провели 36 испытаний с добычей и 84 испытаний без добычи. Были проведены три повторности, причем вторая повторность включает большую долю морфы 2 и третья повторность начинается с большим относительным обилием морфы 3.



A, Численность популяций трех морф.
B, Выявляемость добычи.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Морфа 1 оказалась наиболее криптической (незаметной)

B. Относительное количество "особей", которые избежали обнаружения, определяет обилие каждого типа добычи.

C. Из данных можно сделать вывод, что преимущественное поедание голубой сойкой преобладающей морфы бабочек, максимизирует успех соек в добывании корма.

D. Полиморфизм поддерживается в популяции благодаря частотно-зависимому отбору хищниками.

ГЕНЕТИКА И ЭВОЛЮЦИЯ

Q.84

У организма имеется 4 гена, A, B, C и D, у каждого из которых 2 аллеля. Особь, гетерозиготная по всем этим генам была скрещена с рецессивной гомозиготой по всем этим генам. В результате было получено 3288 потомков, фенотипы которых приведены в таблице ниже.

Фенотипы	Число особей
ABCD	675
ABCd	83
ABcD	1
ABcd	74
AbCD	73
AbCd	1
AbcD	84
Abcd	670
aBCD	655
aBCd	86
aBcD	1
aBcd	73
abCD	71
abCd	1
abcD	87
abcd	653

Для каждого утверждения укажите в Листе Ответов, является оно Верным или Неверным

A. Все 4 локуса сцеплены.

B. Расстояние между генами B и D составляет 9 сМ.

C. Расстояние между генами C и D составляет 10,5 сМ.

D. Интерференция меньше, чем 0,25. Интерференция = 1 - (наблюдаемая частота двойных кроссинговеров/ожидаемая частота двойных кроссинговеров).

Q.85

В норме растение имеет красные цветки. Селекционеры вывели три мутантные линии белоцветковых растений (обозначены a, b и c). Затем они провели скрещивания и наблюдали следующие фенотипы в потомстве.

Скрещивание	Родители	Потомки
1	линия a x линия b	F_1 все белые
2	линия a x линия c	F_1 все красные
3	линия b x линия c	F_1 все белые
4	красные F_1 от скрещивания 2 x линия a	1/4 красных: 3/4 белых
5	красные F_1 от скрещивания 2 x линия b	1/8 красных : 7/8 белых
6	красные F_1 от скрещивания 2 x линия c	1/2 красных: 1/2 белых

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Линия a гомозиготна по мутации только в одном гене.

B. Линия b гомозиготна по двум мутациям, имеющимся также у линии c.

C. Линия c гомозиготна по мутации, имеющейся также у линии a.

D. Линия b гомозиготна по мутациям в трех генах.

Q.86

Укажите в Л**исте Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Если рецессивный аллель является летальным в гомозиготном состоянии, а соответствующий доминантный аллель мутирует в рецессивный с частотой 10^{-6}, то частота летального аллеля в состоянии равновесия между мутационным процессом и отбором составит примерно 0,001.

B. Если частота рецессивного летального аллеля составляет 0,2 и остается неизменной на протяжении поколений из-за селективного преимущества гетерозигот, то коэффициент отбора против доминантных гомозигот должен равняться 0,025.

C. Отбор в пользу рецессивных аллелей менее эффективен, чем отбор против рецессивных аллелей.

D. В большой популяции со случайным скрещиванием частота аутосомного рецессивного летального аллеля составляет 0,2. Его частота в следующем поколении составит 0,07, если гомозиготы погибают до размножения.

Q.87

Укажите в Л**исте Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Некоторые типы рака толстой кишки могут вызываться рецессивными мутациями, хотя характер наследования заболевания будет похожим на наследование доминантного признака.

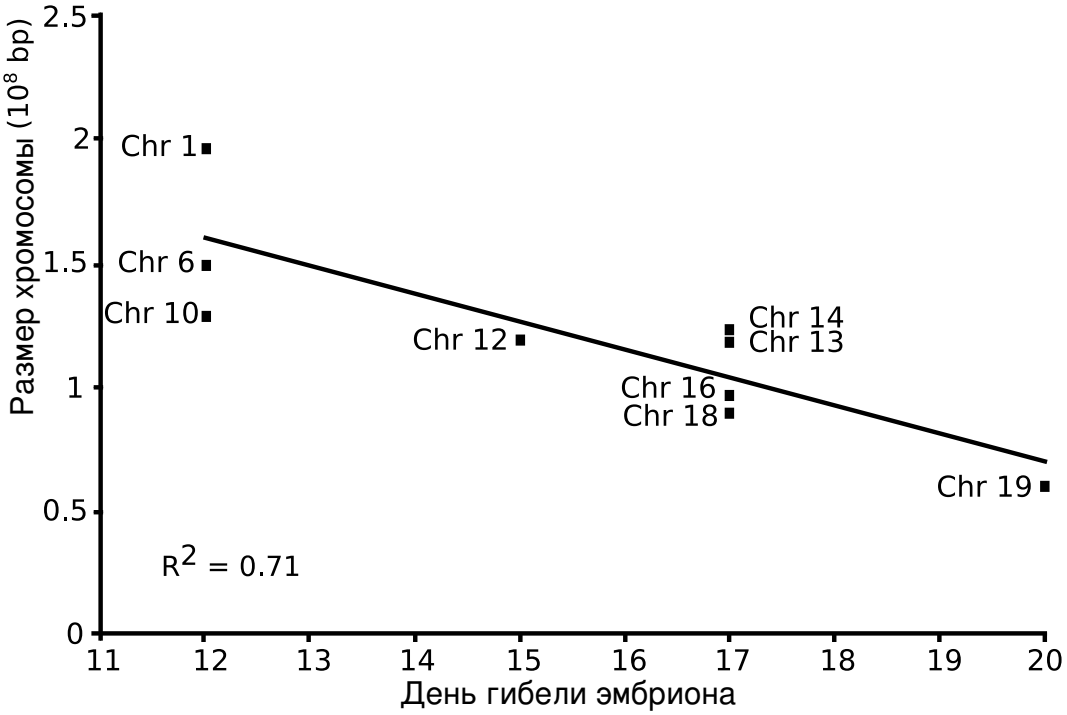
B. У одного пациента нормальные клетки имеют один мутантный аллель гена *p53,* тогда как раковые клетки имеют два одинаковых мутантных аллеля *p53.* В этом случае второй мутантный аллель мог возникнуть в результате конверсии генов.

C. Некоторые типы рака эффективно лечатся препаратами, которые вызывают деметилирование. Можно предположить, что гены, мутации в которых вызывают эти типы рака, скорее всего, являются онкогенами, а не онкосупрессорами.

D. Хромосомные инверсии могут приводить к появлению онкогенов.

Q.88

Эмбрионы мыши, являющиеся трисомиками по одной из 20 хромосом (всего 20 разных типов мышей) наблюдались во время эмбрионального развития. На рисунке **Q.88**. показана зависимость уровня их выживаемости от размера хромосомы, представленной тремя копиями.



Исходя из данной информации, укажите в Л**исте Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Хромосома 19, скорее всего, кодирует меньше всего транскриптов по сравнению с другими хромосомами, приведенными на графике

B. Тяжесть дефектов, вызванных нарушением числа хромосом, определяется только общим количеством генетического материала (ДНК) на дополнительной хромосоме.

C. Считая, что роль генов хромосом 1 и 10 в эмбриональном развитии одинакова, можно предположить, что плотность расположения генов на хромосоме 1 меньше, чем на хромосоме 10.

D. Гены, расположенные на хромосоме 12, скорее всего, более важны для эмбрионального развития, чем гены на хромосоме 13.

Q.89

мРНК эукариот часто замыкаются в петли в цитоплазме. Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений о таких замкнутых петлях Верным или Неверным.

A. Замыкание происходит за счет образования фосфодиэфирной связи между 5' и 3' концами мРНК.

B. Замыкание повышает стабильность мРНК.

C. Замыкание увеличивает скорость перемещения рибосомы по мРНК.

D. Контроль замыкания является одним из механизмов пост-транскрипционной регуляции экспрессии генов.

Q.90

На родословных 1-4 показано наследование четырех разных **редких** заболеваний. Известно, что заболевание на родословной 4 является Х-сцепленным рецессивным.

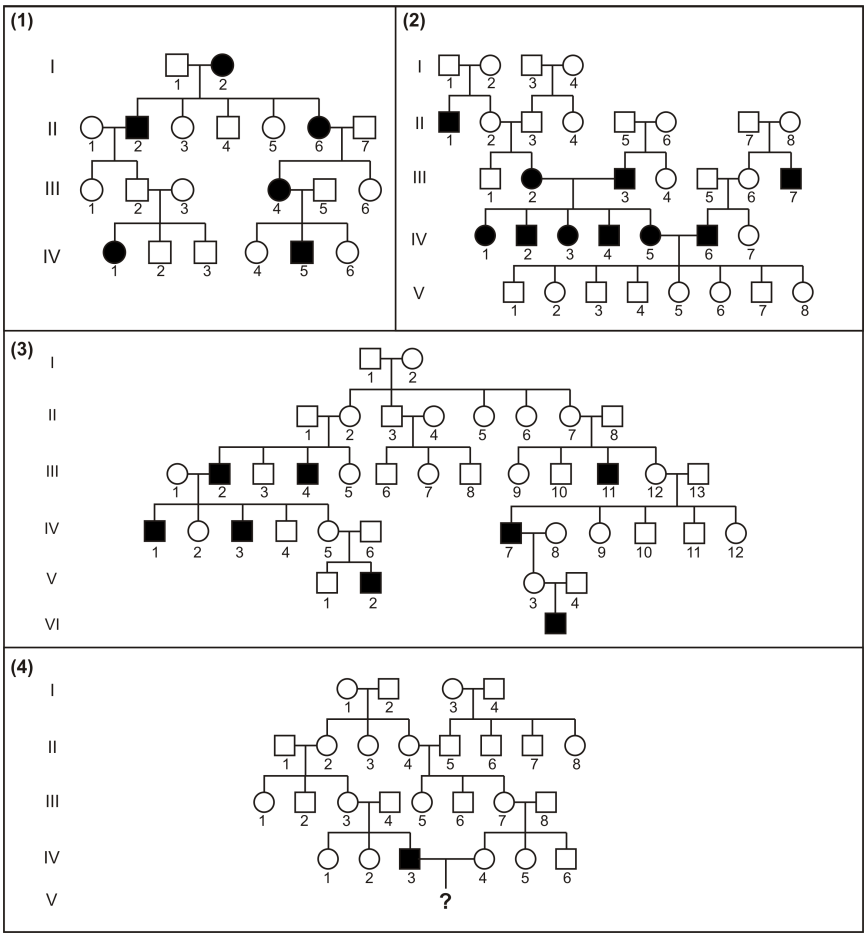


Рисунок Q.90

Изучите родословные и укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Заболевание в родословной 1, скорее всего, вызывается рецессивным аллелем.

B. Индивидуумы III2 и III7 в родословной 2 имеют один и тот же генотип

C. В родословной 3 показано наследование заболевания, которое может быть вызвано рецессивным аллелем на Х-хромосоме.

D. Если у больного мужчины и его здоровой жены из родословной 4 родится сын, то вероятность того, что этот сын будет болен, равна 0,125

Q.91

Полиморфные участки ДНК широко используются для идентификации личности. Короткие тандемные повторы (STR) состоят из множества повторяющихся единиц длиной от 2 до 8 нуклеотидов. STR-локусы фланкированы консервативными последовательностями. Каждый STR-локус имеет более двух аллелей. Однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) - это однонуклеотидные позиции, в которых наблюдаются различия между индивидуумами. Обычно каждый SNP имеет два аллеля. Семь индивидуумов были прогенотипированы по двум аутосомным и двум митохондриальным (mtDNA) SNP, а также по двум аутосомным и двум сцепеленным с Y-хромосомой (NRY) STR **(Таблица Q.91).**

	Аутосомы				NRY		mtDNA	
Individuals	SNP1	SNP2	STR1	STR2	STR1	STR2	SNP1	SNP2
Ind_1	A/A	A/A	13/15	18/20	13	12	C	A
Ind_2	A/C	A/G	12/14	18/21	13	15	T	A
Ind_3	C/C	A/G	14/15	18/21	13	15	C	G
Ind_4	A/C	G/G	13/15	19/19	11	14	T	G
Ind_5	C/C	A/G	14/15	18/19	-	-	C	G
Ind_6	A/C	G/G	14/14	18/19	-	-	T	G
Ind_7	C/C	G/G	14/16	19/21	-	-	C	A

Таблица Q.91

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Если использовать одинаковое число SNP или STR, SNP лучше подходят для того, чтобы отличать индивидуумов друг от друга, чем STR.

B. Ind_6 с большей вероятность, чем Ind_3, является ребенком пары Ind_2 и Ind_5.

C. Ind_4 вероятно является братом Ind_6.

D. Ind_7 может быть внучкой пары Ind_1 и Ind_6.

Q.92

Самка Drosophila дикого типа была скрещена с самцом дикого типа, которого предварительно облучили рентгеном. Одна из самок из F1 была скрещена с самцом, имевшим рецессивный фенотип, вызванный рецессивным аллелем a. Потомство второго скрещивания было необычным в двух отношениях. Во-первых, самок было в два раза больше, чем самцов. Во-вторых, хотя все самцы были дикого типа, 1/2 самок были дикого типа, а вторая половина имела рецессивный фенотип a.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Облучение привело к тому, что доминантный аллель A, расположенный на X хромосоме и кодирующий дикий тип, превратился в рецессивный аллель a.

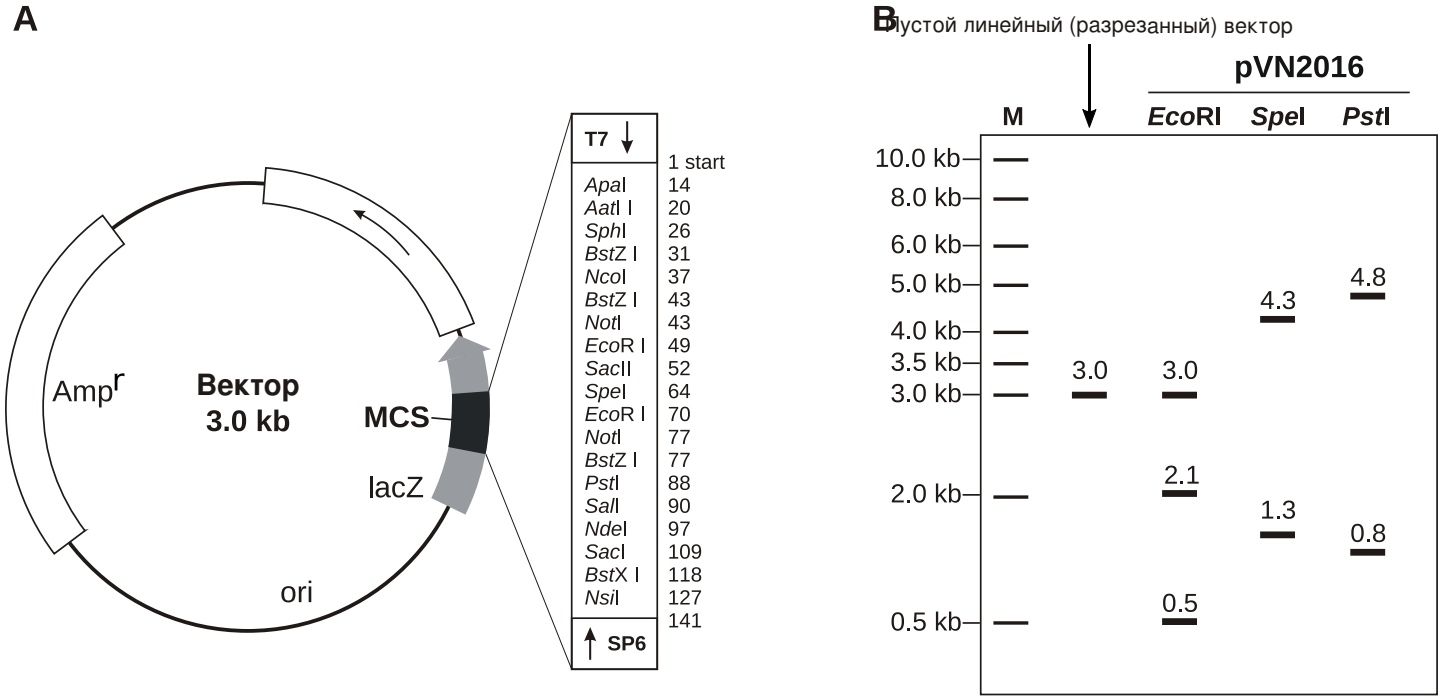
B. Облучение привело к возникновению хромосомной транслокации

C. На одной из пар хромосом во время профазы мейоза 1 может наблюдаться петля у самки F1, взятой в скрещивание

D. Если самку из потомства от второго скрещивания с рецессивным фенотипом (a) скрестить с самцом дикого типа, то среди их потомства соотношение между самками и самцами будет 2:1.

Q.93

Мистер Трунг клонировал кодирующую последовательность (CDS) гена в вектор и назвал полученную плазмиду pVN2016. Данная CDS была вставлена в вектор по рестрикционному сайту для *Sac*II, расположенному в полилинкере (MCS) внутри гена *lacZ* (рисунок **Fig.Q.93A**). Вставка имеет рестрикционный сайт для *Pst*I, расположенный на 0,8 т.п.н. выше стоп-кодона данной CDS. Чтобы определить размер и ориентацию вставленной CDS мистер Трунг разрезал плазмиду разными рестриктазами. Результаты показаны на рисунке **Q.93B.**



А) Схематическая карта вектора, числами обозначены положения сайтов рестрикции; В) Схематическое изображение электрофореза фрагментов ДНК, полученных в результате рестрикции разными ферментами

Исходя из представленной информации, укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. CDS имеет длину 2,6 т.п.н. и содержит сайт для EcoRI на расстоянии примерно 0,5 т.п.н от одного из ее концов

B. *Spe*I можно использовать для определения ориентации CDS

C. CDS ориентирована в том же направлении, что и ген *lacZ.*

D. Если плазмиду pVN2016 одновременно разрезать *Spe*I и *Eco*RI буфере Tango (в этом буфере *Eco*RI и*Spe*I разрезают с эффективностью 100% и 20% соответственно), на геле после электрофореза можно будет увидеть пять фрагментов размером: 0,5; 0,8; 1,3; 2,1 и 3,0 т.п.н. (Считайте, что фрагменты короче 50 п.н. на геле не видны).

ЭКОЛОГИЯ

Q.94

Ученые построили модели для четырех находящихся под угрозой видов деревьев в субтропических лесах во Вьетнаме, и использовали эти модели для оценки возрастов деревьев **(рис Q.94).** Возраст дерева измеряется по количеству колец и диаметру ствола на высоте груди (DBH). Темпы роста были классифицированы в зависимости от изменения DBH на определенное число категорий (от 10 до 1000). Модель с 1000 категорий соответствует измерению прироста ствола с наименьшим шагом.

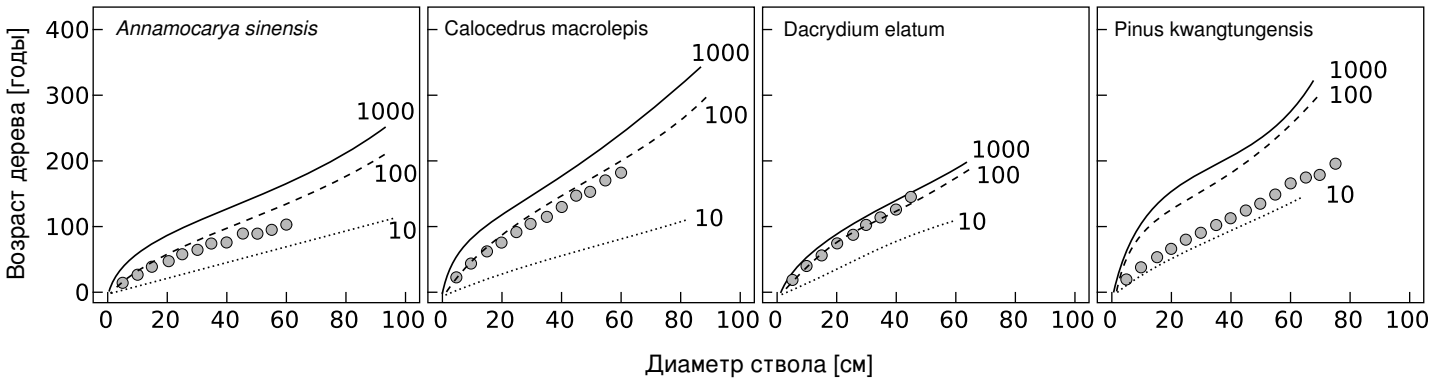


Рисунок Q 94. Оценочные (линии) и наблюдаемые (кружки) возраста для категорий DBH четырех видов деревьев.

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Использование наименьшего числа категорий дает наиболее точную информацию о возрасте дерева *P. kwangtungenesis.*

B. Оцениваемый возраст для *D. elatum* особенно резко возрастает при переходе от модели со 100 категориями к модели с 10 категориями.

C. Модель с 10 категориями DBH дает наиболее заниженную оценку наблюдаемым возрастам для трех видов.

D. Для *D. elatum,* модели как со 100, так и с 100 категорий даст точную оценку возраста дерева, в то время как для оценки возраста *C. macrolepis,* только модель со 100 категориями дает надежную оценку.

Q.95

Для того, чтобы понять влияние нескольких факторов на растения *(Agrimonia rostellata* и *Trillium erectum*) в лесных экосистемах, студенты пересаживали сеянцы на экспериментальные участки и наблюдали долю выживших саженцев, растущих с аборигенной и неаборигенной растительностью, в присутствии слизней и без них, а также с низкой и высокой плотностью популяции дождевого червя. Результаты показаны на рисунке ниже.

