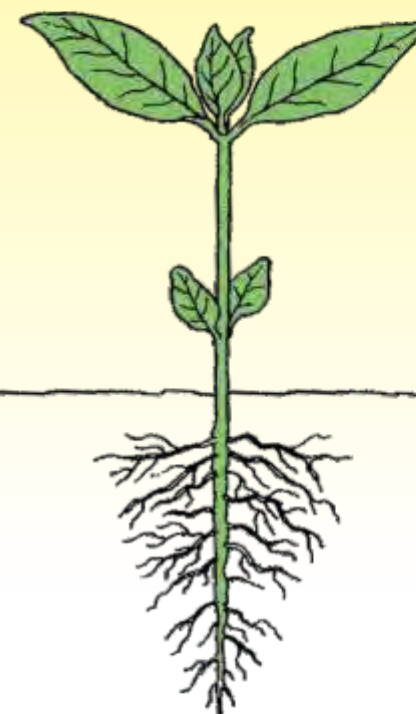


Т.А. Лушникова

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ПО ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ



Курганский
государственный
университет



библиотечно-издательский
центр
46-31-07

Курган 2018

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ПО ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

по выполнению лабораторных работ студентов-бакалавров
направления подготовки 06.03.01 Биология,
направленность: Общая биология

Студент _____

Курс _____

Группа _____

Преподаватель _____

Курган 2018

УДК581.1
ББК28.57
Р13

Рецензенты:

старший научный сотрудник лаборатории популяционной биологии древесных растений и динамики леса ФГБУН Ботанический сад УрО РАН, кандидат биологических наук О.Е. Черепанова;

начальник отдела охраны окружающей среды Управления охраны окружающей среды Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Курганской области А.В. Зырянов.

Печатается по решению методического совета Курганского государственного университета.

Рабочая тетрадь по физиологии растений по выполнению лабораторных работ студентов-бакалавров направления подготовки 06.03.01 Биология, направленность : Общая биология / сост. Т. А. Лушникова. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2018. – 94 с.

Рабочая тетрадь содержит описание лабораторных работ по разделу «Водный обмен растений» для студентов направления подготовки 06.03.01 Биология, направленность: Общая биология квалификации бакалавр биологии. В каждой работе дано краткое теоретическое пояснение, указаны перечень материалов и оборудования, объекты исследования, приведен ход работы. Большое внимание уделяется самостоятельной работе студентов, в рамках которой предлагаются тесты, задачи и контрольные вопросы.

ISBN 978-5-4217-0448-5

© Курганский
государственный
университет, 2018

Содержание

Предисловие	6
1 Лабораторные работы по теме «Физиология растительной клетки».....	6
1.1 Свойства клеточных мембран.....	6
1.1.1 Сравнение проницаемости мембран живых и мертвых клеток.....	6
1.1.2 Окрашивание живых и мертвых клеток нейтральным красным.....	7
1.2 Растительная клетка как осмотическая система.....	8
1.2.1. Явление осмоса. Перемещение воды по градиенту водного потенциала в искусственной «клеточке» Траубе.....	8
1.2.2 Явление плазмолиза и деплазмолиза.....	9
1.2.3 Сравнение проницаемости клеточных мембран для различных веществ. Стойкий и временный плазмолиз.....	10
1.2.4 Влияние ионов калия и кальция на форму плазмолиза.....	11
1.2.5 Наблюдение колпачкового плазмолиза в растворе роданида калия....	12
1.2.6 Тургор растительной клетки. Поглощение воды и ее выход из клеток корнеплода моркови.....	13
1.3 Определение водного потенциала растительных тканей.....	14
1.3.1 Определение величины осмотического потенциала в клетках расти- тельной ткани плазмолитическим методом.....	14
1.3.2 Определение водного потенциала растительных тканей методом Уршпрунга (по изменению длины брусочков ткани).....	16
2 Задания для контроля знаний по теме «Физиология растительной клетки»..	17
2.1 Тест.....	17
2.2 Задачи.....	21
2.3 Контрольные вопросы.....	23
3 Лабораторные работы по теме «Водный обмен».....	23
3.1 Определение относительной активности воды в растении методом поте- ри воды.....	23
3.2 Определение динамики поглощения воды	24
3.3 Водообмен ветки сосны.....	25
3.4 Сравнение транспирации верхней и нижней сторон листа хлоркобальтовым методом.....	27
3.5 Наблюдение за движением устьиц.....	27
3.6 Наблюдение за перераспределением калия при движении устьиц.....	29
3.7 Определение интенсивности транспирации весовым методом.....	29
3.8 Определение водоудерживающей способности растений методом «завядания» (по Арладу).....	31
3.9 Определение содержания воды и сухого вещества в растительном материале.....	32

3.10	Определение относительной тургесцентности и водного дефицита	33
4.	Задания для контроля знаний по теме «Водный обмен».....	35
4.1	Тест.....	35
4.2	Задачи.....	38
4.3	Контрольные вопросы.....	40
5	Лабораторные работы по теме «Минеральное питание растений».....	41
5.1	Микрохимический анализ золы растений.....	41
5.2	Обнаружение нитратов в растениях.....	42
5.3	Определение общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы методом Сабинина и Колосова.....	44
6	Задания для контроля знаний по теме «Минеральное питание растений»...	45
6.1	Тест.....	45
6.2	Контрольные вопросы.....	50
7	Лабораторные работы по теме «Фотосинтез».....	50
7.1	Пигменты фотосинтеза и их свойства.....	50
7.2	Разделение смеси фотосинтетических пигментов.....	52
7.3	Оптические свойства пигментов зеленого листа.....	53
7.3.1	Спектры поглощения пигментов листа.....	54
7.3.2	Наблюдение флуоресценции хлорофилла.....	54
7.4	Определение содержания пигментов.....	55
7.5	Обнаружение процесса фотосинтеза.....	56
7.5.1	Обнаружение выделенного при фотосинтезе O_2 с помощью метиленового синего.....	56
7.5.2	Поглощение зеленым растением углекислого газа из воздуха.....	56
7.5.3	Получение отпечатков на листьях с помощью крахмальной пробы.....	57
7.5.4	Образование сахара в зеленых листьях на свету.....	58
7.6	Определение интенсивности фотосинтеза растений методом Бойсен-Йенсена.....	59
7.7	Влияние внешних условий на фотосинтез.....	60
7.7.1	Зависимость фотосинтеза от интенсивности света.....	60
7.7.2	Влияние спектрального состава света на фотосинтез.....	61
7.7.3	Влияние температуры на фотосинтез.....	62
8	Задания для контроля знаний по теме «Фотосинтез».....	63
8.1	Тест.....	63
8.2	Контрольные вопросы.....	66
9	Лабораторные работы по теме «Дыхание растений».....	67
9.1	Поглощение кислорода и выделение углекислого газа при дыхании органов растений.....	67
9.2	Определение расхода органического вещества растениями при дыхании	68

9.3 Ферменты дыхания.....	69
10 Задания для контроля знаний по теме «Дыхание растений».....	70
10.1 Тест.....	70
10.2 Контрольные вопросы.....	73
11 Лабораторные работы по теме «Устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды».....	73
11.1 Определение защитного действия сахаров на протоплазму.....	73
11.2 Защитное действие сахара на белки протоплазмы при отрицательных температурах.....	74
11.3 Определение устойчивости растений к высоким температурам.....	75
11.4 Определение температурного порога коагуляции белков цитоплазмы клеток разных растений.....	76
11.5 Определение устойчивости растений к засолению.....	77
11.6 Влияние солей тяжелых металлов на плазмолиз протоплазмы растительной клетки.....	77
12 Задания для контроля знаний по теме «Устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды».....	78
12.1 Тест.....	78
12.2 Контрольные вопросы.....	81
13 Лабораторные работы по теме «Рост и развитие растений».....	81
13.1 Определение зон роста в органах растений.....	81
13.2 Периодичность роста древесных побегов.....	83
13.3 Действие гетероауксина на рост корней.....	84
13.4 Апикальное доминирование у гороха.....	85
13.5 Хемотропическая реакция наклюнувшихся семян на химические соединения.....	85
13.6 Нарушение геотропизма корней эозином.....	86
14 Задания для контроля знаний по теме «Рост и развитие растений».....	87
14.1 Тест.....	87
14.2 Контрольные вопросы.....	91
Список литературы.....	93

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая рабочая тетрадь по физиологии растений предназначена для работы студентов, обучающихся по направлению: 06.03.01 Биология, направленность: Общая биология.

В рабочей тетради изложены рекомендации по выполнению лабораторных работ по физиологии растительной клетки, водного обмена, минерального питания растений, фотосинтеза, дыхания растений, устойчивости, росту и развитию растений. При подготовке и выполнении лабораторных работ студентам необходимо руководствоваться практикумом по физиологии растений.

В рабочей тетради для каждой работы приведены краткие сведения об изучаемых процессах, помещен перечень необходимого оборудования, реактивов, материалов и объектов, даны инструкции по их выполнению. В каждой работе оставлено место для прорисовки студентами наблюдаемых явлений, описания наблюдений. Предложенные таблицы требуют заполнения, в случае необходимости студенты представляют результаты исследований в графической форме (графиков, диаграмм). В конце каждой работы студенты обязательно формулируют выводы по проделанной работе. Все записи необходимо делать в лаборатории.

Для самоконтроля и проверки уровня усвоенных знаний после приведенных работ размещены контрольно-измерительные материалы для студентов. Для проверки академической активности и качества работы студента рабочую тетрадь периодически проверяет преподаватель и дает ей оценку.

При составлении рабочей тетради использована учебная литература, список которой помещен в конце данной работы. Материалы рабочей тетради апробированы на лабораторных занятиях со студентами, в определенной мере дополняют основную учебную литературу и способствуют оптимизации учебного процесса и формированию компетенций у студентов.

1 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «ФИЗИОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ»

1.1 Свойства клеточных мембран

1.1.1 Сравнение проницаемости мембран живых и мертвых клеток

Важнейшим свойством клеточных мембран является избирательная проницаемость, благодаря которой через них проходят молекулы только некоторых веществ. Это свойство мембраны сохраняется до тех пор, пока клетка остается живой. После ее гибели мембраны становятся полностью проницаемыми.

Цель работы: изучить функциональные особенности мембран живых клеток.

Материалы и оборудование: стеклянная палочка, препаровальная игла, лезвие безопасной бритвы, линейка, три пробирки, штатив для пробирок, держатель,

спиртовка, 30 % раствор уксусной кислоты, вода.

Объекты: *корнеплод столовой свеклы.*

Ход работы

Корнеплод свеклы после удаления покровных тканей разрезаем на кубики (сторона кубика 5 мм) и тщательно промываем водой, чтобы удалить пигмент, вышедший из поврежденных клеток. Затем по одному кусочку опускаем в три пробирки. В первую и вторую пробирки наливаем по 3 – 5 мл воды, в третью 3 – 5 мл 30%-го раствора уксусной кислоты. Первую пробирку оставляют для контроля. Содержимое второй кипятят 2 – 3 мин. Фиксируем происходящие изменения.

Вывод: _____

1.1.2 Окрашивание живых и мертвых клеток нейтральным красным

Молекулы нейтрального красного не задерживаются в цитоплазме живой растительной клетки, а с участием аппарата Гольджи и тонопласта активно выделяются в вакуоль. Поэтому у живых клеток краситель накапливается в вакуоли, а ядро и цитоплазма остаются неокрашенными. У мертвых клеток, наоборот, цитоплазма и особенно ядро адсорбируют краситель, а в вакуолярном соке он не задерживается. Поэтому у мертвых клеток ярко окрашивается ядро, в меньшей степени цитоплазма, а вакуоли остаются неокрашенными.

Цель работы: *ознакомиться с методами, позволяющими выявить состояние растительных клеток с помощью их окрашивания.*

Материалы и оборудование: *микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, фильтровальная бумага, спиртовка, пинцет, препаровальная игла, для окрашивания используют водный раствор нейтрального красного в концентрации 0,01 % с реакцией среды, близкой к нейтральной (раствор готовят непосредственно перед употреблением: 0,1% раствор нейтрального красного, приготовленного в дистиллированной воде, разводят водопроводной водой).*

Объекты: луковица лука репчатого.

Ход работы

С вогнутой поверхности чешуи луковицы берем кусочек кожицы и помещаем в раствор красителя на предметное стекло. Выдерживаем в этом растворе 3 - 5 мин. Затем, накрыв препарат стеклом, рассматриваем его при малом, а потом при большом увеличении.

Окрашенные клетки «убиваем», подержав предметное стекло над пламенем спиртовки до тех пор, пока под покровным стеклом не начнут появляться пузырьки. Затем снова рассматриваем препарат под микроскопом.

Вывод: _____

1.2 Растительная клетка как осмотическая система

Вода растительными клетками поглощается по законам осмоса. Перемещение молекул воды в системе, состоящей из двух растворов с разными концентрациями, разделенных полупроницаемой мембраной, осуществляется по градиенту концентраций (из раствора с меньшей концентрацией, обладающего более высоким $\psi_{осм}$, в раствор с большей концентрацией, имеющего более низкий $\psi_{осм}$).

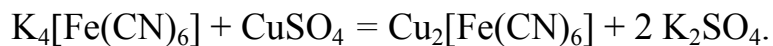
1.2.1. Явление осмоса. Перемещение воды по градиенту водного потенциала в искусственной «клеточке» Траубе

Цель работы: получить «клеточку» Траубе и пронаблюдать явление осмоса — перемещение воды через полупроницаемую мембрану по градиенту осмотического потенциала.

Материалы и оборудование: 0,5% водный раствор $CuSO_4$, кристаллы гексоцианоферрата (II) калия, пробирки или цилиндры на 10 мл.

Ход работы

В небольшой цилиндр или пробирку наливаем на $\frac{3}{4}$ объема 0,5% раствора медного купороса и затем на дно этого сосуда опускают кристаллик $K_4[Fe(CN)_6]$. Вокруг кристаллика в результате взаимодействия солей образуется осадочная мембрана гексоцианоферрата (II) меди:



Мембрана образует замкнутый мешочек, который автор опыта Траубе назвал искусственной клеточкой. Полупроницаемая пленка $Cu_2[Fe(CN)_6]$ разделяет два раствора разной концентрации: внутри мешочка находится концентрированный раствор ферроцианида калия (образующийся при растворении кристаллика соли), а снаружи — раствор сульфата меди. Эта мембрана проницаема обладает свойством полупроницаемости.

Вывод: _____

1.2.2 Явление плазмолиза и деплазмолиза

Растительная клетка похожа на искусственную «клеточку» Траубе, так как внутри нее в вакуоли находится водный раствор различных веществ, окруженный тонопластом, плазмалеммой и слоем цитоплазмы между ними. Все вместе они образуют полупроницаемую мембрану. Вода может поступать в клетку или выходить из нее в зависимости от величин водных потенциалов в клетке и в наружной среде.

Цель работы: доказать на основании явлений плазмолиза и деплазмолиза, что клетка — это осмотическая система.

Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, фильтровальная бумага, спиртовка, пинцет, препаровальная игла, пинцет, 1 М раствор NaCl, вода.

Объекты: луковица лука репчатого.

Ход работы

На предметное стекло наносим каплю 1 М раствора NaCl и помещают в нее срез, сделанный с выпуклой стороны чешуи луковицы. Препарат накрывают покровным стеклом и рассматривают под микроскопом.

Затем, не снимая предметное стекло со столика микроскопа, удаляем раствор из-под покровного стекла, приложив к нему с одной стороны кусочек фильтровальной бумаги. С другой стороны покровного стекла в непосредственной близости к нему наносим каплю чистой воды, которая проникает под стекло к эпидерме. Наблюдаем за изменениями, происходящими в клетках.

Препарат нагреваем на спиртовке, охлаждаем и рассматриваем под микроскопом.

Меняем воду на 1 М раствор NaCl. Наблюдаем.

Вывод: _____

1.2.3 Сравнение проницаемости клеточных мембран для различных веществ. Стойкий и временный плазмолиз

Избирательная проницаемость мембран обеспечивает прохождение через них молекул воды, препятствует проникновению растворенных в воде веществ и обуславливает явление плазмолиза при действии на клетку гипертонического раствора. Если же молекулы растворенного вещества через мембрану проходят,

но медленнее, чем молекулы воды, то начавшийся плазмолиз потом исчезает. Деплазмолиз происходит в результате постепенного проникновения растворенного вещества в клетку, выравнивания концентраций снаружи и внутри, а также поступления воды в клетку из наружного раствора по градиенту концентрации.

Цель работы: изучить проницаемость клеточных мембран для хлорида натрия и карбамида.

Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, пинцет, препаровальная игла, пинцет, 1 М раствор NaCl, 1 М раствор карбамида.

Объекты: луковица лука репчатого.

Ход работы

На два предметных стекла наносим по капле раствора: на одно — 1 М раствор хлорида натрия, на другое — 1 М раствор карбамида. В каждую каплю помещаем по срезу, сделанному с выпуклой стороны чешуи луковицы, накрываем покровными стеклами и рассматриваем под микроскопом. Находим участки листа, в которых хорошо видны плазмолизованные клетки.

Препараты оставляют на 30 мин и затем вновь их рассматриваем.

Вывод: _____

1.2.4 Влияние ионов калия и кальция на форму плазмолиза

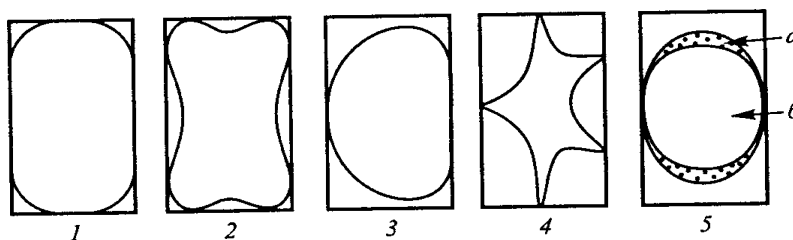
В ходе плазмолиза форма плазмолизованного протопласта меняется. Вначале протопласт отстает от клеточной стенки лишь в отдельных местах, чаще всего в уголках (уголковый плазмолиз). Затем протопласт продолжает отставать от клеточных стенок, сохраняя связь с ними в отдельных местах, поверхность протопласта между этими точками имеет вогнутую форму (вогнутый плазмолиз). Постепенно протопласт отрывается от клеточных стенок по всей поверхности и принимает округлую форму (выпуклый плазмолиз). Если у про-

топласта связь с клеточной стенкой в отдельных местах сохраняется, то при дальнейшем уменьшении объема в ходе плазмолиза протопласт приобретает неправильную форму (судорожный плазмолиз) (рисунок 1).

Цель работы: изучить влияние различных катионов на форму плазмолиза.

Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, пинцет, препаровальная игла, 1 М раствор KNO_3 , 0,7 М раствор $Ca(NO_3)_2$.

Объекты: луковича лука репчатого.



**1 - уголковый; 2 - вогнутый; 3 - выпуклый; 4 - судорожный;
5 – колпачковый (а - цитоплазма; б - вакуоль)**

Рисунок 1 - Формы плазмолиза

Ход работы

На одно предметное стекло наносим каплю 1 М раствора нитрата калия, на другое - 0,7 М раствора нитрата кальция. В обе капли помещаем по срезу, сделанному с выпуклой стороны чешуи луковичы, накрываем покровными стеклами.

Через 5 - 10 мин препараты рассматриваем под микроскопом.

Вывод: _____

1.2.5 Наблюдение колпачкового плазмолиза в растворе роданида калия

При нахождении клеток в растворе роданида калия цитоплазма набухает

в удлинённых клетках, и там, где протопласт не касается клеточных стенок, образуются так называемые колпачки цитоплазмы. Такой плазмолиз носит название *колпачкового* (рисунок 1).

Цель работы: *пронаблюдать колпачковый плазмолиз в соли калия.*

Материалы и оборудование: *микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, пинцет, препаровальная игла, 1 М раствор KSCN.*

Объекты: *лист элодеи.*

Ход работы

На предметное стекло наносим каплю 1М раствора роданида калия, помещаем в нее лист элодеи, накрываем покровным стеклом и сразу рассматриваем под микроскопом.

Вывод: _____

1.2.6 Тургор растительной клетки. Поглощение воды и ее выход из клеток корнеплода моркови

Поступление воды в растительную клетку, помещенную в чистую воду, ограничено клеточной стенкой, растяжение которой не может быть бесконечным. В клетке повышается гидростатическое (тургорное) давление. Это увеличивает свободную энергию молекул воды до уровня свободной энергии молекул чистой воды, и водный потенциал клетки становится равным нулю. Это полностью насыщенные водой клетки. Если клетки поместить не в воду, а в раствор какого-либо осмотика (поваренная соль, сахароза и др.), то вода выходит из клеток и они теряют тургор.

Цель работы: *продемонстрировать явление тургора на примере поступления и выхода воды в клетках корнеплода моркови.*

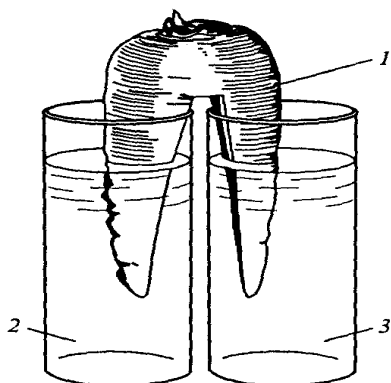
Материалы и оборудование: *2 стакана, насыщенный раствор NaCl, вода, нож.*

Объекты: *корнеплод моркови.*

Ход работы

Из середины корнеплода моркови вырезаем, начиная с кончика корня, продольную полосу ткани шириной 8 - 12 мм и удаляем ее. Две части корня оста-

ются соединенными на протяжении примерно 1/5 всей его длины (рис. 2). Обе части корнеплода помещают в два стакана, стоящие рядом, в одном — насыщенный водный раствор хлорида натрия, в другом — вода. Через 1,5 - 2ч корень извлекаем из стаканов, сравниваем размер и тургор тканей в его половинах. На рисунке 2 отмечаем направления движения молекул воды.



