

Место для баллов:

Код:

КАБИНЕТ № 1. ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ
(30 баллов)

Продолжительность выполнения задания –90 минут

ЗАДАНИЕ 1. Минеральное питание растений. Микрохимический анализ препаратов (17 баллов)

Материалы и оборудование: препараты минеральных элементов, световой микроскоп, спиртовка (1 на двоих), зажим-держатель, предметные стекла, пробирки, стеклянные палочки, шприцы, 1 % раствор H_2SO_4 , 1 % раствор $(NH_4)_2MoO_4$ в HNO_3 , 1 % раствор $K_4[Fe(CN)_6]$, фильтровальная бумага, маркер.

Ход работы:







«Минеральное питание» является одним из классических разделов физиологии растений. Знание закономерностей минерального питания лежит в основе понимания таких основополагающих функций растительного организма как рост и развитие, регуляция метаболизма, поддержание ионного баланса, продуктивности сельскохозяйственных культур и рационального использования минеральных удобрений. В связи с важностью данного раздела большое количество лабораторий по всему миру занимаются изучением минерального питания растений. Так в лаборатории «Обычное дело» уже который год ведутся работы по изучению физиологических функций различных элементов минерального питания.

В ходе международного сотрудничества лаборатории были высланы уникальные образцы – растения, демонстрирующие типичные симптомы при дефиците различных минеральных элементов (листья и описание растений представлены в **Таблице 1**). Также были отправлены и специализированные препараты, содержащие по одному минеральному элементу каждый для «лечения» растений, испытывающих дефицит по данному минералу. Однако во время пересылки образцов с препаратами этикетки были утрачены.

Для определения химического состава препаратов проводится качественный анализ, позволяющий обнаружить отдельные элементы или ионы. В основе анализа лежит способность некоторых реактивов при взаимодействии с минеральными элементами давать соединения,

характеризующиеся специфической окраской или формой образующихся кристаллов.

Таблица 1. Внешний вид листьев и описание растений, испытывающих дефицит по ряду элементов минерального питания

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
|  |  |  |
| <p>Угнетение роста; сильный хлороз, особенно у старых листьев</p> | <p>Замедление роста, загнивание корней, появление коричневых пятен на листьях</p> | <p>Пожелтение и побурение листьев с краев, преждевременная гибель растений</p> |
| 4 | 5 | 6 |
|  |  |  |
| <p>Сильный хлороз, особенно у молодых листьев, опадение бутонов</p> | <p>Межжилковый хлороз, раннее опадение листьев, слабый рост, задержка цветения</p> | <p>Угнетение роста, особенно корней. Синезеленая (фиолетовая) окраска листьев</p> |

Таким образом, внимательно изучив литературные данные сотрудником лаборатории был разработан план, следуя которому вы также сможете определить предложенные вам препараты и заполнить **Таблицу 2**. Согласно

плану, первым делом необходимо определить в каком из образцов находится железо.

Реакцию на железо рекомендуется проводить в пробирках, для этого шприцом необходимо отобрать 0,5 мл исследуемого препарата и затем добавить 0,5 мл раствора желтой кровяной соли ($K_4[Fe(CN)_6]$). Данную процедуру необходимо повторить для всех препаратов. В пробирке, содержащей препарат железа в результате реакции образуется темно-синий осадок (берлинская лазурь). Обратите внимание, что каждому из растворов соответствует свой шприц с соответствующей подписью!

Пробирки с определенными препаратами в дальнейших реакциях не участвуют!

Химические *реакции на наличие кальция и фосфора* будут проводиться микрокристаллоскопическим способом. Для этого необходимо нанести на предметное стекло каплю тестируемого препарата (шприцом с соответствующим номером) и, используя стеклянную палочку, на расстоянии 0,5-1 см от препарата – каплю соответствующего реактива (**Рисунок 1**). Затем чистым концом стеклянной палочки соединить капли. В месте соединения растворов произойдет реакция с образованием после высыхания характерных кристаллов, которые нужно рассмотреть под микроскопом. Для ускорения скорости протекания реакции предметное стекло можно нагреть несколько секунд на спиртовке.

!Соблюдайте технику безопасности! При нагреве стекол используйте держатель и не убирайте спиртовку с металлического подноса. Не забывайте гасить спиртовку по окончании работы.

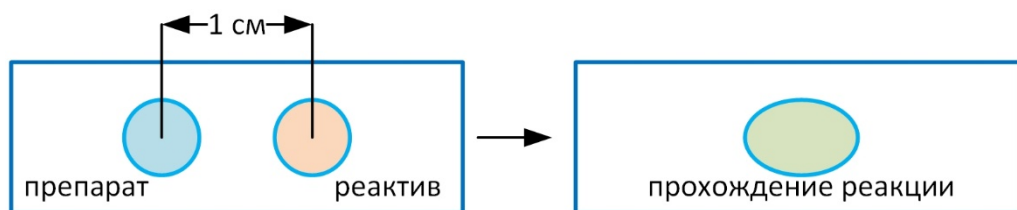


Рисунок 1 – Микрокристаллоскопия

Для определения препарата, содержащего ионы кальция в качестве реактива используется 1 % раствор H_2SO_4 . При этом препарат с ионами кальция, реагирует с серной кислотой, и образуются крупные кристаллы гипса игольчатой формы в виде сросшихся пучков.