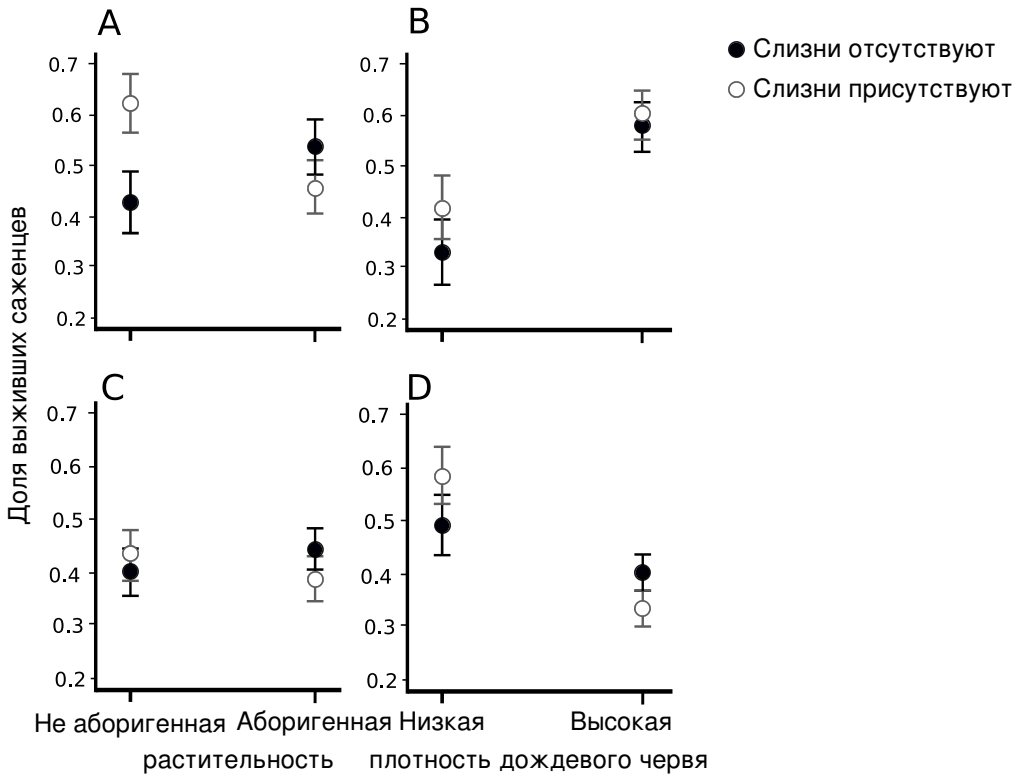


Рисунок Q.95 Доля уцелевших всходов *Agrimonia rostellata* (A, B) и *Trillium erectum* (C, D)

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Исключение слизней из опытного участка оказывает положительное влияние на выживаемость *Agrimonia rostellata* и *Trillium erectum* с высокой плотностью дождевого червя.

B. Влияние слизней зависит от других факторов стресса, особенно от взаимодействия с неаборигенной растительностью и дождевыми червями.

C. Дождевые оказывает положительное влияние на *Agrimonia rostellata* и *Trillium erectum*.

D. Неаборигенные растения и слизни синергично уменьшают выживаемость всходов за счет усиления конкуренции и поедания.

Q.96

Студент культивировал растения, включая 4 вида однодольных трав (*A. capillaris, A. odoratum, F. rubra*, and *H. lanatus*) и 4 вида двудольных трав (*C. jacea, L. vulgare, P. lanceolata,* and *R. acetosa*), без бобовых, в разных кадках. В разных кадках выращивалась монокультура или смеси двух, четырех или всех восьми видов. Затем были измерены различные параметры, в зависимости от богатства видов растений, как показано на рисунке ниже. На всех графиках ось y приведена в логарифмическом масштабе ($\log_2$)

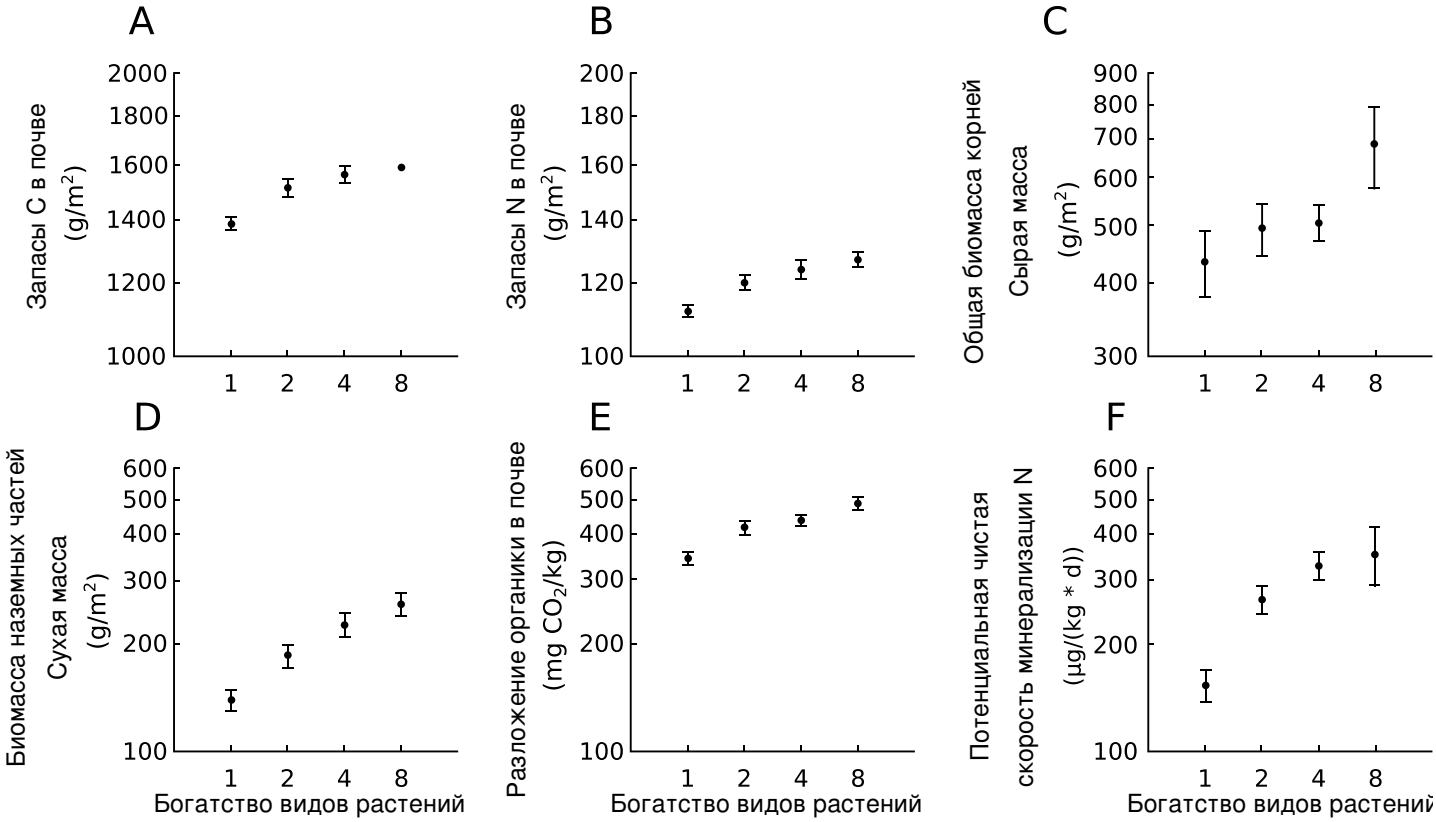


Рисунок **Q.96**

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Биомасса надземных частей растений возрастает, но общая биомасса снижается при повышении видового богатства

B. Видовое богатство растений способствует запасанию C в почве главным образом за счет повышения интенсивности размножения растений, несмотря на ускорение разложения органики в почве

C. Б<u>о</u>льшие запасы N в почве при более высоком богатстве видов в большей мере объясняется повышением удержания N, вызванном повышением продуктивности растений, а не повышением поступления N в почву,

D. Большее видовое разнообразие может повышать потенциал экосистем накапливать C

Q.97

На скалистых берегах часто бывает множество мелких водоемов в углублениях скал, в которых доминируют макроскопические водоросли и растительноядные брюхоногие моллюски, в основном представленные *Patella ulyssiponensis* (P), *Littorina littorea* (L) и *Gibbula umbilicalis* (G). Был поставлен эксперимент для изучения взаимодействия между растительноядными видами, а также влияния питательных веществ. Экспериментальные водоемы содержали один или все три вида растительноядных моллюсков (*Patella*, *Littorina* and *Gibbula,* при этом плотности их популяций соответствовали природным), либо вовсе не содержали этих видов. Одновременно с этим в еще одном таком же наборе прудов концентрации питательных веществ были искусственно повышены, чтобы сравнить эффект от наличия этих моллюсков при естественных и повышенных концентрациях питательных веществ. Были определены валовая продукция экосистемы (GEP), число таксонов водорослей и их общая биомасса (сухая масса).

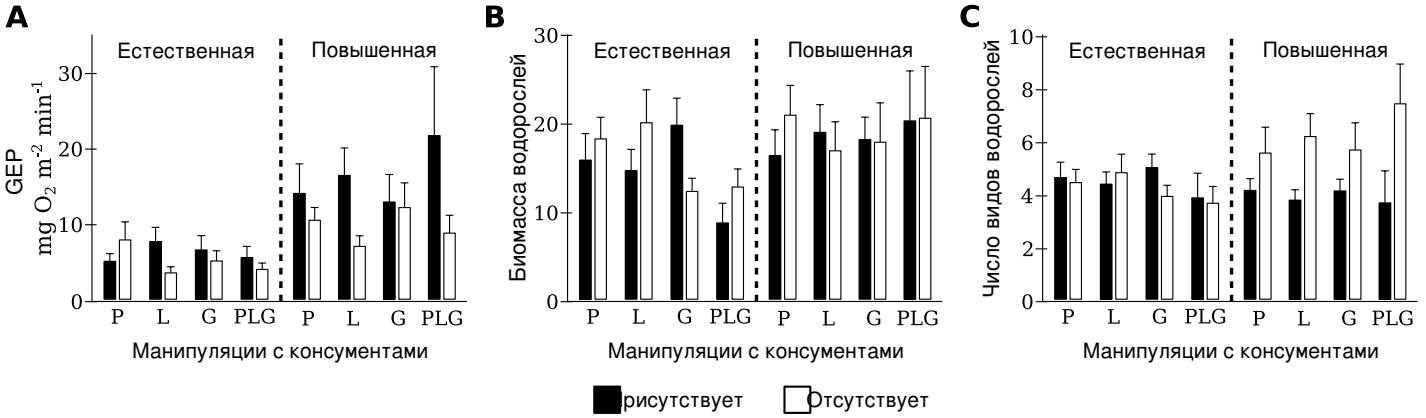


Рисунок Q.97

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Валовая продукция экосистемы повышается при повышении концентрации питательных веществ, и выше в прудах, где есть *Littorina*

B. Влияние исчезновения видов растительноядных моллюсков на биомассу водорослей зависит от концентрации питательных веществ, видового состава и общего разнообразия оставшихся видов

C. Влияние исчезновения растительноядных видов на функционирование экосистемы зависит как от общего разнообразия, так и видового состава оставшихся видов

D. Наличие всех травоядных видов приводит к снижению разнообразия водорослей и их биомассы при обеих концентрациях питательных веществ

Q.98

Галловые тли (*Pemphigus betae*) живут на тополях. Взрослые самки образуют галлы на листьях тополя. Некоторые из этих галлов вскрываются и тли достигают взрослого состояния. Самки тлей завершают свой жизненный цикл после откладывания яиц на листья тополя. Все потомство одной самки тли содержится в одном галле. Студент записал наблюдения за несколькими популяциями тлей (см таблицу ниже). Все условия среды будет считать постоянными.

Популяция	Кол-во погибших галлов	Кол-во выживших галлов	Соотношение самок и самцов на взрослой стадии
1	35	70	1/1
2	25	75	1/2
3	21	63	Не известно
4	16	32	1/1

Ниже приведено уравнение, отражающее число самок тли в t-ом поколении:

$$Nt = [f \times r \times (1\text{-}m)]t \times No$$

где:

N_t – число взрослых самок тли в t-ом поколении
N_o – число взрослых самок тли в исходном поколении
m – сметрность молодых тлей (выраженная в долях)
f – число потомков на одну самку тли
r – доля самок среди всех взрослых тлей
теоретически можно считать f, m и r константами

Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. В популяция 1 число взрослых самок будет постоянным в ряду поколений, если каждая самка будет давать 4 потомка.

B. Если каждая самка в популяции 2 дает 3 потомка, то число взрослых самок из поколения в этой популяции будет постоянным в ряду поколений.

C. Если в популяции 3 число взрослых самок не изменяется из поколения и каждая самка дает 4 потомка, соотношение между самками и самцами среди взрослых особей составит 1/2.

D. Если каждая самка в популяции 4 дает 6 потомков, и если считать потомков в популяции 4 первым поколением, число взрослых самок в третьем поколении составит 384.

БИОСИСТЕМАТИКА

Q.99

Информация об эволюционных связях между организмами является полезной при изучении различных биологических вопросов. Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Филогенетические деревья можно использовать для того, чтобы определить, как много раз в ходе эволюции независимо возникал определенный признак

B. Филогенетические деревья позволяют предположить, какое состояние конкретного признака является предковым

C. Филогенетические деревья могут использоваться для определения время дивергенции эволюционных линий

D. Филогенетические деревья могут быть использованы для установления происхождения какого-либо вируса в популяциях людей

Q.100

Анализ последовательностей ДНК и белков в настоящее время широко используется для построения филогенетических деревьев. Укажите в **Листе Ответов**, является ли каждое из следующих утверждений Верным или Неверным.

A. Число различий между последовательностями двух видов увеличивается по мере увеличения времени, прошедшего с момента их дивергенции с общим предком.

B. Если последовательности одного и того же белка у двух родственных видов различаются только по одной аминокислотной позиции, то с момента дивергенции этих видов могло произойти несколько аминокислотных замен.

C. Сравнение последовательностей рРНК можно эффективно использовать для выяснения филогенетических связей внутри рода.

D. Псевдогены могут быть использованы для построения филогенетических деревьев.

Конец теоретического тура B

International Biology Olympiad e.V.

All IBO examination questions are published under the following Creative Commons license:

CC BY-NC-SA (Attribution-NonCommercial-ShareAlike) -
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

The exam papers can be used freely for educational purposes as long as IBO is credited and new creations are licensed under identical terms. No commercial use is allowed.

27th International Biology Olympiad

July 17-23, 2016
Hanoi, Vietnam

Theoretical Test

PART B

Total points: 50
Duration: 3 hours

DEAR PARTICIPANTS,

Please write your **student code** in the given box.
Write down your answers using a pen in the **Answer Sheet**. Only answers given in the **Answer Sheet will be evaluated**.

Part B consists of 50 questions:

- Q51-Q60: Cell Biology
- Q61-Q68: Plant Anatomy and Physiology
- Q69-Q80: Animal Anatomy and Physiology
- Q81-Q83: Ethology
- Q84-Q93: Genetics and Evolution
- Q94-Q98: Ecology
- Q99-Q100: Biosystematics

For each True/False multiple choice question, indicate in the **Answer Sheet** if each of the four statements is True or False. **Mark "√" for True and False statements** in the **Answer Sheet**. If you need to change an answer, you should strikethrough the wrong answer and write in the new one.

Scoring for one question:

- If all four answers are correct, you will receive 1 point.
- If only three answers are correct, you will receive 0.6 point.
- If only two answers are correct, you will receive 0.2 point.
- If only one answer is correct, you will not receive any points (0).

You can use the ruler and the calculator provided.
Stop answering and put down your pen immediately when the bell rings at the end of the exam. Enclose the **Answer Sheet** and **Question Paper** in the provided envelope.

Good luck!!!

CELL BIOLOGY

Q.51

A scientist prepared 3 essential components for high-throughput screens of protein kinase inhibitors. First, individual protein kinase genes are fused to the major capsid (head) gene of T7 phage. When expressed in bacteria, the fusion proteins are assembled into the phage capsid, with the kinases displayed on the outer surface. Second, an analog of ATP, which can bind to the ATP-binding pocket of the kinases, is attached to magnetic beads. Third, a bank of test compounds is prepared.

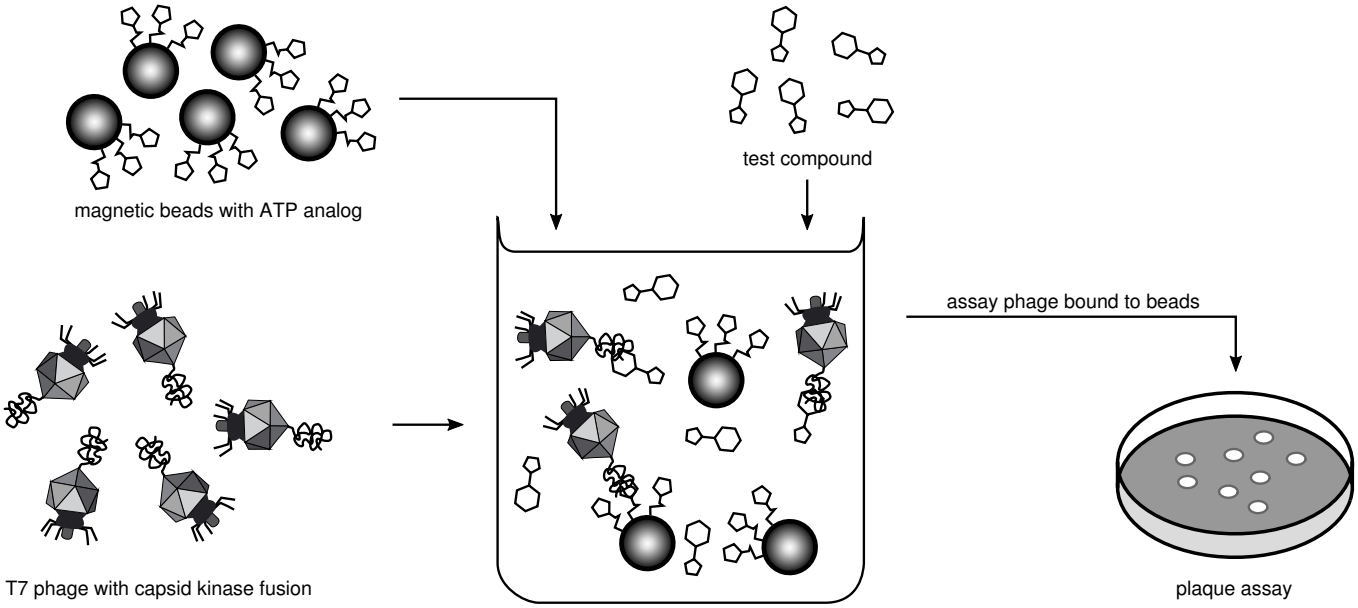


Figure Q.51 Screening potential inhibitors of protein kinases

To measure the ability of a test compound to bind a kinase, phage displaying a specific kinase is mixed with the magnetic beads in several wells of a 96-well plate. Then the test compound is added to individual wells over a range of different concentrations. The mixtures are incubated with gentle shaking for 1 hour at 25°C, the beads are pulled to the bottom with a strong magnet, and all the free (unbound) components are washed away. Finally, the remaining, attached phage are dissociated from the beads using an excess of the same ATP analog that is attached to the beads, and counted by measuring the number of plaques they form on a bacterial lawn on a Petri dish (**Fig.Q.51**).

Indicate in the **Answer Sheet** if each of the following statements is True or False.

A. When the binding process reaches equilibrium, all potential inhibitor molecules will be bound to the kinase.

B. Test compounds that show high inhibition in this assay must bind the ATP-binding cleft of the kinase.

C. Small differences in evolutionary conserved ATP binding sites on kinases allow targeting specific kinases.

D. A strongly binding test compound will yield a low count in the plaque assay.

Q.52

You identified a gene in fission yeast, homologous to a telomerase subunit from a protozoan. You then make a targeted deletion of one copy of the gene in a diploid strain of the yeast and then induce sporulation to produce haploid organisms. All four spores germinate perfectly, and you are able to grow colonies on nutrient agar plates. Every 3 days, you re-streak colonies onto fresh plates. After four such serial transfers, the descendants of two of the original four spores grow poorly, if at all. You take cells from the 3-, 6-, and 9-day master plates, prepare DNA from them, and cleave the samples at a chromosomal site about 35 nucleotides away from the start of the telomere repeats. You separate the fragments by gel electrophoresis, and hybridize them to a radioactive telomere-specific probe (dark bands) (**Fig.Q.52**). Assume that generation time is 6 hours.