1 - корнеплод моркови; 2 - стакан с водой;
3 - стакан с раствором поваренной соли

Рисунок 2 - Поглощение и выход воды из клеток корнеплода моркови

Вывод: _____

1.3 Определение водного потенциала растительных тканей

1.3.1 Определение величины осмотического потенциала в клетках растительной ткани плазмолитическим методом

Метод основан на подборе наружного раствора известной концентрации, осмотический потенциал которого равняется осмотическому потенциалу клеток. Такой раствор выбирают, наблюдая за степенью плазмолиза, вызываемого в клетках растворами разных концентраций. Чем больше осмотический потенциал наружного раствора по сравнению с осмотическим потенциалом клеток, тем сильнее выражен плазмолиз. Необходимо найти два соседних по концентрации раствора, в одном из которых можно наблюдать едва заметный уголко- вый плазмолиз 50 % клеток, а в другом – отсутствие плазмолиза. Первый раствор будет гипертоническим по отношению к раствору внутри клеток, а второй – гипотоническим. Изотоническим по отношению к раствору внутри клеток следует признать раствор, концентрация которого будет средней между кон- центрациями двух указанных выше растворов. Осмотический потенциал этого раствора равен осмотическому потенциалу клеток.

Цель работы: ознакомиться с плазмолитическим методом определения вели- чины осмотического потенциала клеток.

Материалы и оборудование: 1М раствор хлорида натрия, дистиллированная вода, пробирки или стаканчики для приготовления растворов, предметные и

покровные стекла, фильтровальная бумага, лезвие безопасной бритвы, пинцет, стеклянная палочка, микроскоп, бюретки.

Объекты: луковица лука репчатого.

Ход работы

Готовим по 10 мл растворов хлорида натрия (или сахарозы) следующих концентраций: 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 1 М. Для этого исходный 1 М раствор разбавляем дистиллированной водой по схеме (табл. 1). Приготовленные растворы взбалтываем. Стаканчики ставим в ряд по убыванию концентрации. Против каждого из стаканчиков кладем чистые и сухие предметные стекла и переносим на них с помощью стеклянной палочки капли растворов из соответствующих стаканчиков. Перед погружением стеклянной палочки в следующий раствор ее споласкиваем дистиллированной водой, тщательно вытираем фильтровальной бумагой.

Таблица 1 - Схема приготовления растворов NaCl

Концентрация раствора, М	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1 М исходный раствор NaCl, мл	1	2	3	4	5	6	7	8
Дистиллированная вода, мл	9	8	7	6	5	4	3	2

В приготовленные капли помещаем кусочки верхней эпидермы чешуи луковицы. Через 10 мин препараты просматривают под микроскопом, отмечая наличие или отсутствие плазмолиза. Делаем рисунки клеток с типичной для каждого раствора степенью плазмолиза.

0,1М 0,2М 0,3М 0,4М 0,5М 0,6М 0,7М 0,8М

Выбираем два соседних по концентрации раствора, в которых в одном из них наблюдается уголковый плазмолиз, а в другом плазмолиза нет. Рассчитывают величину $\Psi_{осм}$ этого раствора, используя уравнение Вант-Гоффа:

$$\Psi_{осм} = - R \cdot T \cdot C \cdot i,$$

где R - газовая постоянная 0,0821 (л·атм)/(град·моль); T - абсолютная температура, градусы; C - концентрация в молях; i - изотонический коэффициент, характеризующий степень гидролитической диссоциации растворенного вещества (табл. 2) и для неэлектролитов равный 1. Для перевода величины водного потенциала, рассчитанного в атмосферах, в кПа полученный результат нужно умножить на 101,3.

Таблица 2 - Значение изотонического коэффициента i для растворов NaCl (20°C)

NaCl, М	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,01
i	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,73	1,75	1,78	1,83	1,93

Вычисления:

Вывод: _____

1.3.2 Определение водного потенциала растительных тканей методом Уршпрунга (по изменению длины брусочков ткани)

Метод основан на подборе внешнего раствора известной концентрации, водный потенциал которого окажется равным величине водного потенциала клеток тканей. При погружении полосок исследуемой ткани в раствор, $\Psi_{осм}$ которого меньше, длина полосок ткани уменьшается. Если меньше $\Psi_{осм}$ раствора, то клетки поглощают воду из раствора, объем их увеличивается и длина полосок ткани тоже возрастает. Длина полосок ткани остается без изменения в том растворе, у которого $\Psi_{осм}$ равен $\Psi_{осм}$ клеток растительной ткани.

Цель работы: познакомиться с методом определения водного потенциала ткани по Уршпрунгу.

Материалы и оборудование: 1 М раствор хлорида натрия, дистиллированная вода, бюретки, штативы для бюреток, пробирки, нож для вырезания полосок ткани, линейки или миллиметровая бумага.

Объекты: клубни картофеля, корнеплоды репы, моркови.

Ход работы

В семи стакнчиках готовим по 10 мл растворов хлорида натрия убывающей концентрации: 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 М. Из органа растения нарезаем пластины толщиной 5 мм и делим на одинаковые брусочки шириной около 5 мм и длиной 20 мм. Длину каждого бруска точно измеряем с помощью линейки перед его погружением в раствор и после выдерживания его в растворе в течение 40 мин. Выявляют тот раствор, в котором длина брусочка не изменилась; $\Psi_{осм}$ этого раствора равен $\Psi_{осм}$ клеток растительной ткани. Его величину рассчитываем, используя уравнение Вант-Гоффа.

Таблица 3 - Влияние концентрации раствора на длину брусочков клубня картофеля

Концентрация растворов, М	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Первоначальная длина брусочков, мм								
Длина брусочков после пребывания в растворе, мм								
Изменение длины брусочков, мм								

Вычисления:

Вывод: _____

2. Задания для контроля знаний по теме «Физиология растительной клетки»

2.1 Тест

1. Какие явления лежат в основе денатурации молекул белка? *а) достижение изоэлектрической точки данного белка и слипание его молекул вследствие потери ими заряда; б) разворачивание белковых глобул в результате разрушения водородных или дисульфидных связей; в) обезвоживание белкового коллоида, ведущее к уменьшению или снятию гидратных оболочек его мицелл; г) изменение последовательности аминокислот в первичной структуре белка.*

2. На каком уровне структуры возможны функциональная специфичность и биологическая активность белковых молекул? *а) На уровне первичной полипептидной цепочки; б) на уровне вторичной структуры; в) на уровне третичной и четвертичной структур.*

3. Которая из трех формулировок более верно характеризует оболочку как часть растительной клетки? *а) оболочка окружает растительную клетку; б) оболочка окружает снаружи протопласт растительной клетки; в) оболочка — это непротоплазматическая часть клетки.*

4. Какие признаки проницаемости характерны для клеточной стенки? а) проницаемость связана с химической природой растворенного вещества, определяется лишь размерами растворенных частиц по отношению к размерам ультрамикронпор (промежутков между мицеллами и фибриллами целлюлозы); б) в оболочке происходит метаболическое необратимое поглощение ионов; в) в ней идет неметаболическое обратимое поглощение ионов; г) в оболочке происходит накопление растворенных веществ по сравнению с их концентрацией в среде; д) в оболочке невозможно накопление веществ.

5. Укажите, какие из рисунков соответствуют возможному расположению молекул фосфолипидов А) на границе водной и неводной фазы, а также Б) в толще воды (А _____; Б _____).

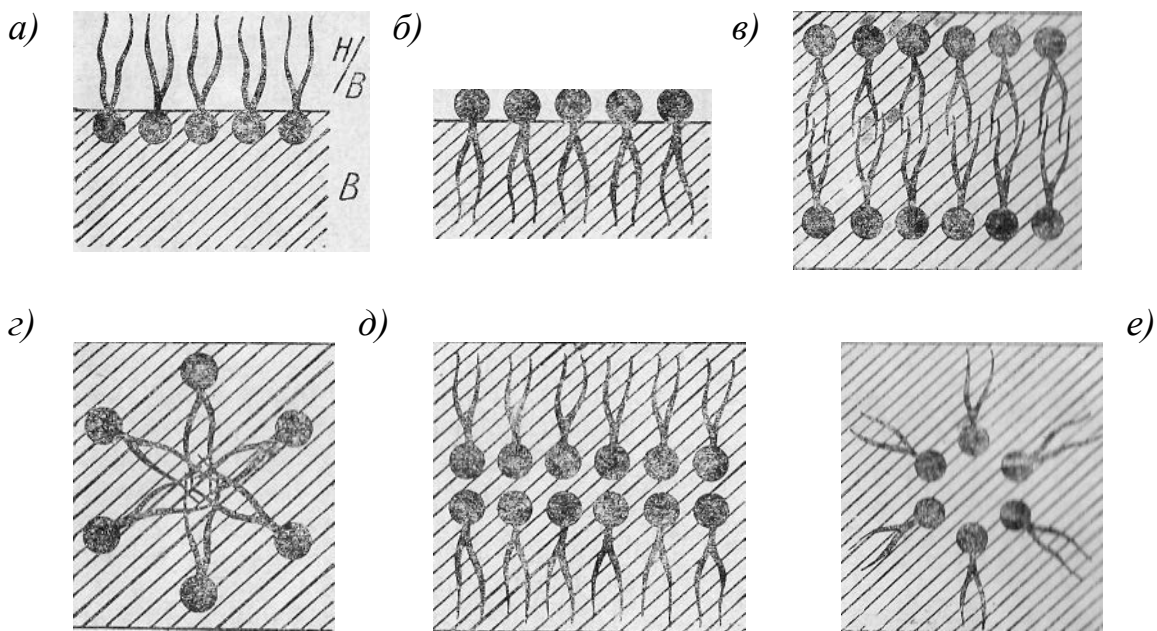


Рисунок 3 - Модели структур, образованных молекулами фосфолипидов в водной фазе и на границе водной (B) и неводной (H/B) фаз

6. Какие свойства присущи мембранам? а) асимметрия внутренней и наружной поверхности; б) симметрия внутренней и наружной поверхности; в) динамичность структуры; г) стабильность структуры; д) мембраны проницаемы преимущественно в одном направлении; е) мембраны проницаемы одинаково в любом направлении.

7. Какая из функций плазмалеммы определяется ее полупроницаемостью? а) поступление воды; б) поступление определенных ионов и молекул некоторых веществ.

8. С какими свойствами плазмалеммы и тонопласта связано возникновение колпачкового плазмолиза при помещении клетки в раствор роданида калия? а) плазмалемма менее проницаема для ионов калия, чем тонопласт; б) плазма-

лемма более проницаема для этих ионов, чем тонопласт; 3) плазмалемма имеет менее жесткую структуру, чем тонопласт.

9. Каким образом изменяются функции вакуолей с возрастом клетки? а) усиливаются; б) остаются без изменений; в) ослабляются.

10. При каком из трех путей передвижения веществ осуществляется наиболее жесткий контроль и наибольшая избирательность поступления веществ в клетки? а) при передвижении по апопласту; б) при поступлении через мембраны; в) при токе по симпласту.

11. После центрифугирования листьев элодеи разного возраста наблюдали различное смещение хлоропластов внутри клеток. У старого листа (а) они сместились до середины клеток, тогда как у молодого (б) оказались расположенными возле клеточной оболочки. Какой лист обладает более высокой вязкостью?

12. В клетки листьев земляники, выросшей на открытом месте (а) и на опушке леса (б), микроманипулятором ввели опилки никеля, которые затем были приведены в движение воздействием магнитного поля. После его удаления крупинки никеля в клетках первого растения довольно быстро возвратились в исходное положение, тогда как в клетках второго их полного возвращения не произошло. Цитоплазма клеток, какого растения обладает более высокой эластичностью?

13. Цитоплазма, какого растения лучше противостоит действию суховея? а) с высокой эластичностью; б) с низкой эластичностью.

14. Какие факты доказывают, что движение гиалоплазмы тесно связано с превращением веществ и энергии в клетке? а) утраченная под действием ультрафиолетовых лучей способность гиалоплазмы к движению восстанавливается после введения в клетки АТФ; б) прекращение движения гиалоплазмы после помещения растения в анаэробные условия; в) прекращение движения после введения в клетки дыхательных ядов; г) прекращение движения гиалоплазмы сразу же после начала плазмолиза.

15. Какие свойства мембран определяют ее полупроницаемость? а) определенная упорядоченность расположения молекул; б) неупорядоченное расположение молекул в мезоплазме; в) возможное наличие временных или постоянных полярных пор; г) высокая общая оводненность структуры мембран.

16. Какова причина поступления воды в осмометр, наполненного раствором сахарозы? а) действие менисковых сил в капиллярах керамического сосуда осмометра; б) диффузия молекул воды по градиенту водного потенциала; в) наличие пор в керамическом сосуде; г) полупроницаемые перепонки из гексацианоферрата меди в порах керамического сосуда.

17. В каком случае можно обнаружить осмотическое давление раствора? а) в растворе сахарозы в колбе; б) в системе: раствор — стекло — растворитель; в) в системе: раствор — перепонка из гексацианоферрата меди — растворитель; г) в системе: вакуолярный сок в клетках корневого волоска — цитоплазма — почвенный раствор; д) в системе: раствор — стенка мочевого пузыря — растворитель.
18. В каком растворе будет наблюдаться более значительная степень плазмолиза? а) в 1 М растворе сахарозы; б) в 1 М растворе глюкозы; в) в 1 М растворе хлорида натрия.
19. Какой раствор обладает более высоким потенциальным осмотическим давлением? а) 5% раствор мальтозы; б) 5% раствор глюкозы.
20. Какой раствор обладает более высоким потенциальным осмотическим давлением? а) 0,5 М раствор хлорида натрия; б) 0,5 М раствор глюкозы.
21. В клетках, каких растений осмотическое давление клеточного сока наибольшее? а) у гигрофитов; б) у луговых растений; в) у степных растений; г) у галофитов.
22. В клетках каких растений осмотическое давление клеточного сока наибольшее? а) у березы; б) у шиповника; в) у рябины; г) у крапивы.
23. В клетках каких органов растения осмотическое давление клеточного сока наименьшее? а) корня; б) стебля; в) листьев.
24. Какие из перечисленных условий ведут к увеличению показателя осмотического давления? а) высокая активность фермента амилазы, вызывающего осахаривание крахмала; б) низкая активность амилазы; в) высокая активность протеиназ; г) низкая активность протеиназ; д) накопление в клеточном соке органических кислот; е) нейтрализация органических кислот клеточного сока с переводом их в нерастворимое состояние.
25. В каких случаях возрастает величина сосущей силы клеток? а) при повышении концентрации клеточного сока; б) при насыщении клеток водой; в) при переходе клетки в состояние плазмолиза; г) при переходе клетки в состояние циторриза; д) при превращении сахара в крахмал; е) при накоплении в клеточном соке органических кислот.
26. Какие явления имеют место при насыщении клеток водой? а) $\Psi_в < 0$; б) $\Psi_в = 0$; в) $\Psi_в > 0$; г) $\Psi_{осм} = 0$; д) $\Psi_{давл} = 0$; е) $\Psi_{осм} = \Psi_{давл}$; ж) $\Psi_{осм} = \Psi_в$.
27. Какие явления имеют место при плазмолизе клеток? а) $\Psi_в < 0$; б) $\Psi_в = 0$; в) $\Psi_в > 0$; г) $\Psi_{осм} = 0$; д) $\Psi_{давл} = 0$; е) $\Psi_{осм} = \Psi_{давл}$; ж) $\Psi_{осм} = \Psi_в$.
28. При каком состоянии клетки ее водный потенциал равен нулю? а) в состоянии плазмолиза; б) при насыщении клетки водой.
29. При каком состоянии клетки ее водный потенциал меньше нуля? а) в состоянии плазмолиза; б) при насыщении клетки водой.

30. В клетках каких органов растения водный потенциал максимален? а) *корня*; б) *стебля*; в) *листьев*.
31. В клетках, каких растений водный потенциал максимален? а) у *гигрофитов*; б) у *гидрофитов*; в) у *мезофитов*; г) у *ксерофитов*.
32. В клетках, каких растений водный потенциал клеточного сока наименьший? а) у *типчака*; б) у *ламинарии*; в) у *соляроса*; г) у *крапивы*.
33. В клетках, каких растений водный потенциал наименьший? а) у *водорослей пресных водоемов*; б) у *морских водорослей*.

2.2 Задачи

1. Рассчитайте и сравните, какой из растворов обладает более высоким потенциальным осмотическим давлением: 1 М раствор хлорида натрия или 1 М раствор сахарозы. В каком из этих растворов при погружении кусочков эпидермиса лука в клетках будет наблюдаться более значительная степень плазмолиза.

2. Рассчитайте значение осмотического потенциала клеток растительной ткани, если при погружении кусочков этой ткани в 0,4 М раствор хлорида натрия наблюдается едва заметный уголкового плазмолиз у 50 % клеток, а в 0,3 М раствор этой же соли плазмолиз в клетках отсутствует. Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в химически чистую воду.

3. Рассчитайте значение осмотического потенциала клеток эпидермиса лука, если при погружении кусочков эпидермиса в 0,6 М раствор глюкозы наблюдается едва заметный уголкового плазмолиз у 50 % клеток, а в 0,5 М раствор плазмолиз в клетках отсутствует. Какие явления будут происходить, если ку-

сочки этой ткани погрузить в 0,8 М раствор хлорида натрия? Сделайте схематические рисунки.

4. Опишите какие осмотические явления будут происходить, если кусочек растительной ткани, водный потенциал клеток которой при температуре 22°C равен -16 атм, погрузили вначале в 0,8 М раствор сахарозы, а затем в 0,1 М раствор хлорида натрия. Рассчитайте значение осмотических потенциалов растворов осмолитиков. Сделайте схематические рисунки.

5. Опишите какие осмотические явления будут происходить, если кусочек эпидермиса лука водный потенциал клеток которого при температуре 20°C равен -8 атм погрузили вначале в химически чистую воду, а затем в 0,7 М раствор хлорида натрия. Рассчитайте значение осмотического потенциала раствора соли. Сделайте схематические рисунки.

2.3 Контрольные вопросы

1. Клетка. Основные принципы жизнедеятельности растительной клетки.
2. Строение, свойства, функции клеточной стенки. Апопласт.
3. Принципы организации протопласта. Симпласт. Плазмодесмы: строение, функции.
4. Вакуолярная система растительной клетки.
5. Мембранный принцип организации поверхности цитоплазмы и органоидов клетки. Структура и функции мембран.
6. Проблема мембранной проницаемости. Пассивный и активный транспорт веществ через мембрану.
7. Структура, свойства, функции воды. Значение воды в жизни клетки.
8. Формы воды в растительных клетках и тканях.
9. Поступление воды в растительную клетку.
10. Растительная клетка как осмотическая система. Осмотический механизм поступления воды в клетку.

3 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «ВОДНЫЙ ОБМЕН»

3.1 Определение относительной активности воды в растении методом потери воды

Цель работы: определить относительную активность воды в листьях растений.

Материалы и оборудование: эксикатор с хлористым кальцием, кюветы, электронные весы.

Объект исследования: листья растений.

Ход работы

Срезаем 3 листа, нумеруем их, взвешиваем на весах и помещаем в эксикатор с хлористым кальцием. Одновременно с растительными пробами в эксикатор ставим кювету из фольги площадью 4 см^2 , в которую наливаем 1 мл дистиллированной воды, чтобы дно кюветы было полностью покрыто водой. Перед помещением в эксикатор кювету с водой взвешиваем. Через 1 ч повторно взвешиваем листья и кюветы с водой.

Таблица 4 - Относительная активность воды

Вариант (объект)	Масса, мг		Потеря воды, мг	Площадь, см^2	Скорость по- тери воды, $\text{мгH}_2\text{O}/\text{см}^2 \cdot \text{ч}$	Относи- тельная ак- тивность воды
	исход- ная	через 1 час				

Определяем площадь использованных листьев весовым методом. Обводим листья карандашом на миллиметровой бумаге, вырезаем и взвешиваем полученные бумажные фигуры. Взвешиваем вырезанный из той же бумаги квадрат площадью 1 см^2 . Находим площадь листовых пластинок по пропорции: $a/b = c/S$, где a - вес квадрата; b - вес бумажных фигур; c - площадь квадрата; S - площадь листьев.

Рассчитываем скорость потери воды листом и испарения чистой воды с единицы площади.

Относительную активность воды листа рассчитываем по формуле:
 $A (H_2O) = U/U_0$, где $A (H_2O)$ – относительная активность воды, U – скорость потери воды растением, U_0 – скорость испарения чистой воды.

Вывод: _____

3.2 Определение динамики поглощения воды

Приспособления растений к недостатку воды весьма разнообразны. В частности, чрезвычайно высокую устойчивость к условиям дефицита влаги проявляют лишайники и мхи. Способность быстро высыхать позволяет им без повреждений переносить нагревание солнечными лучами. Лишайники и мхи способны жить без воды более года. При увлажнении их физиологические функции быстро восстанавливаются.

Цель работы: определить динамику поглощения воды воздушно-сухими талломами лишайников при увлажнении.

