

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет  
имени А.А. Ежевского

Кафедра Агроэкологии, агрохимии, физиологии и защиты растений

Клименко Н.Н.

## ***Физиология растений***

***УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
для лабораторных занятий  
студентов агрономического факультета  
направлений подготовки:  
35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение  
очной и заочной форм обучения***

Иркутск – 2020 г.

УДК 634.1

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методической комиссией агрономического факультета Иркутского ГАУ имени А.А. Ежевского протокол № 10 от 10.06.2020 г.

Учебно-методические указания для лабораторных занятий со студентами агрономического факультета направления подготовки: 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» очной и заочной форм обучения в соответствии с ФГОС ВО 3++.

Составитель: Клименко Н.Н.

Молодежный: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2020 г., 66 страниц

Учебно-методические указания содержат в сжатой форме разделы курса, а также методики для выполнения лабораторных работ по предмету Физиология растений. Лабораторные работы соответствуют требованиям учебной программы для направления подготовки: 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение очной и заочной форм обучения.

Рекомендуется в качестве дополнительного материала при подготовке к текущей и промежуточной аттестации, проведении лабораторных занятий у студентов агрономического факультета направления подготовки: 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение очной и заочной форм обучения.

Рецензент:

Доцент кафедры земледелия и растениеводства, к.б.н. И.Н. Абрамова

©Иркутский государственный аграрный университет  
имени А.А. Ежевского, 2020 г.  
© Клименко Наталья Николаевна

## Содержание

Введение .....	4
<b>Тема 1. Физиология растительной клетки .....</b>	<b>7</b>
<i>Работа 1.</i> Клетка как структурная и функциональная единица живой материи.....	7
<i>Работа 2.</i> Определение потенциального осмотического давления клеточного сока методом плазмолиза.....	10
<i>Работа 3.</i> Диагностика повреждения растительной ткани по увеличению ее проницаемости.....	14
<b>Тема 2. Обмен и транспорт органических веществ в растениях.....</b>	<b>16</b>
<i>Работа 4.</i> Изучение свойств моно-, ди- и полисахаридов.....	19
<i>Работа 5.</i> Определение жира .....	22
<i>Работа 6.</i> Обнаружение белков.....	24
<b>Тема 3. Водный обмен растений.....</b>	<b>26</b>
<i>Работа 7.</i> Изучение состояния и количества устьиц методом отпечатков (по Полаччи).....	26
<b>Тема 4. Рост и развитие растений.....</b>	<b>28</b>
<i>Работа 8.</i> Изучение действия различных концентраций гетероауксина на рост корней .....	28
<b>Тема 5. Фотосинтез.....</b>	<b>31</b>
<i>Работа 9.</i> Химические свойства пигментов.....	33
<i>Работа 10.</i> Флуоресценция хлорофилла.....	39
<i>Работа 11.</i> Образование первичного крахмала на свету(проба Сакса)...	39
<b>Тема 6. Дыхание растений.....</b>	<b>41</b>
<i>Работа 12.</i> Определение интенсивности дыхания семян в закрытом сосуде.....	43
<i>Работа 13.</i> Определение дыхательного коэффициента у прорастающих семян.....	45
<b>Тема 7. Физиология минерального питания .....</b>	<b>47</b>
<i>Работа 14.</i> Качественный микрохимический анализ золы растений .....	47
<i>Работа 15.</i> Антагонизм ионов водорода и кальция.....	52
<b>Тема 8. Приспособление и устойчивость растений .....</b>	<b>53</b>
<i>Работа 16.</i> Защитное действие сахаров на цитоплазму. Устойчивость к заморозкам.....	53
<i>Работа 17.</i> Определение засухоустойчивости растений проращиванием семян на растворах сахарозы.....	56
<b>Тема 9. Математическая обработка экспериментальных данных.....</b>	<b>58</b>
<i>Работа 18.</i> Статистическая обработка экспериментальных данных.....	58
Глоссарий.....	61
Список рекомендуемой литературы .....	64
Список использованных источников .....	65
Приложение.....	66

## Введение

*Физиология растений* – наука, которая изучает процессы жизнедеятельности и функции растительного организма на всем протяжении его онтогенеза при всех возможных условиях внешней среды; наука об организации, управлении и интеграции функциональных систем в растительном организме; наука о функциональной активности растительных организмов.