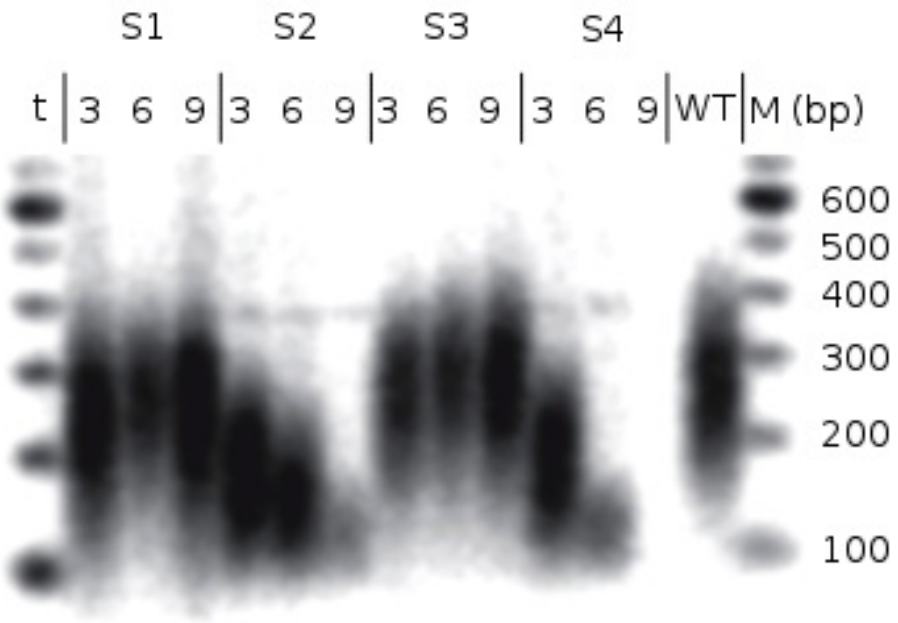


Figure Q.52 Analysis of telomeres from descendants of four fission-yeast spores (S1-S4) at different days (t). WT is the normal diploid yeast

Indicate in the **Answer Sheet** if each of the following statements is True or False

A. The average length of telomeres in fission yeast is 300 nucleotides.

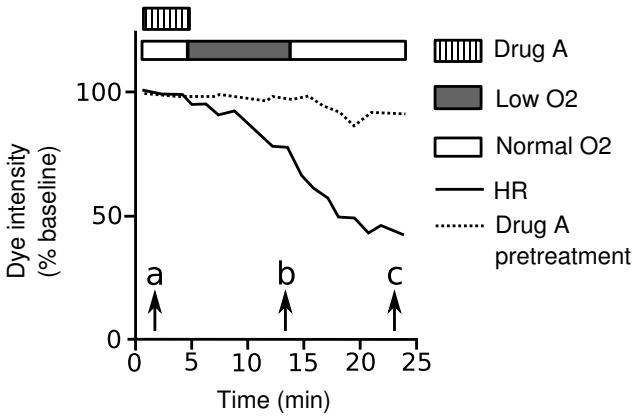
B. Spores 2 and 4 appear to lack telomerase.

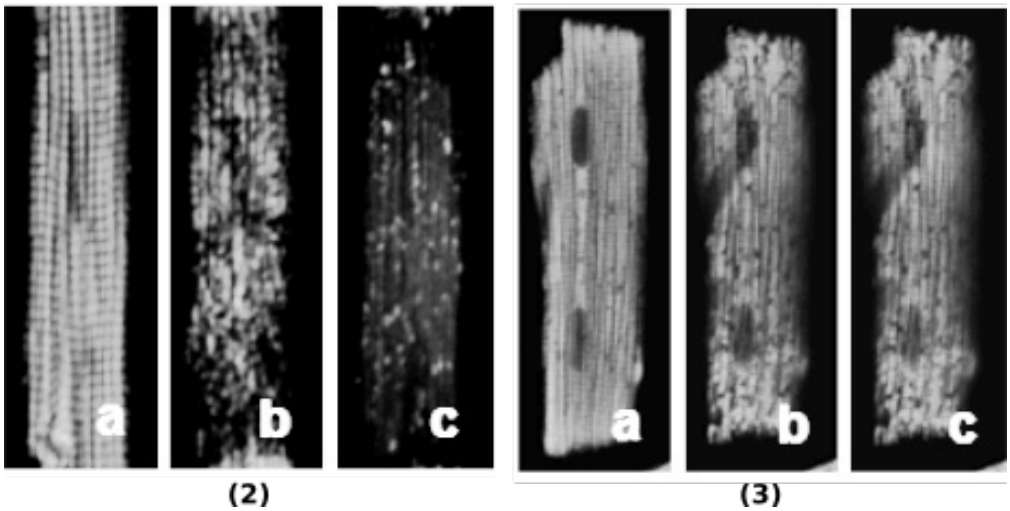
C. Fission yeast telomeres lose less than 20 nucleotides per replication.

D. The fission yeasts that lose their telomeres will have normal cell size.

Q.53

Reoxygenation after a period of lack of oxygen causes cardiomyocyte damage. One of the most important indices evaluating myocardial functions is mitochondrial membrane potential, which is labelled by a cell permeant dye (positively-charged, grey color in the figure below and red color in the attached figure) readily accumulating in active mitochondria due to their relative negative charge.
The figure below illustrates hypoxia/reoxygenation (HR)-treated single myocyte model (1) with or without pre-hypoxic treatment of drug A. Myocyte images were captured at time points (a, b, c).





Indicate in the **Answer Sheet** if each of the following statements is True or False.

A. As seen in **Fig.Q.53.(2)a**, cardiomyocytes are a type of striated muscle cells.

B. Hypoxia leads to a drop in pH in the matrix.

C. Drug A pretreatment is good for cell because it prevents the collapse of mitochondrial membrane potential in HR.

D. Captured images in drug A pretreatment group are presented in (2) and captured images in HR treatment without pretreatment of drug A are presented in (3).

Q.54

Antifreeze glycoproteins (AFGPs) possess the ability to inhibit the formation of ice and are therefore essential to the survival of many marine teleost fishes that routinely encounter sub-zero temperatures. A typical AFGP consists of repeating tripeptide units, the alanyl-threonyl-alanyl $(Ala\text{-}Thr\text{-}Ala)_n$ unit connected to a disaccharide through a glycosidic bond at the second hydroxyl group of the threonine residue. To identify chemical groups which affect antifreeze activities of this glycoprotein, scientists synthesized numerous AFGP analogues by modifying both the structure of the sugar moieties and the peptide by replacing three groups R_1, R_2, R_3 as shown in **Fig.Q.54** with different chemical groups and recorded the antifreeze activity.

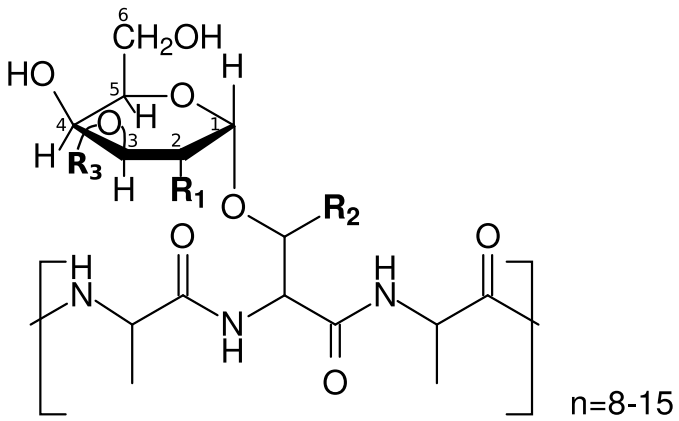


Figure Q.54 The structure of a typical AFGP

The results of the study are shown in the following table.

R_1	R_2	R_3	Antifreeze activity
HO	CH_3	Galactosyl	No
N-Acetyl	CH_3	Galactosyl	Yes
N-Acetyl	H	Galactosyl	No
N-Acetyl	CH_3	H	Yes
O-Acetyl	CH_3	H	No
N-Acetyl	CH_3	Galactosyl-Galactosyl	No

Indicate in the **Answer Sheet** if each of the following statements is True or False.

A. A disaccharide bound to the threonine residue is required for antifreeze activity.

B. A mutant that has threonine residues replaced with serine residues reduces antifeeze activities.

C. *N*-acetyl group at the C-2 position is required for antifreeze activity.

D. Different numbers of repetitive motifs in AFGP genes amongst closely related species might have been caused by DNA polymerase inaccuracy.

Q.55

F1 subunit (a peripheral membrane protein) of the ATP synthase catalyses ATP synthesis using proton motive force responsible for the rotation of F_0 subunit (integral membrane protein complex) in one direction. F_1 is composed of three alpha and three beta subunits arranged in alternating manner around a central shaft, the gamma subunit.
To study the rotation, Masasuke Yoshida and his team attached a fluorescently labelled actin filament to gamma and watched its movement.

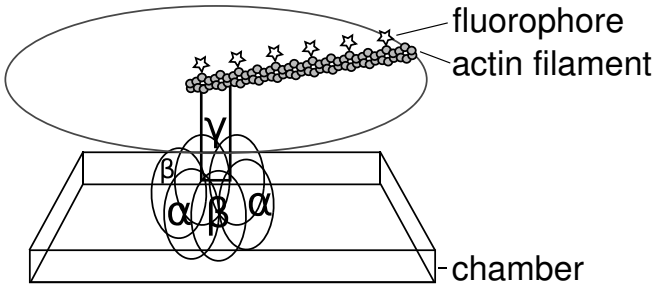


Figure Q.55A Attachment of labelled actin filament to ATP synthase.

Rotating actin filaments were observed by an inverted fluorescence microscope after addition of 2 mM ATP into a chamber containing actin-tagged F_1 complex immobilized on the bottom side as a mirror image formed on a camera. The time interval between images was 220 ms. A series of 12 images were taken and is shown in **Fig. Q.55.**

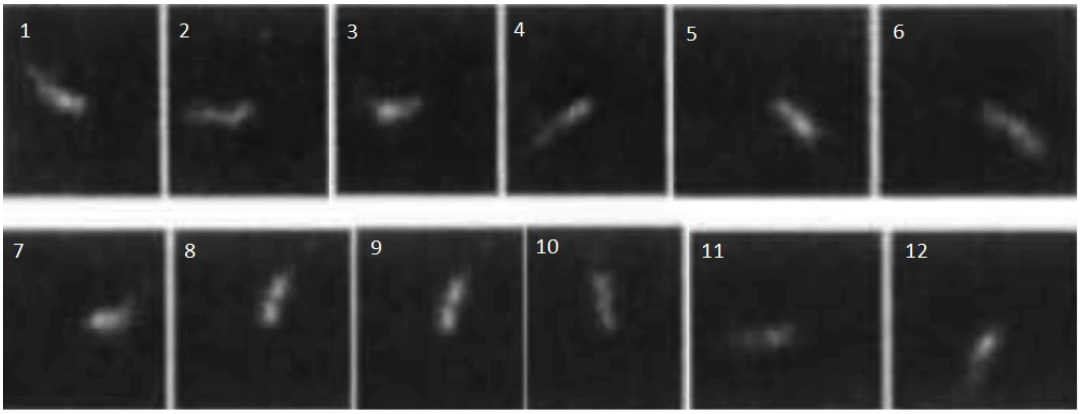


Figure Q.55B Sequential images of a rotating actin filament attached to the subunit in the F1 complex. The numbers indicate the shot images.

Indicate in the **Answer Sheet** if each of the following statements is True or False.

A. Hydrolysis of ATP by F_1 leads to the conformational change of a and b subunits.

B. From the set of figures, the filament rotated anticlockwise (looking from the cytosolic side).

C. Rotary rate is below 0.3 rounds per second.

D. Rotating the actin filament in the opposite direction is coupled with ATP synthesis.

Q.56

Lactic fermented vegetables are traditional food in many Asian cuisines. Microorganisms commonly found in the fermentation broth are lactic acid bacteria, yeast and filamentous fungi.

Fig.Q.56 below shows the flowchart of viable cell counts (log CFU/mL) of three different microbial groups and the pH value during the lactic fermentation course of cabbage. Oxygen dissolved in fermentation broth decreased with time and was completely consumed after the 22nd day.

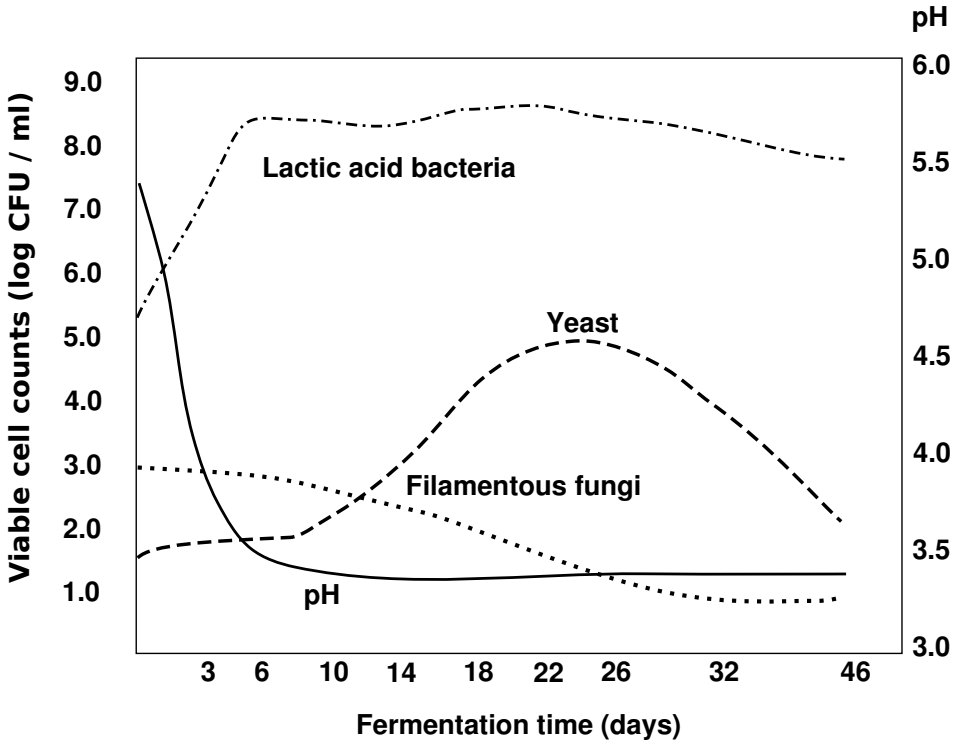


Figure Q.56 Changes in microflora during lactic acid fermentation of cabbage.

Indicate in the **Answer Sheet** if each of the following statements is True or False.

A. The drop in pH value from day 1 to day 3 was caused by only organic acids produced exclusively by lactic acid bacteria.

B. Lactic acid produced by lactic acid bacteria favours the growth of yeast cells from day 10 till day 26.

C. Yeast cells shifted from fermentation to aerobic respiration after day 22.

D. Some filamentous fungi showed tolerance to low pH.

Q.57

Microorganisms that live at high salt concentration (above 2M of NaCl) are exposed to media with low water activity, and must have mechanisms to avoid water loss by osmosis. Analyses of intracellular ionic concentration of Halobacteriales living in salt lakes show that these microorganisms maintain extremely high salt (KCl) concentration inside their cells. The presence of high intracellular salt concentration requires special adaptations of the proteins and other macromolecules of the cells.

Indicate in the **Answer Sheet** if each of the following statements is True or False

A. Most intracellular proteins of Halobacteriales contain a large excess of charged amino acids on their outer surface.

B. Halobacteriales spend a lot of ATPs to maintain osmotic pressure.

C. Most intracellular enzymes of Halobacteriales lose their catalytic activity when suspended in solutions containing less than 1 M NaCl.

D. In Halobacteriales, amino acids can be imported through Na^+/amino acids antiporters.

Q.58

Influenza A genome consists of 8 separate single stranded RNA molecules, which encode a total of 11 viral proteins. Influenza A viruses are categorized by their two surface antigens, the hemagglutinin (H), of which there are 18 different subtypes (H1-18); and neuraminidase (N), of which there are 11 different subtypes (N1-11) (**Fig.Q.58A**). The influenza A virus life cycle is presented in **Fig. Q.58B**.

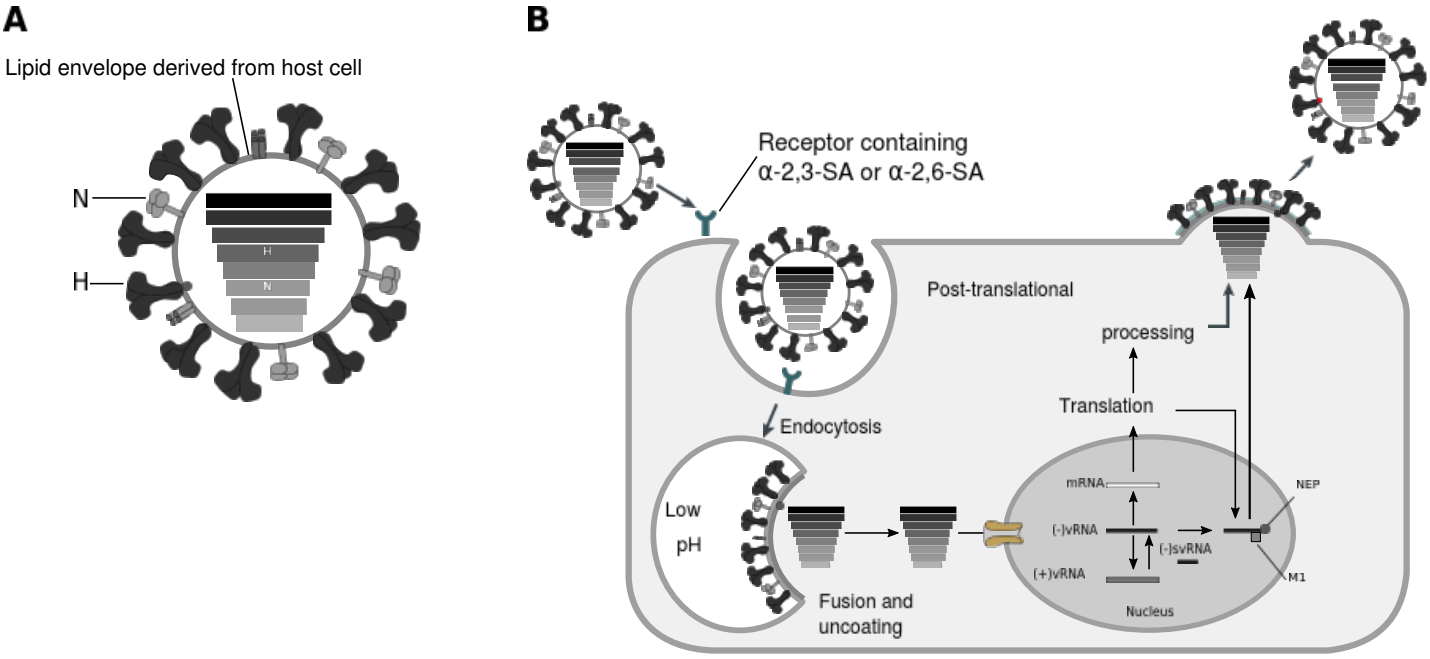


Figure Q.58 Influenza A virus: (A) virus structure and (B) virus life cycle.

Indicate in the **Answer Sheet** if each of the following statements is True or False.

A. Influenza A viruses exhibit rapid evolutionary dynamics because the genome is segmented.

B. In theory, there are 88 types of influenza A viruses.

C. Influenza A viruses exhibit high mutation rates because the genome is single strand RNA.

D. Influenza A virion can infect the cells only if RNA-dependent RNA polymerase is present.

Q.59

Phosphorylation is a major post-translational modification widely used in the regulation of many cellular processes. A method to determine the phosphorylation status of proteins is to run an electrophoresis in a modified gel with a chemical group containing metal ions (M) that can reversibly bind phosphates and thus affects migration of phosphorylated proteins.

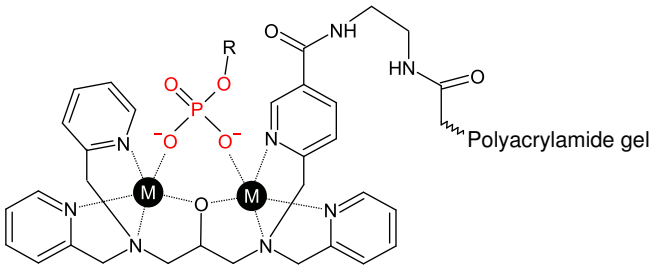


Figure Q.59.A Phospho-tag polyacrylamide gel

This technique was used to study the phosphorylation of protein p35. Three mutant forms of this protein were generated: a serine to alanine substitution in position 8 (S8A); a threonine to alanine substitution in position 138 (T138A) and both amino acid substitutions (2A). Note that serine and threonine can be phosphorylated while alanine cannot. Then two yeast strains with normal (wt) or inactive cyclin-dependent kinase 5 (Cdk5) (kn) were transformed with either the wild type version of p35 gene (wt) or one of the three mutant forms. Cell lysate of the eight resulting strains was loaded on a Phospho-tag gel. The proteins from the gel were transferred by western-blot to a membrane that was treated with anti-p35 antibodies. The result is shown below.

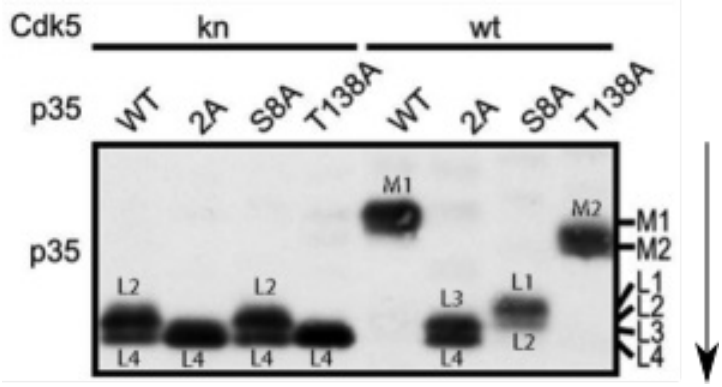


Figure Q.59.B Immunoblotting with anti-p35. The arrow indicates the direction of migration p35 bands are named M1, M2, L1, L2, L3, and L4. L4 band corresponds to the completely non-phosphorylated form of p35

Indicate in the **Answer Sheet** if each of following statements is True or False

A. Protein p35 has only two phosphorylation sites: serine 8 and threonine 138.

B. Protein p35 can be phosphorylated by a protein kinase different from Cdk5.

C. In strain Cdk5-wt p35-S8A only a few p35 molecules are phosphorylated at T138.

D. Phosphate groups attached to S8 are more accessible to phosphate binding groups of the Phospho-tag gel than phosphate groups attached to T138.

Q.60

Polarity, charge and molecular weight of molecules can affect their rate of passive diffusion through membranes. Amino acids and drugs like aspirin differ in both efficiency and location of absorption. In the figure below the chemical structure the pKa values of aspirin and arginine are represented.