Материалы и оборудование: чашки с увлажненной фильтровальной бумагой; часы с секундомером; электронные весы.

Объекты: талломы лишайников, гаметофиты мхов, хранившиеся в лабораторных условиях в воздушно-сухом состоянии при слабом освещении.

Ход работы

Три объекта взвешиваем на электронных весах и помещаем во влажную

камеру. В качестве камеры используем чашку Петри с увлажненной фильтровальной бумагой. Последующие взвешивания производим с интервалами 1, 3, 5, 10, 30, 40, 50 мин.

Таблица 5 - Динамика поглощения талломом лишайника воды

Время, мин	Масса таллома, мг			Масса поглощенной воды, мг							
				всего			на 1 г сухого таллома			средняя	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1											
5											
10											
30											
40											
50											

Вывод: _____

3.3 Водообмен ветки сосны

Водообмен растения складывается из поступления воды в растение, передвижения воды по проводящим тканям и транспирации.

Цель работы: провести количественный учет и изучить особенности трех основных процессов, из которых складывается водообмен веток сосны.

Материалы и оборудование: 0,003 % раствор эозина, весы технические, разновесы, полиэтиленовые бутылки на 500 мл с пробками (2 шт.), бритва, скаль-

пель, кристаллизатор большой, вода кипяченая, парафин, электроплитка, вата, бумага, клей, цветные карандаши.

Объект: ветки сосны.

Ход работы

В бутылку наливаем 500 мл воды, подкрашенную эозином. Берем 2-летнюю ветку сосны, очищаем от хвои нижнюю часть стебля (до мутовки побегов) и помещаем стебель в отверстие пробки. Взвешиваем всю установку.

Ставим таким же способом опыт с другой веткой, у которой после закрепления ее в отверстии пробки окольцовываем стебель.

Таблица 6 - Водный обмен ветки сосны

Вариант	Вес банки с водой, г		Вес всей установки, г		Количество воды, г		Вес хвои, г	Поверхность, г	Интенсивность транспирации, г/м ² ч
	исходный	через 7 дней	исходный	через 7 дней	поглощенной	испаренной			
Неокольцованная ветка									
Окольцованная ветка									

Через неделю повторно взвешиваем все установки, определяем количество оставшей воды в бутылках и вес хвои с веток. Испаряющую поверхность вычисляем исходя из того, что 1 г сырой хвои сосны соответствует поверхности в 33 см².

Вычисления:

Делаем бритвой продольные или поперечные разрезы стеблей.

Вывод: _____

3.4 Сравнение транспирации верхней и нижней сторон листа хлоркобальтовым методом

Если прижать к листу предварительно высушенный кусок фильтровальной бумаги, пропитанной раствором хлорида кобальта, то бумага, поглощая выделяющиеся в процессе транспирации водяные пары, будет менять свою окраску из голубой (цвет сухого CoCl_2) в розовый (цвет $\text{CoCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$). По скорости порозовения можно приблизительно судить об интенсивности транспирации.

Цель работы: сравнить интенсивность транспирации верхней и нижней сторон листа.

Материалы и оборудование: куски хлоркобальтовой бумаги, одинаковые стеклянные пластинки, резиновые кольца для перевязывания стеклянных пластинок, пинцет, плитка, лезвие бритвы, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, стакан с водой, микроскоп.

Объекты: листья любых растений.

Ход работы

Над электроплиткой сушим сложенный пополам кусок хлоркобальтовой бумаги до появления ярко голубого цвета и сразу его прикладываем к двум сторонам листа. Для устранения действия атмосферной влаги осторожно зажимаем лист вместе с наложенной на него бумагой между двумя стеклянными пластинками. Наблюдаем за изменением окраски хлоркобальтовой бумаги.

Делаем срезы верхнего и нижнего эпидермиса исследуемого листа, рассматриваем их в микроскопом.

Вывод: _____

3.5 Наблюдение за движением устьиц

У замыкающих клеток устьиц стенки, прилегающие к устьичной щели, утолщены, а наружные стенки тоньше. Неодинаковая толщина стенок замыка-

ющих клеток приводит к тому, что при изменении тургора замыкающие клетки способны менять форму, открывая или закрывая при этом устьичную щель.

Цель работы: наблюдать за устьичными движениями в воде и в растворе глицерина.

Материалы и оборудование: растворы глицерина (5 % и 20 %), 1М раствор сахарозы, микроскопы, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, фильтровальная бумага, бюксы.

Объекты: листья любых растений.

Ход работы

Срез нижней эпидермы листа и помещаем в 5% раствор глицерина на предметное стекло. Наблюдают процесс плазмолиза. Устьичные щели при этом закрываются.

Через некоторое время (минут через 15) наступает деплазмолиз и устьица открываются вследствие того, что глицерин начинает проникать через цитоплазму в клеточный сок.

Затем глицерин меняем на воду, оттягивая его из-под стекла фильтровальной бумагой.

После этого воду заменяют сильным осмотиком – 20% раствором глицерина или 1 М раствором сахарозы.

Вывод: _____

3.6 Наблюдение за перераспределением калия при движении устьиц

Ведущую роль в регуляции устьичных движений играет работа калиевых ионных насосов, обеспечивающих перераспределение калия между замыкающими клетками устьиц и соседними эпидермальными клетками. Увеличение осмотического давления в замыкающих клетках при открывании устьиц связано с поступлением в них калия, закрывание устьиц происходит при выходе калия из замыкающих клеток.

Цель работы: наблюдать перераспределение калия при движении устьиц.

Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, сосуды со снегом или льдом, лезвия безопасной бритвы, чашки Петри, бюксы, стеклянные палочки, среда инкубации, дистиллированная вода, 50% раствор глицерина, насыщенный раствор сульфида аммония.

Объекты: листья традесканции, каллов.

Ход работы

На нижней стороне подготовленных к опыту листьев острой бритвой под прямым углом к центральной жилке делаем поверхностные надрезы через 2 - 3 мм и срезаем в этом же направлении небольшие участки эпидермиса. Помещаем их на 1 - 2 мин в чашки Петри с охлажденной дистиллированной водой для удаления внеклеточного калия. Затем их переносим на 5 мин в бюкс с охлажденной инкубационной средой и промываем в чашке Петри с охлажденной дистиллированной водой в течение 2 - 3 мин. Подготовленные препараты смотрим под микроскопом в смеси 50% раствора глицерина и насыщенного раствора сульфида аммония (соотношение 1:1).

Вывод: _____

3.7 Определение интенсивности транспирации весовым методом

Интенсивность транспирации – это количество воды, испаренной с единицы листовой поверхности в единицу времени (например, с 1 м² за 1 ч). Относительная транспирация – отношение интенсивности транспирации к интенсивности испарения со свободной водной поверхности при тех же условиях; этот показатель характеризует способность растений регулировать транспира-

цию и выражается в виде десятичной дроби или в процентах.

Цель работы: сравнить интенсивность транспирации листьев растений, относящихся к разным экологическим группам.

Материалы и оборудование: весы торсионные, ножницы, скальпель, крышка чашки Петри, миллиметровая бумага, фильтровальная бумага, вода комнатной температуры.

Объекты: комнатные растения или свежесрезанные ветки древесных пород.

Ход работы

Срезанные листья с растения и быстро взвешиваем. Через 3 – 5 мин листья взвешиваем повторно.

Таблица 7 - Определение показателей транспирации

Объект	Время		Продолжительность опыта, мин	Вес, г		Убыль в весе, Г	Площадь, см ²	Интенсивность испарения воды, г/м ² ·ч	Относительная транспирация
	начало	конец		исходный	конечный				
сосуд									

Определяем поверхность листьев по пропорции: $a/v = c/S$, где a - вес квадрата; b - вес бумажных фигур; c - площадь квадрата; S - площадь листьев.

Интенсивность транспирации вычислите по формуле: $I_{mp} = n \cdot 60 \cdot 10000 / S \cdot t$, где I_{mp} - интенсивность транспирации, г/м²·ч; n - количество воды, испаренной пробегом за время опыта, г.; S - площадь листьев, см²; t - продолжительность опыта, мин; 60 - коэффициент перевода минут в часы; 10000 - коэффициент перевода см² в м².

Чтобы убедиться в том, что транспирация не является простым физическим процессом испарения, ставим одновременно с определением транспирации опыт по учету свободного испарения. Для этого взвешиваем чашку, наполненную водой, и через 30 мин повторно взвешиваем. Между взвешиваниями сосуд с водой находится в тех же условиях, при которых учитывалась транспирация. Определите испаряющую поверхность, измеряя внутренний диаметр чашки линейкой, и вычислите интенсивность испарения со свободной водной поверхности (E), пользуясь той же формулой, по которой вычислялась интенсивность транспирации. Деля интенсивность транспирации на интенсивность свободного испарения, можно находим относительную транспирацию.

Вывод: _____

3.8 Определение водоудерживающей способности растений методом «завядания» (по Арланду)

В регулировании водообмена растений значительную роль играют водоудерживающие силы, обусловленные в основном содержанием в клетках осмотически активных веществ и способностью коллоидов к набуханию. Определение водоудерживающей способности по Арланду основано на учете потери воды завядающими растениями.

Цель работы: сравнить водоудерживающую способность листьев растений разных экологических групп.

Материалы и оборудование: штативы, технические весы, ножницы, парафин, подкрашенный Суданом III.

Объекты: листья растений разных экологических групп.

Ход работы

Листья растений осторожно отделяем от стеблей. Затем основание листа покрываем парафином, чтобы исключить его участие в испарении воды. Листья взвешиваем на весах, аккуратно расставляют их в штативы и через 20 мин, 40 мин, 60 мин взвешиваем повторно. Убыль в массе показывает абсолютное количество воды, потерянной испытуемыми растениями за 20-минутные интервалы.

Таблица 8 - Определение водоудерживающей способности листьев растений

Объект	Масса листа, г			Масса испарившейся H ₂ O, г			Потеря H ₂ O, % к исходной массе			
	исходная	через 20 мин	через 40 мин	через 60 мин	через 20 мин	через 40 мин	через 60 мин	через 20 мин	через 40 мин	через 60 мин

Вычисления:

Вывод: _____

3.9 Определение содержания воды и сухого вещества в растительном материале

Степень оводненности растений является одним из существенных показателей их водного режима. В листьях большинства растений средней полосы в зависимости от погодных условий и этапов онтогенеза содержится 65 - 82% воды от сырой массы. Различные по засухоустойчивости растения отличаются характером водного обмена. Влаголюбивые виды и сорта имеют высокое содержание воды при достаточном количестве ее в почве, но быстро теряют воду при понижении влажности почвы. У более устойчивых к засухоустойчивых форм содержание влаги в растениях, как правило, ниже, но ее количество более устойчиво. Количество воды и сухого вещества в листьях определяют весовым методом.

Цель работы: сравнить содержание воды и сухого вещества в листьях растений разных экологических групп.

Материалы и оборудование: штативы, электронные весы, ножницы.

Объекты: листья растений разных экологических групп.

Ход работы

Листья растений осторожно отделяем от стеблей и взвешиваем. Затем растительный материал помещаем на 5 ч в шкаф, нагретый до 105°C, и высушивают до воздушно-сухого состояния. Затем взвешиваем.

Таблица 9 - Содержание воды и сухого вещества в листьях растений

Вариант	Повторность	Масса листьев, г		Масса, г		Содержание, %	
		исходная	сухая	воды	сухого вещества	воды	сухого вещества

Вычисления:

Вывод: _____

3.10 Определение относительной тургесцентности и водного дефицита

В качестве показателей напряженности водного режима растения используют водный дефицит и дефицит относительной тургесцентности ткани. В обоих случаях сравнивают содержание воды в растительной ткани с количеством ее в той же ткани, находящейся в состоянии полного тургора.

Цель работы: сравнить показатели напряженности водного режима в листьях растений разных экологических групп.

Материалы и оборудование: штативы, электронные весы, ножницы, чашки

Петри, вода.

Объекты: листья растений разных экологических групп.

Ход работы

Листья растений осторожно отделяем от стеблей и взвешиваем. Затем листья помещаем на поверхность воды в закрытые чашки Петри и оставляют для насыщения тканей водой на 2 ч. Тургесцентные листья просушивают снаружи фильтровальной бумагой и взвешивают. Для контроля листья вновь помещаем в воду и через 30 мин взвешиваем. Если масса ткани не изменится, значит, она полностью насыщена водой. После этого определяют массу абсолютно сухой ткани (работа 4.9).

Таблица 10 - Определение показателей водообеспеченности растений

Объект	Масса, г			Содержание воды, г	Количество воды насыщающее листья, г	Показатели водообеспеченности, %		
	исходная	тургесцентная	сухая			водный дефицит	относительная тургесцентность	дефицит относительной тургесцентности

На основании полученных данных вычисляют показатели водообеспеченности.

$$\text{Водный дефицит} = \frac{\text{масса воды, насыщающая орган} - \text{имеющаяся масса воды в органе}}{\text{масса воды, насыщающая орган}} * 100 \%$$

$$\text{Относительная тургесцентность} = \frac{\text{масса сырой ткани} - \text{масса сухой ткани}}{\text{масса тургесцентной ткани} - \text{масса сухой ткани}} * 100 \%$$

$$\text{Дефицит относительной тургесцентности} = 100 - \frac{\text{масса сырой ткани} - \text{масса сухой ткани}}{\text{масса тургесцентной ткани} - \text{масса сухой ткани}} * 100 \%$$

Вычисления:

Вывод: _____

4. Задания для контроля знаний по теме «Водный обмен»

4.1 Тест

1. Какая форма воды участвует в различных биохимических реакциях, испаряется в процессе транспирации, легко передвигается по растению, замерзает при низкой отрицательной температуре? а) свободная; б) коллоидно-связанная; в) осмотически связанная.
2. Как изменится интенсивность обмена веществ в клетке при возрастании доли связанной воды? а) увеличится; б) останется без изменений; в) понизится.
3. Как скажется на устойчивости растений к неблагоприятным условиям увеличение доли связанной воды? а) понизится; б) останется без изменений; в) повысится.
4. В каких из структур преобладает парообразная вода? а) в живых клетках; б) в мертвых элементах ксилемы; в) в межклетниках.
5. Какая часть клетки наиболее богата слабо связанной водой? а) клеточная стенка; б) вакуоли; в) цитоплазма.
6. Какие свойства растений препятствуют развитию водного дефицита? а) регулирование транспирации с помощью устьиц; б) слабое развитие кутикулы; в) способность клеток регулировать величину осмотического давления; г) опушение на эпидерме; д) мощная и глубокая корневая система; е) слабо развитая корневая система; ж) восковой налет на листьях.

7. Какие анатомо-морфологические признаки строения листа, связанные с функцией фотосинтеза, стали причиной возникновения транспирации? а) прозрачность эпидермиса; б) наличие устьиц; в) присутствие хлоропластов; г) большая площадь внутренней и наружной поверхности.
8. Какие из следствий транспирации превратили ее, по словам К. А. Тимирязева, из «неизбежного зла» в необходимую физиологическую функцию наземных растений? а) завядание растений; б) отведение до 95% энергии солнечного света, поглощенного листом, на превращение воды в пар; в) предотвращение перегрева листьев; г) наличие градиента водного потенциала, направленного от почвенного раствора через ткани растения к атмосферному воздуху; д) создание градиента величины сосущей силы между паренхимными тканями листа и раствором, содержащимся в сосудах ксилемы.
9. На какой фазе транспирации затрачивается до 95% солнечной энергии, поглощаемой листом? а) при испарении воды из оболочки в межклетники; б) при диффузии пара из межклетников через устьичные щели; в) при распространении паров воды от поверхности листа в более далекие слои атмосферы; г) при передвижении воды по градиенту водного потенциала из вакуоли через протопласт к оболочке.
10. В каком листе интенсивность кутикулярной транспирации будет наивысшей? а) в молодом; б) в зрелом; в) в старом.
11. Какой тип движений устьиц относится к гидропассивным? а) связанные с закрыванием устьиц в результате механического давления соседних эпидермальных клеток, заполненных водой; б) открывание и закрывание устьичных щелей, обусловленные изменением содержания воды в самих замыкающих клетках; в) зависящие от смены света и темноты.
12. Функционирование устьичного аппарата (закрывание и открывание устьичной щели) связано с обратимым превращением сахара в крахмал (1) и с включением активного механизма транспорта ионов калия из цитоплазмы в вакуоль за счет энергии АТФ (2). Какой из этих механизмов действует путем изменения величины осмотического давления в замыкающих клетках устьиц? а) первый; б) второй; в) первый и второй; г) ни тот, ни другой.
13. При определении устьичной и кутикулярной транспирации у листа березы оказалось, что их соотношение составляет приблизительно 1:1. Что можно сказать о возрасте листа березы? а) лист молодой; б) среднего возраста; в) лист старый.
14. При образовании органического вещества массой 1 г растение в процессе транспирации испарило воду массой 730 г. Какая единица транспирации соответствует этому показателю? а) интенсивность транспирации; б) транспира-

ционный коэффициент; в) продуктивность транспирации; г) относительная транспирация; д) экономность транспирации.

15. Первый этап поступления воды в корень — осмотический ток воды в корневой волосок из почвенного раствора. Достаточно ли этого процесса для обеспечения растения водой? *а) да; б) нет.*

16. Какие клетки обладают наименьшей величиной водного потенциала? *а) корневых волосков; б) паренхимы коры корня; в) клетки листа, прилегающие к устьицам; г) клетки листа, примыкающие к жилкам.*

17. Какой из механизмов функционирует у деревьев весной до распускания листьев? *а) верхний; б) нижний.*

18. Какие из факторов непосредственно ослабляют интенсивность процесса транспирации? *а) высокая влажность воздуха; б) достаточно высокая положительная температура; в) активное функционирование корневой системы; г) закрывание устьиц; д) высокий уровень оводненности тканей; е) присутствие в почве определенного количества кислорода.*

19. Что можно сказать о гуттации полностью погруженных водных растений? *а) она отсутствует; б) протекает, но исключительно слабо; в) идет непрерывно.*

20. Какие факты свидетельствуют о том, что плач растений является результатом метаболической деятельности корней? *а) плач прекращается после умерщвления клеток корня; б) интенсивность плача ослабевает под действием наркотиков (хлороформ, эфир); в) плач подавляется ингибиторами дыхательного процесса; г) плач прекращается после помещения корневой системы в гипертонический раствор; д) интенсивность плача тормозится при понижении температуры; е) плач замедляется при отсутствии кислорода в окружающей растении среде.*

21. Какая жидкость содержит больше минеральных веществ? *а) ксилемный сок (сок плача); б) гуттационная жидкость.*

22. Какие из явлений следует отнести не к патологическим, а к активным приспособительным реакциям на обезвоживание клеток? *а) повышение активности гидролаз; б) увеличение концентрации клеточного сока; в) падение уровня белка и возрастание содержания небелкового компонента; г) депрессия фотосинтеза; д) подвядание тканей; е) усиление интенсивности дыхания.*

23. Какое свойство цитоплазмы способствует успешному перенесению обезвоживания? *а) большая вязкость; б) высокая эластичность.*

24. Время, необходимое для разрыва цитоплазмы при центрифугировании, составляет у алоэ (*а*) 3 мин, у подорожника (*б*) 10 мин, у вероники сизой (*в*) 25 мин. Какое из этих растений более устойчиво к обезвоживанию?

25. Листья ячменя, пшеницы и проса выдержали в водяной бане при температуре 60°C, а затем перенесли в 0,2 н раствор хлороводородной кислоты. Какое растение обладает большей жаростойкостью, если у ячменя (а) при этом появились бурые пятна на 60% площади, у пшеницы (б) - на 50% площади, а у проса (в) - на 30% площади?
26. Срезы листьев овса, ржи и сорго были выдержаны в течение 10 мин в водяной бане при температуре +54°C. Затем их перенесли в 0,7 М раствор хлорида натрия и рассмотрели под микроскопом. Какое растение обладает большей жаростойкостью, если клетки листа овса (а) не плазмолизировали, клетки листа ржи (б) дали около 10% плазмолизированных клеток, а препарат листа сорго (в) - около 60%?
27. Какие из ксерофитов имеют очень вязкую и эластичную цитоплазму? а) эфемеры; б) суккуленты; в) гемиксерофиты; г) пойкилоксерофиты; д) эксерофиты.
28. Какие из признаков обеспечивают гемиксерофитам высокую интенсивность транспирации? а) наличие глубокой и сильно разветвленной корневой системы; б) клетки обладают высоким осмотическим давлением; в) имеют эффективную проводящую систему; г) листья тонкие, с густой сетью жилок; д) устьица открыты даже в жаркие дни; е) обладают высокой интенсивностью процесса фотосинтеза.
29. Какие из этих признаков позволяют эксерофитам успешно противостоять обезвоживанию? а) пониженная интенсивность транспирации; б) высокая эффективность работы устьичного аппарата; в) сильно развитое опушение листьев; г) высокая вязкость цитоплазмы; д) высокая эластичность цитоплазмы; е) неглубокая, но достаточно разветвленная корневая система.
30. Какие листья более устойчивы к засухе? а) верхние; в) среднего яруса; г) нижние.
31. Какие из признаков являются показателем пониженной устойчивости растений к запалу, связанному с их перегревом? а) небольшая вязкость цитоплазмы; б) низкая ее эластичность; в) высокая интенсивность обменных процессов; г) высокие темпы ростовых процессов; д) наличие воды в слабо связанном состоянии; е) лабильность хлорофилл-белкового комплекса.

