

# 11 класс

## Задание 1. Ход эволюции.

1,5 балла

Темы: Эволюционная биология

Световоспринимающие системы разных животных имеют крайне разнообразное строение. Например, съедобная медуза аурелия имеет скопления светочувствительных клеток, медовые муравьи — фасеточные глаза, осьминоги — сложноустроенные глаза со светопреломляющим аппаратом, а верблюды и вовсе имеют систему линз и разные светочувствительные рецепторы сетчатки.

Эволюция световоспринимающих систем является примером:

- 1) Дивергенции
- 2) Конвергенции
- 3) Параллельной эволюции
- 4) Изоляционной эволюции

## Задание 2. Трехполье.

2 балла

Темы: Экология

Трехпольная система севооборота стала распространённой в 8 веке н.э. и существовала около 1000 лет, пока ей на смену не пришли более современные методы севооборота. Она была продовольственно и экономически выгодной. Поле в такой системе разделялось на 3 части и засеивалось так, чтобы цикл чередования культур составлял 3 сезона.

В каком порядке вы бы высадили культуры в трехпольной системе севооборота?

- 1) 1-е поле — пшено, 2-е поле — фасоль, 3-е поле — клевер
- 2) 1-е поле — лён, 2-е поле — подсолнечник, 3-е поле — горох
- 3) 1-е поле — незасеянное, 2-е поле — рожь, 3-е поле — гречиха
- 4) 1-е поле — незасеянное, 2-е поле — горох, 3-е поле — кукуруза

### Задание 3. Незнакомец.

2 балла

Темы: Ботаника

Сканирующая электронная микроскопия позволяет получать снимки поверхности объектов, что требуется для современных исследований в области ботаники, например, для изучения лекарственных растений или введения в культуру перспективных дикорастущих видов растений. Какая структура растений показана на фотографии?



Авторство: Sokoloff D., Rudall P. J., Remizowa M. Flower-like terminal structures in racemose inflorescences: a tool in morphogenetic and evolutionary research //Journal of Experimental Botany. – 2006. – Т. 57. – №. 13. – С. 3517-3530.

- 1) Стробил плауна
- 2) Стробил хвоща
- 3) Женская шишка хвойных
- 4) Бутона соцветия покрытосеменных

#### Задание 4. Сорняки-разбойники.

2,5 балла

Темы: Ботаника, Экология

Появление сорняков на поле — это важный фактор, приводящий к тому, что выращиваемые культуры недополучают нужное количество минеральных веществ из почвы и света. Это может повлечь снижение урожая и экономические потери.

Для борьбы с сорняками фермеры учитывают их особенности жизнедеятельности. Например, одним из распространённых сорняков на территории России является Лебеда раскидистая, представленная на фотографии. Лебеда часто произрастает на полях, занятых овощными культурами или злаками.



Авторство: By mieoli - uitstaande melde (*Atriplex patula*), CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3020781>

К каким экологическим группам относится это растение?

- 1) Гелиофит, рудерал, эксплерент
- 2) Гигрофит, виолент, сциофит
- 3) Ксерофит, пациент, эндемик
- 4) Виолент, синантроп, гелиофит

### **Задание 5. Неявная разница.**

2,5 балла

Темы: Зоология

Размножение животных — важнейший этап в жизни фермы. Современная наука, разведение сельскохозяйственных животных, располагает широким теоретическим материалом и продуктивными методами, позволяющими вести животноводство на современном научном уровне. В разведении сельскохозяйственных животных учитывается и длительность беременности для создания необходимых условий. Интересно, что у похожих внешне и по размерам тела видов, сурков и нутрий, длительность беременности отличается почти в 3 раза: у сурков она составляет около 30-35 дней, а у нутрий — 130 дней. При этом рождающиеся детеныши сурков слепые и беспомощные, весом 30-40 г, а у нутрий — более развиты и весят 200-300 г.

Как вы думаете с чем это связано в первую очередь?

- 1) Нутрии являются одомашненными, а сурки нет
- 2) Нутрии обитают возле водоёмов, а сурки в степи
- 3) Нутрии выводят потомство в гнёздах, а сурки в норах
- 4) Природный ареал обитания нутрий составляет Южная Америка, а сурков Евразия и Северная Америка

### **Задание 6. Свой-чужой.**

3 балла

Темы: Анатомия и физиология человека

Аутоиммунные заболевания — это заболевания, возникающие при нарушении функционирования иммунной системы. Обычно иммунная система не реагирует на ткани собственного организма (собственные антигены), являясь к ним толерантной. Чужие антигены, например, бактериальные, иммунная система распознает и уничтожает. При аутоиммунных заболеваниях иммунная система образует антитела против собственных тканей (аутоантитела). Спровоцировать развитие таких заболеваний может, например, содержание тяжелых металлов в корме у крупного рогатого скота.

Однако, некоторые антигены организма изолированы от иммунной системы с самых первых этапов эмбриогенеза. Например, гематоэнцефалический барьер — это барьер, отделяющий центральную нервную систему от крови и, соответственно, клеток иммунной системы. При нарушении физиологических барьеров иммунная система замечает “скрытые” собственные антигены и воспринимает их как чужеродные.

Аутоантитела против каких органов могут развиваться при нарушении физиологических барьеров?

- 1) Кожа
- 2) Яички
- 3) Хрящ
- 4) Хрусталик
- 5) Кость
- 6) Слизистая желудка

### Задание 7. Эмбриональные преобразования.

3 балла

Темы: Эмбриология, Анатомия и физиология человека

Установите соответствие между органами половой системы кроликов и их эмбриональными зачатками.

- 1) Семяпровод
- 2) Матка
- 3) Яичники
- 4) Яички
- 5) Маточные трубы
- a) Вольфов канал
- b) Мюллеров проток
- c) Половой тяж

### Задание 8. Мир, который не перестает удивлять.

3 балла

Темы: Зоология

Несмотря на много лет изучения биологии, мир не перестаёт удивлять невероятными существами. Одно из таких существ представлено на фотографии.



Что из предложенного об этом существе верно?

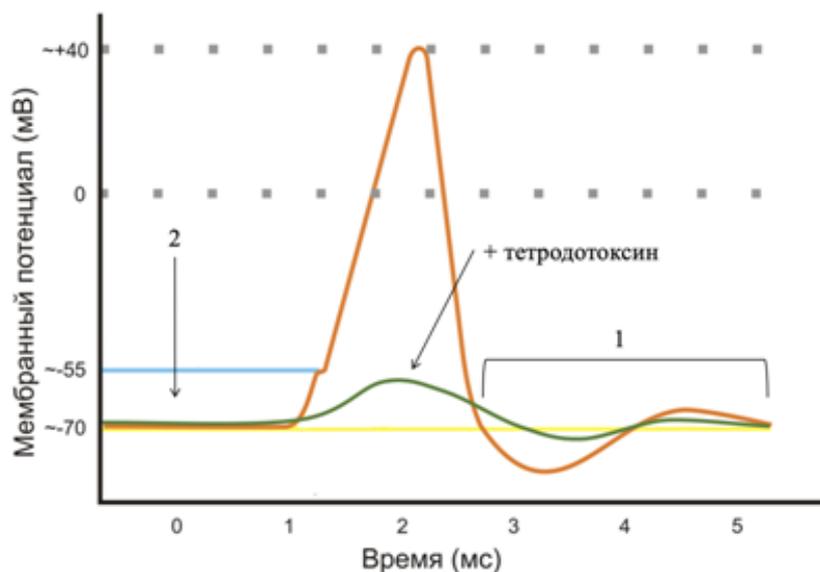
- 1) Организм более родственен осьминогам, чем морским лилиям
- 2) Организмы имеют вторичную полость тела
- 3) Организмы не имеют оформленных глаз
- 4) Яркоокрашенный веер является многоветвистыми усиками
- 5) Животное активно передвигается по дну
- 6) Организмы являются фильтраторами

### Задание 9. Всё или ничего.

4 балла

Темы: Анатомия и физиология человека

Изучите представленную схему потенциала действия.