*Объектом* изучения физиологии и биохимии растений служит громадный и разнообразный мир растений. *Предметом* физиологии являются функции растений, функциональные системы, обеспечивающие реализацию генетической программы роста и развития. Функции зеленого автотрофного растения: питание (воздушное – фотосинтез, почвенное – минеральное и водное); дыхание; рост и развитие; размножение и др. Функции зеленого автотрофного растения можно объединить в четыре группы жизненных явлений: процессы превращения веществ, превращения энергии, изменения формы, управления и информации растительных организмов. Взаимная координация этих процессов обеспечивает существование растений в непрерывно изменяющихся условиях внешней среды, продуктивность ценозов и агрофитоценозов.

*Главная задача* физиологии растений – раскрытие сущности процессов жизнедеятельности растительного организма в онтогенезе в различных условиях среды с целью управления ходом роста и развития растений, формированием урожая и его качеством.

Физиология растений относится к биологическим, теоретическим наукам, является отраслью экспериментальной ботаники, которая в XIX в. выделилась в самостоятельную науку. В разное время на базе физиологии растений сформировались вирусология (1902 г.), агрохимия (1910 г.), химия гербицидов и стимуляторов роста (1925 г.), микробиология (1930 г.), биохимия (1930 г.).

Физиология растений тесно связана с биохимией, биофизикой, микробиологией, цитологией, генетикой, молекулярной биологией, химией, физикой, использует современные методы химии, физики, математики, кибернетики.

Физиология растений зародилась в XVII – XVIII вв. Датой ее рождения как науки считают 1800 г., когда был издан пятитомный труд швейцарского ботаника Ж. Сенебье «Физиология растений». Этот ученый предложил термин «физиология растений», сформулировал основные задачи новой науки. Основоположниками физиологии растений в России являются Андрей Сергеевич Фаминцын (1835 – 1918) и Климент Аркадиевич Тимирязев (1843 – 1920). А.С. Фаминцын, академик Российской академии наук, в 1867 г. организовал в Санкт-Петербургском университете первую в России кафедру физиологии растений, а в системе Академии наук – лабораторию анатомии и физиологии растений, прообраз современного Института физиологии растений АН России (ИФР). Он автор книги «Обмен веществ и превращение энергии в растениях» (1883 г.) и первого отечественного учебника по физиологии растений (1887 г.). Среди учеников А.С. Фаминцына Д.И. Ивановский, открывший вирусы (1892 г.), М.С. Цвет, разработавший принципы адсорбционно-хроматографического анализа (1903 г.), О.В. Баранецкий, С.Н. Виноградский, В.А. Ротерт, А.А. Рихтер и другие известные ученые.

К.А. Тимирязев – профессор Петровской земледельческой и лесной, академии (ныне Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева) и Московского государственного университета, академик Российской академии наук. Основные исследования К.А. Тимирязева посвящены процессу фотосинтеза. Им опубликованы труды «Жизнь растения» (1878), «Чарльз Дарвин и его учение» (1883), «Борьба растений с засухой» (1891), «Земледелие и физиология растений» (1906) и др.

Условно выделяют три этапа развития физиологии растений. Первый этап – разработка основ корневого питания, второй этап – разработка проблемы превращения энергии, третий этап – современный период. Физиология

растений сначала развивалась как наука о почвенном питании.

Базу отечественной физиологии растений и ее мировую славу в прошлом создали работы А.С. Фаминцына, К.А. Тимирязева, М.С. Цвета, Н.А. Максимова, Т.Н. Годнева, Д.А. Сабина, Д.Н. Прянишникова, Н.Г. Холодного, В.Н. Любименко, А.Л. Курсанова. Они заложили и основные направления этой науки. В современной физиологии растений различают шесть принципиально важных направлений (А.Л. Курсанов, 1973): биохимическое, биофизическое, онтогенетическое, эволюционное, экологическое, синтетическое (кибернетическое).

Для фундаментальных исследований процессов жизнедеятельности растений все направления физиологии растений важны и взаимосвязаны.