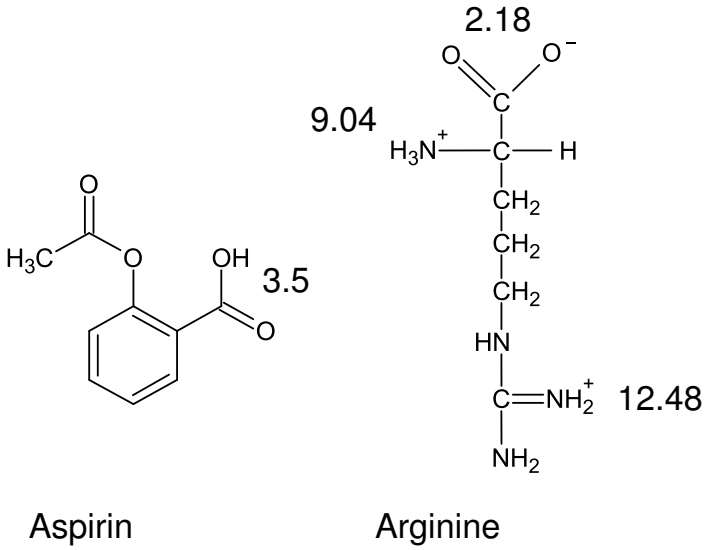


Figure Q.60

Indicate in the **Answer Sheet** if each of following statements is True or False.

A. Aspirin diffuses through membranes mainly in the stomach because more aspirin molecules are in deprotonated form at pH of about 1.6 in the stomach.

B. Based on molecular weight, one would expect Aspirin to diffuse more easily through membrane than Arginine

C. Optimal pH range for Arginine absorption by passive diffusion is between 2.18 and 9.04.

D. Omeprazole, a proton pump inhibitor, blocks the entry of Aspirin into the blood in the initial few minutes after oral administration.

PLANT ANATOMY AND PHYSIOLOGY

Q.61

To study the effects of cadmium (Cd) on root development, two experiments on maize seedlings with 6-cm-long root were conducted. First, seedlings were grown either in media supplemented with 5 µM Cd (Cd5) or without Cd (Cd0). Second, seedlings were grown either in two layers of agar without Cd (Cd0-Cd0) or unilaterally to 100 µM Cd (Cd0–Cd100). Four days later, root growth was recorded (**Figure Q.61-1**) and cross-sections of roots were stained to visualize suberin lamellae in endodermis (**Figure Q.61-2**, sections correspond to cut sites from **Figure Q.61-1**).

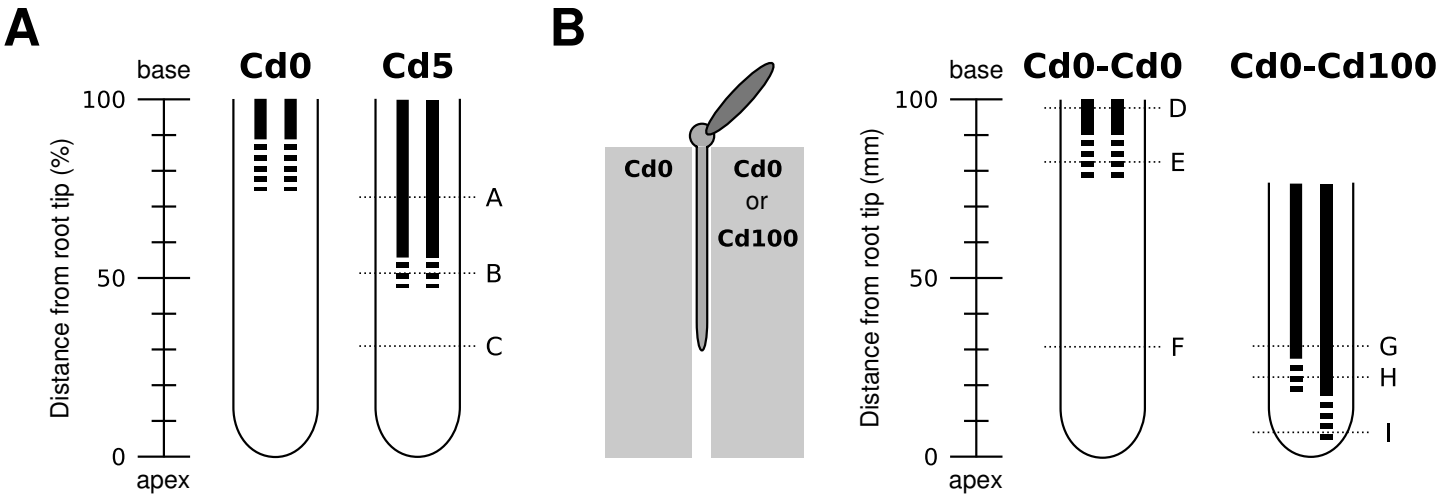


Figure Q.61-1. Distance from root apex to root base as obtained from experiments 1 (A) and 2 (B). The regions of mature endodermis in the roots are shown as solid and dashed lines.

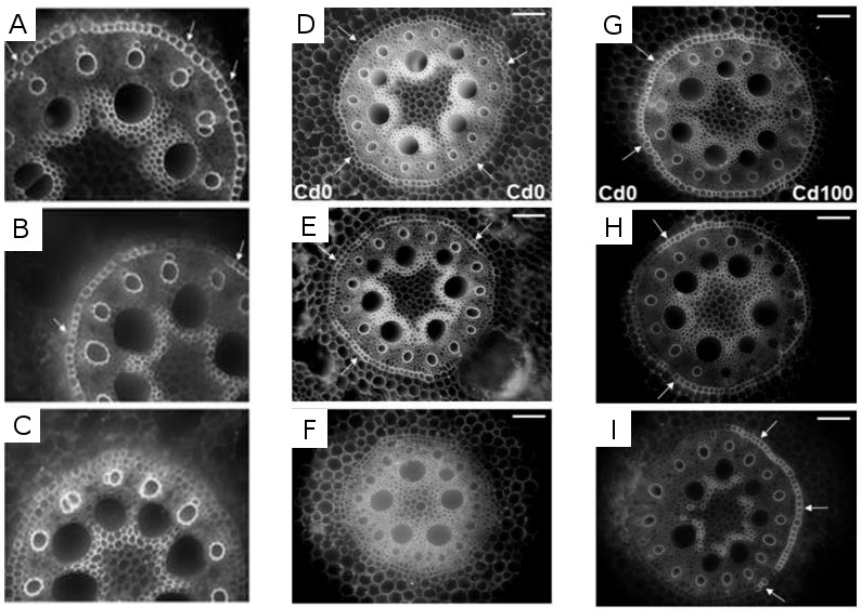


Figure Q.61-2. Cross sections at position marked in Figure Q.61-1. White arrows indicate suberin lamellae in the endodermis.

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. The treatment of Cd resulted in the reduction of elongation zone of the root, leading to decreased root length.

B. Endodermal cells with suberin lamellae were already present at a distance of approximately 0.5 cm from the root apex in tissues adjacent to agar containing Cd100, however, suberinized cells were found much further from the apex on the other side.

C. In roots exposed unilaterally to Cd (Cd0–Cd100), the development of the endodermis was accelerated and asymmetrical.

D. In high Cd containing media, suberin lamellae in endodermal cells were not present in older parts of the root likely due to the restriction of Cd in younger part.

Q.62

To understand the effect of desiccation on herbaceous plants and their responses, scientists conducted a study on three *Ranunculus* species in their natural habitats, including *R. bulbosus* in dry meadow, *R. lanuginosus* in humid meadow, and *R. acris* in both habitats. They measured leaf water potential and hydraulic conductance of these species in response to dehydration (Fig.Q62). Xylem staining experiment on *R. acris* in dry habitat was used to estimate loss of conductivity due to embolism. An estimated 50% loss of xylem hydraulic conductivity occurred at -2MPa or less owing to embolism. Previously, leaf hydraulic vulnerability studies found 50% reduction in leaf hydraulic conductance between – 1 and – 1.8 MPa in pernnial grasses and at – 1.8 MPa in woody plant species.

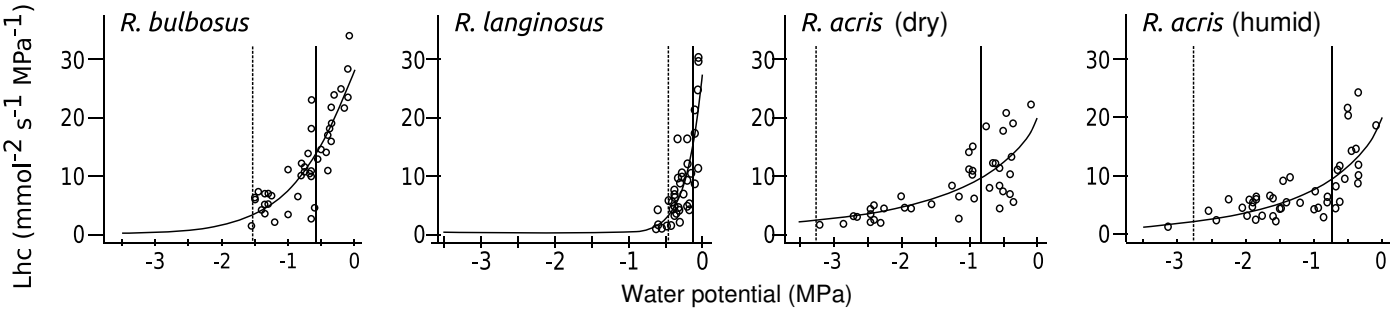


Figure Q.62 Leaf hydaulic conductance (Lhc) of *Ranunculus* species/populations in response to dehydration. Solid and dashed vertical lines indicate, respectively, fitted 50% and 88% leaf hydraulic conductance losses.

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. All species were very vulnerable to water stress. In species with narrow ecological amplitude, the drought-exposed *R. bulbosus* was less vulnerable to desiccation than the humid habitat *R. lanuginosus*.

B. Herbaceous species would be more vulnerable to water stress than woody species and perennial grasses, but also would show interspecific and intraspecific adjustments in hydraulic vulnerability based on the water availability of their respective habitats.

C. The leaf hydraulics method employs hydraulic conductance including both xylary and extraxylary pathways.

D. The effect of drought in these plant species is found to be a loss of leaf hydraulic conductance at moderate water potential based on extraxylary pathways rather than embolism formation.

Q.63

A protein can be integrated into a membrane through a polypeptide sequence or via a lipid anchor. The attachment of eukaryotic proteins to the outer leaflet of the plasma membrane occurs only via Glycosylphosphatidylinositol (GPI) anchors. The biosynthesis of GPI glycolipid is a multistep process relies on many proteins, including GPI transamidase. In *Arabidopsis* plants, *AtGPI8* gene encodes the enzyme GPI transamidase. To study the role of this gene in plant development, scientists constructed a mutant (*atgpi8-1*) plant line. They observed phenotypes of both wild type (WT) and mutant plants.

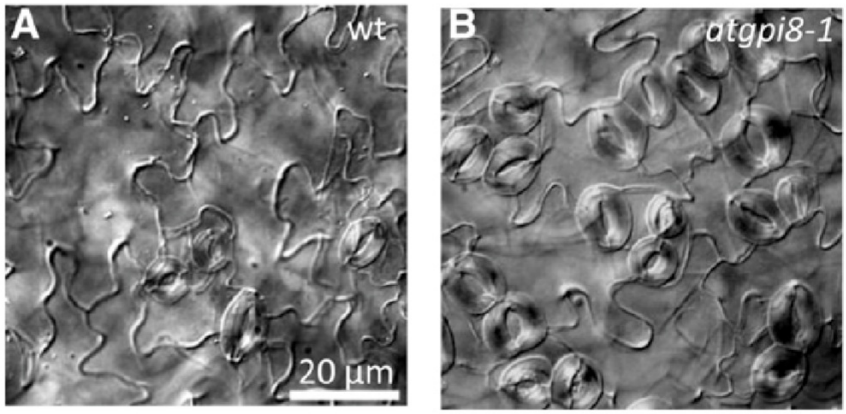


Figure Q.63.1 *Cotyledonous epidermis of wild type (A) and atgpi8-1 (B) plants.*

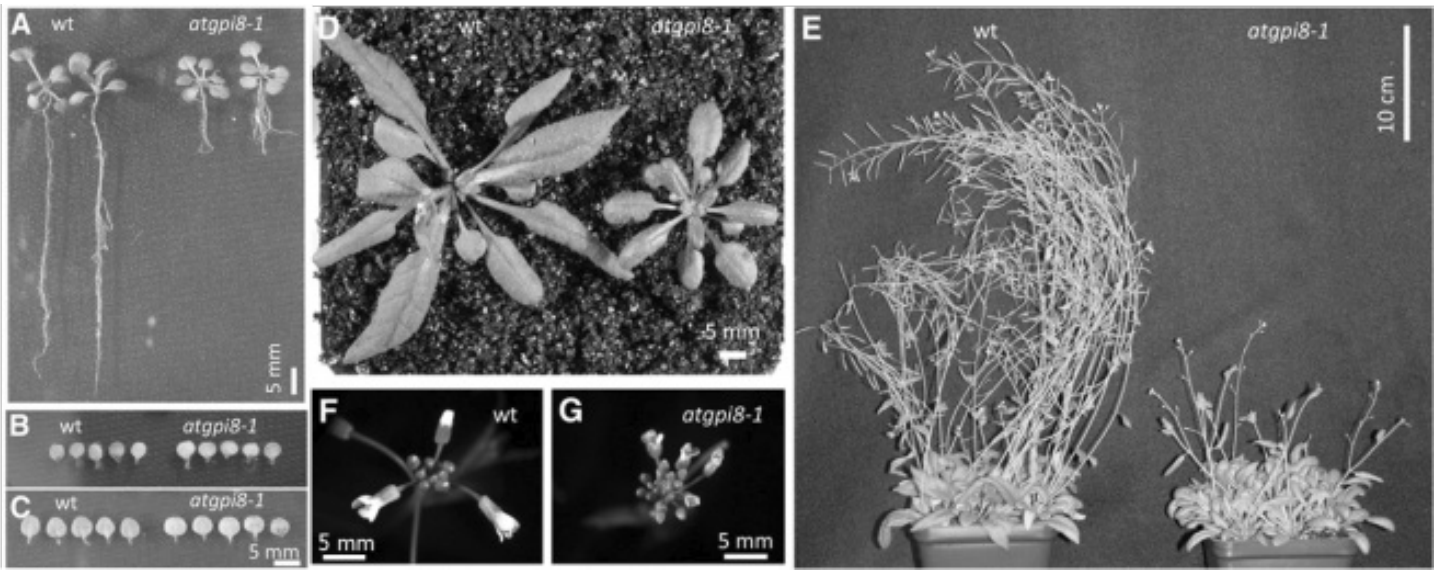


Figure Q.63.2 Growth phenotypes of wild type and *atgpi8-1* plants. (A) Seedlings, (B) cotyledons and (C) first two leaves of seedlings. (D) 30-day-old and (E) 60-day-old plants. F- G: Inflorescences.

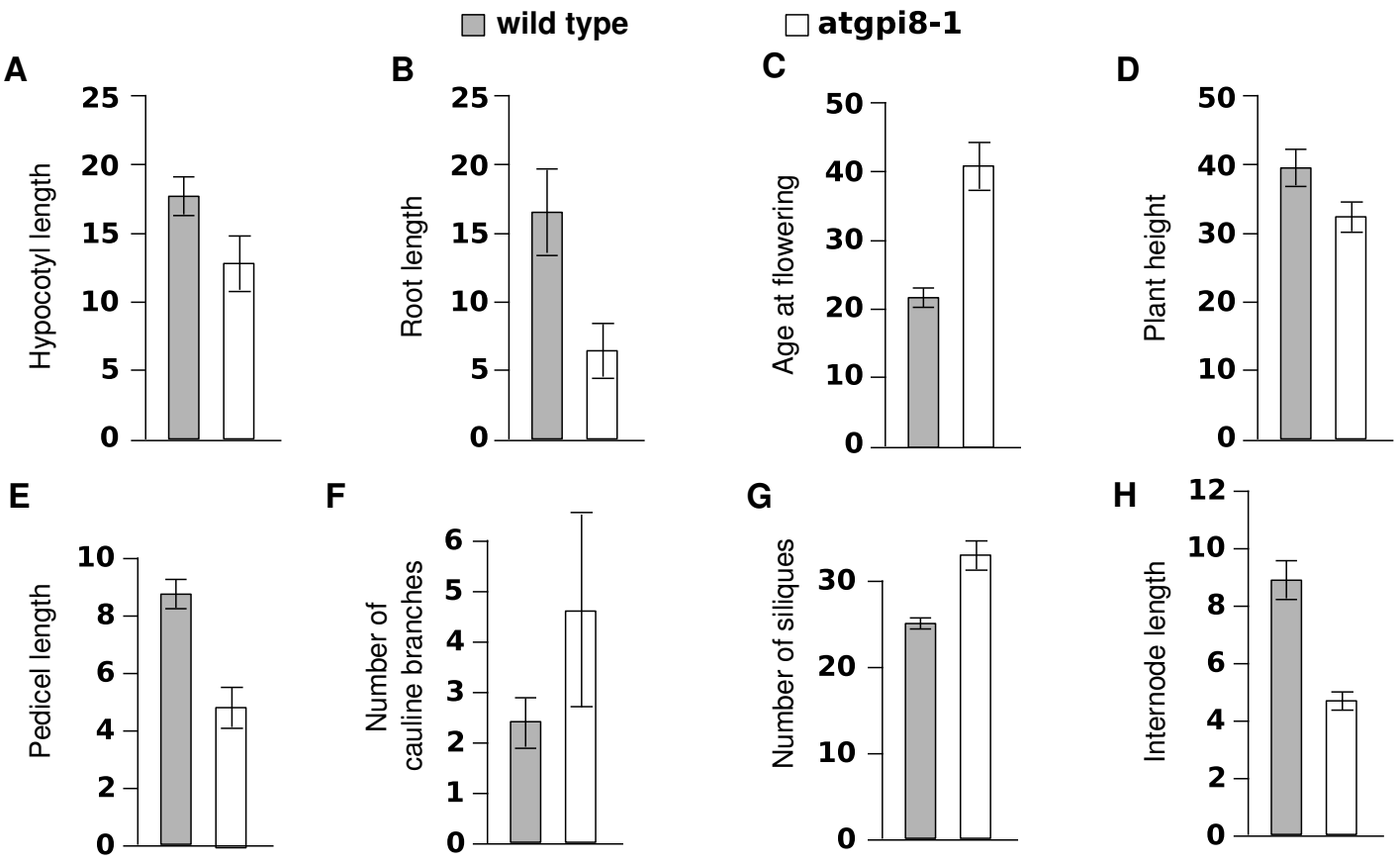


Figure Q.63.3 *Morphometric analysis of wildtype (gray bars) and atgpi8-1 (white bars) seedlings and mature plants. All differences are statistically significant.*
Measurements for D-H were carried out at full maturation at 60 days for wildtype and 90 days for mutants.

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. The early post germination growth of cotyledons and first two leaves are not affected by the mutation. However, root growth, hypocotyl elongation and stomata differentiation are strongly affected by the mutation.

B. The data suggest that GPI anchoring promotes the growth of leaves in vegetative plants; however, it inhibits axillary shoot formation.

C. The *atgpi8-1* mutation leads to reduced internode and pedicel elongation. However, the height of *atgpi8-1* plants is only moderately reduced likely because the number of internodes is increased.

D. The results indicate that *AtGPI8* gene promotes early transition to flowering, but inhibits fruit production.

Q.64

Photosynthesis of submerged aquatic plants is severely impeded by many environment factors. In seawater and freshwater, light density and its spectrum is changed with depth in the water column and thus influence photosynthesis. Other factors affecting photosynthesis include level of carbon dioxide (CO_2) and oxygen (O_2).

Swamp Raspwort (*Meionectes brownie*) is a wetland plant species but can grow as a submerged aquatic plant in freshwater. An experiment was conducted to study the photosynthesis of the aquatic vegetation. Diurnal fluctuations in surface irradiance, partial pressure of O_2, CO_2 concentration and pH of the water in Swamp Raspwort-rich ponds are shown in **Figure Q.64**.

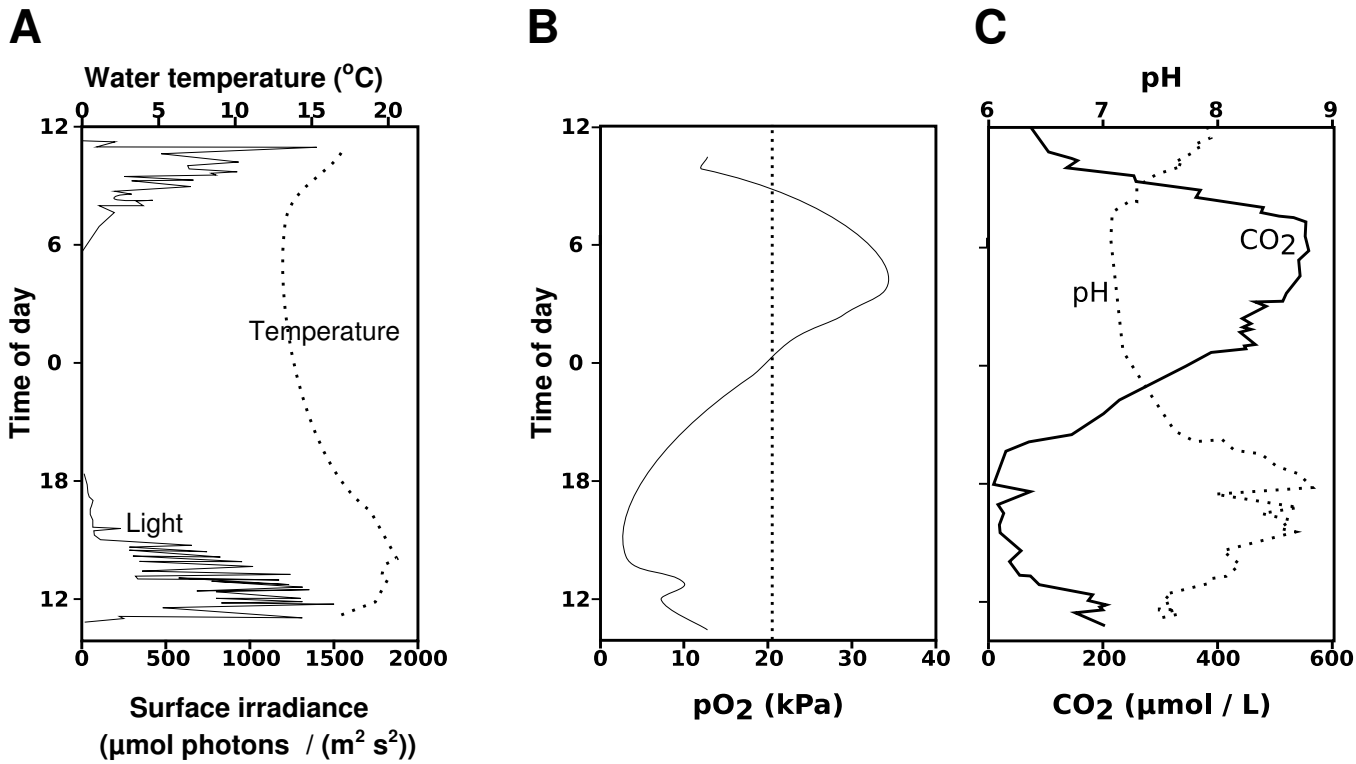


Figure Q.64

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. In the underwater of ponds, light limitation appears early in the morning and co-limitation of both light and CO_2 takes place early in the afternoon.