Авторство: By Ratte -

[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Action\\_potential\\_RUS.png](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Action_potential_RUS.png), CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28196835>

Выберите верные утверждения:

- 1) На графике под номером 1 указан период абсолютной рефрактерности
- 2) Тетродотоксин блокирует проницаемость клетки для натрия
- 3) Потенциал покоя данной клетки составляет 55 мВ
- 4) На графике под номером 2 натриевые каналы находятся в состоянии инактивации
- 5) Показанный потенциал действия не характерен для рабочих кардиомиоцитов

## **Задание 10. Причины аллергии.**

4 балла

Темы: Анатомия и физиология человека, Ботаника

Представьте, что вы врач-аллерголог. К вам обратился пациент с аллергией на лесные орехи (фундук). Вы провели с ним беседу и рассказали, что:

Задание 10.1.

2 балла

У этого пациента с большей вероятностью возникнет перекрестная аллергическая реакция при ...

- 1) употреблении в пищу яичного белка
- 2) употреблении в пищу кукурузной каши
- 3) вдыхании пыльцы березы
- 4) вдыхании пыльцы полыни

Задание 10.2.

2 балла

При попадании в организм аллергического антигена В-лимфоциты “переключаются” на производство аллергических антител. Такое “переключение” производят ...

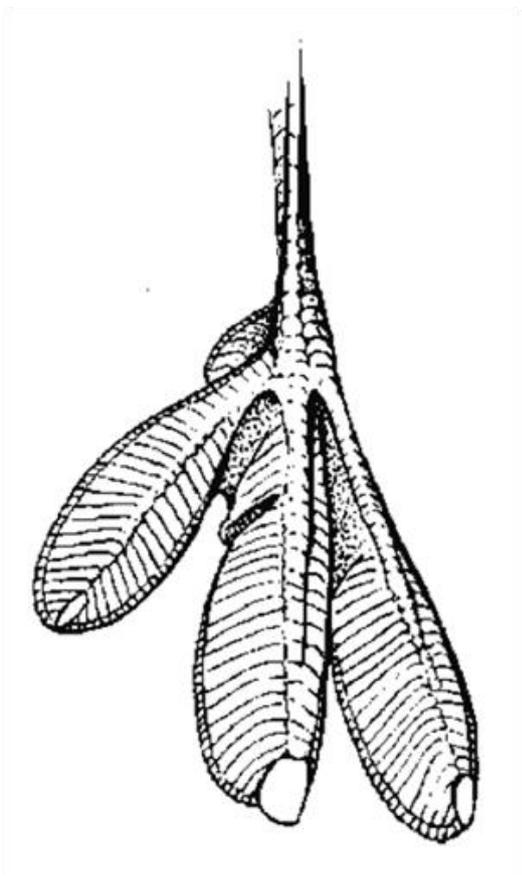
- 1) Моноциты
- 2) Т-хелперы
- 3) Т-киллеры
- 4) Натуральные киллеры

**Задание 11. Топ-топ-топ.**

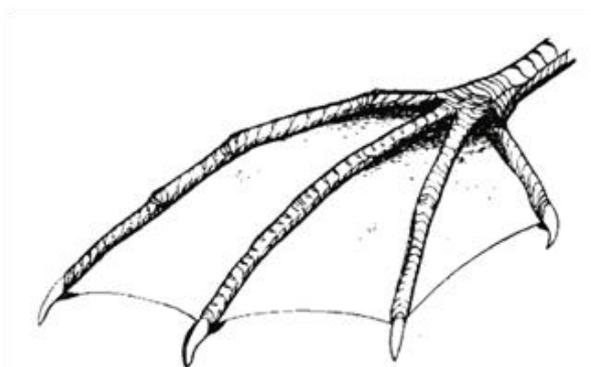
4 балла

Темы: Зоология

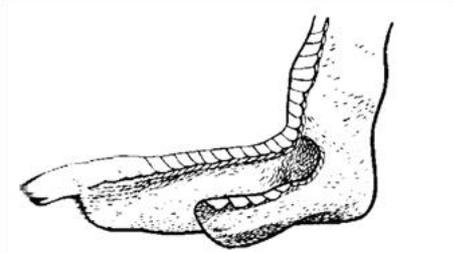
Установите соответствие между строением нижней конечности птиц и условиями обитания, для которой она приспособлена.



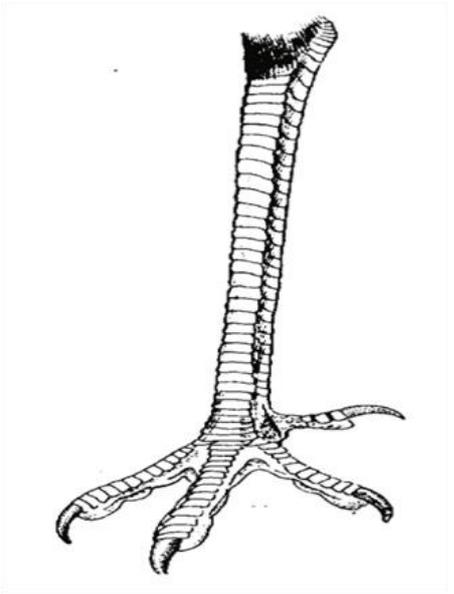
1)



2)



3)



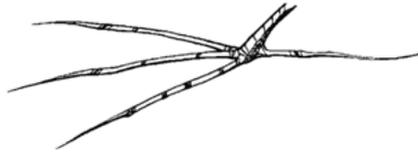
4)



5)



6)



7)



8)

- a) Водная среда
- b) Твердый грунт
- c) Снег
- d) Водная растительность
- e) Ствол дерева

Авторство: Коблик Е. А. Разнообразие птиц //М: Изд-во. – 2001.

### **Задание 12. Загадочный цветок.**

4 балла

Темы: Ботаника

На фотографии представлены цветки имбиря на разных этапах развития. Корневище имбиря активно используется в медицине и кулинарии. Какие из утверждений о цветках имбиря верны?



Авторство: <https://www.needpix.com/photo/635477/>



Авторство: By SKsiddhartthan - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=74860812>

- 1) Цветки имбиря имеют чашечку из сросшихся чашелистиков
- 2) У зрелых цветков имбиря множество ярко-красных чашелистиков
- 3) У цветков имбиря отсутствует венчик
- 4) Цветки имбиря собраны в соцветие
- 5) Цветки имбиря зигоморфные

### **Задание 13. Внутриклеточный транспорт.**

4 балла

Темы: Цитология

Недавние работы показывают, что лизосомальный аппарат рыб участвует во множестве биохимических приспособительных и защитных реакций, например, преобладающие лизосомальные ферменты рыб различаются при жизнедеятельности в водоёмах с разными по химической природе загрязняющими веществами. Что дало возможность использовать показателя уровня активности лизосомальных ферментов в качестве теста при оценке качества воды. Поглощенные вещества транспортируются с эндосомой от цитоплазматической мембраны внутрь клетки до слияния с лизосомой. В таком процессе участвуют белки, некоторые из которых представлены ниже.

Установите правильную последовательность, в которой клетки использует эти белки.