## **ТЕМА 1. Физиология растительной клетки**

### **Работа 1. Клетка как структурная и функциональная единица живой материи**

Живая клетка представляет собой сложную систему структур, взаимодействующих друг с другом и с окружающей средой. Снаружи она покрыта оболочкой, основу которой составляют целлюлоза и пектиновые вещества. **Клеточная оболочка** содержит много ферментов: пероксидазу, фосфатазу, аскорбинатоксидазу. Клеточная оболочка выполняет следующие функции: защитно-изолирующую функцию, а также участвует в поглощении, выделении и передвижении веществ, придает форму, размер клетке, обладает эластичностью и пластичностью. Благодаря гидрофильности компонентов оболочка насыщена водой и играет буферную роль в водоснабжении клетки.

Основой структуры протопласта являются **клеточные мембраны**. Они состоят в основном из белков и липидов. Молекулы этих веществ образуют упорядоченную структуру. Все мембраны обладают избирательной проницаемостью.

Поверхностная мембрана – плазмалемма изолирует клетку от окружающей среды. Органеллы цитоплазмы (ядро, пластиды, митохондрии, аппарат Гольджи, эндоплазматическая сеть) имеют свои поверхностные мембраны. Вакуоль ограничена внутренней мембраной цитоплазмы – тонопластом. Таким образом, мембраны осуществляют в клетке компартментацию – разделение ее на отдельные участки (компарменты), в которых поддерживается постоянство среды (гомеостаз). Мембраны составляют также внутреннюю структуру таких органелл, как хлоропласт и митохондрии, увеличивая поверхность, на которой протекают важнейшие биохимические процессы.

Основные функции мембран следующие:

- 1) регуляция поглощения и выделения веществ;
- 2) организация ферментных и пигментных комплексов, участвующих в фотосинтезе, дыхании, синтезе различных веществ;
- 3) передача биоэлектрических сигналов по клеткам и тканям живого организма.

Функции растительной клетки в целом определяются согласованной деятельностью ее отдельных органелл.

**Эндоплазматическая сеть (ЭС), или эндоплазматический ретикулум** представляет собой систему канальцев, вакуолей, цистерн, ограниченных трехслойными мембранами. Различают две формы эндоплазматической сети: гладкую, отвечающую за синтез терпеноидов и гранулярную, расположенную ближе к ядру, где на наружной поверхности мембраны находятся рибосомы. Обе формы способны переходить одна в другую в зависимости от функциональных нужд клеток. Эндоплазматическая сеть имеется во всех клетках растений и животных, за исключением сине-зеленых водорослей и бактерий. К системе эндоплазматического ретикулума относят также оболочку ядра. Неблагоприятные факторы (завядание, облучение, обработка ядохимикатами) приводят к закручиванию мембран ретикулум. Такая перестройка является компенсаторным механизмом для усиления синтеза белка. Функции эндоплазматической сети – транспорт веществ и сигналов, участвует в синтезе клеточной оболочки, в окислительно-восстановительных системах клетки, передает информацию через раздражение от клетки к клетке, от органа к органу, гладкая ЭС осуществляет синтез углеводов, липидов, терпеноидов, шероховатая ЭС участвует в синтезе и транспорте белков и протеолитических ферментов.

Ядро (10-30 мкм в диаметре) выполняет роль хранителя наследственной информации, а также регулирует все жизненные процессы в клетке. Окружено ядерной оболочкой, состоящей из двух мембран – наружной и внутренней. В ядерной оболочке имеются многочисленные отверстия – поры, через которые происходит обмен веществ между цитоплазмой и ядром. В ядре имеются одно

или несколько ядрышек. В ядрышке происходит синтез рибосомальной РНК и образуются рибосомы.

**Рибосомы** располагаются на поверхности «шероховатой» эндоплазматической сети, которые состоят из белка и РНК. В рибосомах происходит синтез белка.

Присутствие пластид – характерный признак растительной клетки. Важнейшие из них – **хлоропласты**. Хлоропласты имеют двойную мембрану. Они находятся в единстве с цитоплазмой, между ними осуществляется постоянный обмен веществ. Единство установлено К. А. Тимирязевым в 1903 г. Они осуществляют трансформацию световой энергии в химическую, АТФ и НАДФ-Н<sub>2</sub>, ферментные системы осуществляют циклическое и нециклическое фосфорилирование, идет синтез РНК и ДНК.