4.2 Задачи

1. Чем можно объяснить то, что у растений, живущих в условиях нормального водоснабжения, осмотический потенциал составляет от -0,5 до -3,0 МПа, а у живущих на засоленных почвах – от -6,0 до -10,0 МПа?
-
-

2. Исходя из данных табл. 11 определите содержание воды и водоудерживающую способность листьев растений. Какие выводы вы можете сделать?

Таблица 11

Условия водоснабжения растений	Масса листьев, г					
	исходная	после выдерживания на воздухе через				после высушивания
		30 мин	60 мин	90 мин	120 мин	
Избыточное	22	21	19,5	18	16	2
Нормальное	25	23	21	19	17	5
Недостаточное	20	18	15	12	10	5

3. Береза за 5 часов испарила воду массой 4,5 кг, а корневая система за это же время поглотила воду массой 3,6 кг. Сосна за 2 час испарила воду массой 950 г, а корневая система за это же время поглотила воду массой 1200 г. Определите водный баланс растений. К каким последствиям такой баланс может привести? Какие условия внешней среды способствуют указанному выше несовпадению?

4. Лист растения массой 5 г поместили на 2 часа воду, после чего взвесили. Масса листа составила 5,5 г. После высушивания масса листа оказалась 3,8 г. Рассчитайте показатели водообеспеченности листа растения: водный дефицит, относительную тургесцентность, дефицит относительной тургесцентности и содержание воды в ткани. Дайте характеристику этим показателям.

4.3 Контрольные вопросы

- 1.** Водный обмен и водный баланс растительного организма. Влияние факторов внешней среды на водный обмен растений.
- 2.** Поглощение воды растением. Морфологические и анатомические особенности корневой системы как органа поглощения воды. Работа нижнего концевое двигателя. Радиальный транспорт воды по корню.
- 3.** Передвижение воды по растению. Пути ближнего и дальнего восходящего транспорта. Движущие силы тока воды в растении.
- 4.** Транспирация. Работа верхнего концевое двигателя. Физиологическое значение транспирации. Виды транспирации. Количественные показатели транспирации: интенсивность, продуктивность, транспирационный коэффициент, относительная транспирация.
- 5.** Лист как орган транспирации. Физиология устьичных движений. Суточный ход транспирации. Регуляция устьичной транспирации.
- 6.** Влияние внешних и внутренних факторов на процесс транспирации.
- 7.** Проблема водного дефицита. Водный стресс. Изменение физиологических процессов в тканях растений в условиях обезвоживания.
- 8.** Ксероморфная структура. Правило В.Р. Заленского.
- 9.** Особенности водного обмена у растений разных экологических групп и пути адаптации растений к водному дефициту.

5 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ»

5.1 Микрохимический анализ золы растений

В основе микрохимического анализа лежит свойство некоторых солей образовывать характерной формы кристаллы, по которым можно судить о наличии в составе золы того или иного элемента.

Цель работы: выявить наличие некоторые ионов (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-}) в золе органов растений.

Материалы и оборудование: микроскопы, стеклянные тонкие палочки с оттянутыми концами, предметные стекла, пробирки, воронки, фильтровальная бумага, бумажные фильтры, спиртовка, пинцет, спички, маркер для стекла, этанол, дистиллированная вода, 10%-ный раствор HCl , 1 %-ные растворы кислот H_2SO_4 , HNO_3 , 1 %-ные растворы солей $NaHC_4H_4O_6$, $K_4[Fe(CN)_6]$, $(NH_4)MoO_4$, $(CH_3COO)_2Pb$, Tl_2SO_4 , смесь следующего состава: 1 г Na_2HPO_4 , 4 г NH_4Cl , 6 г NH_4OH , 2 г лимонной кислоты в 250 мл воды (реактив на магний).

Объекты: зола из заготовленных летом высушенных листьев, стеблей, соцветий, плодов и кусочков древесины различных растений.

Ход работы

Из золы готовим в пробирках два раствора — водный для выявления Cl^- и K^+ и солянокислый для определения всех остальных ионов. Часть золы заливаем 10 мл дистиллированной воды, перемешиваем и отфильтровываем в чистую пробирку. К оставшейся золе прибавляют 10 мл 10% HCl , перемешивают и отфильтровывают раствор в чистую пробирку. С растворами проделываем все качественные реакции.

Обнаружение ионов калия. Реактивом на ионы калия является гидротартрат натрия $NaHC_4H_4O_6$, который с нейтральным раствором солей калия дает осадок гидротартрата калия $KHC_4H_4O_6$ в виде крупных призм и пластинок.

Обнаружение ионов кальция. Характерным реактивом на кальций является серная кислота. В результате этой реакции выпадают игольчатые кристаллы гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, которые иногда могут располагаться группами, напоминающими снежинки.

Обнаружение ионов магния. Капли испытуемого раствора и контрольной соли соединяем с реактивом, состоящим из гидрофосфата натрия, хлорида аммония, лимонной кислоты и гидроксида аммония. При медленной кристаллизации выпадают кристаллы фосфата магния-аммония в виде трапеций, призм и октаэдров; при быстрой кристаллизации — в виде звезд, крестов и ветвящихся образований.

Обнаружение ионов железа. Присутствие в вытяжке ионов железа Fe^{3+} обнаруживаем при взаимодействии с гексоцианоферратом (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$. В результате образуется интенсивно-синий осадок гексоцианоферрата (II) железа $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

Обнаружение фосфора. Ионы PO_4^{3-} можно обнаруживаем в растворе при взаимодействии с молибдатом аммония $(NH_4)MoO_4$. В результате выпадают зеленовато-желтые мелкие кристаллы сложной комплексной соли.

Обнаружение ионов SO_4^{2-} . в качестве реактива используем раствор ацетата свинца $(CH_3COO)_2Pb$. Выпадают очень мелкие кристаллы сульфата свинца в виде длинных игл, звезд и ромбов.

Обнаружение ионов хлора. Анионы хлора обнаруживаем в водном растворе золы сульфатом или нитратом таллия. При взаимодействии хлора с одним из этих реактивов выпадают кристаллы хлорида таллия, в виде крестообразных мечевидных образований черного цвета.

Характерные формы кристаллов

K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe^{3+}	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	Cl^-

Вывод: _____

5.2 Обнаружение нитратов в растениях

Соли азотной и азотистой кислот, поглощаемые корнями из почвы, восстанавливаются в растении до аммиака, который используется для синтеза аминокислот и других соединений. При неблагоприятных условиях часть нитратов (нередко весьма значительная) может пройти через паренхиму коры корня в неизменном виде. В этом случае нитраты попадают в сосуды ксилемы и поднимаются с восходящим током к листьям, где и происходит их восстановление. Определение содержания нитратов в соке, отжатом из стеблей, черешков и пластинок листа, позволяет судить о восстановлении нитратов в корнях. Для обнаружения нитратов используют реактив с дифениламином, который в присутствии иона NO_3^- дает синюю окраску. По интенсивности посинения можно су-

дить о количестве нитратов в исследуемом объекте.

Цель работы: познакомиться с простым и доступным способом определения нитратов в растительном сырье и грамотно оценить их количество.

Материалы и оборудование: раствор KNO_3 или $NaNO_3$ в концентрациях, мг/л: 1000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 100, 50, 10 в небольших склянках; 1 %-ный раствор дифениламина в концентрированной H_2SO_4 в капельнице, пинцет, стеклянные палочки, плоские белые фарфоровые тарелки, кусок стекла, фломастер, цветные карандаши, фильтровальная бумага, ножницы, нож, скальпель, бритва.

Объекты: любые растения.

Ход работы

На белую фарфоровую поверхность тарелки или стеклянной пластинки наносим капли контрольных растворов KNO_3 или $NaNO_3$, и добавляем по одной капле дифениламина. Получаем концентрационную шкалу окраски, соответствующую определенному содержанию нитратов. С помощью этой шкалы количественно оцениваем содержание нитратов в растительном материале, сравнивая с ней по цвету опытную пробу.

Взятые для исследования плоды, клубни, корнеплоды, луковицы и т.д. раскладываем на столе, отделяем ткани и части органов для анализа. Сок отжимаем на поверхность стекла, под которым лежит лист белой бумаги, или на поверхность тарелки с помощью пинцета или стеклянной палочки. Образцы подписываем фломастером. Одновременно острой бритвой делаем срезы изучаемой ткани, органа. На срез и выжатую порцию сока наносят по капле дифениламина. Оцениваем количество нитратов согласно данным концентрационной шкалы окраски.

Таблица 12 - Оценка содержания нитратов в органах растений

Растение (орган)	Количество нитратов в соке	Количество нитратов в срезе

Вывод: _____

5.3 Определение общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы методом Сабинина и Колосова

Одной из важнейших характеристик состояния корневой системы является ее масса и поглощающая поверхность. Большинство поглощаемых корнем веществ не только адсорбируются, но и десорбируются с его поверхности. В качестве поглощаемого вещества, которое можно легко можно определить колориметрически, авторы метода выбрали метиленовую синь (МС). Было установлено, что 1 мг МС при мономолекулярной адсорбции покрывает $1,05 \text{ м}^2$ поверхности адсорбента. Зная исходную концентрацию раствора МС и после экспозиции в ней корней, по разности можно определить, какое количество миллиграммов сини адсорбировалось корневой системой. Умножение этого количества МС на $1,05 \text{ м}^2$ дает величину поглощающей поверхности.

Цель работы: определить общую и рабочую адсорбирующую поверхность корневой системы.

Материалы и оборудование: 0,0003 н.раствор метиленовой сини (на 1 л 112,0 мг предварительно подсушенной при $95 - 100^\circ\text{C}$ МС), 0,2 М раствор CaCl_2 (22,2 г/л), химические стаканы на 25 – 50 мл, фильтровальная бумага, весы, калибровочная кривая на МС в интервале концентраций 1 – 12 мг/л..

Объекты: 10 - 14-дневные проростки растений.

Ход работы

Для работы лучше использовать корни растений, выращенных в водной культуре. Вначале определяем объем корней. Затем в три стакана наливаем 0,0003 н. раствор МС, объем которой должен быть примерно в 10 раз большим, чем объем корней. В четвертый стакан наливаем раствор CaCl_2 . Слегка обсушив корни фильтровальной бумагой, последовательно погружаем их в три стакана с раствором МС на полторы минуты в каждый. После каждого погружения дают возможность раствору сини стечь в тот же бюкс, из которого были вынуты корни.

По учету количества поглощенной сини в первых двух стаканах определяют общую адсорбирующую поверхность корней. МС, поглощенная в третьем стакане, характеризует рабочую адсорбирующую поверхность. Разница между общей и рабочей адсорбирующей поверхностями дает представление о масштабе недействительной поверхности корней. Частное от деления величин общей и рабочей поверхности на объем корней (более грубо на их сырую массу в граммах) дает представление о соответствующих величинах удельной адсорбирующей поверхности корней.

Окрашенные корни после извлечения из третьего стакана промываем водой и помещаем в стакан с CaCl_2 . МС, несущая положительный заряд, в ре-

зультате обменной адсорбции ионов Ca^{2+} выделяется из корней и окрашивает раствор в синий цвет.

Таблица 13 - Определение адсорбирующей поверхности корней

Вариант (объект)	Объем раствора МС в стакане	Количество МС в бюксе, мг			Адсорбирующая поверхность, м ²					
		до погружения корней	после погружения корней	поглощенной	общая	рабочая	недеятельная	удельная		
								общая	рабочая	недеятельная

Вычисления:

Вывод: _____

6 Задания для контроля знаний по теме «Минеральное питание растений»

6.1 Тест

1. Фосфор входит в состав макроэргических соединений, является компонентом нуклеиновых кислот, коферментных систем (НАД, НАДФ, коэнзима А, ФАД и др.), участвует в активировании сахаров путем их фосфорилирования. В какой форме присутствует фосфор в этих соединениях? 1) в окисленной; 2) в восстановленной; 3) в той и другой.
2. Сера входит в состав аминокислот (цистина, цистеина, метионина), некоторых витаминов (биотина, тиамин), коферментов (коэнзима А), эфирных ма-

сел лука и т. д. В какой форме сера присутствует в этих соединениях? 1) В окисленной; 2) в восстановленной; 3) в той и другой.

3. Физиологическая роль магния обусловлена следующим: 1) он входит в состав хлорофилла; 2) поддерживает структуру рибосом, вызывая ассоциацию их субъединиц; 3) активизирует ряд ферментов (ДНК- и РНК-полимеразу, аденозинтрифосфатазу, глутаминсинтетазу и др.); 4) инактивирует некоторые ингибиторы ферментативных реакций. Исходя из сказанного, выясните, почему при недостатке магния в растениях наблюдается резкое снижение содержания белков.

4. Физиологическая роль калия заключается в следующем: 1) он снижает вязкость цитоплазмы, повышая ее осмотическую проницаемость; 2) активизирует деятельность ряда ферментных систем (гексокиназы, пируваткиназы, некоторых ферментов цикла Кребса); 3) активизирует транспорт органических веществ по флоэме; 4) участвует в регуляции устьичных движений; 5) имеет важное значение в образовании полимеров (например, крахмала в клубнях картофеля); 6) увеличивает проницаемость мембран тилакоидов хлоропластов для ионов водорода, что способствует поддержанию протонного градиента. Какие из этих свойств калия непосредственно связаны со снижением содержания АТФ в клетках растений при его недостатке?

5. Какой элемент, входящий в состав каталитических центров многих окислительно-восстановительных ферментов (цитохромов, каталазы, пероксидазы), необходим для образования предшественников хлорофилла? 1) калий; 2) кальций; 3) сера; 4) магний; 5) фосфор; 6) железо.

6. При недостатке какого элемента резкое торможение роста растений сопровождается интенсивным накоплением в их тканях антоцианов? 1) калия; 2) кальция; 3) серы; 4) магния; 5) фосфора; 6) железа.

7. Физиологическая роль марганца определяется следующими факторами: 1) он активизирует ферменты, катализирующие реакции цикла Кребса (дегидрогеназы яблочной кислоты, лимонной кислоты, декарбоксилазу щавелево-уксусной кислоты и др.); 2) входит в состав ферментов, участвующих в восстановлении нитратов; 3) активизирует фермент, принимающий участие в окислении фитогормона ауксина; 4) необходим для нормального протекания процесса фотосинтеза, а именно для фотоокисления воды; 5) играет специфическую роль и поддержания структуры хлоропластов. Основываясь на этих фактах, объясните, почему при выращивании подсолнечника на питательной среде Кнопа (состав: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KH_2PO_4 , KCl , MgSO_4 , FeCl_3), лишенной марганца, наблюдалось резкое подавление роста растений, а на питательной среде, содержащей аммонийный азот, рост подсолнечника тормозился значительно слабее.

8. Меди присущи следующие функции: 1) этот элемент входит в состав ряда ферментов (аскорбиноксидазы, полифенолоксидазы); 2) активирует некоторые ферменты, например нитратредуктазу; 3) входит в состав медьсодержащего белка пластоцианина; 4) стабилизирует молекулы хлорофилла в хлорофилл-белковых комплексах. Какие из этих свойств способствуют более высокому содержанию хлорофилла и уровню фотосинтеза в растениях, получивших медьсодержащие удобрения?

9. Физиологическая роль цинка обусловлена следующим: 1) он входит в состав ферментов (фосфатазы, карбоангидразы и др.); 2) активируя фермент триптофансинтазу, цинк стимулирует образование предшественника в синтезе фитогормона ауксина. При отсутствии цинка возникает мелколистность, мелкоплодность, уродливая деформация плодов цитрусовых, косточковых и семечковых пород. Какая из указанных функций цинка ответственна за эти явления?

10. Молибден выполняет следующие функции: 1) он входит в состав активного центра нитратредуктазы; 2) активирует ферментные системы, участвующие в фиксации свободного азота; 3) обеспечивает поддержание высокого уровня аскорбиновой кислоты; 4) входит в состав ксантиноксидазы; 5) усиливает поступление в растения кальция. Какая из этих функций связана с предотвращением ослизнения клеточных стенок корня?

11. Физиологическая роль бора заключается в следующем: 1) он способен образовывать комплексы с различными органическими веществами (сахарами, полисахаридами, спиртами и др.), активируя их использование в биохимических процессах; 2) поддерживает нормальную деятельность верхушечных меристем; 3) способствует дифференцировке проводящей системы; 4) участвует в синтезе лигнина; 5) оказывает положительное воздействие на отток углеводов из листьев. Какие из этих функций бора позволяют объяснить возникновение сухой гнили сердечка у свеклы, отмирание верхушечной меристемы побегов табака?

12. Кобальт входит в состав витамина В₁₂, который необходим для осуществления процесса фиксации молекулярного азота. Какое из перечисленных растений более чувствительно к недостатку кобальта? 1) пшеница; 2) свекла; 3) вика; 4) табак; 5) картофель; 6) подсолнечник.

13. Какие элементы входят в состав ферментов, катализирующих фиксацию свободного азота? 1) марганец; 2) медь; 3) цинк; 4) молибден; 5) бор; 6) кобальт.

14. Процесс восстановления нитратов осуществляется в результате ряда этапов, катализируемых следующими ферментами: 1) нитратредуктазой; 2)

- нитритредуктазой; 3) гипонитритредуктазой; 4) гидроксилламинредуктазой.*
Какой этап зависит от присутствия марганца?
15. В течение 3 мин корневая система ячменя находилась в растворе метиленовой сини и поглотила краситель массой 1,4 мг. За это время произошло насыщение всей адсорбирующей поверхности корня. За последующие 1,5 мин корни поглотили метиленовую синь массой 0,8 мг, так как часть поверхности корня освободилась от красителя в результате поступления его во внутренние ткани корня. Каково в этом опыте соотношение рабочей и нерабочей поверхности корней ячменя? 1) Рабочая поверхность корней больше нерабочей; 2) рабочая поверхность меньше нерабочей; 3) они равны.
16. Антибиотик хлорамфеникол (левомицетин) подавляет синтез белков в клетках. Какое влияние окажет на поглощение корнями ионов введение этого вещества в питательный раствор Кнопа, на котором выращивалось растение? 1) Усилит; 2) не окажет влияния; 3) затормозит.
17. При передвижении веществ из коры в стебель через пропускные клетки эндодермы, которые отличаются от остальных ее клеток наличием живого протопласта, этот ток веществ проходит мембранный контроль. Одинаковым и будет механизм транспорта воды и ионов через мембраны пропускных клеток? 1) Да; 2) нет.
18. Какой механизм лежит в основе передвижения солей по сосудам ксилемы? 1) Диффузия ионов в растворе, заполняющем сосуды ксилемы; 2) присасывающее действие транспирации; 3) нагнетающее действие корневого давления.
19. Три одинаково укоренившихся листа бегонии поместили в стаканы с дистиллированной водой. У одного листа (1) удалили все корни, у другого (2) — половину, а у третьего (3) они были сохранены. Какой лист быстрее изменит свою окраску?
20. Азот входит в состав жизненно важных соединений: 1) белков; 2) нуклеиновых кислот; 3) аминокислот; 4) порфиринов; 5) некоторых витаминов; 6) пуриновых и пиримидиновых азотистых оснований и т. д. При недостатке азота наблюдается резкое ослабление роста и появление хлоротичной окраски листьев, особенно нижних. С недостатком каких из перечисленных веществ связано изменение окраски листьев?
21. В зависимости от способности фиксировать свободный азот в симбиозе с высшими растениями или самостоятельно микроорганизмы подразделяют на симбиотические и несимбиотические азотфиксаторы. Среди перечисленных микроорганизмов укажите несимбиотические азотфиксаторы. 1) Бактерии из рода *Rhizobium*; 2) *Clostridium pasteurianum*; 3) *Azotobacter chroococcum*; 4) некоторые сине-зеленые водоросли.

22. Главным источником азотного питания для высших растений являются нитраты и аммонийные соли. Корни растений хорошо усваивают нитраты, которые, поступив в растение, подвергаются ферментативному восстановлению. Этот процесс протекает в корнях за счет энергии, высвобождающейся в ходе дыхания, или в листьях при участии световой энергии. В какой части растения обнаруживается наименьшее количество нитратов? 1) В корнях; 2) в стеблях; 3) в черешках; 4) в листовых пластинках.

23. Для восстановления нитратов требуется присутствие восстановленных никотинамидов (НАДН₂, НАДФН₂), являющихся донорами электронов. Какие из перечисленных условий способствуют этому процессу? 1) Высокий уровень содержания в тканях углеводов; 2) низкий уровень содержания в тканях углеводов; 3) высокая интенсивность дыхания; 4) низкая интенсивность дыхания; 5) высокая интенсивность фотосинтеза; 6) низкая интенсивность фотосинтеза.

24. Наряду с нитратами важное значение в питании растений азотом имеют аммонийные соединения. Ионы аммония поступают в растения из почвы или образуются при восстановлении нитратов и окислительном дезаминировании аминокислот. В каких случаях аммиак накапливается в растительных тканях?

1) При старении листьев перед листопадом; 2) при засухе; 3) при распускании почек; 4) при высокой активности нитратредуктазы; 5) при низкой активности этого фермента; 6) при деятельности в почве бактерий-аммонификаторов.

25. Аммиак ядовит для клеток, а в растениях он обезвреживается путем включения в состав различных органических соединений, образующихся при следующих реакциях: 1) прямом аминировании α -кетоглутаровой, щавелевоуксусной и фумаровой кислот с образованием аминокислот (аспарагиновой, глутаминовой); 2) трансаминировании некоторых аминокислот (аланина, аспарагиновой и глутаминовой), которое приводит к получению других аминокислот и высвобождению органических кислот, способных вновь подвергаться аминированию; 3) амидировании глутаминовой и аспарагиновой кислот с образованием амидов глутамина и аспарагина; 4) трансаминировании, сопровождающемся переносом аминогруппы от амидов к другим соединениям и возникновением аспарагиновой и глутаминовой аминокислот; 5) взаимодействии органических кислот с аммиаком с образованием солей. Какие из этих реакций непосредственно обезвреживают аммиак?