- 1) Динамин
- 2) SNARE-комплекс
- 3) Клатрин
- 4) Rab-белок

### **Задание 14. Устойчивость к плесени.**

4 балла

Темы: Генетика, Микология

Паутинистая плесень — грибковое заболевание вёшенки, вызываемое грибом-паразитом *Dactylium dendroides*. При этом на вёшенках появляются бесформенные массы, похожие на паутину, с неприятным запахом. Плодовые тела пораженных грибов меняют свою форму и становятся непригодными в пищу. Предположим, селекционеры получили вёшенки, устойчивые к паутинистой плесени (рецессивная мутация). Ученые скрестили между собой два гаплоидных первичных мицелия, один из которых имел устойчивость к плесени, а другой нет. После полового размножения вторичного мицелия получили следующее расщепление по фенотипу 1:1. Однако при детальном рассмотрении оказалось, что если предположить, что базидиоспоры в базидии образуются по порядку, то выявляется следующая зависимость:

Число базидиев с данной зависимостью, шт	Первая базидиоспора	Вторая базидиоспора	Третья базидиоспора	Четвёртая базидиоспора
220	Устойчива	Устойчива	Неустойчива	Неустойчива
180	Неустойчива	Неустойчива	Устойчива	Устойчива
50	Устойчива	Неустойчива	Устойчива	Неустойчива
20	Устойчива	Неустойчива	Неустойчива	Устойчива
20	Неустойчива	Устойчива	Устойчива	Неустойчива
10	Неустойчива	Устойчива	Неустойчива	Устойчива

На каком расстоянии от центромеры находится ген, отвечающий за устойчивость к паутинистой плесени? Ответ запишите в сантиморганидах.

### Задание 15. Функции микротрубочек.

4 балла

Темы: Цитология

Почти 200 лет назад Маттиас Шлейден и Теодор Шванн сформулировали клеточную теорию, один из пунктов которой гласил: “Клетка есть биологическая элементарная единица строения организма”. Знание строения клетки позволяют нам глубже понять строение и функционирование знакомых с детства животных и растений. А как хорошо вы знаете строение клеток?

Какие из перечисленных процессов выполняются с помощью микротрубочек?

- 1) Транспорт везикул с сигнальными соединениями по аксонам у ламы
- 2) Цитокинез клеток сои
- 3) Движение хромосом к полюсам клетки во время деления у клеток пчелы
- 4) Биение ресничек в маточных трубах верблюдицы
- 5) Образование одного из слоев шерсти песца
- 6) Движение лейкоцитов у лошади

### **Задание 16. Ренин-ангиотензин-альдостероновая система.**

4,5 балла

Темы: Анатомия и физиология человека

Ренин-ангиотензин-альдостероновая система — сложная система, регулирующая артериальное давление и количество электролитов крови. Юкстагломерулярный аппарат почек имеет плотное пятно, которое реагирует на уменьшение концентрации натрия в дистальном канальце и передаёт сигнал юкстагломерулярным клеткам, выделяющим ренин. Ренин действует на ангиотензиноген (белок крови), который превращается в ангиотензин I, позже в ангиотензин II, обладающий гипертензивным эффектом. Ангиотензин II стимулирует секрецию альдостерона надпочечниками и вазопрессина гипофизом. Альдостерон стимулирует реабсорбцию Na<sup>+</sup>. Вазопрессин участвует в сужении сосудов и встраивании аквапоринов в почечные канальца.

Используя свои знания и полученную информацию, выберите верные утверждения о ренин-ангиотензин-альдостероновой системе.

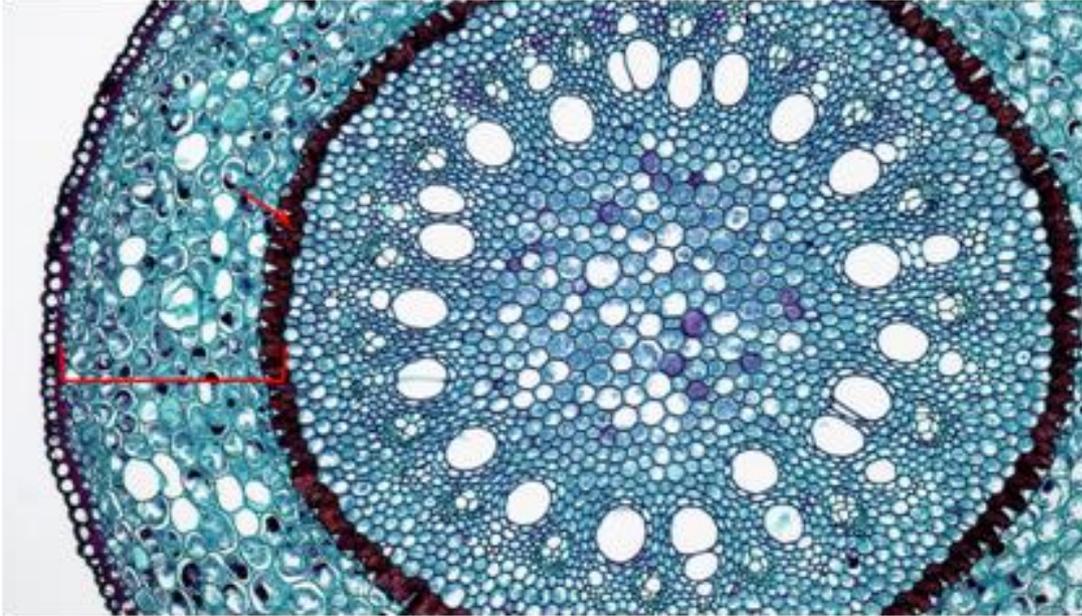
- 1) Ангиотензин снижает скорость фильтрации в клубочке нефрона
- 2) Вазопрессин участвует в уменьшении реабсорбции воды в почках
- 3) Выделение ренина увеличивается при снижении артериального давления
- 4) Образование ангиотензина II увеличивается при обезвоживании
- 5) Альдостерон повышает артериальное давление
- 6) При активации ренин-ангиотензин-альдостероновой системы снижается объем крови

### **Задание 17. Целебный срез.**

4,5 балла

Темы: Ботаника

На фотографии, сделанной с помощью световой микроскопии, представлено лекарственное растение.



Авторство: By Berkshire Community College Bioscience Image Library - Monocot Root: Endodermis in Smilax, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=82866550>

Выберите верные утверждения об этом растении.

- 1) На фотографии представлен вторично утолщенный корень двудольных
- 2) Стрелкой показаны клетки образовательной ткани, благодаря которым закладываются боковые корни.
- 3) Скобкой показана кора корня
- 4) Орган имеет радиальный проводящий пучок
- 5) Порядок закладки ксилемы экзархный
- 6) Самый наружный слой клеток корня представлен экзодермой.

### Задание 18. Филяриатоз.

5 баллов

Темы: Паразитология, Анатомия и физиология человека

Филярии — семейство Типа Круглые черви, вызывающее филяриатоз. При поражении филяриями крупного рогатого скота возможно как практически бессимптомное течение, например, может наблюдаться слабость, повышение температуры, так и поражение внутренних органов. Лечение филяриатоза непросто — оно включает в себя лекарственную терапию и хирургическое лечение для извлечения паразитов из

пораженных органов. В случае филяриатоза профилактика существенно эффективней, чем лечение.

Задание 18.1.

1,5 балл

От одной особи другой передача паразита происходит

- 1) Алиментарным путем через пищу
- 2) Алиментарным путём через воду
- 3) Контактнo-бытовым от одного животного другому в стойле
- 4) Трансмиссивным путем через насекомых

Задание 18.2.

1,5 балл

Филярии могут быть найдены практически во всех органах животного, однако специфичные симптомы филяриатоза появляются при поражении

- 1) Мягкой мозговой оболочки головного мозга
- 2) Миокарда
- 3) Лимфатических сосудов
- 4) Стенки желудочно-кишечного тракта

Задание 18.3.

2 балла

Для лечения филяриатоза у сельскохозяйственных животных используют макролиды в дозе 0,2 мг/кг/сутки. Для внутривенного введения раствор антибиотика доводят до 100 мл 0,9% раствором хлорида натрия. Сколько миллилитров хлорида натрия необходимо для внутривенного введения лекарства 70 кг овце? Учтите, что макролиды выпускают в ампулах 0,5 мг/мл. Ответ запишите в мл.