Другой важнейший энергетический процесс - синтез АТФ за счет энергии окисления происходит в **митохондриях**, овальных или палочковидных структурах длиной 1-2 мкм. Митохондрия ограничена двумя мембранами – наружной и внутренней. Обе мембраны митохондрий имеют различную проницаемость. В митохондриях много ферментов, которые осуществляют процессы дыхания и окислительного фосфорелирования. Здесь происходят репликация и транскрипция ДНК, синтез своих белков.

Система канальцев и цистерн (диктиосом), ограниченных одинарной мембраной, составляет **аппарат Гольджи**, ответственный за внутриклеточную секрецию веществ, в частности, необходимых для построения клеточной оболочки. Синтезированные органические вещества в форме секреторных пузырьков транспортируются к плазмалемме. Сливаясь с ней, они участвуют в транспорте различных веществ и являются новыми участками, обновляющими плазмалемму и способствующими ее росту. В диктиосомах обнаружены РНК, фосфолипиды и фосфотазы.

**Сферосомы** ответственны в мобилизации запасных липидов и белков при прорастании семян. Являются производными эндоплазматического ретикулума, имеют сетчатое строение, мембрана не выражена.

В округлых тельцах – **лизосомах** изолируются гидролитические ферменты. Лизосомы расщепляют поврежденные органоиды клетки.

С возрастом в цитоплазме появляются полости, заполненные клеточным соком. При росте клетки они часто объединяются и образуют одну большую **вакуоль**. Вакуоль образуется путем расширения каналов эндоплазматической сети. Мембрана, окружающая вакуоль, называется тонопластом. Химический состав клеточного сока сильно варьирует в зависимости от вида растения. Главным компонентом сока является вода (до 98%) – в ней растворены сахара, алкалоиды (хитин, морфин, саланин), пигменты (антоцианы), органические кислоты (яблочная, лимонная, щавелевая, янтарная), аминокислоты, ферменты, растворимые белки, минеральные соли.

Вакуоль служит резервуаром для хранения запасных веществ и воды, а также для скопления вторичных продуктов обмена, являющихся ядом для протоплазмы, осуществляет осмотическое давление, способствующее поглощению клеткой воды, минеральных веществ и их передвижению, а так же принимает участие в поддержании тургора в растениях, активно участвует в функционировании ионно-обменной системы растения.

### ***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какие органеллы имеют двойную мембрану, не имеют мембран.
2. Отличительные особенности растительной клетки от животной.
3. Из каких молекул состоит каркас биологической мембраны.
4. Функции клеточной стенки.
5. Какая из органелл осуществляет межклеточный обмен веществ.

## ***Работа 2. Определение водного потенциала клеток растений методом плазмолиза***

***Вводные пояснения.*** Клеточный сок представляет собой водный раствор различных органических и неорганических веществ цитоплазмы и вакуоли. Концентрация этих веществ определяет потенциальное осмотическое давление клетки и выражает максимальную возможность ее всасывать воду из окружающей среды. Чем выше концентрация веществ в клетке, тем больше ее

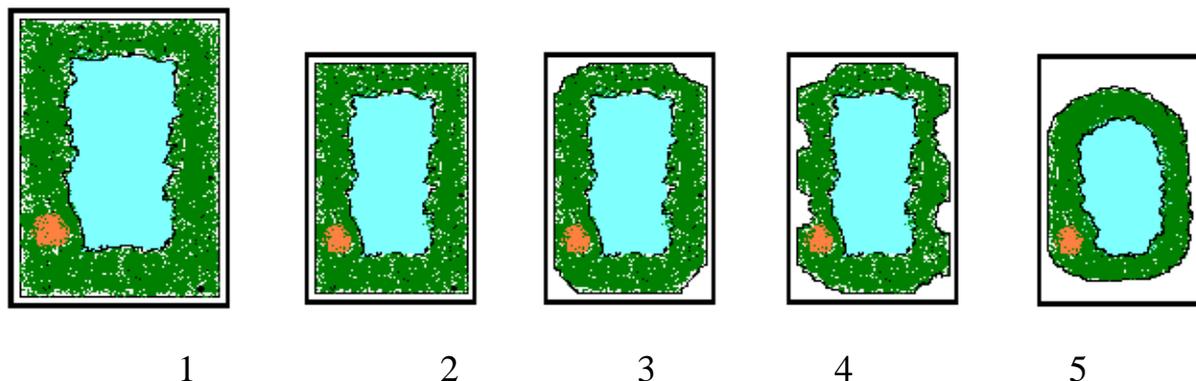
всасывающая сила и, следовательно, такие растения являются более засухоустойчивыми.