B. The decrease in level of O_2 in water column during the night is caused by the Swamp Raspwort respiration.

C. In water column of ponds, CO_2 molecules are directly produced by respiration of Swamp Raspwort and by conversion from HCO^-_3 at pH neutral results in increasing CO_2 level.

D. As indicated in the figure, temperature variation in ponds rich Swamp Raspwort is from 13 to 20°C. The alteration in temperature is mainly maintained by high density of this plant species.

Q.65

Nitrogen assimilation plays an important role in plant metabolism as well as in plant cell development. Plant cells can acquire inorganic nitrogen in the form of ammonium (NH_4^+) and nitrate (NO_3^-). When entering the plant cells through membrane-bound nitrate transporter (NRT), NO_3^- can be reduced to NO_2^- by nitrate reductase (NR) and subsequently to NH_4^+ and amino acids (AA). In addition, NO_2^- can be converted into nitric oxide (NO), then forming S-nitrosoglutathione (GSNO) by reaction with glutathione (GSH), and finally into oxidized glutathione (GSSG) and NH_4^+ under catalysis of S-nitrosoglutathione reductase 1 (GSNOR1)

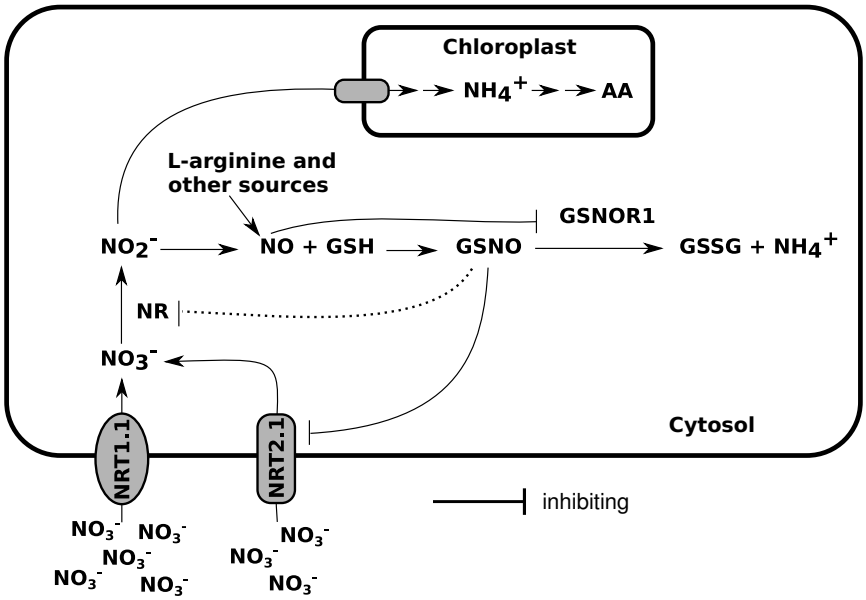


Figure Q.65 A schematic model for the control of nitrogen assimilation in plants through NO signalling

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. In the nitrogen metabolism process of the plant cells, NO is one of the products but plays a role signaling regulation of NH_4^+ formation and NO_3^- assimilation.

B. NH^{4+} level in chloroplasts of plant cells is controlled by activity of GSNO.

C. Reduction of NO^{2-} ions mainly occur in cytosol

D. NO feedback regulates flux through nitrate assimilation pathway and controls its bioavailability by modulating its own metabolism.

Q.66

A study on the effects of lead (Pb), a toxic heavy metal, on growth and photosynthesis of two microalgae, *Chlorella* and *Scenedesmus* was conducted. The figure on the left below shows the growth of these strains responded differently to lead concentration after 4 day treatment. From growth rate (*Ke*), generation time (G) of each strain at each concentration of lead can be calculated as equation: G= (ln2)/*Ke.* The right hand **Figure Q.66** is result of the effect of lead on photosynthesis of these strains, indicated by Fv/Fm, a sensitive parameter that decreases when photosynthesis is impaired. The concentration of lead that gives half-maximal response, the IC_{50}, can be estimated based on response versus lead concentration plots.

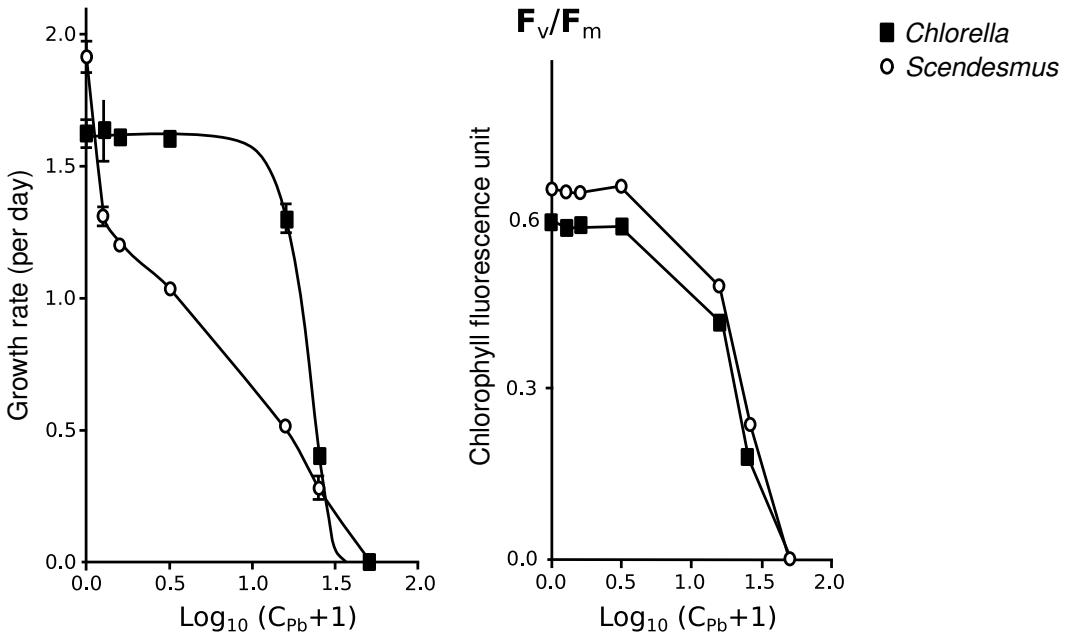


Figure Q.66

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. Estimated IC_{50} of growth for the *Scenedesmus* was higher than that for the *Chlorella.*

B. Photosynthetic impairment by Pb was likely responsible for the growth decrease in the *Chlorella* but this was not the scenario in the *Scenedesmus*

C. The estimated IC_{50} for effects on F_V/F_m was higher than that for growth in *Scenedesmus*

D. At lead concentration that Log_{10}([Pb]+1) is 0.5, the *Scenedesmus* reproduced faster than the *Chlorella* did.

Q.67

Scientists constructed gibberellic acid (GA)-deficient and GA-insensitive transgenic lines of poplar plants. They measured concentration of phytohormones, including GA1 and GA4 and IAA, in the leaves and roots of transgenic and wildtype plants (**Table Q.67**). They also measured the growth of plants in greenhouse and *in vitro* conditions (**Figure Q.67**).

Table Q.67 *Phytohormone concentrations (ng/g dry weight) in leaves and roots of the wild type and the two transgenic types*

Organ	Plant types	GA1	GA4	IAA
Leaf	Wild-type	58.1 ± 15.4	6.64 ± 3.18	22.5 ± 3.1
Leaf	GA-deficient	19.9 ± 9.4**	5.53 ± 2.33*	21.1 ± 5.9
Leaf	GA-insensitive	139.6 ± 21.9**	12.2 ± 3.6**	19.6 ± 3.7
Root	Wild-type	77.1 ± 29.3	2.24 ± 0.74	61.4 ± 4.1
Root	GA-deficient	48.8 ± 9.6**	1.15 ± 0.62**	72.9 ± 5.2*
Root	GA-insensitive	97.7 ± 31.5**	3.93 ± 0.68**	69.1 ± 9.7*

* and ** indicate significant differences compared to wild-type at 0.05 and 0.01 levels by Student T-test.

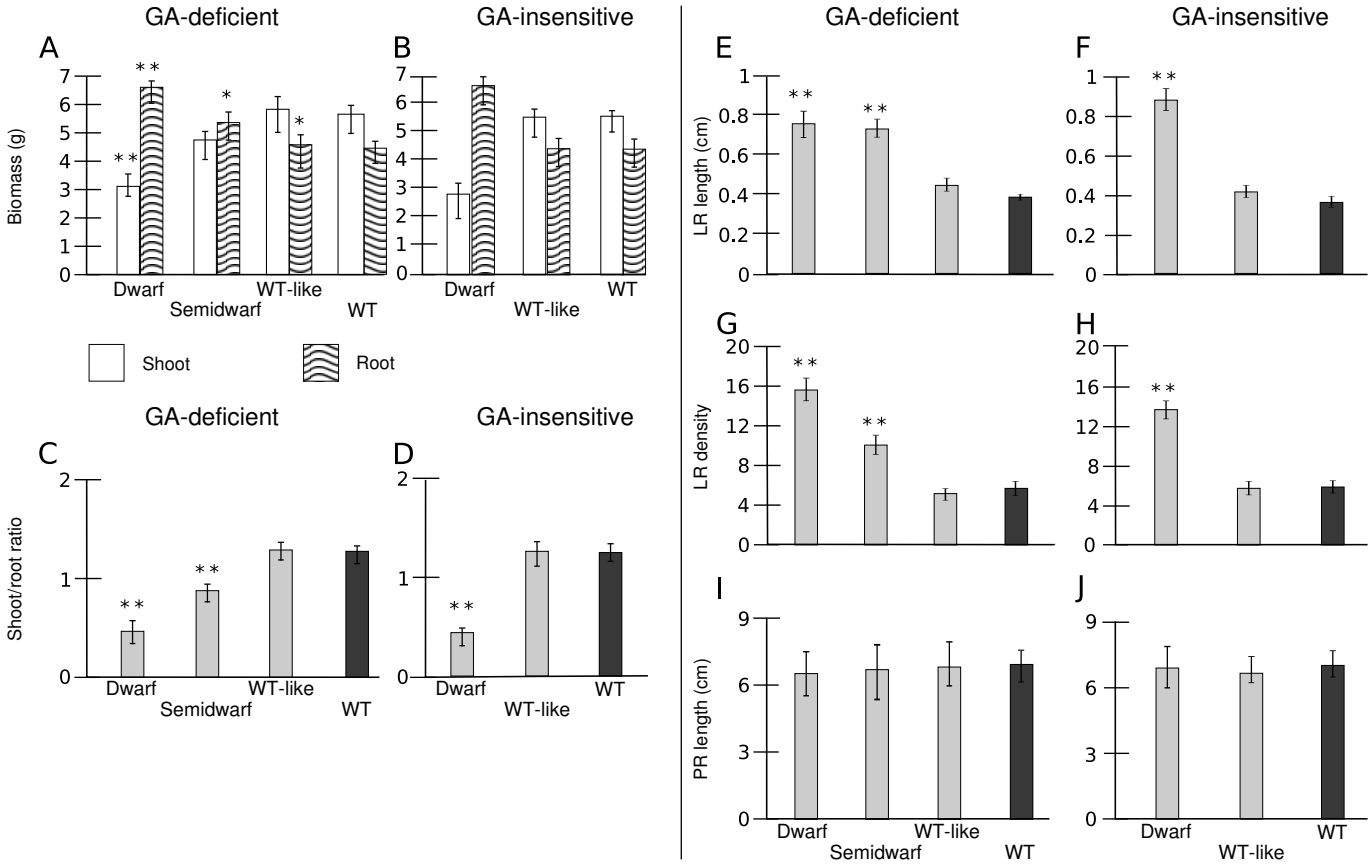


Fig.Q.67 A-D: Root and shoot biomass under greenhouse conditions. Top panel shows the fresh biomass of shoots and roots in GA-deficient (A) and GA-insensitive (B) transgenics. Bottom is the shoot/root ratio in GA-deficient (C) and GA-insensitive (D) transgenics. * and ** indicate significant differences.

E-J: Root development in GA-deficient and GA-insensitive transgenic lines grown in vitro. LR - Lateral root; PR - Primary root. * and ** indicate significant differences compared to wild-type plants (WT).

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. Greenhouse-grown dwarf plants of both transgenic types display a significant reduction in aerial biomass and an increase in belowground biomass, leading to a significant reduction in the shoot-to-root ratio relative to the wild-type control.

B. The most severely dwarfed plants have more, as well as longer, lateral roots than the wild-type control.

C. The degree of dwarfism in both GA-insensitive and GA-deficient lines is positively correlated with the extent of primary and lateral root formation and elongation.

D. In poplar plants, gibberellins negatively affect lateral root formation, and there may be an interaction between gibberellins and auxin that regulates lateral root formation.

Q.68

Scientists grew cucumber plants in different nutrient conditions to obtain either super ovary or normal ovary types. They labelled flowers when they emerged and observed the development of flowers. Based on the color and shape, corolla development was divided into four consecutive stages: green bud (G), green-yellow bud (GY), yellow bud (Y), and flowering (F). They also measured plant growth regulator concentrations in different flower developmental stages.

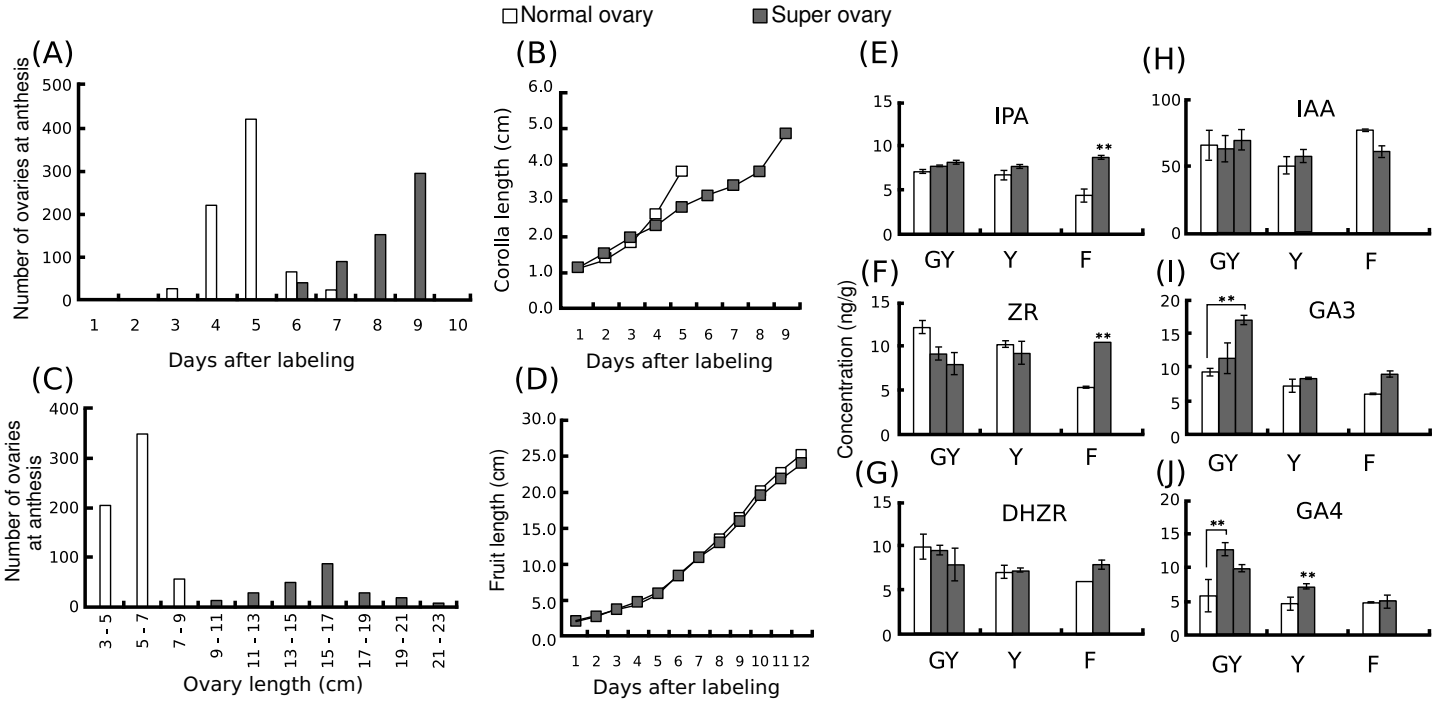


Fig.Q.68 A-D: Morphological characterization of the normal ovary and super ovary types. E-J: Concentration of cytokinins (IPA, ZR, DHZR), gibberellins (GA3, GA4) and auxin (IAA) in different flower developmental stages. In super ovary type, two sub-stages were included. ** indicates statistically significant differences within one developmental stage.

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. The corolla progression between stages was much delayed in the super ovary

B. The ovary at anthesis was on average much longer in the super ovary than the normal ovary, while at the same time courses after labelling, fruit length was not different between two types.

C. Gibberellins were increased in the super ovary during the early stages of corolla development, which corresponds to the enlarged corolla size.

D. Cytokinins appear to be the primary regulator for the time of flower opening in cucumber, whereas auxin is probably involved in the size control of corolla and fruit.

ANIMAL ANATOMY AND PHYSIOLOGY

Q.69

Figure Q.69 shows the regulation of HCl secretion in the parietal cell of the stomach.

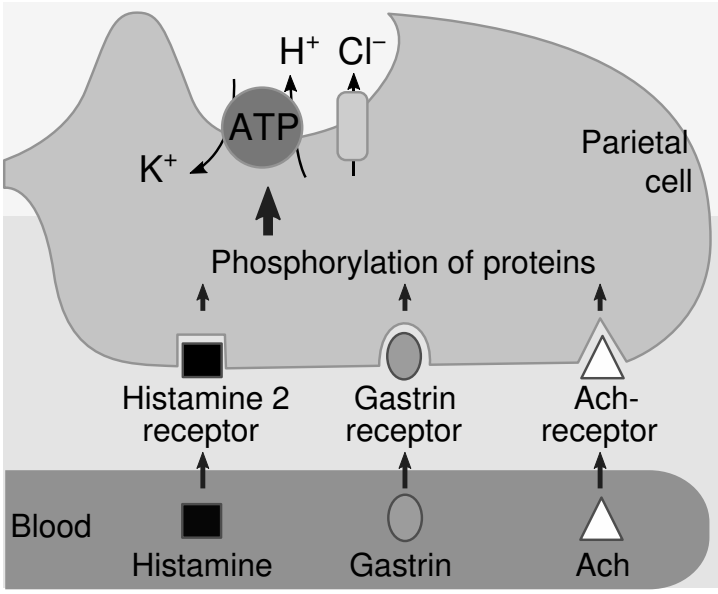


Figure Q.69

Drugs 1, 2, 3, and 4 inhibit gastric acid secretion differently *in vivo* via one of the four pathways: inactivating the H^+/K^+ATPase, blocking the Histamine 2 receptor, blocking Gastrin receptor, and blocking Acetylcholine (Ach) receptor.
A set of experiments were conducted to determine in which pathway these drugs inhibit gastric acid secretion. Parietal cells were isolated and cultured in different media. Each medium contained one of the four drugs. Each drug-containing medium was added with one of three compounds (Histamine, Gastrin, Ach). The HCl secretion of parietal cells in the cultures was determined. The following table shows the results of the experiments.

(–: No HCl secretion; +: HCl secretion; ?: not shown).

	No drug	Drug 1	Drug 2	Drug 3	Drug 4
No addition	–	–	–	–	–
Histamine added	?	?	?	?	–
Gastrin added	?	?	?	+	?
Ach added	+	–	?	?	–

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. HCl was secreted by the parietal cells cultured in the medium containing Drug 1 and Histamine.

B. Drug 2 blocked Gastrin receptors.

C. Drug 3 blocked Histamine 2 receptors.

D. The parietal cells cultured in the medium containing Drug 4 and Ach had lower levels of intracellular K^+ than the cells cultured in the medium containing only Ach.

Q.70

The glycoprotein 4-1BB is a receptor that is highly expressed on the surface of active T-cells. The 4-1BB ligand (4-1BBL) is a molecule that binds to and activates 4-1BB. It is found strongly expressed on antigen-presenting cells. Bidirectional signals of 4-1BB and 4-1BBL interaction increase the activity of white blood cells and increase the production and secretion of cytokines, such as MCP-1 which promotes the infiltration of leukocytes (**Figure Q.70**). Currently, many studies have shown a relationship between the signaling pathways via 4-1BB/4-1BBL interaction and several human diseases, including those related to metabolism.