### **Задание 19. Многопрофильная диагностика.**

5 баллов

Темы: Микробиология, Генетика

В настоящее время возможности медицины всё больше позволяют расширить спектр процедур ранней диагностики. Например, диагностические процедуры можно проводить до рождения во время внутриутробного периода. Одной из таких процедур является амниоцентез — забор небольшого количества амниотической жидкости, в которой развивается плод. Амниотическая жидкость содержит жидкость, образуемую амниотической оболочкой, продукты жизнедеятельности и клетки кожи плода. Амниотическая жидкость, т.е. все её составляющие, является важным источником для диагностики различных заболеваний.

Установите соответствие между заболеванием или инфекционным агентом и методами, с помощью которых оптимальнее всего можно подтвердить их наличие. Варианты ответа используйте только 1 раз.

- 1) Цитомегаловирус
- 2) Гипоксия
- 3) Синдром Патау
- 4) Синдром Марфана
- 5) Микоплазма
  - a) Цитогенетическое исследование генетического материала из клеток кожи плода
  - b) ПЦР амниотической жидкости
  - c) Биохимическое исследование амниотической жидкости
  - d) Секвенирование генетического материала из клеток кожи плода
  - e) Микробиологическое исследование амниотической жидкости

### **Задание 20. Азотистый обмен.**

5,5 балла

Темы: Биохимия

Важной составляющей корма сельскохозяйственных животных являются не только жиры и углеводы, но и белки. Например, у свиньи массой 70 кг, потребляющей с кормом 300 грамм белка в день, ежедневно образуется в организме 700 грамм белка, а распадается 600 грамм белка. В результате имеет место прирост живой массы. Распадаются белки до аминокислот, часть из которых утилизируется с образованием мочевины в орнитиновом цикле или цикле мочевины.

Выберите верные утверждения о цикле мочевины.

1. При синтезе 1 молекулы мочевины выделяется 3 молекулы АТФ
2. Молярная масса веществ увеличивается в следующем порядке: мочевина, орнитин, аргининосукцинат
3. Цикл мочевины связан с циклом трикарбоновых кислот
4. Синтез мочевины происходит в клетках печени и мышцах
5. Часть реакций цикла протекает в цитоплазме клеток, часть — в митохондриях
6. Азот может транспортироваться к клеткам, производящим цикл мочевины, в составе аланина

## Задание 21. Последовательность аминокислот.

5 баллов

Темы: Биохимия

Генная инженерия в 21 веке стала неотъемлемой частью сельского хозяйства. Она позволяет конструировать генетические структуры для создания организмов с заданными характеристиками, например, устойчивых к вредителям растений. При создании генных конструкций в некоторых ситуациях удобнее идти “от обратного”, т.е. изучать строение белков, на основе которых будет воссоздана ДНК. Так как следствием реализации генетического материала являются белки, то знание белка позволяет сделать заключение о строении и функции гена.

Предположим, вам нужно определить последовательность аминокислот в пентапептиде. Для этого у вас имеется 3 протеазы:

1. Пепсин, который гидролизует пептидную связь между тирозином и фенилаланином.
2. Трипсин, который гидролизует пептидную связь между лизином и аргинином.
3. Катепсин, который гидролизует пептидную связь между фенилаланином и гистидином.

После обработки пептидной цепи вы получили следующие результаты:

1. При воздействии пепсина пептидная цепь разделяется на 4 связанные аминокислоты и 1 свободную.
2. При воздействии трипсина пептидная цепь разделяется на 2 цепочки аминокислот, из которых одна содержит 2 аминокислоты, а другая — 3 аминокислоты.
3. Катепсин не действует на пептидную цепь.
4. По косвенным данным вы поняли, что: в цепочке присутствует гистидин; на одном из концов имеется аминокислота, из которой в организме может образоваться тирозин; в центре находится аминокислота с наибольшим числом атомов азота из всех присутствующих.

Восстановите последовательность аминокислот в пептидной цепи и запишите последовательность аминокислот, начиная с конца, на котором находится аминокислота-предшественница тирозина.

- 1) Аргинин
- 2) Гистидин
- 3) Лизин
- 4) Метионин
- 5) Серин
- 6) Тирозин
- 7) Триптофан
- 8) Фенилаланин

## **Задание 22. Резвый скакун.**

5,5 балла

Темы: Анатомия и физиология человека, Зоология

Резвость — очень важная составляющая лошадей при отборе для племенной работы. Самой быстрой породой лошадей считается Английская чистокровная верховая, которая развивает скорость до 60 км/ч. Мировой рекорд зарегистрирован у кобылы Виннин Брю, которая показала скорость 70 км/ч.

Выберите верные утверждения о сокращении скелетных мышц у кобылы Виннин Брю.

- 1) Для сокращения необходимо связывание актина с кальцием
- 2) В сокращении участвует кальмодулин
- 3) При присоединении АТФ к миозину поперечные мостики разъединяются
- 4) Кальций для мышечного сокращения накапливается в эндоплазматической сети
- 5) На одном уровне от одной миофибриллы отходят 6 мостиков, расположенных под углом 60 °
- 6) Сила сокращения скелетной мышцы зависит от длины саркомеров

## **Задание 23. Дела сердечные.**

5.5 баллов

Темы: Анатомия и физиология человека

Врождённые пороки сердца можно классифицировать различными путями: по местонахождению, клинической картине и т.д. По одной из классификаций врождённые пороки сердца подразделяют на “белые” и “синие”. При “белых” пороках смешение артериальной и венозной крови не происходит и к органам поступает артериальная кровь. При “синих” пороках артериальная и венозная кровь смешиваются, в результате к органам поступает смешанная кровь, что приводит к синюшности кожи. Распределите данные ниже--- пороки на “белые” и “синие”.

- 1) Тетрада Фалло
- 2) Транспозиция магистральных сосудов
- 3) Дефект межпредсердной перегородки
- 4) Дефект межжелудочковой перегородки
  - а) “Синие” пороки
  - б) “Белые” пороки

## Задание 24. Холобионты.

6 баллов

Темы: Экология, Ботаника, Зоология

Вам дан отрывок статьи из научного журнала “Сельскохозяйственная биология и симбиогенетика”. Прочтите отрывок статьи и ответьте на вопросы.

“Сельскохозяйственная микробиология — это дисциплина, изучающая прокариотические и эукариотические микроорганизмы, которые определяют функционирование основных компонентов агроценоза (растений, животных и почвы). Развитие области основано на идеях и методах микробиологии, физиологии растений, почвоведения и генетики, направленных на изучение организации и эволюции биосистем, где микроорганизмы выполняют агрономически важные функции в тесном взаимодействии друг с другом и с высшими организмами. Переходя из окружающей среды в эндосимбиотические ниши растений или животных, микроорганизмы образуют с ними многокомпонентные комплексы — холобионты. Они обладают собственными системами наследственности — симбиогеномами и хологеномами, которые служат предметом изучения симбиогенетики.

Микроорганизмы, образующие симбиозы с растениями, выполняют важнейшие для них функции: трофические (фиксация N<sub>2</sub>), защитные (биоконтроль фитопатогенов) и регуляторные (синтез фитогормонов). При этом большинство симбионтов растений возникло из почвенных бактерий и грибов, а многие обитатели пищеварительных полостей животных эволюционировали на основе микрофлоры кормовых растений. Переходя во внутреннюю среду хозяев, микробные сообщества подпадают под их контроль и становятся еще более интегрированными и функционально активными. Эти работы определили развитие новой области биотехнологии — симбиотической инженерии, направленной на конструирование экологически безопасных агроценозов, в которых адаптивные функции растений и животных выполняют их симбионты.

Примером такого конструирования являются бобовые и клубеньковые бактерии, между которыми имеется обратная связь — положительная и отрицательная. Отрицательная обратная связь действует на ранних стадиях взаимодействия и благодаря ей бобовое растение строго контролирует размер эндосимбиотической популяции клубеньковых бактерий, ограничивая число клубеньков и количество бактерий в каждом из них. Положительная обратная связь действует на поздних стадиях симбиоза и стимулирует передачу клубеньковым бактериям продуктов фотосинтеза, что приводит к их размножению, и получение взамен соединений азота.”