26. Д. И. Прянишников впервые доказал, что высшие растения могут использовать в качестве азотного питания не только ион NO₃⁻, но и ион NH₄⁺, хотя в опытах с водными культурами аммонийные соли не давали достаточного эффекта. Усиление темпов роста растений в водных культурах ученый добился, добавив в питательный раствор немного извести. Почему ее внесение способст-

вует усиленному росту растений в описанном эксперименте? 1) Аммонийный ион хорошо усваивается, и в питательном растворе происходит накопление аниона, подкисляющего этот раствор; 2) соли аммония в связи с поглощением иона NH_4^+ являются физиологически кислыми; 3) ион Ca^{2+} конкурирует с ионом NH_4^+ .

27. Можно ли использовать аммонийные соли на кислых почвах без известкования? 1) Да; 2) нет.

28. Два участка, занятых рисом, идентичны во всех отношениях исключением наличия сине-зеленых водорослей. На каком из них будет наблюдаться более высокий урожай риса? 1) На участке без водорослей; 2) с водорослями.

6.2 Контрольные вопросы

1. Развитие учения о минеральном питании растений. Методы исследования минерального питания растений. Роль растений в круговороте минеральных элементов в биосфере.

2. Функции корневой системы. Корневая система как орган поглощения, преобразования и синтеза веществ.

3. Макроэлементы (N, P, S, K, Ca, Mg, Fe), формы поступления, пути включения в обмен, физиологическая роль и функциональные нарушения при их недостатке в растении.

4. Микроэлементы (Cu, Mn, Zn, Mo, B), формы поступления, пути включения в обмен, физиологическая роль и функциональные нарушения при их недостатке и избытке в растении.

5. Особенности азотного питания и обмена высших растений.

6. Механизмы поглощения минеральных веществ. Пассивное и активное поступление веществ в корневую систему.

7. Ионный транспорт в растении. Радиальный транспорт. Дальний и ближний транспорт веществ.

8. Влияние внешних и внутренних факторов на минеральное питание растений.

7 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «ФОТОСИНТЕЗ»

7.1 Пигменты фотосинтеза и их свойства

Пигменты фотосинтеза находятся в мембранах тилакоидов. У высших растений это хлорофиллы *a* и *b*, каротиноиды. Обычно пигменты из растительной ткани извлекают полярными растворителями (этанолом, этиловым эфиром, ацетоном), которые нарушают связь хлорофиллов и каротиноидов с липопротеидами пластид и обеспечивают их полное экстрагирование из живых листьев. Из сухого растительного материала экстракцию ведут с добавлением воды, чтобы нарушить связи с молекулами белка.

Цель работы: ознакомиться с методами экстракции пигментов и с их химиче-

скими свойствами.

Материалы и оборудование: ступка с пестиком, воронка, фильтр, штатив с пробирками, стеклянные палочки, 2 колбы на 200 мл, электроплитка, NaOH или KOH в кристаллах, этанол.

Объекты: зеленые листья любых растений, сухие листья крапивы.

Ход работы

Получение спиртовой вытяжки из листьев. Экстракт пигментов в количестве от 3 до 10 мл получают из живых листьев. Навеску листьев в 0,5 - 2 г размельчаем и тщательно растираем в ступке с 10 мл спирта, добавляя его несколькими порциями. Осадок пропускаем через складчатый бумажный фильтр для ускорения фильтрации. Экстракт пигментов используем в работе.

Омыление хлорофилла щелочью. В пробирку с 2 - 3 мл спиртовой вытяжки пигментов добавляем такой же объем бензина и 2 капли воды. Закрываем пробкой и сильно встряхиваем содержимое в течение 15 - 20 с, после чего пробирку ставим в штатив до разделения слоев бензина и спирта.

Затем в пробирку бросают кусочек кристаллической щелочи (KOH) и снова сильно встряхиваем содержимое до ее растворения. Даем смеси жидкостей расслоиться.

Получение феофитина и обратное замещение в нем водорода атомом металла. В три пробирки отливаем по 2 мл спиртовой вытяжки пигментов. Одну пробирку оставляют для контроля. В двух других получаем феофитин. Для этого в пробирки добавляют по 2 - 3 капли 10% соляной кислоты или в пробирки с растворами пигментов погружают стеклянные палочки, смоченные в концентрированной соляной кислоте. При этом окраска вытяжки становится бурой, так как хлорофилл превращается в феофитин.

Одну пробирку с феофитином оставляем для сравнения, а в другой феофитин переводим в металлозамещенный хлорофилл, добавляя в нее 2 - 3 кристаллика ацетата цинка или ацетата меди, затем подогреваем. Зеленый цвет пигмента восстанавливается. В этом случае ионы металла (цинка или меди) вытесняют водород в молекуле феофитина и занимают центральное положение в его молекуле, образуя очень стойкое соединение — металлозамещенный хлорофилл.

Закрывать пробирки пробками, снабдить этикетками и оставить в штативе на свету. Через неделю сделать выводы о стойкости хлорофилла и металлозамещенного хлорофилла, отмечая изменения цвета раствора.

Вывод: _____

7.2 Разделение смеси фотосинтетических пигментов

Метод разделения пигментов основан на разной растворимости пигментов в спирте и бензине.

Цель работы: ознакомиться с методом Крауса, получить растворы каротина и ксантофилла.

Материалы и оборудование: штатив с пробирками, этанол, NaOH или KOH кристаллические, бензин, колба Бунзена со стеклянным фильтром, водоструйный насос, ступка с пестиком.

Объекты: листья любых растений или спиртовой экстракт из листьев, полученный в работе 2.1.

Ход работы

В пробирку с 2 – 3 мл спиртового раствора пигментов добавляем такое же количество бензина и 2 капли воды (для лучшего отделения спирта от бензина). Пробирку хорошо взбалтываем и даем смеси пигментов отстояться.

Для отделения каротина от хлорофилла верхний бензиновый слой пипеткой переносим в чистую пробирку. В этой зеленой вытяжке каротин незаметен, так как его маскирует хлорофилл, преобладающий количественно. В пробирку добавляем 2 мл этилового спирта и 3 капли воды, вносят несколько кристалликов щелочи и сильно встряхиваем.

Вывод: _____

7.3 Оптические свойства пигментов зеленого листа

Для пигментов характерно избирательное поглощение лучей света. Хлорофилл поглощает красные и сине-фиолетовые лучи, каротиноиды поглощают только сине-фиолетовые лучи. Для определения того, какие лучи поглощает пигмент, пользуются спектроскопом.

7.3.1 Спектры поглощения пигментов листа

Цель работы: исследовать оптические свойства пигментов листа.

Материалы и оборудование: концентрированная спиртовая вытяжка пигментов, растворы каротина и ксантофилла, этанол, спектроскоп, два осветителя, набор кювет разной ширины с плоскопараллельными стенками, ступка с пестиком, пробирки, воронка, бумажный фильтр, медицинский шприц, дистиллированная вода, пинцеты.

Объекты: листья комнатных растений.

Ход работы

Налаживаем освещение щели и шкалы спектроскопа так, чтобы спектр излучения совпадал со шкалой длины волн. Этот спектр зарисовываем цветными карандашами и отмечаем длину волны разных его участков.

Затем наливаем спиртовой раствор пигментов в кювету и устанавливаем ее перед щелью спектроскопа. Рассматриваем спектр поглощения хлорофилла. Полосы поглощения заштриховываем черным карандашом.

Рассматривают и зарисовывают спектры поглощения каротина и ксантофилла. Для этого используют растворы пигментов, полученные в работе 7.2.

Вывод: _____

7.3.2 Наблюдение флуоресценции хлорофилла

Флуоресценция хлорофилла — испускание возбужденной молекулой хлорофилла света с длиной волны, большей, чем длина волны света, возбуждавшего флуоресценцию. Флуоресценция обнаруживается по красному цвету раствора хлорофилла, рассматриваемого в отраженном свете на темном фоне.

Цель работы: наблюдать флуоресценцию хлорофилла.

Материалы и оборудование: электрическая лампа, штатив, пробирка, ступка, пестик, 5 мл этанола.

Объекты: зеленые листья любых растений.

Ход работы

Получаем раствор хлорофилла и рассматриваем его в отраженном свете настольной лампы. Отмечаем красную флуоресценцию спиртовой вытяжки листа, которая содержит все пигменты. Рассматривают спиртовую вытяжку листа в проходящем свете, отмечаем ее зеленую окраску, обусловленную присутствием хлорофилла. В проходящем свете красная флуоресценция не видна, так как интенсивный проходящий свет маскирует ее.

Наблюдение:

Вывод: _____

7.4 Определение содержания пигментов

Количественный анализ пигментов включает экстракцию их из растительных тканей растворителями и колориметрирование.

Цель работы: определить содержание хлорофилла.

Материалы и оборудование: ступка, пестик, ножницы, фильтровальная бумага, воронка, цилиндр, 10 мл этанола.

Объекты: зеленые листья любых растений.

Ход работы

Навеску листьев размельчаем и тщательно растираем в ступке с 10 мл 96% этилового спирта, добавляя его несколькими порциями. Осадок отделяем фильтрованием. Объем фильтрата замеряем. Фильтрат колориметрируют на фотометре КФК-3 при длинах волн 452,5 нм, 649 нм, 665 нм. Концентрацию и содержание хлорофилла рассчитываем по формулам:

$$C_{Хл\ a} = 13,7 \cdot D_{665} - 5,76 \cdot D_{649} \quad C_{Хл\ в} = 25,8 \cdot D_{649} - 7,6 \cdot D_{665}$$

$$C_{Хл\ a+в} = 6,1 \cdot D_{665} + 20,04 \cdot D_{649} \quad C_{каратин.} = 4,75 \cdot D_{452,5} - 0,226 \cdot C_{Хл\ a+Хл\ в}$$

$$A = \frac{C \cdot V}{m \cdot 1000},$$

где C - концентрация пигмента, мг/л; D_{665} , D_{649} , $D_{452,5}$ - оптическая плотность раствора при длинах волн 665, 649 и 452,5 нм соответственно; A - содержание пигмента в растительном материале, мг/г_{массы}; V - объем вытяжки пигментов, мл; m - навеска растительного материала, г; 1000 - коэффициент перевода мл в л.

Таблица 14 - Определение содержания пигментов

Объект	Масса листа, г	Объем вытяжки, мл	Оптическая плотность вытяжки			Концентрация пигментов, мг/л				Содержание пигмента, мг/г _{массы}			
			D_{665}	D_{649}	$D_{452,5}$	Хлорофилл a	Хлорофилл b	Хлорофилл $a+b$	Каротиноидов	Хлорофилл a	Хлорофилл b	Хлорофилл $a+b$	Каротиноидов

Вычисления:

Вывод: _____

7.5 Обнаружение процесса фотосинтеза

7.5.1 Обнаружение выделенного при фотосинтезе O_2 с помощью метиленового синего

Известный краситель — метиленовый синий (МС) способен к окислительно-восстановительным превращениям, он может быть как акцептором ионов водорода, так и их донором. В основе опыта лежит свойство МС давать бесцветное соединение при воздействии восстановителя Na_2SO_3 и переходить снова в окрашенное соединение при воздействии окислителей H_2O_2 или O_2 .

Цель работы: доказать, что растение на свету выделяет O_2 .

Материалы и оборудование: высокие пробирки или цилиндры, концентрированный раствор метиленового синего в спирте, насыщенный раствор Na_2SO_3 , 3%-ный H_2O_2 , настольная лампа 100 W.

Объекты: элодея, валлиснерия, роголистник.

Ход работы

В три пробирки наливаем водопроводную воду и подкрашиваем МС ярко-голубой окраски, а затем добавляем Na_2SO_3 до обесцвечивания всех трех растворов. Во вторую пробирку наливаем пероксид водорода до изменения цвета снова в ярко-голубой, а в третью помещаем растение. Все пробирки выставляют на свет и наблюдают за тем, как изменяется в них цвет раствора.

Наблюдение:

Вывод: _____

7.5.2 Поглощение зеленым растением углекислого газа из воздуха

Углекислый газ, содержащийся в воздухе, проникает в мезофилл листа через устьица. В хлоропластах он используется на построение органических веществ.

Цель работы. Установить, что зеленые листья на свету поглощают углекислый газ.

Материалы и оборудование: гидроксид кальция (известковое молоко) $\text{Ca}(\text{OH})_2$, фенолфталеин, мерный цилиндр или пипетка на 10 мл, две колбы на 250 мл с пробками, штатив металлический с лапками и муфтами, электрическая лампа.

Объекты: пеларгония или розан китайский, колеус.

Ход работы

Подбираем две одинаковые колбы объемом 250 мл. В одну колбу помещаем побег с несколькими листьями. Отверстие колбы закрываем пробкой. Вторая колба – контрольная, без побега. Колбы выставляют на яркий свет. Экспозиция длится 30 – 40 мин. После опыта вынимаем побег из колбы, колбы закрываем пробками. Затем осторожно приоткрываем пробки и вливаем в каждую колбу по 10 мл известкового молока, подкрашенного в розовый цвет фенолфталеином. Вращательными движениями руки растворы в колбах помешиваем в течение 2 – 3 мин и наблюдаем за уменьшением интенсивности их окраски.

Наблюдение:

Вывод: _____

7.5.3 Получение отпечатков на листьях с помощью крахмальной пробы

Работа показывает, что при фотосинтезе на свету в листе образуется органическое вещество в виде крахмала, а также доказывает необходимость света в этом процессе.

Цель работы: показать, что в листьях на свету в процессе фотосинтеза синтезируется крахмал.

Материалы и оборудование: этанол, раствор йода в йодиде калия, водяная баня, электроплитка, химический стакан на 50 - 100 мл, тарелка, лампа на 100 - 200 W, плотная бумага, фольга, канцелярские скрепки, трафареты с вырезанными фигурами, пинцет.

Объекты: гортензия, пеларгония, колеус, герань, примула, подсолнечник, настурция, табак, сахалинская гречиха, одуванчик и т.д.

Ход работы

При подготовке листьев к опыту комнатные растения переносим в темный шкаф на двое суток (не забывая о поливе), чтобы произошел отток крахмала из клеток листа или чтобы он был израсходован на процессы метаболизма.

Через 2 суток на листе прикрепляем трафарет с вырезанным отверстием. Экспозиция на свету длится 2 ч. Затем лист срезаем, снимаем трафарет. Погружают лист на 2 - 3 мин в кипяток, чтобы убить ткани, а затем в горячий спирт для извлечения пигментов. стакан со спиртом и листьями помещаем в водяную баню с кипящей водой и выдерживаем в горячем спирте до полного извлечения пигментов из листьев и их обесцвечивания. В спирте происходит сильное обезвоживание листа, он становится жестким и легко ломается. Поэтому спирт сливаем, а в стакан наливают воду, лист становится мягким, затем его переносим тарелку с раствором йода в йодиде калия. Постепенно на освещавшихся участках листа появляется темная фигура, соответствующая трафарету.

Наблюдение:

Вывод: _____

7.5.4 Образование сахара в зеленых листьях на свету

Большинство зеленых растений на свету образует органическое вещество крахмал. Их называют крахмалофильными растениями. Некоторые растения в тех же условиях образуют не крахмал, а сахар. К ним относятся, чеснок, лук, ирис, ландыш и др. Это сахарофильные растения.

Цель работы: установить, что в листьях некоторых растений при фотосинтезе образуется не крахмал, а сахар.

Материалы и оборудование: раствор йода в иодиде калия, жидкость Фелинга, сосуд с почвой, электроплитка, асбестовая сетка, водяная баня, химическая колба на 250 мл, пробирки, фарфоровая тарелка, пинцет, скальпель, штатив для пробирок.

Объекты: луковица лука репчатого.

Ход работы

Проводим исследование на содержание в листьях лука крахмал как в работе 7.5.3. Желтая окраска листьев после обработки йодом свидетельствует об отсутствии в них крахмала. Обнаруживаем сахар. Разрезаем 2 - 3 свежих листа лука на мелкие кусочки, помещаем их в пробирку, заливаем небольшим коли-

чеством воды и нагреваем до кипения для экстрагирования из листьев сахара. Затем жидкость сливаем в другую пробирку и проводят реакцию на сахар. Для этого приливают к жидкости реактив Фелинга и продолжаем кипячение.

Наблюдение:

Вывод: _____

7.6 Определение интенсивности фотосинтеза растений методом Бойсен-Йенсена

Метод Бойсена - Йенсена по определению интенсивности фотосинтеза растений основан на учете количества CO_2 , поглощаемого при фотосинтезе растением, заключенным в замкнутый сосуд. CO_2 , оставшийся в колбе после поглощения растением за определенный промежуток времени, поглощается известным объемом щелочи, который титруют соляной кислотой. Одновременно с колбами, в которые помещают растения, ставят контрольные колбы того же объема, но без растительного объекта. Это дает возможность учесть количество CO_2 , содержащегося в колбе.

Цель работы: определить интенсивность фотосинтеза листьев разных видов растений.

Оборудование и материалы: широкогорлые конические колбы емкостью 250 мл, резиновые пробки, весы, 0,1 н раствор KOH ; 0,1 н раствор HCl ; 1%-ный раствор фенолфталеина в капельнице, марлевые мешочки, нитки, цилиндры.

Объекты: листья растений.

Ход работы

По числу вариантов берут такое же число колб. В каждую приливаем по 10 мл 0,1н KOH . Листья растений опускаем на нитках в колбы, так чтобы они не касались раствора щелочи. Свободный конец нитки укрепляем в колбах с помощью пробки. Колбы помещаем на свет. Одновременно с колбами, в которые помещены растения, ставят контрольную колбу без растительного объекта. Через один час листья растений вынимаем из колб. В каждую, в том числе и в контрольную, добавляем 2-3 капли фенолфталеина, и титруем 0,1н HCl .

Интенсивность фотосинтеза вычисляем по формуле:

$$ИФ = \frac{(a - в) \cdot 2,2 \cdot 60}{m \cdot t},$$

где: *ИФ* – интенсивность фотосинтеза (мг CO₂/см²·ч); *m* - масса сырого вещества (г); *t* - время (мин); *a* - объем раствора HCl, израсходованной на титрование щелочи в опытной колбе; *в* - объем раствора HCl, израсходованной на титрование щелочи в контрольной колбе.

Таблица 15 - Интенсивность фотосинтеза

Вариант	Продолжительность опыта, мин	Навеска, г	Объем 0,1н HCl, затраченный на титрование, мл	Интенсивность фотосинтеза, мг CO ₂ /см ² ·ч

Вычисления:

Вывод: _____

7.7 Влияние внешних условий на фотосинтез

7.7.1 Зависимость фотосинтеза от интенсивности света

Фотосинтез идет только на свету. Увеличение интенсивности света до определенного предела усиливает протекание этого процесса.

Цель работы: *выяснить влияние интенсивности света на фотосинтез.*

Материалы и оборудование: *гидрокарбонат натрия (сода питьевая) NaHCO₃; отстоявшаяся водопроводная вода, стеклянная палочка, нитки, ножницы, электролампа в 200 Вт, часы, термометр.*

Объекты: *элодея, роголистник, валлиснерия.*

Ход работы

Выбираем здоровые, интенсивно-зеленого цвета побеги элодеи или роголистника с неповрежденной верхушкой, длиной около 8 см, подрезаем их под водой, затем осторожно привязываем ниткой к стеклянной палочке и опускаем верхушкой вниз в стакан с водопроводной водой комнатной температуры. Стакан с водным растением выставляем на яркий свет. Вскоре из срезанного конца

побега начинают выделяться пузырьки кислорода. Когда ток пузырьков станет равномерным, подсчитываем количество пузырьков, выделившихся за 1 мин. Подсчет производим 3 раза с перерывом в 1 мин и определяют средний результат. Затем прибор с растением удаляем от света на 50 - 60 см, или выставляют на рассеянный свет. Через 3 - 5 мин, когда установится новый режим фотосинтеза, проводят отсчет выделившихся за 1 мин пузырьков кислорода.

Наблюдение:

Вывод: _____

7.7.2 Влияние спектрального состава света на фотосинтез

Хлорофилл поглощает красные и сине-фиолетовые лучи. Энергия этих лучей используется на процесс фотосинтеза. Установить, в каких лучах наиболее интенсивно идет фотосинтез, можно на опыте с водными растениями, сравнивая количество пузырьков кислорода, выделившихся при освещении растений красным и синим светом.

Цель работы. Установить, в каких лучах спектра наиболее интенсивно идет процесс фотосинтеза.

Материалы и оборудование: 1 % раствор дихромата калия ($K_2Cr_2O_7$), 4 % раствор сульфата тетрааммиаката меди ($Cu(NH_3)_4]SO_4$, две широкогорлые банки, отстоявшаяся водопроводная вода, пробирки, термометр, ножницы, часы, электролампа в 200 Вт.

Объекты: элодея, роголистник, валлиснерия.

Ход работы

В пробирку наливаем на $\frac{2}{3}$ объема отстоявшуюся водопроводную воду и помещаем побег водного растения, расположив его верхушкой вниз. В банку наливаем 1% раствор дихромата калия, который служит экраном, пропускающим только красную часть спектра. В банку осторожно помещаем пробирку с водным растением так, чтобы раствор дихромата калия не попал в пробирку. Весь прибор выставляем на яркий свет. Из среза стебля начинают выделяться пузырьки кислорода. Когда ток пузырьков станет равномерным, подсчитываем количество пузырьков, выделившихся в течение 1 мин.