Сущность предлагаемого метода заключается в том, чтобы определить изотонический раствор. Это такой раствор, при котором осмотическое давление клеточного сока примерно равно осмотическому давлению внешнего раствора. Концентрация изотонического раствора будет находиться между концентрацией гипертонического раствора, вызывающего уголкового плазмолиз не менее чем у 50% клеток исследуемой ткани растений и концентрацией следующего (более слабого) раствора. Гипертонические растворы солей хорошо проникают через наружную цитоплазматическую мембрану клетки - *плазмалемму*, в то время как вероятность их проникновения через *тонопласт* (мембрану вакуоли) ничтожно мала. Молекулы воды проходят через клеточную мембрану только в случае возникновения разности концентрации растворов веществ по обе стороны мембраны и поступать они будут на ту сторону поверхности мембраны, где концентрация веществ выше. Так, если ткань растения поместить в высококонцентрированный солевой раствор (*гипертонический*), то молекулы воды будут выходить из клеток в раствор до тех пор пока не возникнет ситуация выравнивания осмотического давления клеточного сока и внешнего раствора. В результате процесса обезвоживания клеточной цитоплазмы ее объем уменьшается и она, под действием клеточной мембраны (*плазмалеммы*), начинает отходить от клеточной оболочки к центру клетки. Этот процесс называется *плазмолизом* и его можно обнаружить под микроскопом (рис.1).

Потенциальное осмотическое давление клеточного сока используется в практике орошаемого земледелия для определения начала очередного срока полива растений.

**Материалы и оборудование.** Луковица или листья элодеи в фарфоровой чашке или маленьких стаканчиках, 1М раствор хлорида натрия (NaCl), дистиллированная вода, микроскоп, предметные и покровные стекла, пипетки

на 10 мл., пробирки (7 шт.), стеклянная палочка, препаровальная игла, пинцет, фильтровальная бумага, карандаш по стеклу, цветные карандаши.



1 - тургорисцентная клетка; 2 - общее сокращение размера клетки; 3- уголкоый плазмолиз; 4- вогнутый плазмолиз; 5- выпуклый плазмолиз.

Рисунок 1 – Последовательные стадии плазмолиза.

### ***Последовательность выполнения работы.***

1. В соответствии с вариантами разведения приготовить в пробирках по 10 мл раствора NaCl с концентрацией от 0,2 до 0,8 моль/л (табл.1).

2. Пробирки тщательно взболтать и закрыть пробками для того, чтобы предотвратить испарение.

3. В каждую пробирку, начиная с высокой концентрации, с интервалом через (2-3) мин кусочки лука или высежки элодеи помещают в пробирки, начиная с высокой концентрации. В случае всплывания кусочка (диска) его необходимо стеклянной палочкой вновь погрузить в раствор.

4. Через 20 мин диски рассмотреть под микроскопом в капле соответствующего раствора в последовательности, аналогичной погружению. Стеклянную палочку и предметное стекло перед внесением каждого последующего диска необходимо промывать водой и тщательно обсушивать фильтровальной бумагой.

5. Определить изотоническую концентрацию и рассчитать осмотическое

давление клеточного сока по уравнению Вант – Гоффа:

$$P=101,3 R T C i, \text{ где}$$

$P$  – осмотическое давление, кПа;

101,3 – множитель для перевода атмосферного давления в килопаскали;

$R$  – универсальная газовая постоянная (0.00831 кДж / град .моль);

$T$  – абсолютная температура по Кельвину (2730 +  $t$  0С);

$t$  – температура проведения эксперимента;

$C$  – изотоническая концентрация, моль/ л;

$i$  – изотонический коэффициент (примечание), показывающий отношение числа частиц (молекул и ионов) в растворе к исходному количеству молекул растворенного вещества. Значения  $i$  для растворов NaCl приведены ниже:

**Примечание.**

Концентрация NaCl, моль / л	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
Изотонический коэффициент	1.62	1.63	1.64	1.66	1.68	1.70	1.73	1.75	1.78	1.83	-

**Оформление работы.** Результаты эксперимента оформить в виде таблицы и рисунка одной клетки для каждого из его вариантов в таблице 1. Отметить состояние большинства клеток диска: сильный плазмолиз, слабый плазмолиз, уголковый плазмолиз или отсутствие плазмолиза.