Автор статьи: Проворов Н. А., Тихонович И. А. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ И СИМБИОГЕНЕТИКА: СИНТЕЗ КЛАССИЧЕСКИХ ИДЕЙ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ АГРОЦЕНОЗОВ (ОБЗОР)  
//Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57. – №. 5. – С. 821-831.

Задание 24.1.

2 балла

Исходя из написанного, отношения растений семейства бобовых и клубеньковых бактерий являются примером:

- 1) Аменсализма
- 2) Сотрапезничества
- 3) Квартиранства
- 4) Мутуализма

Задание 24.2.

2 балла

Какие из приведенных ниже примеров можно отнести к холобионтам?

- 1) Арбускулярная микориза пшеницы
- 2) Эктомикориза кедров
- 3) Клостридии кишечника овец
- 4) Фитофтора томатов
- 5) Археи рубца коров

Задание 24.3.

2 балла

Положительная обратная связь между бобовыми и клубеньковыми бактериями приводит к:

- 1) Повышению стабильности системы
- 2) Усилению эффективности системы
- 3) Инфицированию новыми бактериями
- 4) Эпистатичному действию

### **Задание 25. Энергетический выход.**

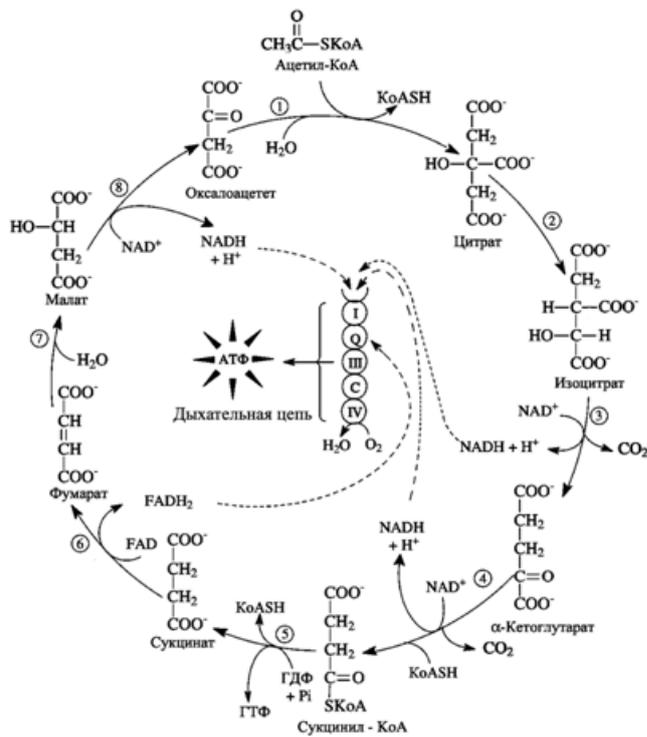
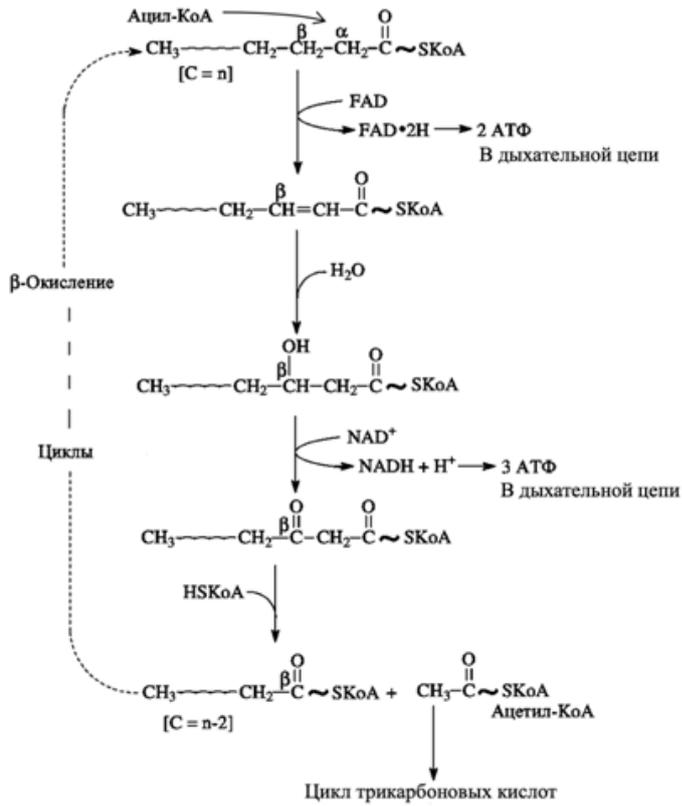
6 баллов

Темы: Биохимия

Главными источниками питания сельскохозяйственных животных являются растительные корма, однако для молодых животных необходимо некоторое количество животных кормов. Концентрация энергии в корме существенно отличается в зависимости от рациона. В суточных нормах для животных дан объём корма с указанием количества энергии. Оптимальное количество жиров в рационе благоприятно сказывается на здоровье животных. А при их недостатке энергия поступает за счет мобилизации жиров из тканей, что приводит к потере массы тела.

Предположим, в корме для домашних свиней находится бегеновая кислота (жирная кислота, содержащая 22 углерода —  $C_{21}H_{43}COOH$ ). Бегеновая кислота поступила в цитоплазму клеток. Сколько АТФ образуется после бета-окисления 1 молекулы бегеновой кислоты?

Будем считать, что весь образованный ацетил-КоА поступает в цикл трикарбоновых кислот, а все молекулы  $FADH_2$  и  $NADH$  в результате бета-окисления и цикла трикарбоновых кислот поступают в дыхательную цепь; энергетический потенциал ГТФ равен АТФ; на окисление жирной кислоты не затрачивается энергия. На схемах показано бета-окисление жирных кислот и цикл трикарбоновых кислот. В ответ запишите количество полученных молекул АТФ.



Оригинал иллюстраций: Северин Е.С., Алейникова Т.Л., Осипов Е.В., Силаева С.А.  
 Биологическая химия. — М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008.  
 — 364 с.

# Задания Финала (кейс)

## Кейс №9. «Маркерная селекция» (11 класс)



11-й класс

# Маркерная селекция

## Создание засухоустойчивых сельскохозяйственных культур путем редактирования генома



### Описание проблемной ситуации

Леса покрывают около 30% земной суши. Они оказывают сильное воздействие на местный климат. Последнее время в мире растёт число засушливых периодов. А когда лесные деревья гибнут или вырубаются на больших территориях, это сильно усугубляет негативные последствия засухи.

Чрезмерное использование лесов в качестве сырья для получения энергии, строительных материалов или производства продукции для химической промышленности ещё более усугубляет проблему.

Негативные последствия засухи становятся особенно актуальными в нынешние времена глобального потепления, поскольку прогнозы предполагают, что такие изменения климата будут происходить чаще и будут более экстремальными.

Этот факт вызвал у исследователей большой интерес к выявлению ключевых и эффективных механизмов адаптации растений к дефициту воды в почве, поэтому адаптация растений к почвенной засухе — тема, которая в настоящее время широко изучается.

Генетические и молекулярные исследования выявили гены и белки, участвующие в механизмах адаптации растений к стрессам окружающей среды. Исследования, основанные на методах полногеномного секвенирования, особенно актуальны и кажутся многообещающими для решения подобных задач, однако для большого количества видов растений геномы к настоящему времени всё ещё не отсеквенированы.

Для другой части растений геномы отсеквенированы, однако эти данные не обработаны, поэтому в базах данных отсутствуют собранные геномы, и можно найти только «сырые» данные, например, в такой базе, как [NCBI-SRA](#). К видам растений, для которых есть сиквенсы в SRA, но отсутствуют собранные геномы, относятся многие виды широко распространённых древесных растений, например,

знакомые нам *Caragana microphylla*, *Robinia pseudoacacia* и *Styphnolobium japonicum*.