Затем пробирку с водным растением помещаем в такую же по форме и объему банку, но с 4% раствором сульфата тетрааммиаката меди, пропускающим только синюю часть спектра. Весь опыт повторяют 3 раза.

Таблица 16 - Влияние спектрального состава света на фотосинтез

Растение	Количество пузырьков O ₂ , выделившихся за 1 мин							
	при красном экране				при синем экране			
	1-я мин	2-я мин	3-я мин	сред- ние ре- зуль- таты	1-я мин	2-я мин	3-я мин	сред- ние ре- зуль- таты

Вывод: _____

7.7.3 Влияние температуры на фотосинтез

Повышение температуры до +25°C... +30°C ускоряет процесс фотосинтеза. При +35°C... +40°C наблюдается резкий спад интенсивности фотосинтеза, так как в таких температурных условиях происходит нарушение тончайшей структуры хлоропластов, их инактивация.

Цель работы: выяснить зависимость интенсивности фотосинтеза от температуры.

Материалы и оборудование: стеклянные банки, термометры, электролампочки в 200 Вт, часы, ножницы, пробирки, штатив для пробирок.

Объекты: элодея, роголистник, валлиснерия.

Ход работы

В две стеклянные банки наливаем воду разной температуры: +4°C, +25 °C. Пробирку, с побегом водного растения помещаем в банку с температурой воды +25 °C.

Даем растению адаптироваться в новых условиях в течение 3 - 5 мин, а затем подсчитываем количество выделившихся пузырьков кислорода за 1 мин (подсчет производят 3 раза).

Затем переносим пробирку с растением в банку с водой, имеющей температуру +4°C, и, когда установится новый режим фотосинтеза в этих условиях, снова производим подсчет пузырьков, выделившихся в 1 мин.

Таблица 17 - Влияние температуры на фотосинтез

Растение	Количество пузырьков O ₂ , выделившихся за 1 мин							
	при температуре +4°C				при температуре +25°C			
	1-я мин	2-я мин	3-я мин	средние результаты	1-я мин	2-я мин	3-я мин	средние результаты

Вывод: _____

8 Задания для контроля знаний по теме «Фотосинтез»

8.1 Тест

1. С какой структурной частью молекулы хлорофилла связана его способность поглощать красные лучи видимой части спектра? 1) С атомом магния; 2) с «ядром» молекулы хлорофилла; 3) с порфириновым кольцом; 4) с присутствием циклопентанона.
2. При гидролизе какого пигмента образуется витамин А? 1) Хлорофилла а; 2) хлорофилла b; 3) каротина; 4) фикоэритрина.
3. Какие закономерности определяют поглощение света фотоактивными веществами? 1) Электроны в молекуле пигмента могут взаимодействовать с квантами света любой величины (любой длины волны); 2) электроны в молекуле пигмента поглощают только такие кванты света, энергия которых точно соответствует энергии перехода электрона в данном атоме на один из возможных (дозволенных) возбужденных уровней; 3) положение темных полос в спектре поглощения данного пигмента указывает на длину волны лучей, которые способны поглощать его молекулы; 4) пигменты поглощают свет не избирательно.
4. Молекула хлорофилла до воздействия на нее квантов света находится в основном синглетном состоянии S₀. Какие признаки характеризуют его? 1) Электроны находятся на основном энергетическом уровне; 2) электроны расположены на возбужденных энергетических уровнях; 3) наличие на орбиталях парных электронов; 4) отсутствие на орбиталях парных электронов; 5) спины двух электронов, находящихся на одной орбитали, обратны по знаку; 6) спины двух электронов, находящихся на одной орбитали, имеют одинаковый знак.

5. Какие функции свойственны второй фотосистеме? 1) Она участвует в циклическом фотосинтетическом фосфорилировании; 2) участвует в нециклическом фотосинтетическом фосфорилировании; 3) ответственна за реакции, связанные с фотоокислением воды и выделением кислорода; 4) не связана с указанными реакциями; 5) при возбуждении квантами света подкачивает электронами ФС-I; 6) снимает электроны с марганец-протеинового комплекса, связанного с ФС-II, при возбуждении квантами света.

6. Процесс фотосинтетического фосфорилирования относят к световым реакциям фотосинтеза. Необходим ли свет для миграции электрона по системе окислительно-восстановительных ферментов ЭТЦ хлоропласта? 1) Да; 2) нет.

7. Процесс восстановления углекислого газа до углеводов осуществляется в ходе темновых реакций. Какие из перечисленных признаков характерны для этих реакций? 1) Для их осуществления нужна темнота; 2) для их протекания свет не обязателен; 3) зависят от температуры; 4) не зависят от температуры; 5) темновые реакции идут быстрее световых; 6) темновые реакции идут медленнее световых.

8. Какие признаки, характерные для суккулентов, осуществляющих фотосинтез по САМ-пути, способствуют лучшему приспособлению к перенесению засушливых условий? 1) Фиксация углекислого газа в ночное время; 2) усвоение углекислого газа днем; 3) способность к фотосинтезу при закрытых устьицах; 4) фотосинтез происходит только при открытых устьицах.

9. Какие признаки движения характерны для хлоропластов при сильном освещении? 1) Располагаются перпендикулярно солнечным лучам; 2) поворачиваются ребром к падающим лучам; 3) распределяются в цитоплазме равномерно; 4) передвигаются к боковой клеточной стенке; 5) становятся более сферическими; 6) становятся более уплощенными.

10. Каково биологическое значение системы внутренних мембран (ламелл) хлоропласта, образующих его гранные и межгранные тилакоиды? 1) Они служат опорной системой хлоропласта; 2) создают пространственную организацию пигментных систем и ферментных цепей фотосинтеза, обеспечивая сопряжение последовательных реакций фотосинтеза; 3) на них происходит связывание и восстановление диоксида углерода; 4) способствуют пространственному разделению активных окислителей, возникающих в фотохимических процессах, и неустойчивых восстановленных промежуточных продуктов усвоения углерода.

11. Какая структурная часть молекулы хлорофилла осуществляет поглощение лучей в сине-фиолетовой части спектра? 1) Кетогруппа в боковой цепи циклопентанового кольца; 2) атом магния; 3) порфириновое кольцо с его высокой степенью сопряженности; 4) остатки спиртов фитола и метанола.

12. Какие лучи спектра поглощаются каротиноидами? 1) Красные; 2) оранжевые; 3) желтые; 4) зеленые; 5) синие.
13. При поглощении хлорофиллом света электроны переходят на более высокий энергетический уровень. При этом они могут попасть в первое S_1^* или во второе синглетное состояние S_2^* . Какими признаками характеризуется второе синглетное состояние? 1) Это более высокий энергетический уровень, чем S_1^* ; 2) это более низкий энергетический уровень, чем S_1^* ; 3) электрон переходит в это состояние под влиянием квантовых синих лучей; 4) электрон переходит в это состояние под влиянием квантов красных лучей; 5) время пребывания в этом состоянии меньше, чем на уровне S_1^* ; 6) время пребывания в этом состоянии больше, чем на уровне S_1^* .
14. Укажите, какие из перечисленных признаков характерны для нециклического фотосинтетического фосфорилирования. 1) Электрон возбужденной молекулы хлорофилла, поступивший в систему переносчиков, не возвращается к той же молекуле хлорофилла; 2) этот электрон возвращается к той же молекуле хлорофилла; 3) происходит выделение кислорода; 4) кислород не выделяется; 5) образуется НАДФ·Н₂; 6) НАДФ·Н₂ не образуется.
15. В ходе фотофосфорилирования осуществляется миграция электрона по системе транспорта. Каким образом у ферментов ЭТЦ изменяется величина окислительно-восстановительного потенциала в направлении движения возбужденного электрона? 1) Возрастает; 2) остается без изменений; 3) падает.
16. При каком освещении эффективность использования световой энергии в фотосинтезе выше? 1) При непрерывном; 2) при прерывистом.
17. У светолюбивого растения платана отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* составляет 3,85. Какова величина этого показателя у теневыносливого растения бузины? 1) Больше; 2) меньше; 3) такая же.
18. Какие признаки, связанные с условиями жизни, характерны для хлоропластов теневыносливых растений? 1) Хлоропласты более крупные; 2) они мельче; 3) содержат больше хлорофилла; 4) содержат меньше хлорофилла.
19. Хлорофилл — многофункциональное химическое соединение, относящееся одновременно к нескольким классам органических веществ: 1) металлорганическим; 2) порфиринам; 3) сложным эфирам. По типу какого из них протекает реакция хлорофилла с водой в присутствии щелочи?
20. В которой из изображенных ниже цепей порядок расположения продуктов фотосинтеза соответствует последовательным этапам стабилизации энергии при фотосинтезе? 1) Возбужденные молекулы пигмента-ловушки электронов → возбужденные молекулы вспомогательных пигментов → молекулы АТФ → молекулы НАДФ·Н₂ → крахмал → моносахариды; 2) возбужденные молекулы вспомогательных пигментов → возбужденные молекулы пигмента-ловушки

электронов \rightarrow АТФ \rightarrow НАДФ·Н₂ \rightarrow моносахариды \rightarrow крахмал; 3) АТФ \rightarrow возбужденные молекулы пигмента-ловушки \rightarrow НАДФ·Н₂ \rightarrow моносахариды \rightarrow возбужденные молекулы вспомогательных пигментов \rightarrow крахмал.

21. Выберите первичные продукты усвоения СО₂ в цикле Кальвина 1) ФГК; 2) ФГА; 3)рибулозо-1,5-дифосфат; 4)малат; 5) ФДА; 6) аспарат; 7)ФЕП; 8) ЩУК; 9)фруктоза; 10)сахароза

22. В какой части хлоропласта локализованы его пигментные системы? 1) В наружной мембране; 2) во внутренней пограничной мембране; 3) в строме (матриксе); 4) в мембранах (ламеллах) гран; 5) в межгранных мембранах (ламеллах); 6) в осмиофильных глобулах.

23. Какие лучи имеют большую величину квантов энергии. 1) Лучи с меньшей длиной волны; 2) лучи с большей длиной волны.

24. На каком из этапов цикла Кальвина участвуют АТФ и НАДФ·Н₂? 1) карбоксилирование рибулезодифосфата с образованием фосфоглицериновой кислоты; 2) восстановление ее до фосфоглицеринового альдегида; 3) регенерация рибулезодифосфата из фосфоглицеринового альдегида.

25. Выберите первичные продукты фотодыхания 1) ФГК; 2) фосфоглицерат; 3)рибулозо-1,5-дифосфат; 4)малат; 5) фосфогликолат; 6) аспарат; 7)ФЕП; 8) ЩУК; 9)фруктоза; 10)сахароза.

8.2 Контрольные вопросы

1. Фотосинтез как основа энергетики биосферы. Космическая роль фотосинтеза. Основные методы обнаружения и определения интенсивности фотосинтеза.

2. Фотосинтез. Определение, общее уравнение, значение, основные этапы становления учения о фотосинтезе. Историческое значение работ К.А. Тимирязева. Роль фотосинтеза в процессах энергетического и пластического обмена растительного организма.

3. Лист как орган фотосинтеза. Структурная организация фотосинтетического аппарата.

4. Пигменты хлоропластов. Хлорофиллы: состав, структура, оптические и химические свойства, значение.

5. Пигменты хлоропластов. Фикобилины. Каратиноиды. Их структура функции и физиологическая роль. Экологическое значение спектрально-различных форм пигментов у фотосинтезирующих организмов.

6. Световая фаза фотосинтеза. Фотофизический этап. Электронно-возбужденное состояние пигментов. Представление о фотосинтетической единице. Антенные комплексы. Реакционные центры. Преобразование энергии в реакционном центре.

7. Световая фаза фотосинтеза. Фотохимический этап. Электронно-транспортная цепь фотосинтеза. Представления о функционировании двух фотосистем.

Фотофосфорилирование. Системы фотоокисления воды и выделения кислорода при фотосинтезе. Фотофосфорилирование. Связь фотосинтетической ассимиляции CO_2 с фотохимическими реакциями.

8. Метаболизм углерода при фотосинтезе (темновая фаза). Химизм реакции цикла Кальвина.

9. Цикл Хэтча-Слэка-Карпилова, его эволюционное значение. Различные типы усвоения углекислого газа C_4 -растениями.

10. САМ-тип метаболизма. Потоки метаболитов в хлоропласт и из него.

11. Фотодыхание, его значение. Сравнение фотодыхания у растений с различными типами метаболизма углерода.

12. Эндогенные механизмы регуляции процесса фотосинтеза. Зависимость процесса фотосинтеза от факторов внешней среды.

9 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ»

9.1 Поглощение кислорода и выделение углекислого газа при дыхании органов растений

Цель: доказать, что при дыхании органов растений поглощается кислород и выделяется углекислый газ.

Материалы и оборудование: колбы объемом на 100 – 300 мл, пробирки, пробки, марля, нитки, ножницы, спиртовка, спички, лучина, прокипяченная вода комнатной температуры, известковая вода.

Объекты: проросшие семена или проростки гороха, фасоли, бобов, пшеницы, кукурузы.

Ход работы

Поглощение кислорода при дыхании органов растений. На дно одного из сосудов наливаем прокипяченную воду комнатной температуры и помещаем проросшие семена или проростки растений. Затем воду сливаем оставляя примерно 3 – 5 мл. Во второй сосуд наливаем столько воды сколько было оставлено в опытном сосуде. Оба сосуда закрывают пробками и ставим рядом в темное место. Через два часа в сосуды опускаем зажженные лучины.

Выделение углекислого газа при дыхании органов растений. В одну из пробирок наливаем прокипяченную воду комнатной температуры. Проросшие семена или проростки растений помещаем в марлевый мешочек, который опускают в пробирку. Воду из пробирки сливаем, закрываем пробкой. Вторую пробирку споласкиваем водой и закрываем пробкой. Пробирки помещают в

темное место на 2 часа. После чего из первой пробирки удалим марлевый мешочек с проросшими семенами или проростками растений и в обе пробирки наливаем гидроксид кальция, встряхиваем. Отмечаем в какой из пробирок наблюдается помутнение в следствии образования карбоната кальция.

Вывод: _____

9.2 Определение расхода органического вещества растениями при дыхании

Метод определения интенсивности дыхания у растений основан на учете количества выделяемого растениями углекислого газа, который поглощается щелочью. Избыток щелочи, не прореагировавший с CO_2 , оттитровывают соляной кислотой.

Цель работы: определить интенсивность дыхания листьев растений разных экологических групп.

Оборудование и материалы: широкогорлые конические колбы емкостью 250 мл, резиновые пробки, весы, бюретки, 0,1 н раствор KOH ; 0,1 н раствор HCl ; 1%-ный раствор фенолфталеина в капельнице, марлевые мешочки.

Объекты: листья растений.

Ход работы

В опытные и контрольные колбы наливаем по 10 мл 0,1 н раствора KOH . Навеску испытуемого материала помещаем в марлевый мешочек. Мешочек опускают на нитке в колбу так, чтобы он не касался раствора щелочи. Свободный конец нитки укрепляем в колбе с помощью пробки. Опытные и контрольные колбы на 1 ч помещаем в темное место для исключения фотосинтеза и идентичности всех колб.

Через час быстро извлекают из колб материал. В каждую колбу добавляем по 2 - 3 капли фенолфталеина и проводят титрование щелочи 0,1 н HCl до обесцвечивания жидкости.

Интенсивность дыхания рассчитывают по формуле: $ИД = (a - b) \cdot 2,2 \cdot 60 / p \cdot t$, где a - количество 0,1н HCl , израсходованное на титрование контрольных колб, мл; b - количество 0,1 н HCl , израсходованное на титрование опытной колбы, мл; 2,2- количество CO_2 , соответствующее 1 мл 0,1 н HCl , мг; p - навеска листьев, г; t - продолжительность опыта, мин; 60 - коэффициент для перевода минут в час.

Таблица 18 - Интенсивность дыхания растений

Исследуемый объект	Навеска, г	Время		Продолжительность опыта, мин	Количество 0,1 н НС1, пошедшее на титрование, мл	Интенсивность дыхания, мг СО ₂ /г·ч
		начало опыта	конец опыта			

Вычисления:

Вывод: _____

9.3 Ферменты дыхания

Окислительно-восстановительные реакции дыхания осуществляются с участием большого набора ферментов, которые принято делить на три группы: дегидрогеназы (активируют водород), оксидазы (активируют кислород) и ферменты – промежуточные переносчики водорода (электрона).

Цель работы: обнаружить действие ферментов: дегидрогеназы, каталазы, пероксидазы, участвующих в процессе дыхания.

Материалы и оборудование: 5 % раствор сахарозы, 3 % раствор Н₂О₂, 1% раствор гидрохинона, метиленовая синь, конические колбы, пробирки, пипетки на 1 мл и 10 мл, водяная баня, термометр, стеклянная палочка, марля, терка

Объекты: дрожжи, клубень картофеля.

Ход работы

Обнаружение дегидрогеназы. Две пробирки наполняем на ²/₃ объема бродящей жидкостью. Содержимое одной пробирки кипятим в течение 5 мин на водяной бане, затем охлаждаем. В пробирки добавляем по 3 капли метиленового синего. Растворы встряхиваем и ставим в водяную баню при температуре +40°С. Следим за изменением окраски в обеих пробирках.

Обнаружение каталазы. Очищенный сырой картофель натираем на терке и отжимаем сок через марлю в колбу. В пробирку с раствором H_2O_2 вносим несколько капель сока клубня картофеля.

Обнаружение пероксидазы. В первую пробирку наливаем 5 мл 1% раствора гидрохинона, 1 мл 3 % раствора H_2O_2 и 1 мл сока клубня картофеля. Во вторую пробирку наливаем 5 мл 1% раствора гидрохинона, 1 мл 3 % раствора H_2O_2 . В третью пробирку наливаем 5 мл 1% раствора гидрохинона и 1 мл сока клубня картофеля.

Вывод: _____

10 Задания для контроля знаний по теме «Дыхание растений»

10.1 Тест

1. Растительные организмы в ходе эволюции выработали различные пути дыхательного обмена с большим разнообразием ферментных систем, осуществляющих отдельные этапы дыхания. С чем это связано? 1) Растения не имеют механизмов регуляции температуры; 2) не способны поддерживать равномерное распределение кислорода по всем тканям; 3) растения прошли более длительный путь эволюции, и развитие дыхательной системы протекало в иных условиях, чем у животных; 4) растения более требовательны к кислороду, чем животные.
2. Назовите организмы в клетках которых протекает процесс дыхания. 1) животные; 2) бактерии; 3) растения, 4) дрожжи.
3. Растения осуществляют дыхательный процесс двумя путями: 1) дихотомический; 2) апотомический. На основании анализа химической сущности двух путей дыхания сделайте заключение о том, какой из них является более древним.
4. Какие вещества принимают непосредственное участие в окислении дыхательного субстрата? 1) кислород; 2) белки-ферменты; 3) белки-переносчики электронов; 4) убихинон.
5. Назовите конечные продукты дыхания. 1) глюкоза; 2) вода; 3) кислород; 4) CO_2 ; 5) ПВК

6. Назовите в митохондриях участок, где происходит окисление низкомолекулярных органических соединений до CO_2 и ионов H^+ . 1) наружная мембрана; 2) внутренняя мембрана; 3) матрикс; 4) межмембранное пространство.
7. В митохондриях происходят различные биохимические процессы. Найдите их среди ответов и укажите процесс, который происходит в клетке за пределами митохондрий. 1) цикл Кребса; 2) гликолиз; 3) окислительное фосфорилирование
8. Почему первая фаза дыхания эукариот называется анаэробной? 1) Идет только в отсутствие кислорода; 2) частично ингибируется кислородом; 3) кислород не требуется.
9. Почему вторая фаза дыхания эукариот называется аэробной? 1) Идет только в присутствии кислорода; 2) частично ингибируется кислородом; 3) кислород не требуется.
10. Назовите ферментативный процесс поэтапного окисления глюкозы до ПВК, в ходе которого образуется небольшое количество АТФ. 1) глюконеогенез; 2) цикл Кребса; 3) брожение; 4) лизис; 5) глиоксилатный цикл; 6) гликолиз
11. Назовите вещество подвергающееся распаду в ходе гликолиза. 1) глюкоза; 2) фруктоза; 3) ацетил-КоА; 4) жиры; 5) ПВК; 6) ФГА; 7) ФГК.
12. Сколько в ходе гликолиза образуется молекул АТФ? 1) 1; 2) 2; 3) 4; 4) 6; 5) 8
13. Где протекают реакции гликолиза? 1) В цитоплазме; 2) в митохондриях.
14. Вторая аэробная фаза дихотомического дыхания включает три стадии: 1) окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты; 2) цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса); 3) функционирование электронно-транспортной цепи. Для какой из этих стадий непосредственно требуется кислород?
15. Какие из перечисленных реакций аэробной фазы дихотомического дыхания связаны с образованием углекислого газа? 1) пировиноградная кислота → ацетил-КоА; 2) ацетил-КоА → лимонная кислота; 3) лимонная кислота → изолимонная кислота; 4) изолимонная кислота → щавелево-янтарная кислота; 5) щавелево-янтарная кислота → α -кетоглутаровая кислота; 6) α -кетоглутаровая кислота → янтарная кислота.
16. С какой реакции начинается цикл Кребса? 1) пировиноградная кислота → ацетил-КоА; 2) ацетил-КоА → лимонная кислота; 3) лимонная кислота → изолимонная кислота; 4) изолимонная кислота → щавелево-янтарная кислота; 5) щавелево-янтарная кислота → α -кетоглутаровая кислота; 6) α -кетоглутаровая кислота → янтарная кислота.
17. Атомы водорода, отщепляющиеся в цикле Кребса, передаются по системе переносчиков к кислороду. Какое соединение системы переносчиков обладает