Реактивом для обнаружения фосфора является 1 % раствор молибдата аммония $((\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4)$ в азотной кислоте. Получается зеленовато-желтый осадок фосфорномолибденовокислого аммония, который под световым микроскопом виден в форме мелких шариков и многогранников желтого цвета.

Оставшаяся после проведения реакций пробирка элементы не содержит и как выяснилось из переписки с зарубежными коллегами попала в посылку случайно.

Внимательно проследите за реакциями в пробирках и под микроскопом и соотнесите номера пробирок с соответствующими элементами. Также сопоставьте номера фотографий листьев из Таблицы 1 с элементами, дефицит в которых они испытывают.

Таблица 2 (14 баллов, по 2 балла за пробирку и по 1 баллу за фотографию)

| № | Элементный состав препарата | № пробирки | № фотографии листа |
|---|-----------------------------|------------|--------------------|
| 1 | Кальций | 4 | 2 |
| 2 | Магний | – | 5 |
| 3 | Железо | 2 | 4 |
| 4 | Фосфор | 1 | 6 |
| 5 | Азот | – | 1 |
| 6 | Калий | – | 3 |
| 7 | Элементы не обнаружены | 3 | – |

Наблюдаемые на листьях заболевания, связанные с недостатком определенного элемента минерального питания (Таблица 1), зависят от физиологических функций данного элемента в растении. Ниже приведена таблица с изученными нами элементами и их функциями. Сопоставьте колонки из таблицы и запишите ответ в виде 1Д2Г3А4В5Е6Б (3 балла, по 0,5 балла за функцию).

| Элемент | Функции в растении |
|-----------|---|
| 1. Азот | А. Участвует в формировании срединной пластинки клеточной стенки, стабилизатор мембран. Кофактор ряда ферментов, участвующих в гидролизе АТФ и фосфолипидов, активатор хлорных каналов при возбуждении, важнейший вторичный посредник |
| 2. Фосфор | Б. Стабилизирует структуру рибосом и мембран. |

| | |
|-------------------|---|
| | Неспецифичный кофактор многих ферментов, участвующих в фотосинтезе, дыхании и синтезе нуклеиновых кислот. Входит в состав молекулы хлорофилла |
| 3. Калий | В. Синтез белков, нуклеиновых кислот и других органических соединений, в частности коферментов и хлорофилла |
| 4. Магний | Г. Осмотический компонент клеточного сока, активатор или кофактор многих ферментов, включая АТФазы, основной потенциалопределяющий ион |
| 5. Кальций | Д. Входит в состав цитохромов и ряда белков, участвующих в фотосинтезе, фиксации азота и дыхании. Катализирует первичные реакции синтеза хлорофилла |
| 6. Железо | Е. Синтез нуклеиновых кислот, АТФ и некоторых белков. Входит в состав липидов мембран, промежуточных продуктов СЗ-цикла, играет ключевую роль в переносе энергии |

Ответ: 1В2Е3Г4Б5А6Д

ЗАДАНИЕ 2. Реакция растительной клетки на избыток NaCl в среде (13 баллов)

Для подавляющего большинства растений избыток минеральных элементов также вреден как и недостаток. Особую опасность для растений представляет избыток натриевых солей (особенно NaCl) и тяжелых металлов. По данным последних лет, засоление почв приводит к гигантским потерям урожая в мировом масштабе на равне с засухой. Также страдают городские растения из-за избыточного использования солей в антигололёдных обработках. В связи с этим, изучением токсического действия NaCl на растительные организмы занимаются ведущие мировые лаборатории в области физиологии растений. В настоящее время учеными предложена схема токсического действия хлорида натрия, представленная на **Рисунке 2**. Внимательно рассмотрите схему, прочитайте текст ниже и заполните пропуски, ответив на вопросы.