Устойчивость к засушливым условиям произрастания может быть важна не только для деревьев. Засухоустойчивость сельскохозяйственных зернобобовых культур позволяет их выращивать в аридных регионах и получать приемлемые урожаи даже в условиях сильной засухи.

Одним из видов растений, для которого может быть важной толерантность к недостатку влаги, является фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris*). Современные подходы позволяют проводить поиск и анализ однонуклеотидных (SNP) замен в геноме сельскохозяйственных культур и выявлять их связь с устойчивостью к засухе.

Поиск новых молекулярных (генетических) маркеров чаще всего проводится статистическими методами на основе экспериментов, которые позволяют установить, какие варианты последовательностей в составе генома чаще встречаются у устойчивых к засухе растений, а какие — у чувствительных.

В последние годы для ускорения выявления новых маркеров используют так называемый полногеномный поиск ассоциаций (genome-wide association studies — GWAS).

Помимо поиска и определения аллелей, связанных с устойчивостью к засухе (что имеет большое значение для селекции *c/x* культур), для решения проблемы засухоустойчивости можно использовать не только традиционный подход к селекции, но и методы геномного редактирования.

## Описание проблемной ситуации

Геномная инженерия на основе использования системы CRISPR-Cas9 продемонстрировала огромный потенциал в разработке устойчивых к изменению климата сортов растений. Кластеризованные короткие палиндромные повторы с регулярными интервалами (CRISPR) и CRISPR-ассоциированный белок 9 (Cas9) стали новыми инструментами редактирования генома, широко применяемыми в различных организмах, включая растения.

Использование CRISPR/Cas9 может позволить за короткий период времени создавать нетрансгенные растения с отредактированным геномом.

Исследования функциональной геномики на растениях требуют введения в конкретные, представляющие интерес гены мутаций с потерей функции кодируемого белка. CRISPR/Cas9 может быть использован для нокаутирования генов, что является одним из наиболее важных инструментов для изучения функций генов.

Для создания сельскохозяйственных растений, устойчивых к различным абиотическим стрессам, в том числе к засухе, в прошлом использовались только методы селекции, но из-за сложной наследственности признаков абиотической устойчивости к стрессу такие методы часто являются недостаточными для того, чтобы получить большую степень устойчивости растения.



## 1 задание

Для создания устойчивых к засухе растений можно проводить поиск молекулярных маркеров в сходных древесных и кустарниковых породах, устойчивых к засухе.

Это поможет ускоренному, по сравнению с традиционными методами селекции, получению новых деревьев и кустарников для лесомелиорации и озеленения населённых пунктов. Например, считается, что для выращивания на засушливой территории подходящими культурами являются виды: карагана мелколистная (*Caragana microphylla*), робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia*) и софора японская (*Styphnolobium japonicum*). Эти виды всё ещё остаются слабо изученными и информации по генам устойчивости для этих видов недостаточно. Однако все эти растения относятся к одному достаточно хорошо изученному семейству - бобовые, среди которых много и декоративных, и с/х культур.

В этом задании вам предстоит провести поиск генов устойчивости к стрессовым факторам по «сырым» данным NGS с предварительным выбором целевых генов у *Caragana microphylla*, *Robinia pseudoacacia* и *Styphnolobium japonicum*.

На первом этапе по литературным данным вам необходимо найти наиболее важные гены толерантности к стрессу засухи для растений семейства бобовые. Далее среди найденных отобрать несколько ключевых, на ваш взгляд, генов и найти их нуклеотидные последовательности в базе данных, например, в [NCBI-Nucleotide](#).

На следующем этапе необходимо найти консервативные участки в отобранных генах, осуществив множественное выравнивание нуклеотидных последовательностей с помощью программ [Ugene](#) или [SnapGene](#). Вы можете использовать эти или любые другие удобные вам инструменты ([здесь можно подробнее узнать, как работают подобные подходы](#)).

Консервативные участки генов, связанных с устойчивостью к засухе, помогут вам найти целевые последовательности в ридсах из SRA для интересующих вас видов караганы, робинии и софоры. Укажите, сколько и каких ключевых генов, ассоциированных с развитием толерантности к засухе, вам удалось обнаружить у указанных трёх видов деревьев из семейства бобовые.



## 2

### задание

При анализе генотипов фасоли был выявлен [ряд вариантов однонуклеотидных замещений](#) (SNP — single nucleotide polymorphism), ассоциированных с устойчивостью к засухе.

Используя приведённые в файле сведения о расположении обнаруженных SNP с помощью какого-либо геномного браузера или прямым поиском по последовательностям хромосом в.ncbi, установите гены, внутри которых находятся эти SNP.

Имейте в виду, что статистически выделенные SNP могут не располагаться внутри каких-либо генов. Для SNP, расположенных внутри генов, определите, находится ли полиморфизм внутри экзона или интрона. Полиморфизмы, расположенные в экзонах, обычно оказывают большее влияние на формирование фенотипа. Объясните, почему это так.

В результате вы должны получить список генов для дальнейшего анализа.

В полученном списке вы должны попытаться выявить гены, которые можно считать наиболее перспективными кандидатами для разработки молекулярных маркеров устойчивости к засухе.

Гены из списка вы относите к перспективным кандидатам, если они удовлетворяют одному из нижеследующих критериев.

(1) Если ген кодирует доказанный или вероятный транскрипционный фактор (определяется по аннотации самого гена или соответствующего ему белка в UniProt).

(2) Если для гена с таким названием указано его участие в ответе растения на засушливый стресс на ресурсе Phytozome v13 или в.ncbi в терминах геной онтологии (GO).

(3) Если у этого гена есть гомологичный ген в геноме *Arabidopsis thaliana*, для которого известно, что он участвует в стрессовом ответе на засуху или является транскрипционным фактором. Наличие гомологичного гена можно определить, в частности с помощью поиска последовательностей через BLAST.

Сравните обнаруженные вами гены-кандидаты с тем списком генов, предположительно вовлечённых в развитие устойчивости к засухе, которые вы нашли при литературном поиске при выполнении предыдущего задания.

Насколько они совпадают или отличаются? Какой подход для выявления генов-кандидатов для поиска новых молекулярных маркеров вам кажется более продуктивным?

## 3

### задание

Выбор генов-кандидатов для последующего нокаута для достижения целевых свойств у с/х растений и подготовка протокола геномного редактирования.

Продолжая работу по выведению новых сортов растений и отобрав ряд генов, предположительно помогающих растениям быть более устойчивыми к засухе, необходимо убедиться в правильности отбора.

Одним из эффективных методов, помогающих это проверить, является нокаут генов с использованием системы редактирования генома на основе [CRISPR/Cas9 системы](#).

Соя является основной бобовой культурой, имеющей огромное экономическое значение. Ведь она одна из наиболее широко выращиваемых продовольственных культур, но её производство сильно зависит от оптимального количества осадков или обильного орошения.

В [файле находятся гены сои](#), вероятно, вовлечённые в засухоустойчивость.

Вам необходимо подобрать сайты для двухнитевых разрывов ДНК, приводящих к сдвигу рамки считывания гена, в результате чего синтез соответствующего белка не осуществляется.

Для этого вы можете использовать [данную программу](#).

Вам необходимо будет выбрать эндонуклеазу для работы в программе, в этом вам поможет литературный поиск.

Обсудите свой выбор эндонуклеазы. Выберите для каждого гена не более 2-х сайтов модификации Cas9 для наиболее эффективного, с вашей точки зрения, подавления экспрессии генов сдвигом рамки считывания.

Опишите стратегию получения и отбора таких отредактированных растений.

# Растения с солью

Понимание механизма реакции растений на стрессовые условия для повышения урожайности и освоения новых неблагоприятных для агрохозяйств территорий



## Описание проблемной ситуации

Способность к защите от действия неблагоприятных факторов среды — обязательное свойство любого живого организма, включая высшие растения. Если первоначально стрессовая реакция рассматривалась как свойство высших организмов, имеющих нейругуморальную систему, то последующее развитие науки позволило признать наличие стрессовых реакций у низших животных, а также у растений.