- наибольшей величиной окислительно-восстановительного потенциала? 1) НАД; 2) ФАД; 3) цитохромы; 4) кислород.
18. Назовите энергетический выход дихотомического пути окисления глюкозы. 1) 4; 2) 8; 3) 30; 4) 36; 5) 38.
19. Назовите энергетический выход апотомического пути окисления глюкозы. 1) 4; 2) 8; 3) 30; 4) 36; 5) 38.
20. Какое соединение восстанавливается в пентозофосфатном цикле? 1) глюкозо-6-фосфат; 2) ФГА; 3) НАД⁺; 4) НАДФ⁺; 5) ФАД⁺
21. Какие восстановленные коферменты образуются в ходе пентозофосфатного цикла? 1) НАДФН₂; 2) НАДН₂; 3) ФАДН₂.
22. В какой части клетки происходит гликсилатный цикл? 1) в цитоплазме; 2) в митохондриях; 3) в пластидах; 4) в ядре; 5) в глиоксисомах.
23. В результате, каких процессов (циклов) в клетке образуется ФГА? 1) пентозофосфатный цикл; 2) цикл Кребса; 3) брожение; 4) лизис; 5) глиоксилатный цикл; 6) гликолиз
24. В результате, каких процессов (реакций) в клетке образуется АТФ? 1) окисление; 2) восстановление; 3) декарбоксилирование; 4) карбоксилирование; 5) окислительное декарбоксилирование; 6) субстратное фосфорилирование; 7) дефосфорилирование; 8) окислительное фосфорилирование.
25. Назовите в митохондрии участок, где расположена АТФ-аза. 1) межмембранное пространство; 2) матрикс; 3) внутренняя мембрана; 4) наружная мембрана.
26. Что произойдет с интенсивностью синтеза АТФ, если митохондрии обработать веществом повышающим проницаемость мембран? 1) уменьшиться; 2) увеличится; 3) останется без изменения.
27. Атомы водорода, отщепляющиеся в цикле Кребса, передаются по системе переносчиков к кислороду. Какое соединение системы переносчиков обладает величиной окислительно-восстановительного потенциала близкой к 0 мВ? 1) НАД; 2) ФАД; 3) цитохромы; 4) кислород.
28. Какие органические вещества используются в дыхании в первую очередь? 1) жиры; 2) белки; 3) углеводы.
29. В каких условиях будет наблюдаться увеличение дыхательного коэффициента? 1) при помещении растения в анаэробные условия; 2) при лучшем его снабжении кислородом; 3) при формировании плотной оболочки у плодов; 4) при ходе дыхания до конечных продуктов (углекислого газа и воды); 5) при ходе дыхания до образования органических кислот; 6) при истощении запасов углеводов в растении в случае голодания.
30. В чем выражается генетическая связь дыхания и брожения? 1) этиловый спирт, образующийся в ходе спиртового брожения, является промежуточным

продуктом дыхания; 2) дыхание и брожение до образования пировиноградной кислоты протекают одинаково.

10.2 Контрольные вопросы

1. Дыхание. Определение. Уравнение. Значение дыхания в жизни растительного организма. Специфика дыхания у растений.
2. Каталитические системы дыхания. Основные пути диссимиляции углеводов. Генетическая связь дыхания и брожения.
3. Митохондрии. Их структура и функции.
4. Цепь переноса водорода и электрона (дыхательная цепь). Комплексы переноса электронов. Окислительное фосфорилирование. Хемосмотическая теория окисления и фосфорилирования. Механизмы сопряжения процесса транспорта электронов с образованием АТФ.
5. Выделение энергии в процессе дыхания. Фосфорилирование субстратное и окислительное. АТФ как основная энергетическая валюта клетки, её структура и функции. Механизмы синтеза АТФ.
6. Гликолиз. Механизмы регуляции цикла. Энергетическая эффективность процесса. Связь с другими процессами.
7. Цикл Кребса. Механизмы регуляции цикла. Энергетическая эффективность процесса.
8. Глиоксилатный цикл. Механизмы регуляции цикла. Энергетическая эффективность процесса.
9. Пентозофосфатный путь. Механизмы регуляции цикла. Энергетическая эффективность процесса. Связь с другими процессами.
10. Связь дыхания и фотосинтеза. Взаимосвязь дыхания с другими процессами обмена. Количественные показатели газообмена.
11. Регуляция процесса дыхания. Зависимость дыхания от внутренних факторов.
12. Зависимость процесса дыхания от факторов внешней среды

11 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ УСЛОВИЯМ СРЕДЫ»

11.1 Определение защитного действия сахаров на протоплазму

При воздействии отрицательных температур на растительные ткани в межклетниках образуется лед, который, оттягивая воду из клеток, обезвоживает протоплазму. Увеличение количества растворимых сахаров в зимующих органах растений повышает водоудерживающую способность тканей.

Цель работы: проследить защитное действие сахарозы на протопласты клеток при действии пониженных температур.

Материалы и оборудование: 0,5 и 1 М раствора сахарозы, поваренная соль, лед

колотый или снег, термометры до 30°C, скальпели, пробочные сверла диаметром 6 мм, бритвы, пробирки, микроскопы, предметные стекла, кисточки, карандаши по стеклу, фильтровальная бумага, лопатки для охлаждающей смеси.

Объекты: корнеплод свеклы.

Ход работы

Из поперечного среза красной столовой свеклы толщиной 0,5 см при помощи пробочного сверла диаметром 5 – 6 мм делаем высечки. Тщательно ополаскиваем их водой и помещаем в три пробирки. В первую пробирку наливаем 5 мл дистиллированной воды, во вторую – 5 мл 0,5М раствора сахарозы, в третью – 5 мл 1М раствора сахарозы. Пробирки этикетуем и на 20 мин погружаем в охлаждающую смесь, состоящую из трех частей льда или снега и одной части поваренной соли. Затем пробирки вынимаем из охлаждающей смеси и размораживаем в стакане воды комнатной температуры.

Вывод: _____

11.2 Защитное действие сахара на белки протоплазмы при отрицательных температурах

При действии экстремальных температур белки коагулируют. Выпадение хлопьевидного осадка белка из вытяжки растительной ткани является показателем ее повреждения. Сахароза стабилизирует нативную структуру белка, тем самым защищая его от губительного действия отрицательных температур.

Цель работы: выявить защитное действие сахарозы на белки протоплазмы при отрицательных температурах

Материалы и оборудование: 0,5 М и 1 М растворы сахарозы, снег и поваренная соль, терки, марля, конические колбы, пробирки, пипетки на 10 мл, чашки для охлаждающей смеси, термометры до 30°C.

Объект: клубень картофеля.

Ход работы

Очищенный клубень картофеля натираем на терке, переносим на двойной слой марли и отжимаем через нее сок в коническую колбу и даем отстояться крахмалу. Надосадочную жидкость наливаем в три пробирки по 2,5 мл в каждую. В первую пробирку добавляем 2,5 мл дистиллированной воды, во вторую

– 2,5 мл 0,5 М сахарозы, в третью – 2,5 мл 1 М сахарозы. Перемешиваем содержимое в пробирках и ставим в охлаждающую смесь на 20 мин. Затем оттаивают пробирки в стакане с водопроводной водой и, не встряхивая, наблюдают образование хлопьев коагулировавшего белка.

Вывод: _____

11.3 Определение устойчивости растений к высоким температурам

Принцип метода основан на установлении порога повреждения живых клеток от экстремальных температур.

Цель работы: установить температурный порог повреждения живых клеток листьев растений разных экологических групп.

Оборудование и материалы: водяная баня, термометр, пинцет, чашки Петри (5 шт.), стакан с водой, тонкая проволока, карандаш по стеклу, 10% HCl.

Объекты: свежие листья растений.

Ход работы

В нагретую водяную баню до 40°C погружают пучок из 5 одинаковых листьев исследуемых растений. Выдерживаем листья в воде в течение 30 мин. Затем берем первую пробу (по одному листу) каждого вида растений и опускаем в чашку Петри с холодной водой. После охлаждения лист пинцетом перенесим в чашку с соляной кислотой. Поднимаем температуру в водяной бане до 50°C и через 10 мин после этого извлекаем из нее еще одному листу, повторяя операцию и переносим охлажденный в воде лист в новую чашку Петри с HCl. Так постепенно доводим температуру до 80°C, беря пробы через каждые 10 мин при повышении температуры на 10°C. Через 20 мин после погружения листа в HCl учитываем степень повреждения по количеству бурых пятен. Результаты записываем в таблицу 10, обозначив отсутствие побурения знаком «-», слабое побурение «+», побурение более 50% площади листа «++» и сплошное побурение «+++».

Таблица 19 - Степень повреждения листьев в зависимости от температуры

Объект	Степень повреждения листьев				
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C

Вывод: _____

11.4 Определение температурного порога коагуляции белков цитоплазмы клеток разных растений

Клетки разных растений имеют неодинаковую устойчивость к повышенным температурам. Температура, при которой в течение 10 мин полностью коагулируют белки цитоплазмы, считается условной границей жаростойкости растений. Гибель клеток устанавливается по потере ими способности плазмолизировать.

Цель работы: определение температурного порога коагуляции белков цитоплазмы клеток разных растений.

Оборудование и материалы: микроскоп, стаканы химические большие (6 шт.), пробирки (5 шт.), большая колба, электроплитка, термометр, острая бритва, препаровальная игла, кисточка, предметные и покровные стекла, фильтровальная бумага, карандаш по стеклу, 1 М раствор NaCl, 0,02%-ный раствор «нейтрального красного».

Объекты: свежие листья разных растений.

Ход работы

Острой бритвой делаем по 12 срезов эпидермиса листьев разных растений, опускаем по два среза в пробирки, в которые налито небольшое количество водопроводной воды. Нагреваем в большой колбе воду. Смешивая горячую воду с холодной, в шести химических стаканах готовим водяные бани с температурой 48, 50, 52, 54, 56 и 58°C. Погружаем одновременно в водяные бани пробирки со срезами, поддерживая установленную температуру путем осторожного подливания в стаканы горячей воды. Через 10 мин извлекаем срезы из пробирок, переносим на предметные стекла, снабженные надписями (если клетки не содержат пигмента, следует их окрасить, выдержав в растворе «нейтрального красного» в течение 10-15 мин), на срезы наносим по капле 1М раствора NaCl, закрываем покровными стеклами и через 15 мин рассматриваем в микроскоп. Заполняют таблицу 11, обозначив знаком «+» плазмолиз у клеток и знаком «-» его отсутствие. Наличие плазмолиза показывает, что клетки живые, отсутствие – мертвые.

Таблица 20- Влияние температуры на степень плазмолиза в клетках растений

Объект	Температура, °C					
	48	50	52	54	56	58

Вывод: _____

11.5 Определение устойчивости растений к засолению

Цель работы: определить влияние засоления на растения разных экологических групп.

Оборудование и материалы: большие пробирки или цилиндры на 100 мл, штативы к пробиркам, мерные пробирки или цилиндры, весы, разновесы, острая бритва, соли NaCl, Na₂CO₃, вода.

Объекты: веточки разных растений с 3-4 одинаковыми небольшими листьями.

Ход работы

Приготавливаем серию растворов разных солей (NaCl, Na₂CO₃): 1, 3, 5, 7, 10, 20 %. Наливаем равное количество этих растворов в большие пробирки. Контролем служит вода. Ветви растений взвешиваем и уравниваем. Сосуды изолируют от испарения воды фольгой и оставляют на семь дней. Через 7 дней оценивают состояние растений (потеря тургора, появление некрозов, изменение листовой пластинки) и измеряют объем поглощенной воды.

Вывод: _____

11.6 Влияние солей тяжелых металлов на плазмолиз протоплазмы растительной клетки

Соли тяжелых металлов в водной среде распадаются на ионы. Все ионы металлов могут быть разделены на две группы: биогенные (Si, Zn, Co, Mn, Fe и др.) и небιοгенные (Pb, Hg, Sn, Ni, Al, Cd, Sr, Cs и др.). Биогенные ионы входят в состав ферментных систем, которые обеспечивают регуляцию всех процессов в клетке и организме. Поэтому их ПДК значительно выше, чем у небιοгенных.

Цель работы: выявление действия биогенных и небιοгенных тяжелых металлов на плазмолиз протоплазмы растительной клетки.

Оборудование и материалы: микроскоп; предметные и покровные стекла; препаровальная игла; бритвы; пипетка на 1 - 3 мм; стаканы с дистиллированной водой; кусочки фильтровальной бумаги; 5%-ные растворы солей

CuSO₄, Pb(NO₃)₂, и др.

Объекты: *луковица синего лука или фиолетовые листья традесканции.*

Ход работы

С поверхности сильноокрашенной синей луковицы делаем несколько срезов эпидермиса, состоящего из 1-2 слоев окрашенных клеток, содержащих антоциан. Помещаем срезы по отдельности в капли воды на предметные стекла, закрываем покровными стеклами и рассматриваем в микроскоп. Клетки с окрашенным клеточным соком зарисовывают.

Определяют начало и характер плазмолиза клетки под действием одинаковых концентраций биогенных и небιοгенных солей. Для этого: заменяют воду в препаратах 5% раствором CuSO₄ на одном предметном стекле и таким же раствором Pb(NO₃)₂ на другом. Оставляем клетки в растворе солей на 15 мин, когда плазмолиз будет хорошо заметен, рассматриваем в микроскоп.

Вывод: _____

12 Задания для контроля знаний по теме «Устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды»

12.1 Тест

1. Какие признаки характеризуют холодоустойчивость? 1) *Способность переносить низкие положительные температуры;* 2) *способность переносить низкие отрицательные температуры;* 3) *способность переносить весь комплекс неблагоприятных условий перезимовки.*
2. Каковы причины гибели теплолюбивых растений при низких положительных температурах? 1) *Нарушения в их водном балансе;* 2) *резкое увеличение вязкости цитоплазмы;* 3) *уменьшение вязкости цитоплазмы;* 4) *изменения процессов обмена веществ.*
3. Каковы причины гибели растений при низких отрицательных температурах? 1) *Замерзающий клеточный сок расширяется в объеме и разрывает сосуды и клетки растений;* 2) *отрицательные температуры вызывают коагуляцию белков цитоплазмы;* 3) *цитоплазма свертывается, теряя воду в результате от-*

нятия ее растущими кристаллами льда; 4) острые грани кристаллов льда вызывают механическое повреждение цитоплазмы и ее гибель.

4. Укажите признаки, характерные для первой фазы закаливания растений к морозам. 1) Осуществляется при пониженной положительной температуре; 2) происходит при низкой отрицательной температуре; 3) необходим свет; 4) свет не нужен; 5) связана с накоплением Сахаров; 6) зависит от изменения физиолого-биохимических свойств цитоплазмы, ее обезвоживания.

5. Каково значение сахаров, накапливающихся в первой фазе, для закаливания растений к морозам? 1) Приводят к интенсификации дыхания; 2) сахара понижают температуру замерзания клеточного сока и тем самым препятствуют образованию большого количества кристаллов льда; 3) стабилизируют клеточные структуры.

6. В две пробирки опускают одинаковое количество дисков из столовой свеклы и приливают в одну из них воду объемом 10 мл, а в другую — раствор сахарозы объемом 10 мл. Обе пробирки помещают в лед, смешанный для понижения температуры с поваренной солью. Через некоторое время пробирки извлекают и оттаивают. Окраска какой жидкости будет более интенсивной? 1) Воды; 2) раствора сахарозы.

7. Какие физиолого-биохимические признаки препятствуют закаливанию растений к морозам? 1) Содержание незначительного количества воды; 2) наличие большого объема воды; 3) окончание роста; 4) ростовые процессы не завершены; 5) повреждение корневой системы; 6) нарушение оттока питательных веществ из листьев в корни.

8. Какие условия окружающей среды препятствуют закаливанию растений к низким отрицательным температурам? 1) Обильное азотное питание в конце лета и в начале осени; 2) обильное азотное питание в течение весны и в начале лета; 3) летняя засуха; 4) ненастная дождливая осень; 5) сухая солнечная осень; 6) кольцевание ствола.

9. Белая акация вымерзает в Санкт-Петербурге, но благополучно зимует в Саратове, несмотря на то, что там морозы значительно сильнее. С действием, какого фактора это связано? 1) Растения в Санкт-Петербурге хуже фотосинтезируют, поэтому накапливают мало сахаров в тканях; 2) в Санкт-Петербурге неблагоприятные условия для корневого питания; 3) в Санкт-Петербурге в течение лета наблюдается большая продолжительность светового дня, что задерживает развитие белой акации.

10. Какова физиологическая причина гибели растений от вымокания зимой? 1) Потеря большого количества воды; 2) истощение запасов углеводов вследствие интенсивного дыхания; 3) отравление этиловым спиртом, накапливаю-

щимся в анаэробных условиях; 4) разрыв корней в результате вспучивания почвы образующимися в ней кусками льда.

11. Различают следующие типы засоления почв: 1) *сульфатное*; 2) *хлоридное*; 3) *содовое*; 4) *смешанное*. Какое из них особенно опасно для растений?

12. Различают первичные (водоросли морей и океанов) и вторичные (растения, растущие на засоленных почвах) галофиты. Какие признаки характерны для вторичных галофитов? 1) *Испытывают колебания концентрации солей*; 2) *концентрация солей не изменяется*; 3) *солеустойчивость меняется в ходе онтогенеза*; 4) *остаётся относительно постоянной*.

13. Растения засоленных мест обитаний, обладающие способностью приспосабливаться к перенесению высоких концентраций солей, называются галофитами. Какие признаки отличают галофиты от гликофитов? 1) *Высокая продуктивность*; 2) *низкая продуктивность*; 3) *высокая интенсивность транспирации*; 4) *низкая интенсивность транспирации*.

14. Каковы причины вредного влияния солей на растения? 1) *Низкий водный потенциал почвенного раствора затрудняет поступление воды в растение*; 2) *в растениях накапливаются ядовитые продукты*; 3) *энергетический обмен изменяется вследствие разобщения окисления и фосфорилирования*; 4) *нарушается структура клеточных органоидов и цитоплазмы*; 5) *ионы натрия конкурируют с другими ионами, необходимыми для растения*; 6) *поступающие в клетку соли понижают водный потенциал, что вредно сказывается на ее жизнедеятельности*.

15. Различают три группы галофитов. Растения первой группы обладают цитоплазмой, устойчивой к накоплению большого количества солей. Растения второй группы поглощают соли, но не накапливают их в клеточном соке. У представителей третьей группы цитоплазма клеток корней малопроницаема для солей. Какие признаки характерны для второй группы галофитов? 1) *Выделяют избыток солей на поверхность растений*; 2) *соли не выделяют*; 3) *слабая интенсивность фотосинтеза*; 4) *очень высокая интенсивность фотосинтеза*.

16. Укажите галофиты, у которых цитоплазма клеток корней малопроницаема для солей. 1) *Солерос*; 2) *тамарикс*; 3) *кохия*; 4) *кермек*; 5) *сведа*; 6) *солончаковая полынь*.

17. Каковы пути преодоления низкого водного потенциала почвенного раствора засоленных мест корневыми системами галофитов? 1) *Накопление в клетках большого количества солей*; 2) *накопление в клетках осмотически активных продуктов фотосинтеза*; 3) *неосмотическое поступление воды в растительные клетки*.

18. Какие культурные растения более солеустойчивы? 1) *Хлопчатник*; 2) *томаты*; 3) *огурцы*; 4) *сахарная свекла*; 5) *горох*; 6) *рожь*.

19. Основные меры борьбы с засолением почв: их коренная мелиорация, выведение сортов, обладающих повышенной устойчивостью к засолению, внесение удобрений (особенно микроэлементов), обработка семян слабыми растворами борной кислоты (набухших семян — солевыми растворами). Почему применение удобрений способствует более успешному перенесению растениями засоления? 1) *Интенсифицирует обмен веществ растений;* 2) *снижает неуравновешенность почвенного раствора.*

20. Какие признаки характерны для растений, выросших из семян, обработанных в течение часа 3% раствором хлорида натрия? 1) *Высокая интенсивность обмена;* 2) *низкая интенсивность обмена;* 3) *интенсивность обмена неизменяется;* 4) *более устойчивы к засолению;* 5) *менее устойчивы к засолению;* 6) *устойчивость к засолению не изменяется.*

12.2 Контрольные вопросы

1. Физиология стресса. Защитно-приспособительные реакции растений против повреждающих стрессоров.
2. Засухоустойчивость растений.
3. Жаростойкость растений.
4. Газоустойчивость растений.
5. Радиоустойчивость растений.
6. Устойчивость растений к инфекционным болезням.
7. Солеустойчивость растений.
8. Холодостойкость. Морозоустойчивость. Зимостойкость.

13 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ»

13.1 Определение зон роста в органах растений

Для изучения ростовых процессов широко применяют метод нанесения меток на поверхность органа через одинаковые расстояния. По мере роста органа эти расстояния увеличиваются и могут быть использованы для характеристики интенсивности роста разных участков растущей зоны органа.