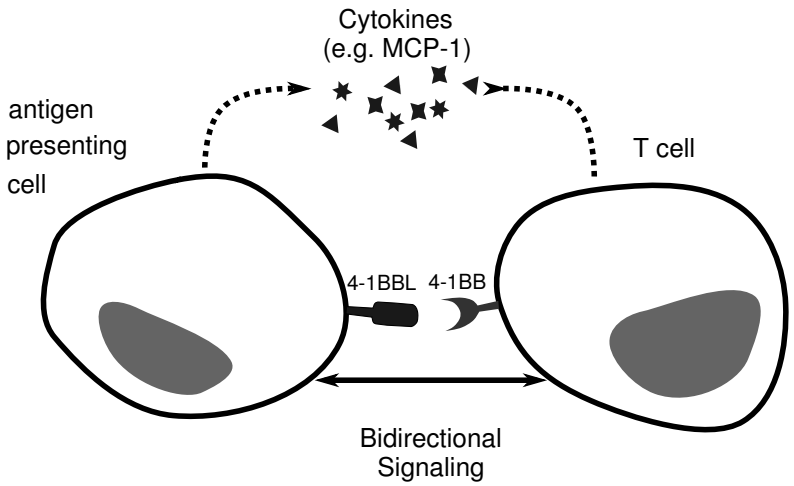


Figure Q.70

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. Inhibition of 4-1BB expression diminishes the development of atherosclerosis.

B. Activation of 4-1BB limits the effect of autoimmune diseases on the body.

C. All three kinds of cells, macrophages, dendritic cells and natural killer cells strongly express 4-1BBL.

D. Blocking the 4-1BB and 4-1BBL interaction increases graft tolerance.

Q.71

The action potential of cardiac muscle cells differs from that of other cells such as skeletal muscle cells and neurons. **Figure Q.71** displays the different phases of action potential in cardiac muscle cells.

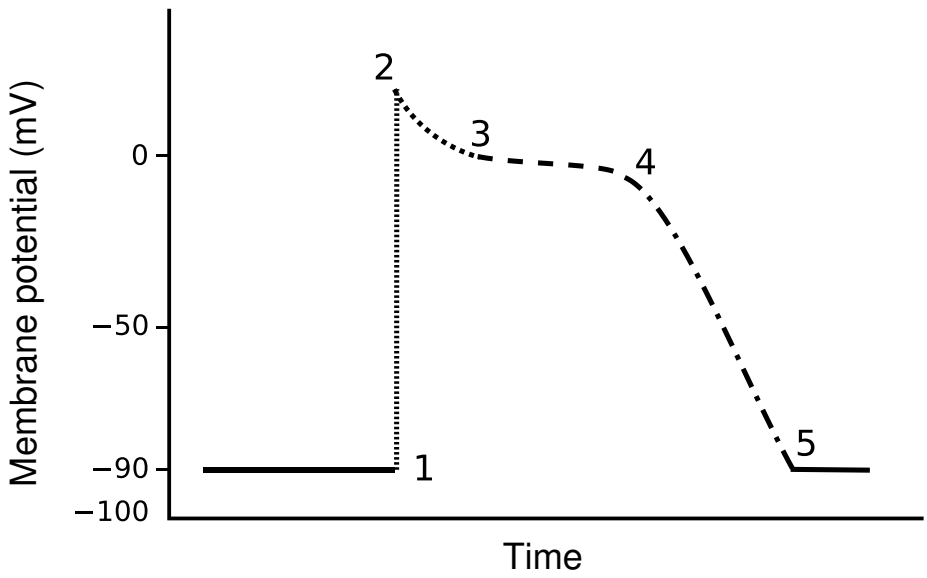


Figure Q.71

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. A substance that inhibits the reuptake of Ca^{2+} into the sarcoplasmic reticulum increases the time interval from 3 to 4.

B. The concentration of K^+ in the sarcoplasm at position 2 is higher than that at position 3.

C. Injection of adrenaline decreases the time interval from 1 to 5.

D. The height of action potential (from 1 to 2) is decreased when the sarcoplasmic level of Na^+ is higher than the normal level.

Q.72

Parathyroid hormone (PTH) plays an important role in the regulation of plasma calcium and phosphate levels. Figure Q.72 shows the changes in levels of PTH, Ca^{2+}, and phosphate (Pi) in plasma of mice injected with a specific inhibitor of PTH secretion.

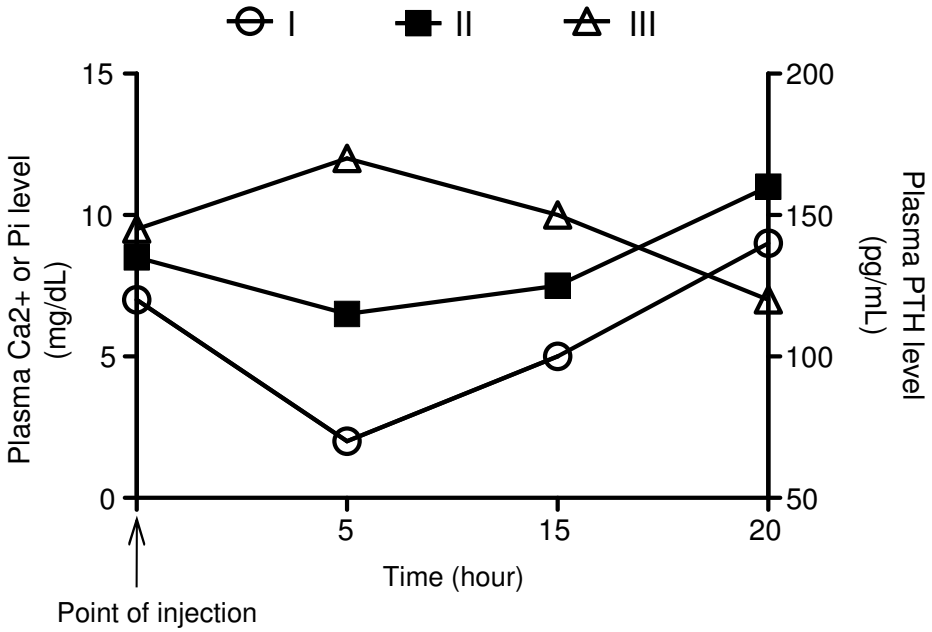


Figure Q.72

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. If Line I shows the level of PTH, then Line II and Line III would likely be showing the levels of Pi and Ca^{2+}, respectively.

B. PTH knock-out mice would have higher Pi levels in their urine compared with the wild type mice on the same diet.

C. Eating a calcium-rich diet decreases the plasma level of vitamin D (active form) in healthy people.

D. People with calcium-sensing receptor suppression have higher levels of plasma Ca^{2+} compared with healthy people on the same diet.

Q.73

The following table describes the rate of blood flow to different parts of the body including brain, skin, intestines, and cardiac muscle at rest and during strenuous exercise.

Part of the body	Rate of blood flow/cm3/min	
	At rest	During exercise
I	250	1200
II	500	500
III	500	1000
IV	2500	90

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. At rest, ATP of the cells of part I comes mainly from oxidation of fatty acid.

B. The activity of insulin receptors in the cells of part II is increased during exercise, enhancing glucose uptake.

C. The increase in blood flow to part III during exercise helps to regulate the body temperature.

D. Epinephrine decreases blood flow to part IV via β-receptor.

Q.74

A man had lost approximately 700 mL of blood in a severe injury of a major artery in a motorcycle accident. At the time of accident, his blood pressure was 90/50 mmHg. Several physiological changes should be expected in response to hemorrhage.

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. Oxygen affinity of hemoglobin in peripheral tissues was increased.

B. Total peripheral resistance was increased.

C. Hyperpolarization occurred in the cells of the sinoatrial node.

D. Vasoconstriction occurred in the brain and in the coronary arteries.

Q.75

In a simple way, respiratory disorders can be classified as obstructive or restrictive disorders. Obstructive disorders are characterized by a reduction in the airflow rate in the respiratory tracts. Restrictive disorders are characterized by a reduction of lung volume.

Figure Q.75 shows the shapes of the flow-volume loops measured during forced inspiration and forced expiration in healthy people with normal respiratory function and in four patients suffering from four common types of respiratory disorders.

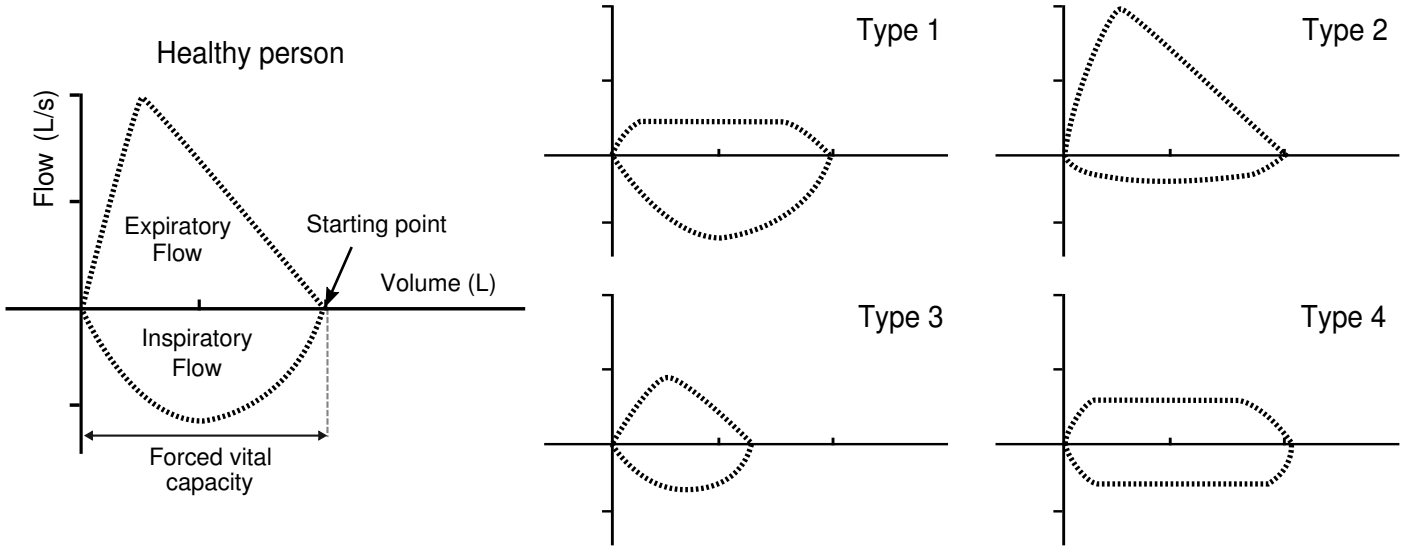


Figure Q.75

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. The blood pH of a patient with Type 1 is higher than that of healthy people.

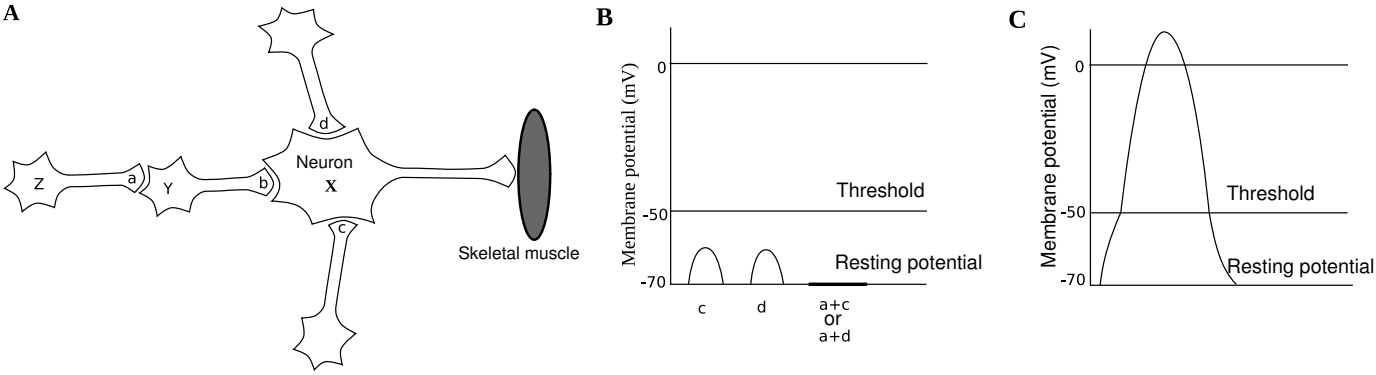
B. The time of the forced inhalation of patient with Type 2 is shorter than that of healthy people.

C. A patient with Type 3 displays a higher breathing rate than healthy people.

D. Residual volume in a patient with Type 4 is higher than that of healthy people.

Q.76

Figure Q.76A shows neuron X receives signals directly from three separate nerve terminals *b*, *c* and *d*. Neuron Y receives signals from nerve terminal *a*.
Figure Q.76B shows the various postsynaptic potentials recorded in neuron X after receiving input signals directly from terminals *b*, *c*, and *d* and indirectly from terminal *a*.
Figure Q.76C shows the action potential recorded in neuron Y after receiving input signals from the presynaptic terminal *a*.



Figures Q.76A, B, and C

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. Action potentials could be generated in neuron X if nerve terminal *c* is stimulated rapidly.

B. When three nerve terminals *a*, *c* and *d* are stimulated simultaneously, the postsynaptic potentials recorded in neuron X are smaller than those when the nerve terminals *c* and *d* are stimulated simultaneously.

C. Nerve terminal *a* releases inhibitory neurotransmitter and nerve terminal *b* releases excitatory neurotransmitter.

D. In the mammalian body, there are many neurons like neurons Z, Y, X. Neurons Z, Y, X are sensory neurons, Renshaw cells (inhibitory neurons) and motor neurons, respectively. If a substance (e.g., Strychnine) injected in the body blocks glycine receptors, diaphragm contracts fully and remains contracted.

Q.77

A set of experiments on the regulation of hormone secretion and effects of various drugs on the activities of endocrine glands were conducted on rats. Rats were divided to different groups and each group was injected with a hormone or a drug. Some physiological parameters were collected and analysed.

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. The group of rats injected with the drug that reduces the sensitivity of hypothalamus to cortisol resulted in higher plasma levels of both glucose and insulin than those in the group of rats injected with the drug that reduces the sensitivity of adrenocorticotropic hormone (ACTH) receptors.

B. The group of rats injected with the drug that increases the sensitivity of hypothalamus to thyroxine resulted in higher metabolic rate and body temperature than those in the group of rats injected with the drug that increases the sensitivity of target cells to thyrotropin-releasing hormone (TRH).

C. The group of rats injected with propylthiouracil (which blocks thyroid hormone synthesis) resulted in smaller thyroid gland and body weight than those in the group of rats injected with placebo.

D. The group of rats injected with thyroid stimulating hormone (TSH) had smaller pituitary gland and bigger adrenal glands compared with the group of rats injected with corticotrophin-releasing hormone (CRH).

Q.78

Some researchers studied the changes in the level of saliva cortisol and 2-AG (2-arachidonoylglycerol) concentration in blood in two groups of people with motion sickness and without motion sickness (no sickness) during parabolic flight maneuvers (PFs). During PFs, the saliva cortisol levels and 2-AG blood concentrations were measured from samples taken in-flight before start of the parabolic maneuvers (T0), after 10 parabolas (T1), 20 parabolas (T2), and 30 parabolas (T3), termination of PFs (T4) and 24 h later (T5). The results are shown in **Figure Q.78**.

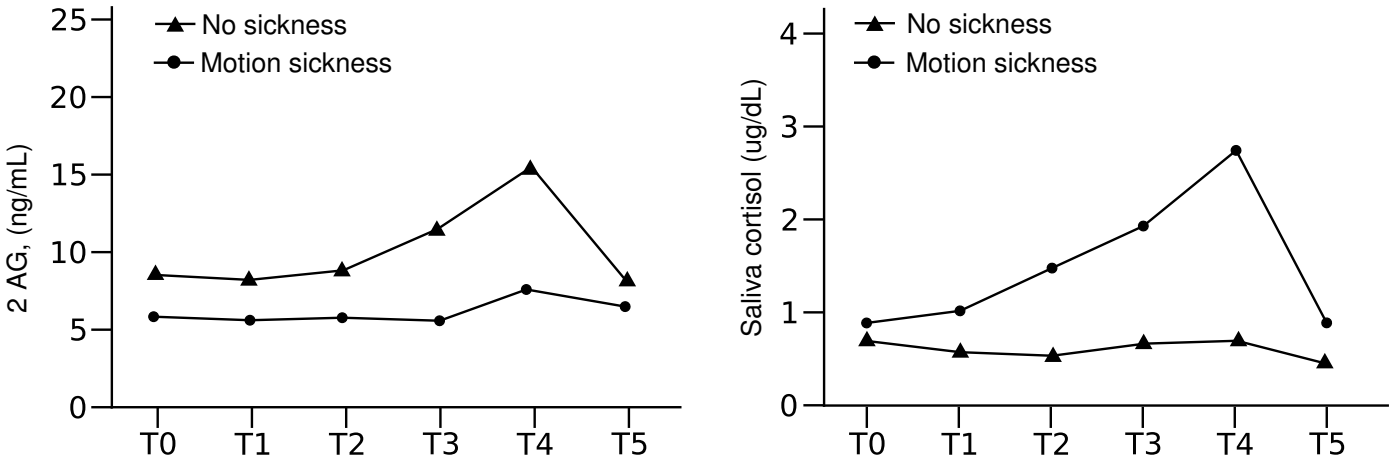


Figure Q.78

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. A 2-AG inhibitor can be used to reduce motion sickness.

B. In motion sickness group, the blood glucose level at T4 was higher than at T1.

C. At T2, the blood ACTH (adrenocorticotropic hormone) level in the no sickness group was higher than that in the motion sickness group.

D. In motion sickness group, the blood CRH (corticotropin-releasing hormone) level at T5 was lower than that at T2.

Q.79

When a person born and brought-up at sea level and then moves to a village at an altitude of 3000 metres above sea level by helicopter, some adaptations of their body occur to compensate for the decreased oxygen pressure at high altitude.

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. The moment the person arrives at the high altitude, oxyhemoglobin dissociation curve shifts to the left (indicating greater affinity of hemoglobin for oxygen).

B. After several days living at the high altitude, the person's blood viscosity is decreased, enabling his blood to deliver more oxygen to his tissues.

C. After several weeks living at the high altitude, the person's lung cells of this person produce more nitric oxide (NO).

D. Many people who ascend rapidly to high altitude experience some degree of acute mountain sickness (e.g., headache, malaise, and nausea). Which may be treated with a drug that causes bicarbonate to be excreted in the urine.

Q.80

Figure Q.80 demonstrates the relationship between oxygen concentration and oxygen partial pressure (Po_2) in blood of two species of vertebrates (species *a* and *b*). Each sample was subjected to two levels of carbon dioxide pressure (Pco_2): curve I represents the values measured at normal Pco_2 and curve II represents the values measured at elevated Pco_2. The blood having passed through the lungs of the two species normally has a Po_2 of 100 mm Hg and the deoxygenated blood leaving the tissues has a Po_2 of 40 mm Hg.

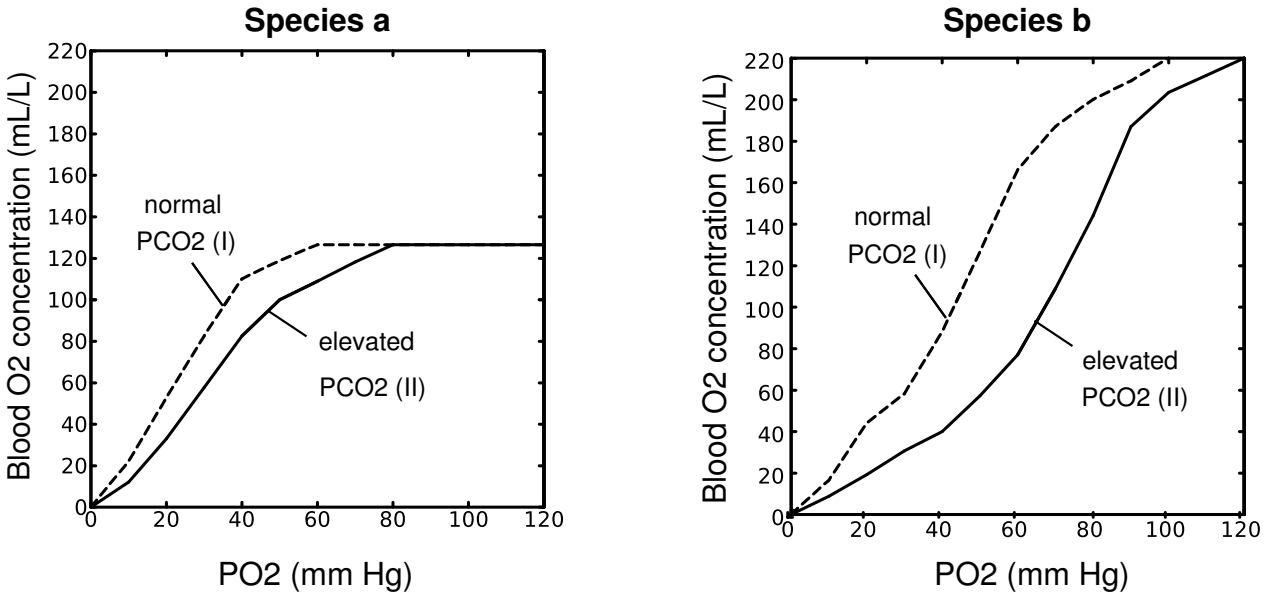


Figure Q.80

Indicate in the Answer sheet if each of the following statements is True or False.

A. While comparing curve I of species *a* with curve I of species *b*, you can predict that the O_2 concentration of the blood in the lungs of species *a* will be higher than that of species *b*.

B. If you expose deoxygenated blood of the two species at the same level of Pco_2 to increasing Po_2, the first blood to become saturated with O_2 would be that of species *a*.