Растения являются сидячими организмами и в отличие от животных не могут просто покинуть место своего обитания при ухудшении условий окружающей среды.

Поэтому растения в лучшей степени приспособлены реагировать на всевозможные изменения условий окружающей среды за счёт активации определённых молекулярных и физиологических механизмов.

Действие физических и химических факторов, которые непосредственно связаны с изменениями параметров окружающей среды, таких как обеспеченность водой и питательными веществами, состав почвы, освещённость, температура и другие, вызывает в растениях так называемый абиотический стресс.

Независимо от факторов, которые вызывают абиотический стресс, основные механизмы ответа растений будут сходными. В любом случае, они включают в себя активацию одних и угнетение других генов организма. Частично набор этих генов является общим (консервативным) для всех или большинства видов абиотического стресса, другие гены будут активироваться специфично для каждого вида стресса.

Конечным продуктом экспрессии (процесса, в ходе которого наследственная информация от гена преобразуется в конечный функциональный продукт — РНК или белок) таких генов чаще всего являются различные белки, поэтому индукция стресса у растения всегда сопровождается появле-

нием одних белков и исчезновением других.

Белки принимают непосредственное участие в реакции растений на стресс, так как способствуют увеличению приспособленности организма к изменённой внешней среде, поэтому важно изучать изменения профиля белков в различных стрессовых условиях.

Во всех случаях важными регуляторами стрессового ответа являются различные фитогормоны, например, абсцизовая или салициловая кислота, которые могут влиять на уровень экспрессии генов.

Конечно, проблема стрессов и реакции растений на него крайне важна для агробиотехнологий: зная закономерности ответа растений на стресс, можно прогнозировать их рост в сложных условиях и даже создавать генно-модифицированные растения, адаптированные для стрессовых условий.

Для сельскохозяйственных растений одним из важных качеств является устойчивость к солевому стрессу, особенно при выращивании в южных регионах нашей страны, где температурные условия благоприятны для большого числа сельскохозяйственных культур.

Поэтому важны фундаментальные и прикладные исследования, которые должны привести к созданию новых сортов растений, максимально устойчивых к засолению почвы.

# 1

## задание

В селекционном центре проводится активная работа по выведению новых сортов полевых сельскохозяйственных культур с повышенной устойчивостью к засолению почвы.

Устойчивость к различным неблагоприятным воздействиям в первую очередь связана с быстрым усилением (индукцией) или подавлением (супрессией) синтеза различных белков в условиях стресса.

Известно, что в случае солевого стресса экспрессия ряда генов может меняться различным образом в разных тканях и органах растений, например, в корнях и в листьях. Более того, механизмы регуляции экспрессии тоже могут отличаться.

Вам необходимо выяснить количественные различия в степени индукции или супрессии ключевых генов, вовлеченных в развитие солеустойчивости, а также установить механизмы, какими происходит регуляция экспрессии.

Проведите сравнительный анализ методов количественной оценки экспрессии генов, который позволит установить, на каком уровне — транскрипции или трансляции — происходит регуляция экспрессии генов.

Кроме того, вам следует разобраться, какими способами вы бы могли установить наличие у определённого гена продуктов альтернативного сплайсинга его РНК-транскрипта.

Обоснуйте выбор комбинации методов, который вы считаете наиболее подходящим для решения поставленной научной задачи.



# 2

## задание

Засоление является мировой проблемой, так как площади засоленных земель увеличиваются с каждым днём из-за недостаточного количества осадков и применения плохой системы искусственного полива. Солевой стресс представляет собой серьёзную угрозу для роста и развития растений и приводит к значительным потерям урожая во всём мире.

Изучение молекулярных механизмов, участвующих в реакции на солевой стресс у различных видов растений, имеет важное значение для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, выращиваемых в неблагоприятных условиях. Некоторые растения способны выживать на почвах с высокой концентрацией солей, их называют галофитами.

Механизм устойчивости растений к засолению представляет собой очень сложное явление, и именно галофиты являются идеальной моделью для понимания сложных генетических и физиологических механизмов устойчивости к засолению. Хотя у галофитов известен ряд генов солеустойчивости, все ещё ведутся поиски и исследования генов, связанных с солевым стрессом.

Одним из ключевых генов солеустойчивости у растений является SOS1 (Salt Overly Sensitive 1). Изучение этого гена могло бы послужить основой для разработки метода редактирования этого гена в солеустойчивых растениях для повышения их солеустойчивости.

Эвтрема (*Eutrema salsugineum*) — это галофитный вид семейства Капустных, способный естественным образом переносить различные виды стрессов, особенно экстремальную засоленность и холод. Он широко используется как лабораторная модель для исследования биологии стресса у растений.

В базе данных UniProt вам надо найти белок SOS1 растения эвтремы. (Обратите внимание, что Uniprot — это база данных белковых последовательностей, которая содержит не только аминокислотную последовательность, но и много других полезных данных из какого орга-

низма белок, дата расшифровки, подтверждения существования белка, ссылки на другие базы данных и много другой полезной информации).

Для создания растений с заданными свойствами можно использовать методы редактирования генома: таким образом можно получить солеустойчивые формы культурных видов.

Вам необходимо узнать, существует ли разница в белках, которые кодируют ген SOS1 у растений с различной устойчивостью к солям.

Для этого вам нужно провести сравнительный анализ. Используя базу данных Uniprot (или любую другую, удобную вам), найдите белок SOS1 в растениях из списка (при наличии более одного варианта белков необходимо выбрать белок с наибольшей длиной последовательности аминокислот).

Список видов растений:

*Halogeton glomeratus*  
*Populus euphratica*  
*Distichlis spicata*  
*Chenopodium quinoa*  
*Glycine max*  
*Karelinia caspia*  
*Aeluropus litoralis*  
*Melilotus officinalis*  
*Lycium ruthenicum*

## 2

### задание

Далее вам необходимо провести множественное выравнивание белков SOS1 из указанных 10 видов растений. По результатам множественного выравнивания (Align results) постройте филогенетическое дерево (Trees) и матрицу сходства (Percent Identity Matrix).

О множественном выравнивании и филогенетических деревьях вы можете прочитать [по ссылке 12 методов в картинках «Сухая» биология](#).

Используя базу данных по солеустойчивости растений [eHALOPH](#) — Halophytes Database, определите уровень максимальной солеустойчивости анализируемых вами видов (Max. salinity).

Сопоставьте различия в максимальной солеустойчивости видов с различиями в анализируемых белках.

Можно ли найти какую-то закономерность во взаимосвязи сходства белков со сходством в солеустойчивости?

Определите, к каким семействам относятся анализируемые виды растений?

Какой фактор (родство или солеустойчивость) в большей степени влияет на сходство между белками?

Какие гены и как нужно будет изменить у с/х культур?

Какие из них лучше всего использовать для создания солеустойчивых сортов?

## 3

### задание

В этом задании вам предстоит проанализировать данные смоделированного в лабораторных условиях солевого стресса для семян томата, выращенных на питательной среде в пробирках.

У вас есть четыре экспериментальные группы, в питательную среду которых добавили 40, 80, 120 или 160 мМ NaCl, и контрольная группа — без добавления NaCl. После прорастания семян, из листьев и корней каждой группы растений вы выделили белки и провели их разделение методом электрофореза.

Электрофореграммы (на рисунке ниже)

а — электрофорез белков, выделенных из корней,

б — электрофорез белков, выделенных из листьев.

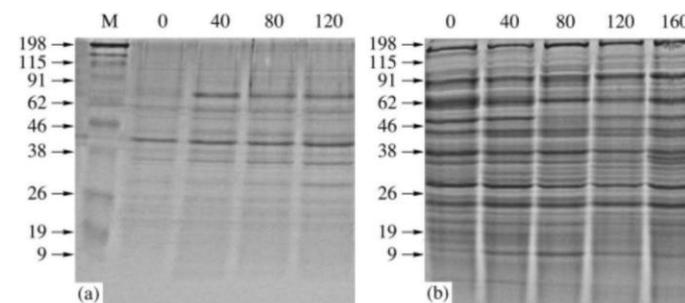
При концентрации 160 мМ NaCl корни не образовались.