Определение зоны роста корня

Цель работы: *определить зоны роста корня.*

Материалы и оборудование: *тушь или маркировочная жидкость, древесные опилки, препаровальные иглы или тонко заточенные деревянные палочки, миллиметровая бумага, влажные камеры.*

Объекты: *проростки гороха с длиной корней 1,5 - 2 см.*

Ход работы

На небольших (длиной 1,5 - 2 см) совершенно прямых, предварительно осторожно обсушенных фильтровальной бумагой корнях (3 - 4 корня) проростков

наносим метки, начиная от кончика корня. Расстояния между метками 1 мм. Далее проростки помещаем в благоприятные для роста условия: во влажные камеры, темные комнаты при 20 - 25 °С. Через сутки измеряем расстояния между метками.

Таблица 22 - Зоны приростов корней проростков

№ про- ро- ростка	Зона прироста, мм																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																				
2																				
3																				
сред- нее																				

Результаты выражаем графически, откладывая на оси абсцисс номера отрезков, а на оси ординат - приросты.

Вывод: _____

Определение зоны роста стебля

Цель работы: определить зоны роста стебля.

Материалы и оборудование: выращенные в темноте, тушь, препаровальные иглы или деревянные палочки, линейки.

Объекты: проростки подсолнечника высотой 2 - 3 см.

Ход работы

На проростках высотой 2 - 3 см тушью наносим (начиная от верхушки проростка) по 10 меток на расстоянии 2 мм друг от друга. Проростки помещают в темноту при 20 - 25 °С, через сутки измеряем расстояния между метками и вычисляют прирост различных участков стебля.

Таблица 23 - Зоны приростов стеблей растений

№ про- про- ростка	Зона прироста, мм																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																				
2																				
3																				
сред- нее																				

Результаты выражаем графически, откладывая на оси абсцисс номера отрезков, а на оси ординат - приросты.

Вывод: _____

13.2 Периодичность роста древесных побегов

Побег растет неравномерно. Вначале наблюдается медленный рост, затем он увеличивается, достигает максимума и, наконец, снова замедляется и прекращается.

Цель работы: определить периодичность роста древесных побегов

Материалы и оборудование: линейки.

Объекты: побеги древесных растений.

Ход работы

Измеряем линейкой длину междоузлий побега древесного растения.

Таблица 24 - Приросты побегов древесных растений

Номер междоузлия от основания побега	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина междоузлия, см										
Длина побега, см										

На основании полученных результатов строим кривые роста междоузлий и роста побега. По ординате откладывают длину междоузлий и длину побега, по абсцисс - номера междоузлий, считая от основания побега.

Вывод: _____

13.3 Действие гетероауксина на рост корней

Метод заключается в проращивании семян на растворах различных концентраций гетероауксина и учете длины корешков.

Цель работы: изучить влияние растворов гетероауксина на рост корней.

Материалы и оборудование: 0,01 %-й раствор гетероауксина, чашки Петри, пипетки на 1 мл, мерные цилиндры на 10 мл, фильтровальная бумага.

Объекты: семена кукурузы или пшеницы.

Ход работы

Пять чашек Петри выстилаем фильтровальной бумагой, увлажняем 9 мл воды или 0,01; 0,001; 0,0001 и 0,00001 % растворами гетероауксина. На увлажненную фильтровальную бумагу раскладывают по пять зерновок кукурузы или пшеницы, закрываем чашки Петри крышкой и помещаем их в темное место при 20 - 25 °С. Через неделю измеряем длину корешков.

Таблица 25 - Влияние растворов гетероауксина на рост корней

Вариант	Суммарная длина корешков, см	Средняя длина корешков на одно растение, см	Длина корешка, % к контролю
Контроль (вода)			
Раствор гетеро-ауксина	0,01 %		
	0,001 %		
	0,0001 %		
	0,00001 %		

Вывод: _____

13.4 Апикальное доминирование у гороха

У многих растений верхушка побега подавляет пробуждение спящих почек и рост боковых побегов. Это явление называется апикальным доминированием. Удаление или повреждение верхушки главного побега снимает апикальное доминирование, что вызывает пробуждение спящих почек и рост боковых побегов.

Цель работы: изучить апикальное доминирование у гороха.

Материалы и оборудование: бритвы, линейки.

Объекты: сосуды с растениями гороха (песчаная или водная культуры).

Ход работы

Берем сосуд с растениями гороха. Одни растения оставляют целыми (контроль), у других срезаем верхушку побега. На следующем занятии сравнивают контрольные и опытные растения, для чего подсчитывают число и измеряют длину боковых побегов у каждого растения.

Таблица 26 - Влияние апекса побега на рост боковых побегов

Растение	Число боковых побегов, шт.	Длина боковых побегов, см	
		каждого	суммарная
Интактное			
Декапитированное: первое второе			
В среднем			

Вывод: _____

13.5 Хемотропическая реакция наклюнувшихся семян на химические соединения

Цель работы: изучить хемотропическую реакцию наклюнувшихся семян на химические соединения.

Материалы и оборудование: концентрированный раствор NaCl, 30% растворы NaCl и KCl, 0,4 М раствор сахарозы, вода, чашки Петри, пластилин, кружки фильтровальной бумаги по диаметру чашки, пинцеты.

Объекты: наклюнувшиеся семена ячменя, ржи, гороха, люпина.

Ход работы

В центре чашки Петри кольцо пластилина высотой и шириной в 1 см укладываем так, чтобы диаметр образовавшегося углубления был около 3 см. Бортик тщательно прикрепляем ко дну чашки и раскладываем на нем вокруг углубления наклюнувшиеся семена (корешки должны быть направлены по периметру чашки). В углубление налить исследуемый раствор. Чашку прикрыть крышкой, в которую вложен кружок увлажненной фильтровальной бумаги. Через 3 - 6 суток в зависимости от скорости прорастания семян ликвидировать опыт. В качестве контроля берем воду.

Таблица 27 - Влияние химических соединений на хемотропическую реакцию наклюнувшихся семян

Вариант опыта	Число семян		Процент семян с положительным хемотропизмом
	с положительным хемотропизмом	с отрицательным хемотропизмом	

Вывод: _____

13.6 Нарушение геотропизма корней эозином

Проявление тропизмов зависит не только от раздражителя, но и от растения (природы и физиологического состояния органов, концентрации фитогормонов в них). Нарушение жизнедеятельности растения приводит к ослаблению его реакции на раздражения.

Цель работы: изучить влияние эозина на геотропизм корней.

Материалы и оборудование: 0,05% раствор эозина, подставки для прикрепления семян, влажная камера, бьюксы, фильтровальная бумага, ножницы.

Объекты: проросшие семена гороха или фасоли с прямыми корешками,

Ход работы

Проросшие семена гороха или фасоли помещаем в бьюкс и заливаем 10 мл 0,05 % раствора эозина. Столько же проросших семян одновременно заливаем в другом бьюксе 10 мл водопроводной воды. Через 1ч семена вынимаем, корешки просушиваем фильтровальной бумагой, прикрепляем к подставке так, чтобы они были в горизонтальном положении, и помещают во влажную камеру с тем-

пературой около 20°C на сутки. Затем отмечают, у каких проростков корешки дали геотропический изгиб.

Вывод: _____

14 Задания для контроля знаний по теме «Рост и развитие растений»

14.1 Тест

1. Ауксины передвигаются из верхушки стебля вниз к его основанию, а из верхушки корня вверх. Какие факторы тормозят передвижение данных фитогормонов по растению? 1) недостаток кислорода; 2) достаточное количество кислорода; 3) введение ингибиторов дыхания; 4) интенсификация дыхания в результате подкормки растения углеводами; 5) большое количество АТФ; 6) недостаточное содержание АТФ.

2. Было установлено, что фотопериодическая реакция зацветания растений зависит не только от соотношения длины дня и ночи, но и от длины волны световых лучей. Рецептором, воспринимающим длину волны лучей при развитии растений, оказался пигмент фитохром, который, восприняв фотопериодическое воздействие, оказывает влияние на синтез гормонов цветения, а те, в свою очередь, регулируют процесс развития на генном уровне. Какие явления наблюдаются в том случае, если короткодневное растение в течение ночи кратковременно осветить красным светом? 1) фитохром перейдет в форму Φ_{730} ; 2) фитохром будет находиться в форме Φ_{630} ; 3) в растениях включится механизм синтеза антезина; 4) антезин формироваться не будет; 5) растение зацветет; 6) растение цвести не будет

3. В каком случае происходит накопление в растительных тканях ингибиторов роста? 1) перед вступлением растений в состояние покоя; 2) перед выходом их из состояния покоя; 3) при увеличении интенсивности освещения; 4) после воздействия на растения агроссоров; 5) в начале старения растений; 6) при интенсификации ростовых процессов.

4. В растениях, зацветающих под действием пониженных температур, происходят определенные физиолого-биохимические изменения. Какие из перечисленных явлений характерны для процесса яровизации. 1) Уменьшение количества РНК; 2) увеличение количества РНК; 3) смещение изоэлектрической точки белков в кислую сторону; 4) сдвиг изоэлектрической точки белков в щелочную

сторону; 5) усиление гидролиза полимерных углеводов; 6) усиление синтеза сложных полимерных углеводов.

5. Все клетки одного растения тотипотентны, т. е. обладают одинаковыми потенциальными возможностями при образовании новых растительных организмов. Какие факты доказывают это свойство? 1) все клетки данного организма имеют одинаковый набор генов; 2) в культуре ткани из изолированных клеток разных органов можно получить целые растения; 3) образование каллуса на месте поранения растения и формирование в нем различных тканей; 4) образование на изолированных листьях бегонии придаточных побегов, из которых формируются целые растения; 5) отсутствие дедифференцировки при потере клеткой ядра; 6) свои возможности полностью могут проявить не все клетки.

6. Из перечисленных признаков выберите критерии развития растений: 1) увеличение размеров и органов; 2) переход к цветению; 3) увеличение числа клеток; 4) смена ювенильных листьев; 5) увеличение числа митохондрий, хлоропластов, рибосом и других органоидов клетки; 6) старение клеток.

7. Из перечисленных явлений отметьте относящиеся к критериям развития. 1) переход растений к цветению; 2) увеличение количества набегов; 3) набухание семян гороха в воде; 4) увеличение числа клеток; 5) увеличение площади листа; 6) формирование плодов

8. Интенсивность роста растений зависит от содержания в них воды. Какие причины лежат в основе резкого ослабления темпов роста при ее недостатке? 1) тормозится первая фаза роста клеток; 2) тормозится вторая фаза роста клеток; 3) тормозится третья фаза роста клеток; 4) ослабляется интенсивность фотосинтеза; 5) уменьшается интенсивность транспирации.

9. Как изменяются свойства цитоплазмы при вступлении растений в состояние покоя? 1) проницаемость уменьшается; 2) проницаемость увеличивается; 3) вязкость уменьшается; 4) вязкость увеличивается; 5) цитоплазма плотнее прижгшается к клеточным оболочкам; 6) цитоплазма обособляется.

10. Какие из перечисленных признаков характерны для этиолированных растений? 1) более простое анатомическое строение; 2) ткани стебля четко дифференцированы; 3) стебли длинные, вытянутые; 4) стебли нормальные; 5) листья редуцированы; 6) листья четко выражены.

11. Какие из перечисленных физиолого-биохимических изменений характерны для процесса яровизации? 1) уменьшение количества РНК; 2) увеличение количества РНК; 3) усиление гидролиза полимерных углеводов; 4) усиление синтеза сложных полимерных углеводов; 5) в меристематических клетках изоэлектрическая точка сдвигается в щелочную сторону; 6) в меристематических клетках изоэлектрическая точка сдвигается в кислую сторону.

12. Какие из перечисленных явлений характерны для эмбриональной фазы роста клеток? 1) наличие мелких вакуолей; 2) активный синтез аминокислот, белков, липидов; 3) содержание промитохондрий и пропластид; 4) присутствие большого количества рибосом, многие из которых не прикреплены к мембранам эндоплазматической сети; 5) образование вторичной клеточной оболочки; 6) потеря способности к делению.

13. Какие признаки характерны для гиббереллинов? 1) тормозят биосинтез хлорофилла; 2) ускоряют этот процесс; 3) синтезируются в корнях; 4) ускоряют прорастание семян ячменя при получении солода; 5) способствуют образованию мужских цветков; 6) способствуют образованию женских цветков; 7) резко усиливают рост карликовых растений.

14. Какие признаки характерны для группы фитогормонов ауксинов? 1) предшественником в биосинтезе является мевалоновая кислота; 2) предшественником в биосинтезе является триптофан; 3) это производные аденина; 4) стимулируют корнеобразование; 5) влияют на эмбриональную фазу роста клеток; 6) влияют на фазу растяжения клетки.

15. Какие признаки характерны для длиннодневных растений? 1) цветут в начале лета; 2) цветут в конце лета и в начале осени; 3) это южные растения; 4) это растения умеренных и северных широт; 5) росту и развитию благоприятствуют пониженные ночные температуры; 6) росту и развитию благоприятствуют повышенные ночные температуры

16. Какие признаки характерны для короткодневных растений? 1) цветут в начале лета; 2) цветут в конце лета и в начале осени; 3) это южные растения; 4) это растения умеренных и северных широт; 5) росту и развитию благоприятствуют пониженные ночные температуры; 6) росту и развитию благоприятствуют повышенные ночные температуры.

17. Какие признаки характерны для цитокининов? 1) тормозят биосинтез хлорофилла; 2) усиливают биосинтез хлорофилла; 3) синтезируются в корнях; 4) ускоряют прорастание семян ячменя; 5) способствуют формированию бессемянных плодов; 6) усиливают рост карликовых растений.

18. Какие условия обеспечивают успешное протекание яровизации? 1) достаточное количество влаги; 2) недостаток влаги; 3) наличие кислорода; 4) недостаток кислорода; 5) запас углеводов; 6) недостаток углеводов.

19. Какие условия способствуют накоплению индолилуксусной кислоты в растительных тканях? 1) высокий уровень триптофана; 2) низкое содержание уровня триптофана; 3) большая активность ИУК-оксидазы; 4) низкая активность этого фермента; 5) освещение растений ультрафиолетовыми лучами; 6) обильное азотное питание.

²⁰. Какие условия способствуют накоплению индолилуксусной кислоты в растительных тканях? 1) *Высокий уровень триптофана;* 2) *его низкое содержание;* 3) *большая активность ИУК-оксидазы;* 4) *низкая активность этого фермента;* 5) *обильное азотное питание.*

21. Какие явления наблюдаются в покоящихся почках? 1) *обмен веществ прекращается;* 2) *интенсивность обмена веществ сильно понижена;* 3) *дыхание прекращается;* 4) *дыхание осуществляется очень медленно;* 5) *происходит накопление предшественников нуклеиновых кислот;* 6) *осуществляется процесс синтеза стимулирующих рост фитогормонов.*

22. Какие явления наблюдаются при выведении растений из состояния покоя? 1) *репрессия генома;* 2) *дерепрессия генома;* 3) *возрастание интенсивности дыхания;* 4) *падение содержания ингибиторов роста;* 5) *увеличение гормонов, стимулирующих рост;* 6) *уменьшение их количества.*

23. Какие явления наблюдаются у растений во второй половине лета, когда происходит укорочение длины светового дня? 1) *количество ингибиторов роста возрастает;* 2) *количество ингибиторов роста уменьшается;* 3) *содержание стимулирующих рост фитогормонов уменьшается;* 4) *содержание стимулирующих рост фитогормонов увеличивается.*

24. Какие явления типичны для фазы растяжения роста клеток? 1) *слияние мелких вакуолей с образованием одной центральной вакуоли;* 2) *отложение в клеточной оболочке пектина, лигнина, суберина;* 3) *резкое увеличение объема клеток;* 4) *возрастание сосущей силы клеток;* 5) *появление внешних специфических особенностей строения клеток;* 6) *протоплазма почти полностью расходуется на образование клеточной оболочки.*

25. Несбалансированный рост этиолированных растений определяется сдвигами в регуляторной системе растений. Какие признаки характерны для таких растений? 1) *Возрастание содержания ингибиторов роста;* 2) *их количество постоянно;* 3) *отсутствие ингибиторов роста;* 4) *увеличение содержания ауксинов;* 5) *их количество стабильно;* 6) *уменьшение содержания ауксинов.*

26. Продолжительность отдельных этапов развития, время их наступления варьирует в зависимости от условий окружающей среды, которые влияют на синтез гормонов, оказывающих воздействие на активность генов. Какие факторы внешней среды являются основными при переходе растений к цветению? 1) *минеральное питание;* 2) *содержание углекислого газа;* 3) *содержание кислорода;* 4) *температура;* 5) *продолжительность дневного освещения;* 6) *условия водоснабжения.*

27. Различают две фазы покоя у растений: глубокого, или органического, покоя и вынужденного покоя. Укажите признаки, характерные для первой фазы. 1) *определяется комплексом неблагоприятных условий окружающей среды;* 2) *за-*

висит от внутренних причин; 3) эффективно применение методов искусственного выведения растений из состояния покоя; 4) использование этих методов неэффективно; 5) при создании благоприятных условий растение переходит к вегетации; 6) при благоприятных условиях растение не переходит к вегетации.

28. Рост растительного организма регулируется системой фитогормонов. Какие признаки характерны для этой группы физиологически активных веществ? *1) действуют в сравнительно высоких концентрациях; 2) оказывают влияние в очень низких концентрациях; 3) образуются в определенных органах растений; 4) возникают во всех клетках; 5) регулируют рост тех клеток, в которых образовались; 6) регулируют физиологические процессы в других органах.*

29. Ростовые и тургорные движения отличаются друг от друга рядом признаков. Отметьте особенности, характерные для тургорных движений: *1) совершаются сравнительно медленно; 2) происходят быстро; 3) зависят от содержания фитогормонов; 4) не зависят от их содержания.*

30. Семена, как и целые растения, могут находиться в состоянии как вынужденного, так и глубокого покоя. Покой определяется рядом причин: *1) отсутствием воды в окружающей среде; 2) непроницаемостью для воды оболочек семян; 3) проницаемостью оболочек семян для кислорода; 4) механическим препятствием со стороны покровов семян росту зародыша; 5) недоразвитостью семян; 6) наличием большого количества ингибиторов роста в семенах и плодах при низком уровне содержания стимулирующих рост фитогормонов.* С какими причинами связано состояние глубокого покоя семян?

31. Укажите признаки, характерные для вынужденного покоя растений. *1) определяется комплексом неблагоприятных условий окружающей среды; 2) зависит от внутренних причин; 3) эффективно применение методов искусственного выведения растений из состояния покоя; 4) использование этих методов неэффективно; 5) при создании благоприятных условий растение переходит к вегетации; 6) при благоприятных условиях растение не переходит к вегетации.*

14.2 Контрольные вопросы

1. Понятие об онтогенезе, росте и развитии растений.
2. Морфологические, физиологические и биохимические признаки общих возрастных изменений растений.
3. Регуляция развития растений. Влияние внутренних и внешних факторов.
4. Циклическая теория старения и омоложения растений в онтогенезе. Значение теории.
5. Локализация ростовых процессов в растении. Клеточные основы роста и развития. Особенности роста органов растений. Роль фитогормонов в регуляции ростовых процессов.
6. Влияние внутренних и внешних факторов на рост растений.

7. Физиология цветения, опыления и оплодотворения.
8. Покой растений. Регуляция покоя.
9. Фитогормоны – абсцизовая кислота и этилен: химическая природа, регуляция роста и развития растения, механизм действия.
10. Фитогормоны – ауксины: химическая природа, регуляция роста и развития растения, механизм действия.
11. Фитогормоны – гиббереллины: химическая природа, регуляция роста и развития растения, механизм действия.
12. Фитогормоны – цитокинины: химическая природа, регуляция роста и развития растения, механизм действия.
13. Способы движения у растений. Тропизмы и настии.

Список литературы

- Баславская С. С., Трубецкова О. М. Практикум по физиологии растений. – Москва : Изд-во МГУ, 1964. – 328 с.
- Васильева З. В., Кириллова Г.А., Строчкова А.В. Учебно-методическое пособие по физиологии растений. – Москва : Просвещение, 1977. – 96 с.
- Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. – Москва : Высшая школа, 1975. – 392 с.
- Малый практикум по физиологии растений : учебное пособие / под ред. А. Т. Мокроносова. – Москва: Изд-во МГУ, 1994. – 184 с.
- Практикум по физиологии растений : учебное пособие для студентов-бакалавров направления подготовки 06.03.01 Биология, направленность : Общая биология / сост. Т. А. Лушникова – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2018. – 94 с.
- Практикум по физиологии растений / под ред. Н. Н. Третьякова. – Москва : Колос, 1982. – 271 с.
- Практикум по физиологии растений : учебное пособие / под ред. В. Б. Иванова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2001. – 144 с.
- Федорова А. И., Никольская А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды : учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – Москва : Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
- Шабельская Э. Ф. Лабораторные занятия по физиологии растений. – Минск : Выш. школа, 1981. – 142 с.
- Якушкина Н. И., Денисова Г. М. Физиология роста и развития растений : учебное пособие. – Москва : МОПИ им. Н.К. Крупской, 1985. – 200 с.

Учебное издание

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ПО ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

по выполнению лабораторных работ студентов-бакалавров
направления подготовки 06.03.01 Биология,
направленность: Общая биология

В авторской редакции

Подписано к печати 25.07.18
Печать цифровая
Заказ № 146

Формат 60×84 1/16
Усл. п.л. 5,8
Тираж 100

Бумага 80г/м²
Уч. изд.л. 5,8

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.