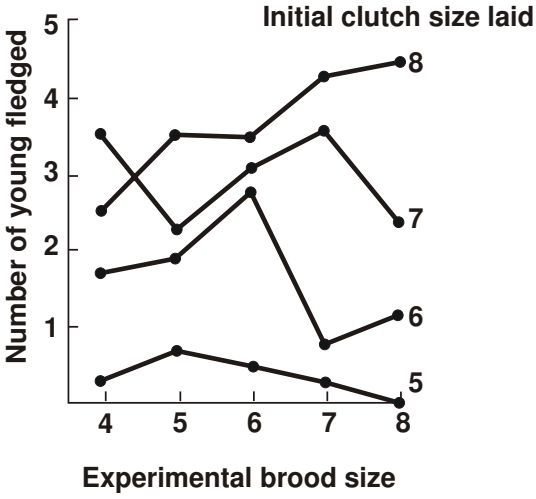
C. In species *b*, if curves I and II represent the Pco_2 of oxygenated and deoxygenated blood, respectively, there will be less than 160 mL of O_2 released from a litre of blood as it passes through the tissues.

D. In species *a*, an increase in Pco_2 in the blood reduces the affinity of hemoglobin for oxygen but has no effect on the maximum oxygen-carrying capacity in the blood.

ETHOLOGY

Q.81

In an experimental study on magpies *Pica pica*, conducted in Sweden, Goran Högstedt manipulated the original clutch size (shown on the right of the graph) of experimental birds to generate a number of different clutch sizes for each category of bird, as shown in the X-axis. The number of young fledged successfully by the birds under these different conditions is indicated by the Y-axis. Food abundance and quality of territory are thought to be associated with clutch size. Predation is lower in large clutches.



Analyse the following statements, with reference to the data provided and indicate in the answer sheet if each of the statements is true or false.

A. The birds, in general, did better with experimentally manipulated, larger broods.

B. The reproductive rate of birds is closest to that which maximises individual breeding success.

C. Birds in high quality territory tend to have larger clutches.

D. Experimentally-manipulated clutches experience higher starvation.

Q.82

The behaviour of two similar-sized species of fiddler crabs (*Uca latimanus* and *U. musica*) that intermingle in the same habitat was studied. Males build hoods over their burrows for mate attraction. Mate searching is a dangerous activity for fiddler crab females, so these females may be forced to make suboptimal choices for their own safety, especially in areas where their conspecifics are in lower densities. The figures **Fig.Q.82** below show the approaches made by females of the two species to male crabs as well as to burrows (with and without hoods) of conspecific males.

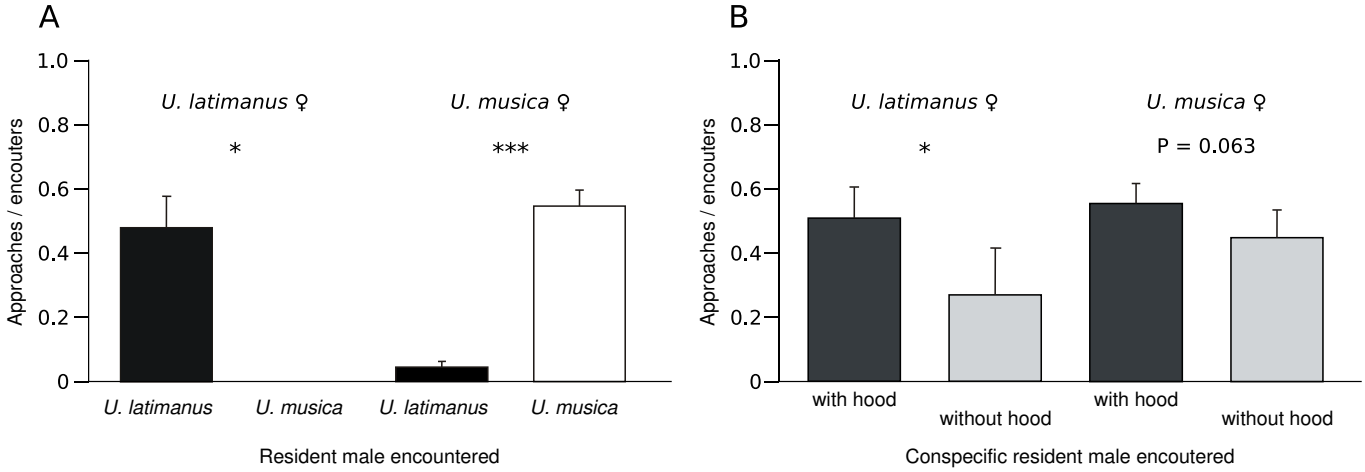


Fig. Q.82: (A) Mean (±SE) proportion of resident *Uca latimanus* and *U. musica* males approached by wandering *U. latimanus* females and *U. musica* females. * $p < 0.05$; *** $p < 0.0001$.
(B) Mean (±SE) proportion of resident conspecific males with and without hoods approached by wandering *U. latimanus* females and *U. musica* females. * $p < 0.05$.

Indicate in the answer sheet if each of the following statements is true or false.

A. Females of both species approached a greater proportion of the conspecific males than the heterospecific males they encountered.

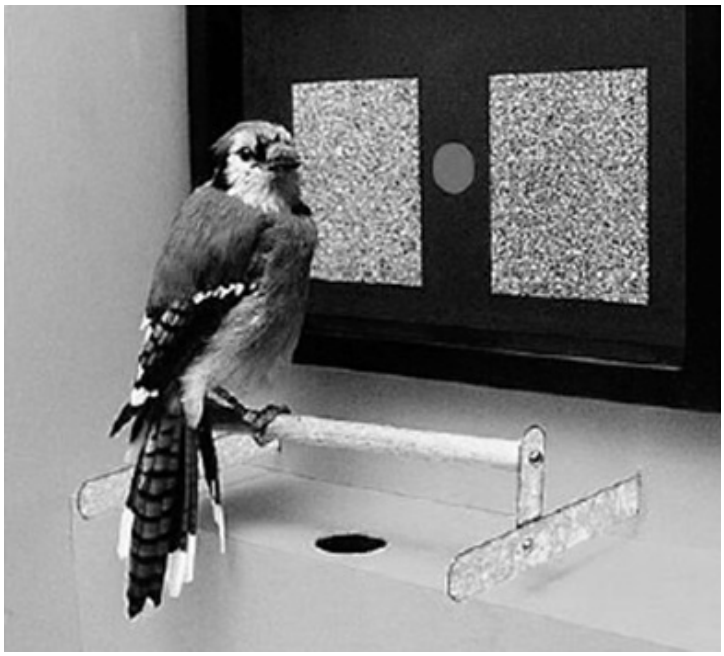
B. Attraction of *U. musica* females to hoods is not as strong as that of *U. latimanus* females.

C. A male fiddler crab's willingness to court all females, regardless of species, is made used of by females of both species for shelter-seeking and avoidance of predators.

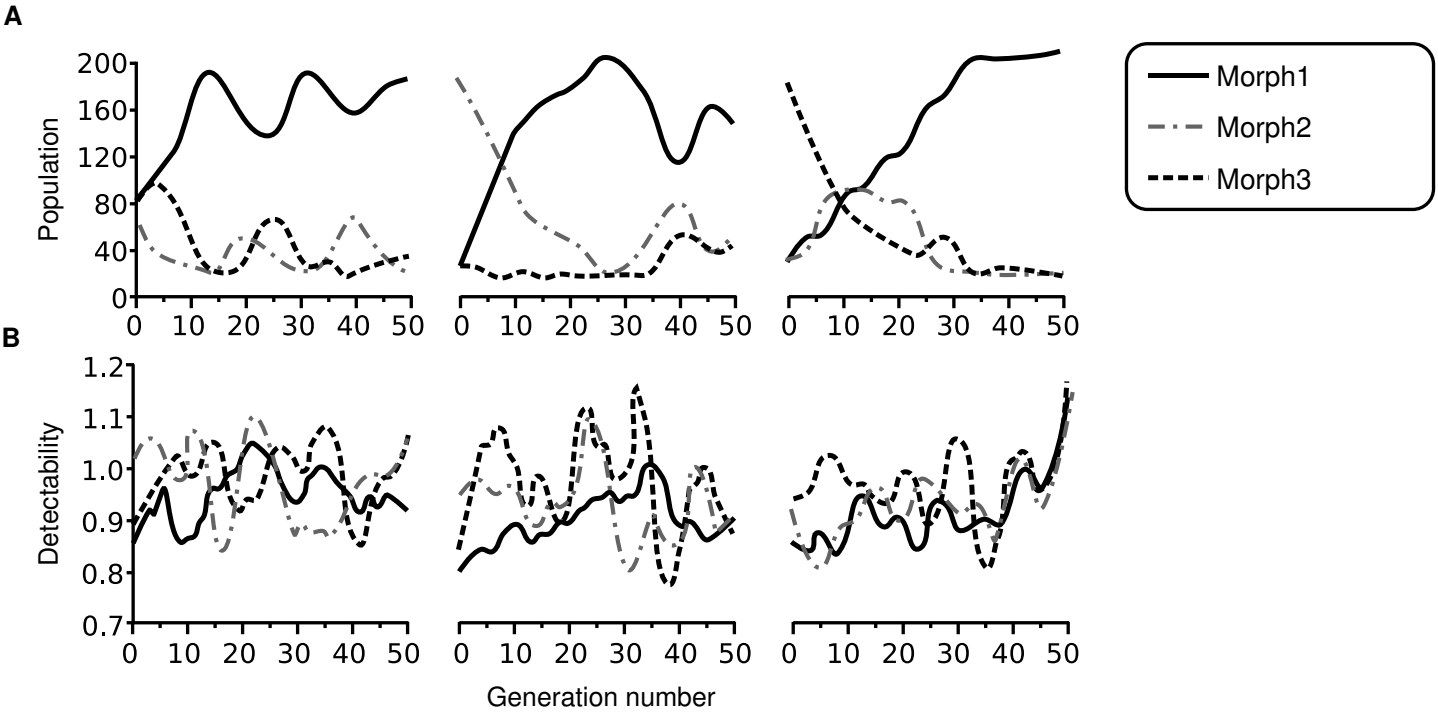
D. An overlap in habitat use between these two similar-sized fiddler crabs has no impact on both signalers and receivers.

Q.83

Three morphs of a polymorphic species of *Catocala* moths differ only in the patterns on the forewings. Six experienced blue jays (*Cyanocitta cristata)* searched for prey on a computer screen in a series of trials.



Each trial involved a screen showing the presence or absence of a moth from three distinct morphs of a moth population. If the bird found the moth, it was rewarded with food. Each bird had 36 prey and 84 no-prey trials and lasted for 50 days. Three replicates were carried out, with the second having a larger population of morph 2 and third replicate starting off with a larger relative abundance of morph 3.



A, Population numbers of the three morphs. **B**, Prey detectability

Indicate in the answer sheet if each of the following statements is true or false.

A. Morph 1 was the most cryptic morph.

B. Relative numbers that escaped detection determine the abundance of each prey type.

C. Preferential feeding behavior of the blue-jays of the most prevalent morph maximizes their foraging success.

D. Polymorphisms are maintained in the population through frequency-dependent selection by predators.

GENETICS AND EVOLUTION

Q.84

An organism has four genes, A, B, C and D with two alleles each. An individual heterozygous for these genes was bred with one that is homozygous recessive. The cross produced 3288 offspring with phenotypes shown in the table below:

Phenotypes	Number of individuals
ABCD	675
ABCd	83
ABcD	1
ABcd	74
AbCD	73
AbCd	1
AbcD	84
Abcd	670
aBCD	655
aBCd	86
aBcD	1
aBcd	73
abCD	71
abCd	1
abcD	87
abcd	653

Indicate in the answer sheet if each of the following statements is true or false.

A. The four loci are genetically linked.

B. The distance between gene B and gene D is 9 cM.

C. The distance between gene D and gene C is 10.5 cM.

D. Interference happened with a value less than 0.25. Interference = 1-(observed frequency of double crossover/expected frequency of double crossover).

Q.85

A plant is normally red-flowered. Plant breeders obtained three genetically different pure mutated lines of white-flowered plants (designated as a, b and c). They performed crosses and observed progeny phenotypes as follows:

Cross	Parent	Progeny
1	line a x line b	F_1 all white
2	line a x line c	F_1 all red
3	line b x line c	F_1 all white
4	red F_1 from cross 2 x line a	1/4 red : 3/4 white
5	red F_1 from cross 2 x line b	1/8 red : 7/8 white
6	red F_1 from cross 2 x line c	1/2 red : 1/2 white

Indicate in the answer sheet if each of the following statements is true or false.

A. Line (a) has only one homozygous mutated gene.

B. Line (b) shares two homozygous mutated genes with line c.

C. Line (c) shares one homozygous mutated gene with line a.

D. Line (b) has three homozygous mutated genes.

Q.86

Indicate in the answer sheet if each of the following statements is true or false.

A. A completely recessive allele is lethal when homozygous. If the dominant allele mutates to the recessive allele at a rate of 10^{-6}, then the frequency of the lethal allele when the population reaches mutation-selection equilibrium is 0.001.

B. If the frequency of a completely recessive lethal allele is 0.2 and it remains unchanged from generation to generation due to the superior fitness of heterozygotes, then the intensity of selection against the dominant homozygotes should be 0.025.

C. Selection for recessive alleles is less effective than selection against recessive alleles.

D. In a large, randomly mating population, the frequency of an autosomal recessive lethal allele is 0.2. The frequency of this allele in the next generation will be 0.07 if the lethality takes place before reproduction.

Q.87

Indicate in the answer sheet if each of the following statements about cancers is true or false.

A. A particular type of colon cancer can be caused by recessive alleles even though its inheritable pattern appears similar to that of a dominant trait.

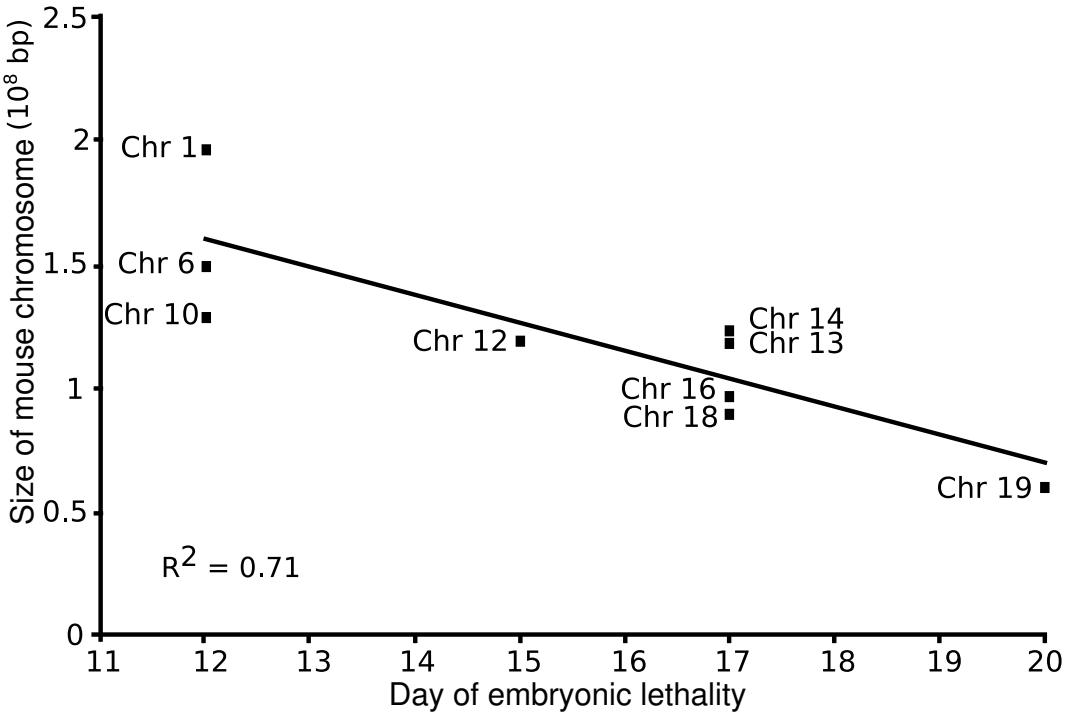
B. In one patient, normal cells have only one mutated *p53* allele but cancer cells have two identical mutated *p53* alleles. Then it can be concluded that the second mutated *p53* allele is formed by gene conversion.

C. Some cancers have been effectively treated with drugs that cause demethylation. Then it can be concluded that genes causing those cancers are more likely to be oncogenes.

D. Chromosome inversions can produce novel oncogenes.

Q.88

Mouse embryos that were trisomic for each of the 20 different chromosomes were monitored during embryonic development. Their survival time was plotted against the size of trisomic chromosome in **Fig.Q.88**.



Based on this information, indicate in the answer sheet if each of the following statements is true or false.

A. Chromosome 19 likely encodes fewer transcripts than other chromosomes shown in the graph.

B. The total amount of genetic material of the additional chromosome solely determines the severity of the defects associated with the chromosome imbalance.

C. Assuming that genes on chromosome 1 and 10 have similar contribution to embryo development, gene density on chromosome 1 is probably lower than that on chromosome 10.

D. Genes on chromosomes 12 are probably more important for embryo development than those on chromosome 13.

Q.89

mRNAs in the cytoplasm of eukaryote cells frequently form closed loops by circularization. Indicate in the answer sheet if each of the following statements concerning closed loops is true or false.

A. Circularization is due to a phosphodiester bond between the 5’end and the 3’end of mRNA.

B. Circularization increases stability of mRNAs.

C. Circularization enhances translocation speed of the ribosomes.

D. Controlling circularization is a mechanism of post-transcriptional regulation.

Q.90

Pedigrees 1-4 show the inheritance of four different **rare** disorders. It is known that the disease in pedigree 4 is X-linked recessive.

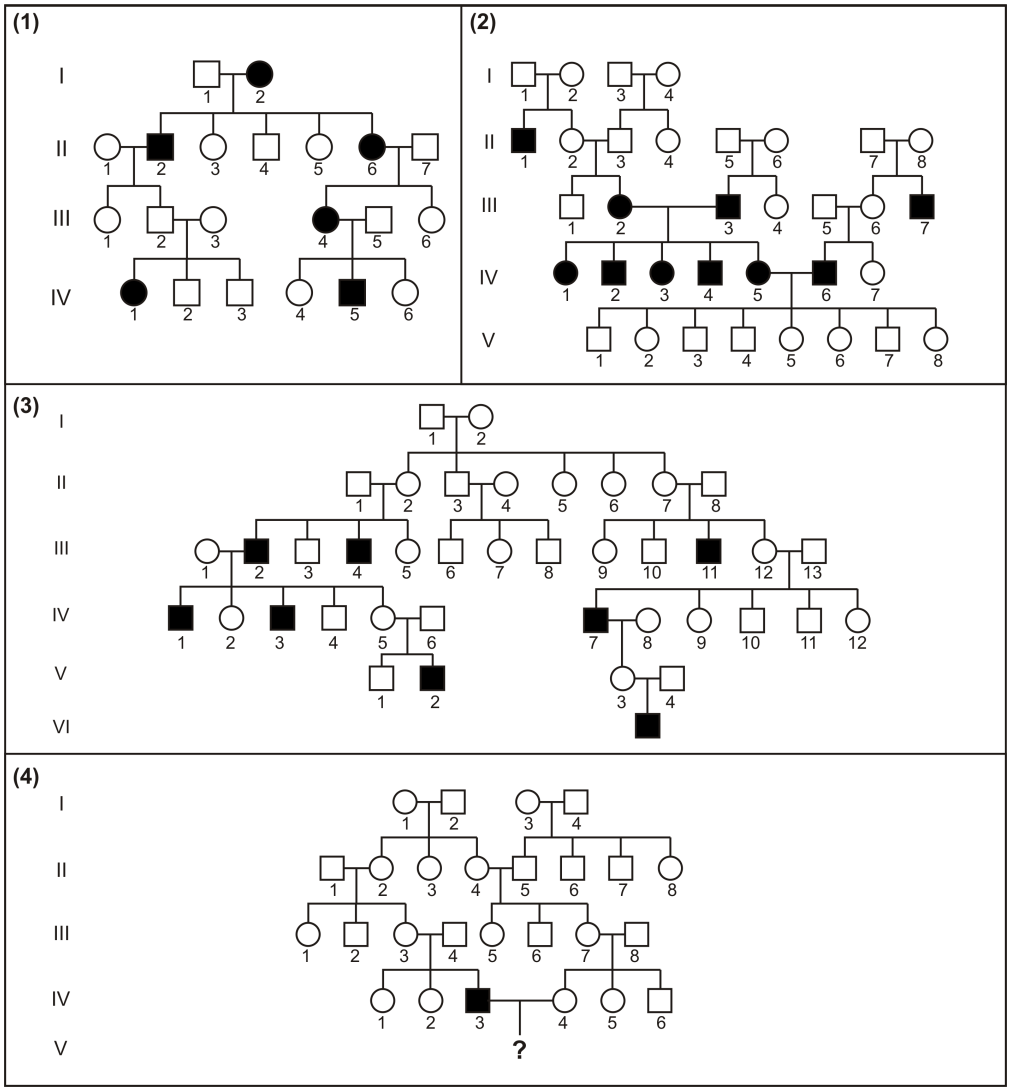


Figure Q.90

Studying the pedigrees and indicate in the answer sheet if each of the following statements is true or false.

A. The disorder in pedigree 1 is most likely caused by a recessive allele.

B. Person III_2 and III_7 in pedigree 2 have the same genotype.

C. Pedigree 3 shows the inheritance of the disorder can be caused by a recessive allele on X-chromosome.

D. If the affected man and his unaffected wife in pedigree 4 have a son then the probability of this son be affected is 0.125.

Q.91

Polymorphic DNA sequences are widely used for molecular identification. Short tandem repeat (STR) is composed of multiple repeats of 2-8 nucleotides flanked by two conserved sequences. Each STR locus normally has more than two alleles. Single nucleotide polymorphism (SNP) is a variation at a single position in a DNA sequence among individuals. Each SNP usually has only two alleles. Seven individuals were genotyped for two autosomal and two mitochondrial (mtDNA) SNPs, two autosomal and two Y-linked (NRY) STRs (**Table Q.91**).