Ориентируясь на молекулярный маркер (отмечен М) и шкалу, соответствующую размерам белков-маркеров, определите, какие белки (укажите ориентировочные молекулярные массы) в разных тканях появляются или исчезают при выращивании растения в разных условиях засоления.

Материалы для ознакомления

[Электрофорез белков в полиакриламидном геле](#)

[Основы электрофореза](#)



# Ветинформатика

## Поиск среди мишеней-киназ человека перспективных молекул-мишеней для животных

### Описание проблемной ситуации

Современная разработка лекарств устроена весьма сложно, и единого универсального подхода, который гарантированно принесёт успех, нет. Если кратко описать процесс, то начинается он с поиска идей, а, точнее, молекул (как правило, белков), воздействуя на которые мы сможем достигнуть терапевтический эффект.

Например, если мы сможем подавить или полностью ингибировать работу некоторых ферментов, то получим таким образом необходимый терапевтический эффект. Точно так же можно таргетно воздействовать только на одну молекулу, сводя к минимуму нежелательные эффекты от такой терапии, а самое главное, упростив поиск и разработку такой молекулы. Поиск такой молекулы-мишени — задача крайне нетривиальная: должна быть понятна её роль в патологии, известны последовательность белка и гена и их кристаллические структуры. Тогда можно использовать современные подходы драг-дизайна, начав подбор молекулы с помощью моделирования (докинга), сократив таким образом стоимость и сроки разработки.

Один из популярных классов таких мишеней — белки киназы.

Это ферменты, которые фосфорилируют белок-мишень по определённой аминокислоте (например, тирозин-киназы фосфорелируют тирозин) и часто играют ключевую роль в сигналинге, то есть в передаче сигнала внутри и снаружи клетки.

Всего у человека киназ не так много (порядка 500), и далеко не все из них рассматриваются как мишени для разработки малых молекул — ингибиторов. Тем не менее, это достаточно перспективная область для исследователя и привлекает интерес фармкомпаний. И хотя не каждый ингибитор превращается в лекарство,

такой подход привёл к появлению большого количества инновационных лекарственных препаратов. Например, препарат иматиниб — селективный ингибитор мутантной тирозинкиназы BCR-ABL. Эта киназа возникает в результате мутации, которая часто обнаруживается при хроническом миелолейкозе и остром лимфобластном лейкозе.

Ученые, разрабатывающие этот препарат, провели скрининг большого количества малых молекул и обнаружили среди них наиболее активные, то есть способные подавлять активность этой тирозинкиназы, а затем модифицировали молекулу так, чтобы она стала более безопасной и эффективной.

Иматиниб стал первым поколением препаратов против BCR-ABL.

Затем на его основе были разработаны другие молекулы с лучшими свойствами, полученные в том числе с применением рационального драг-дизайна. После получения молекулы кандидата она должна пройти последующие стадии разработки лекарства, в том числе доклинические и клинические исследования, которые не факт, что закончатся успешно.

Это зависит от многих факторов, которые не всегда возможно проработать, тем не менее такие провалы стоят дорого, и многие компании заинтересованы в том, чтобы их избежать.

Для этого можно подойти к поиску мишени с другого конца: найти уже существующий препарат и сделать похожую молекулу, которая не будет попадать под патентные ограничения и будет немного лучше оригинала. Такой подход часто называют me to препарат, и, несмотря на очевидное упрощение процесса, это вполне работающий подход, который применяют многие

## Описание проблемной ситуации

русские и зарубежные компании. Но, помимо очевидных ограничений, поиск мишени для разработки такого препарата тоже очень непростая задача: надо быть уверенным, что для данной мишени нет слишком много уже существующих ингибиторов, мы сможем синтезировать похожие молекулы, которые будут не хуже молекулы-прототипа.

Однако всё вышеописанное верно для человека, под мишенями имеются в виду белки человека, и интересны для разработки в первую очередь те мишени, которые связаны с заболеваниями человека, имеющими широкое распространение.

В ветеринарии такой подход используют не очень часто: разработка оригинального препарата стоит очень дорого, и имеет все риски разработки препаратов для человека. Мало кто готов вложиться в это без гарантии успеха. Несмотря на то, что регистрация ветеринарного препарата проще и не требует длительных и дорогих доклинических и клинических испытаний, для животных (особенно домашних) часто назначают препараты человека, которые хорошо проявляют себя на практике.

Тем не менее, существуют подходы, позволяющие рационализировать и структурировать этот процесс, определить, какие препараты подходят для назначения животным (с максимальной эффективностью и минимальными побочными эффектами).

Для этого даже придуман специальный термин [vetinformatics](#), или ветинформатика, то есть совокупность *in silico* методов, направленных на улучшение этого подхода.



## 1 задание

В ветеринарии часто используют человеческие препараты, которые показали свою эффективность.

Например, уже упомянутый [препарат иматиниб](#) успешно применялся для терапии менингоэнцефалита у собак.

Используя инструменты множественного выравнивания (BLAST, UGENE, MSA, [Mega](#) или Ugene), определите, насколько похожи мишени этого препарата у человека, кошек и собак?

Предположите, как это может влиять на действие этого препарата на собак.



## 2

### задание

Для решения, какие из человеческих препаратов лучше всего подходят для животных, может помочь биоинформатика (в данном случае это будет ветеринар).

В этом задании вам нужно проработать подход, который позволит оценить сходство мишеней у разных организмов.

Вам необходимо найти мишени для возможной таргетной терапии у собак или кошек. Лучше ограничиться киназами, к которым есть ингибиторы, малые молекулы. Вам необходимо найти потенциальные мишени-киназы, максимально похожие на человеческие белки.

Препаратов человека, которые таргетно действуют на киназы, очень много, начать можно с [этого списка](#), но необязательно ограничиваться только им.

Вам необходимо описать пайплайн (то есть последовательность шагов, которые позволяют прийти к нужному результату) поиска таких мишеней по базам данных.

Например, схема сложного [пайплайна](#) в биоинформатике может выглядеть так.

В этом вам помогут различные базы данных

- [UniProt](#) содержит данные по различным белкам, где в том числе представлены данные по структуре белка. Дело в том, что малая молекула связывается не со всем белком, а, как правило, с [активным центром](#), то есть той частью белка, которая непосредственно выполняет киназную роль;
- [BLAST](#) от NCBI позволяет провести поиск и выравнивание последовательностей по очень большой базе разных видов;
- [Multiple Sequence Alignment](#) позволяет проводить выравнивание множества последовательностей с помощью различных алгоритмов;
- [Conservative Domains Database](#) — база данных консервативных доменов в белках;
- [DrugCentral](#) — большая база данных по лекарствам, в том числе одобренных в ветеринарии;
- [DrugBank](#) — база данных лекарств;
- [KinaseNET](#) — устаревшая база данных киназ человека.

Вы можете использовать эти или любые другие удобные вам инструменты ([тут можно подробнее узнать](#), как работают подобные подходы).

Не забывайте, что все базы данных составляют люди и там могут быть ошибки.

## 3

### задание

На основании проведенного в предыдущих заданиях анализа предложите список из топ 3 приоритизированных мишеней, которые могут быть использованы для разработки или адаптации существующего для человека препарата (малой молекулы-ингибитора) для ветеринарии.

Для каких животных и каких нозологий он может применяться? По каким критериям вы выбрали эти мишени?

Подсказка.

Для ответа на это задание необязательно использовать результаты первого и второго задания. Вы можете использовать любой другой подход (например, на основании анализа литературных данных).

Главное — опишите, как вы его использовали и почему выбрали именно эти мишени.