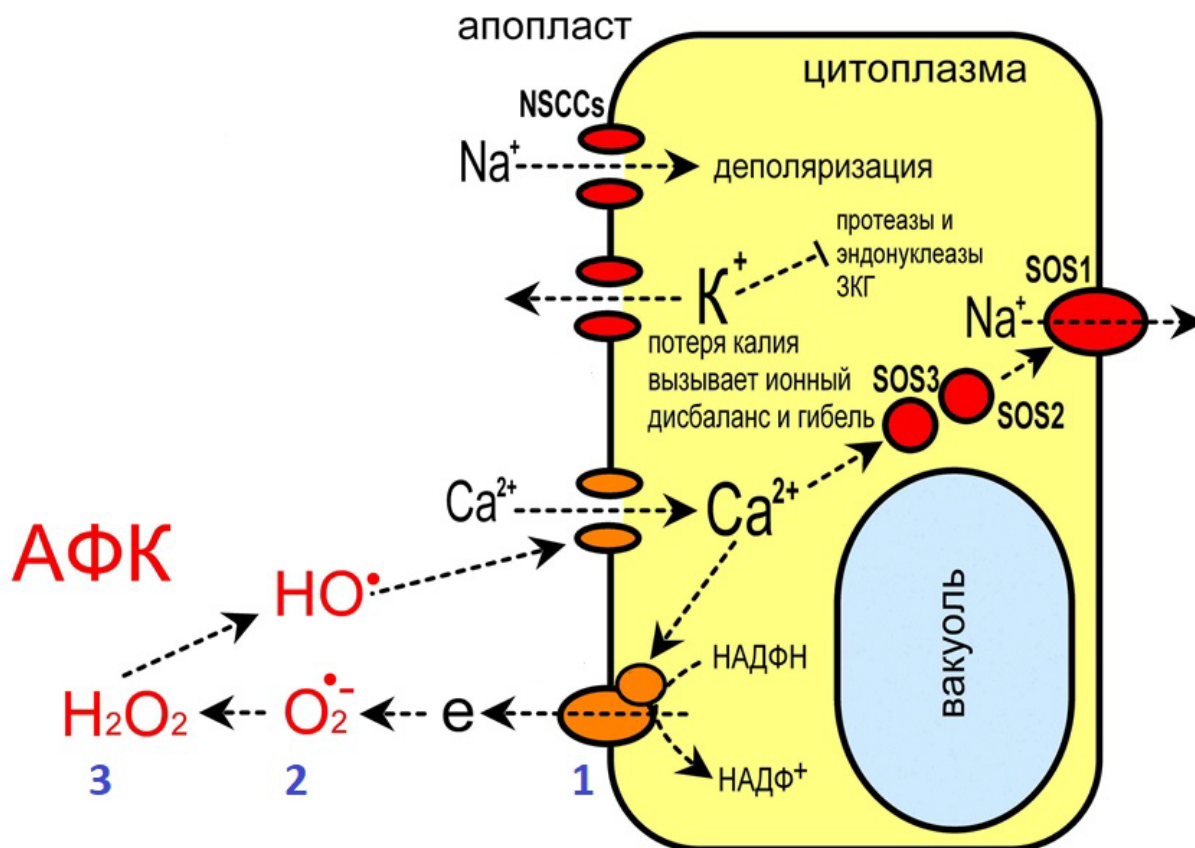


Рисунок 2 – Современная схема ранних NaCl-индуцируемых реакций в клетках высших растений

Ионы натрия проникают в клетки корня растений через неселективные ионные каналы (обозначены на схеме NSCCs). Происходит деполяризация мембраны, при этом разность зарядов на мембране увеличивается / уменьшается / не изменяется (подчеркните правильный вариант (2 балла)). При деполяризации активируются калиевые каналы, что приводит к утечке ионов калия из клетки и активации ферментов, участвующих в процессах запрограммированной гибели клетки (ЗКГ). Ферменты, расщепляющие ДНК и белки, называются нуклеазы и протеазы соответственно, и относятся к общему классу ферментов. Напишите название этого класса: гидролазы (1 балл)

Одной из первичных реакций растений на стресс, в том числе засоление, является генерация активных форм кислорода (АФК). В этом процессе участвуют различные ферменты, основным из которых является фермент, обозначенный на схеме под номером 1. Этот фермент присутствует не только в клетках растений, но и помогает макрофагам в борьбе с бактериями. Напишите название этого фермента исходя из схематического обозначения субстрата и продукта реакции, представленных на рисунке 2.

Фермент, обозначенный №1: НАДФ-оксидаза (оксидаза) (2 балла)

АФК являются сигнальными молекулами, однако их избыток может привести к гибели растения. Чтобы этого не произошло, в растениях есть ферменты, которые помогают «деактивировать» АФК.

От избытка АФК, обозначенной на схеме №2, помогает избавиться фермент СОД (супероксиддисмутаза) (оксидредуктаза как частично верный) (1 балл)

Справиться с гиперпродукцией АФК, обозначенной на схеме №3, помогает фермент: Каталаза (оксидредуктаза как частично верный) (1 балл)

При засолении, кроме синтеза АФК в цитоплазме увеличивается концентрация ионов кальция, которые также выполняют сигнальную функцию в растительной клетке. Напишите два основных «дэпо» ионов кальция в растительных клетках:

1. Эндоплазматический ретикулум (1 балл)

2. Клеточная стенка (2 балла)

Некоторые растения в процессе эволюции выработали механизм, который позволяет им выживать на почвах с высоким содержанием NaCl. У них обнаружена особая группа белков, которая получила название SOS (Salt Overly Sensitive «чрезмерно чувствительные к соли»). На схеме эти белки обозначены SOS1, SOS2 и SOS3 соответственно.

Белок SOS1 является антипортером, он выводит избыток ионов натрия из растительной клетки и закачивает в клетку другие ионы. Напишите их название:

H⁺ (ионы водорода, протоны) (2 балла)

Белок SOS1 активируется белком SOS2 по средством переноса остатка фосфорной кислоты с субстрата на SOS1. Ферменты, катализирующие эту реакцию называются: Киназы (фосфотрансферазы, трансферазы) (1 балл)