	Autosomes				NRY		mtDNA	
Individuals	SNP1	SNP2	STR1	STR2	STR1	STR2	SNP1	SNP2
Ind_1	A/A	A/A	13/15	18/20	13	12	C	A
Ind_2	A/C	A/G	12/14	18/21	13	15	T	A
Ind_3	C/C	A/G	14/15	18/21	13	15	C	G
Ind_4	A/C	G/G	13/15	19/19	11	14	T	G
Ind_5	C/C	A/G	14/15	18/19	-	-	C	G
Ind_6	A/C	G/G	14/14	18/19	-	-	T	G
Ind_7	C/C	G/G	14/16	19/21	-	-	C	A

Table Q.91

Indicate in the answer sheet if each of the following statements is true or false.

A. If the same number of SNPs or STRs are used, SNPs are better than STRs for distinguishing individuals.

B. Ind_6 is more likely a child of Ind_2 and Ind_5 than Ind_3 is.

C. Ind_4 is possibly a brother of Ind_6.

D. It is possible that Ind_7 is a granddaughter of Ind_1 and Ind_6.

Q.92

A wildtype female *Drosophila* was mated with a wildtype male that had been X-ray irradiated. One of the F1 females was mated with a male that had recessive phenotype (caused by recessive allele a). Progenies of the second mating were unusual in two aspects. Firstly, there were twice as many females as males. Secondly, while all the males were wild type, ½ of the females were wild type, and the other ½ exhibited the recessive phenotype a.

Indicate in the answer sheet if each of the following statements is true or false.

A. X-rays converted a dominant allele (A) on the chromosome X, coding for wild type, to a recessive allele (a).

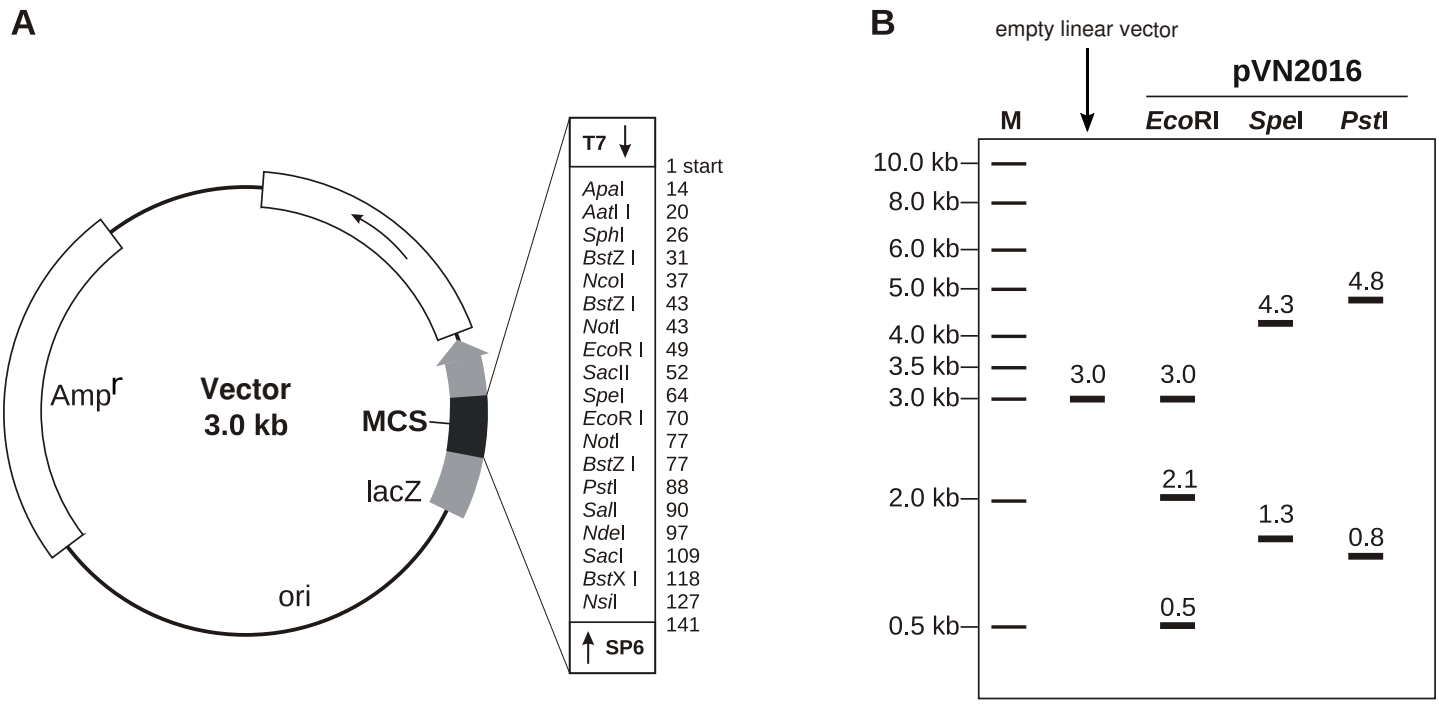
B. X-rays produced a chromosomal translocation.

C. A loop might be seen on one pair of chromosomes during prophase of meiosis 1 in the mated F_1 female.

D. If a female from the second mating exhibiting recessive phenotype (a) was crossed to a wild type male then her progenies compose of females and males at the ratio of 2 females to 1 male.

Q.93

Mr. Trung cloned a coding sequence (CDS) of a gene into a vector and named the resulted plasmid as pVN2016. The CDS was inserted at the *Sac*II recognition site which is located in the multi cloning site (MCS) region within the *lacZ* gene of the vector (**Fig.Q.93A**). The inserted CDS has a *Pst*I restriction site located 0.8 kb upstream of its stop codon. To identify the size and direction of the inserted CDS, Mr. Trung digested this plasmid with different restriction enzymes, and the results of the digestions are shown in **Fig.Q.93B**.



(A) A schematic map of the vector, numbers indicate positions of restriction enzyme recognition sites located in the vector
(B) A schematic electrophoresis of digestive products using different restriction enzymes, M: 1 kb DNA ladder.

Based on above data, indicate in the answer sheet if each of the following statements is true or false.

A. The CDS is 2.6 kb in length and has an *Eco*RI recognition site at about 0.5 kb from one of its ends.

B. *Spe*I can be used to determine the orientation of the CDS.

C. The CDS is oriented in the same direction as *lacZ*.

D. If plasmid pVN2016 is digested by both enzymes *Spe*I and *Eco*RI in Tango buffer (*Eco*RI and *Spe*I cut at 100% and 20% efficiency, respectively), five fragments of 0.5, 0.8, 1.3, 2.1 and 3.0 kb could be detected by gel electrophoresis assuming that fragments smaller than 50 bp are not visible.

ECOLOGY

Q.94

Scientists constructed models for four threatened tree species in sub-tropical forests in Vietnam, and used these models to estimate tree ages (**figure Q.94**). Tree age is measured by ring count and trunk diameter at breast height (DBH). Rates of growth were categorised using changes in DBH from 10 to 1000, with 1000 at the finest-grain measure of change.

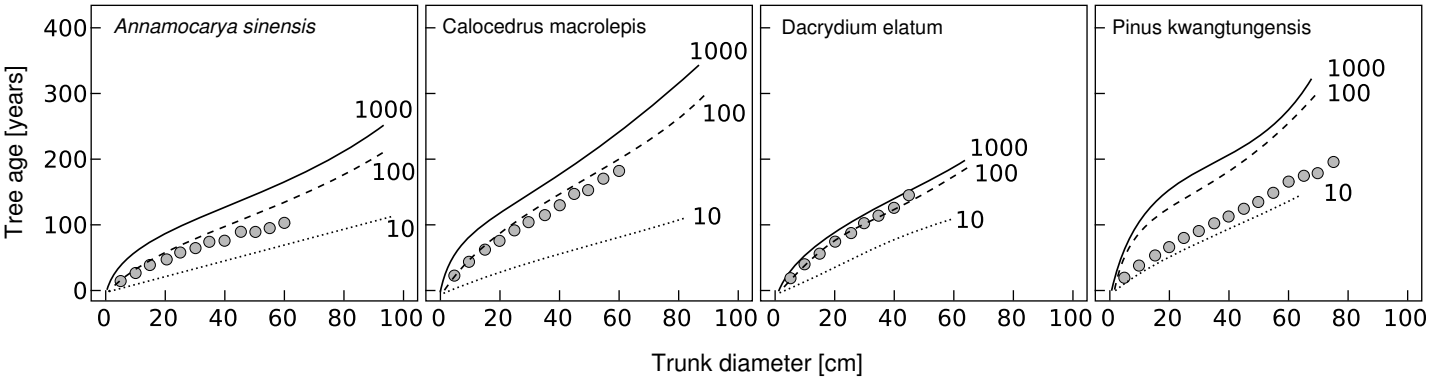


Figure Q.94. Estimated (lines) and observed (circles) ages for DBH categories of four tree species.

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. Using the smallest category gives the most accurate information of tree age of *P. kwangtungenesis*.

B. Age estimates increase particularly strongly from 100 to 10-category model in *D. elatum*.

C. Model with just 10 DBH categories underestimate the observed ages for three species.

D. For *D.elatum,* measuring DBH using either 100 or 1000 will give an accurate estimate of tree age, whereas to estimate the age of *C. macrolepis,* only 100 gives a reliable estimate.

Q.95

To understand the effects of several factors on plants (*Agrimonia rostellata* and *Trillium erectum*) in forest ecosystems, students transplanted seedlings into experimental sites and observed the proportion of surviving seedlings growing with native or non-native vegetation, with or without slugs, and with low or high earthworm density. The results are shown in the figure below.

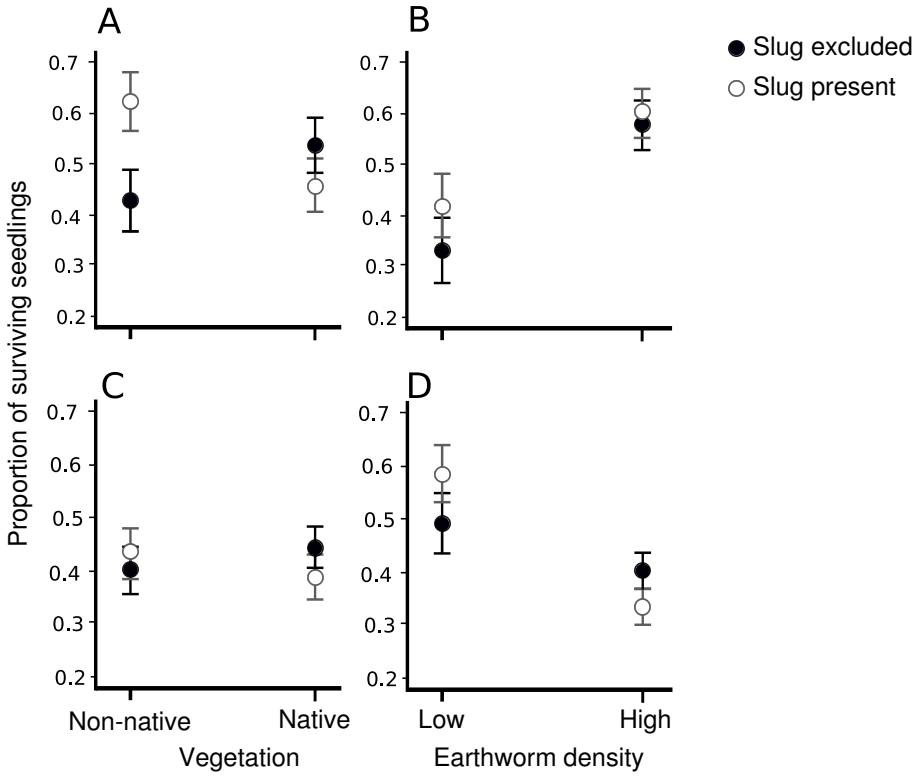


Figure Q.95 Proportion of surviving seedlings. *Agrimonia rostellata* (A, B) and *Trillium erectum* (C, D)

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. Slug exclusion has a positive effect on the survival of *Agrimonia rostellata* and *Trillium erectum* in high earthworm density.

B. Slug effects are dependent on other stressors, especially on interactions with non-native plants and earthworms.

C. Earthworms have positive effects on *Agrimonia rostellata* and *Trillium erectum*.

D. Non-native plants and slugs synergistically decrease seedling survival through increased competition and consumption.

Q.96

Students cultured plants, including four grass species (*A. capillaris, A. odoratum, F. rubra*, and *H. lanatus*) and four herbs (*C. jacea, L. vulgare, P. lanceolata,* and *R. acetosa*) without legumes, in different blocks with treatments of monoculture and mixtures of two, four or all eight species. They then measured different parameters as functions of plant species richness, as shown in the figure below. Values are shown in $\log_2$ scale.

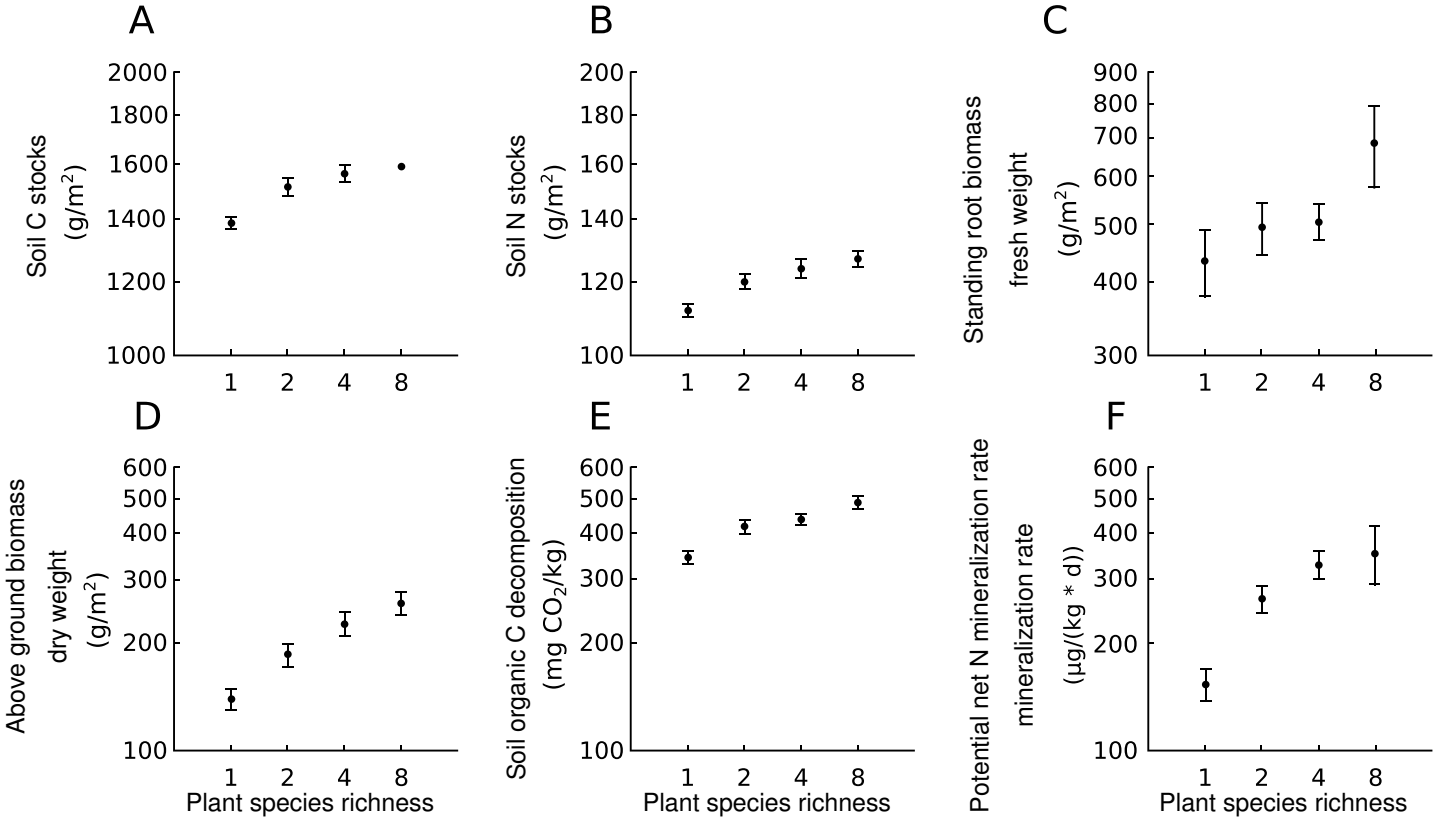


Figure Q.96

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. Above ground biomass increases but root biomass decreases with the increase of species richness.

B. Plant species richness promotes soil C stocks mainly through enhanced plant productivity, despite accelerated soil organic C decomposition.

C. Greater soil N stocks at higher species richness is mainly attributed to increased N retention, rather than N input, with enhanced plant productivity.

D. More diverse ecosystems can increase the potential for C sequestration in terrestrial ecosystems.

Q.97

A rocky shore contains many shallow rock pools dominated by macroalgae and grazing gastropods, comprising primarily *Patella ulyssiponensis* (P), *Littorina littorea* (L) and *Gibbula umbilicalis* (G). The experiment is designed to test the interaction between grazer species and the additive interaction with nutrient enrichment. Pools contained either none, one, two or all three of grazer species at realistic densities (*Patella*, *Littorina* and *Gibbula*). Another complete set of all the manipulation grazer treatments was also established concurrently where nutrient concentrations were enhanced to compare the simultaneous effects of grazer treatments at ambient and enriched nutrient conditions. Gross ecosystem productivity (GEP), number of algal taxa, and the biomass (dry weight) of all algal species were measured.

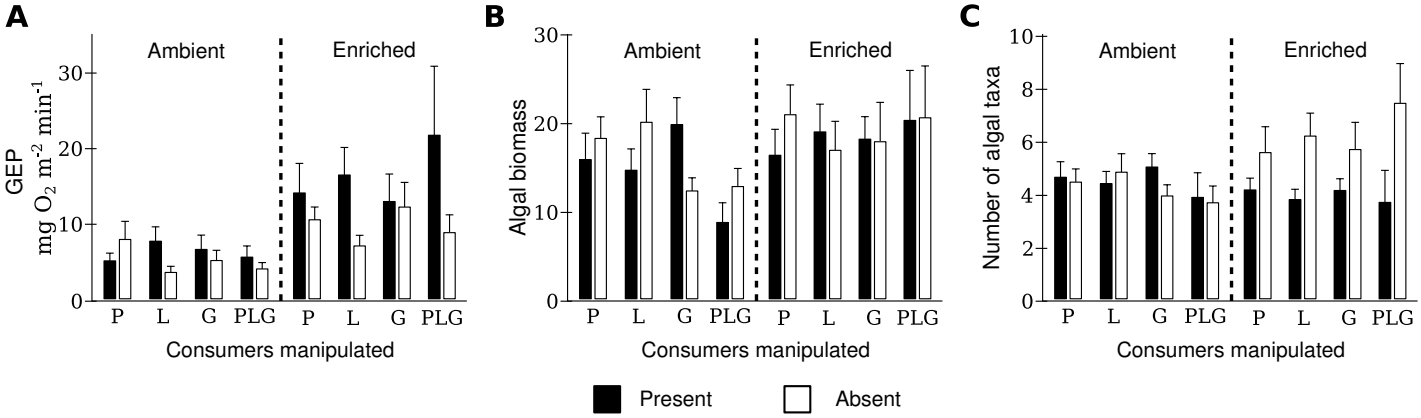


Figure Q.97

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. Gross ecosystem productivity is enhanced by nutrient enrichment and is greater in pools where *Littorina* is present.

B. The effects of grazer species loss on accumulated algal biomass are regulated by nutrient conditions, grazer identity and grazer diversity.

C. The effects of loss of grazer species on ecosystem functioning depend upon both the diversity and identity of the species present.

D. The presence of all grazers results in lower algal diversity and biomass in both nutrient conditions.

Q.98

Gall aphids (*Pemphigus betae*) live in poplar plants. Adult females produce galls on poplar leaves. Some fraction of these galls will emerge and survive to adulthood. Female aphids complete their life cycle after laying eggs in the leaves. All the progeny of a single female aphid are contained in one gall. A student recorded observation on several aphid populations, shown in the table below. All environmental parameters are assumed constant.

Population	Number of aborted galls	Number of successful galls	Female/Male ratio in adult stage
1	35	70	1/1
2	25	75	1/2
3	21	63	Not given
4	16	32	1/1

An equation representing number of female aphids in t^{th} generation is established as below:

$$N_t = [f \times r \times (1\text{-}m)]^t \times N_o$$

Whereas:
N_t – number of adult female aphids in the tth generation
N_o – number of adult female aphids in the initial generation
m – fraction mortality of the young aphids
f – number of progeny per female aphid
r – ratio of female aphids to total adult aphids.
Theoretically f, m and r are constant.

Indicate in the **Answer sheet** if each of the following statements is True or False.

A. Population 1 has a constant number of adult females across generations when each female produces 4 progeny.

B. When every female in population 2 produces 3 progeny, this population will have a constant number of adult females across generations.

C. When population 3 has a constant number of adult females across generations and each female aphid produces 4 progeny, the female/male ratio of the population in adult stage is 1/2.

D. Given that each female in population 4 produces 6 aphids and taking the offspring of population 4 to be in the first generation, the number of adult females in the third generation will be 384.

BIOSYSTEMATICS

Q.99

Information about the relationships among organisms is a useful source of data for scientists investigating a wide variety of biological questions. Indicate in the answer sheet if each of the following statements about using the phylogenetic trees is true or false.

A. Phylogenetic trees can be used to determine how many times a particular trait independently evolved.

B. Phylogenetic trees can suggest whether a particular trait is the ancestral one.

C. Phylogenetic trees can be used to determine the timing of evolutionary lineage splits.

D. Phylogenetic trees can be used to determine the virus’s origins in human populations.

Q.100

The analysis of DNA and protein sequences nowadays is widely used in constructing phylogenetic trees. Indicate if in the answer sheet each of the following statements is true or false.

A. The number of differences in a nucleotide sequence of two species increases with time that has passed since the species split from a common ancestor.

B. If the same protein of two related species are different at only one amino acid, then multiple substitutions might have occurred since the two species split.

C. rRNA sequence analysis is useful for phylogenetic relationship among species within a genus.

D. Pseudogenes can be used for constructing phylogenetic trees.

END OF THEORY PART B