Таблица 1 – Определение потенциального осмотического давления

Концентрация растворов NaCl, М	На 10 мл раствора		Продолжительность пребывания срезов в растворе		Степень плазмолиза	Изотоническая концентрация, М	Потенциальное осмотическое давление, кПа
	1 М раствора NaCl, мл	воды, мл	время погружения	время наблюдения			
0,8	8	2					
0,7	7	3					
0,6	6	4					
0,5	5	5					
0,4	4	6					
0,3	3	7					
0,2	2	8					

**Выводы:** Сделать выводы о зависимости степени плазмолиза клеток исследуемого растения от концентрации внешнего раствора.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое плазмолиз.
2. Что такое сосущая сила клетки.
3. Какое значение имеет сосущая сила тканей в жизни растений.
4. Как поступает вода в растительные клетки.
5. Какая концентрация называется гипертонической, изотонической, гипотонической.

**Работа 3. Диагностика повреждения растительной ткани по увеличению ее проницаемости**

**Вводные пояснения.** Белки–переносчики расположены на мембранах и регулируют обмен веществ между всеми ультраструктурами клетки и окружающей средой. Если растительная клетка живая, то ее плазмолемма и тонопласт непроницаемы для веществ клеточного сока. Если же структура белков нарушается, то вещества выходят из клетки в окружающую среду. В природе нарушение структуры белков происходит при действии на растения засухи, высокой температуры или различных токсических веществ. В агрономической практике в основе всех методов определения устойчивости растений к повреждающему действию упомянутых факторов лежит способ определения интенсивности выхода веществ из растительных тканей.

**Материалы и оборудование.** Сверло для пробок, линейка, пинцет, фарфоровая чашка, штатив, пробирки 4 шт., карандаш по стеклу, линейка, пипетки на 10 мл., держатель для пробирок, спички, спиртовка, пинцет, цветные карандаши, корнеплод красной свеклы, дистиллированная вода, 30% уксусная кислота, 50% раствор этилового спирта, резиновые пробки для пробирок.

**Последовательность выполнения работы.**

1. Из очищенного корнеплода красной свеклы взять сверлом, диаметр которого составляет 0.7-0.8 см, куски свеклы цилиндрической формы.

2. Из свекольных цилиндров, используя линейку, нарезать диски толщиной 0.5 см.
3. Диски поместить в фарфоровую чашку и тщательно промыть под струей водопроводной воды с целью удаления выделившихся из поврежденных клеток красящих веществ (основное красящее вещество свеклы антоциан).
4. В две пробирки налить воду комнатной температуры, в третью - этанол, а в четвертую – уксусную кислоту. Объем воды и растворов во всех пробирках должен быть равным и составлять 10 мл.
5. Во все пробирки поместить по два диска свеклы.
6. Первую пробирку оставить с водой комнатной температуры. Она будет служить контролем.
7. Вторую пробирку с водой прокипятить на спиртовке в течение 2 мин.
8. Через 30 мин после начала экспозиции все пробирки интенсивно встряхнуть и диски извлечь из растворов.
9. Визуально (или использовать фотоэлектроколориметр) сравнить интенсивность окрашивания растворов.

**Оформление работы.** Данные, полученные в эксперименте занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Интенсивность окрашивания экстрагирующих растворов после экстракции

Критерий	Экстрагирующий раствор			
	Водопроводная вода (контроль)	Кипящая (в течение 2 мин) вода	50% этанол	30% уксусная кислота
Интенсивность окрашивания растворов				

Для оценки интенсивности окрашивания экстрагирующих растворов использовать знаки «+» или «-». Наиболее окрашенный раствор оценивают «++++», а затем количество знаков последовательно уменьшается в

соответствие со снижением интенсивности окрашивания раствора.

**Выводы.** На основании полученных в эксперименте данных сделать выводы о не специфичности ответной реакции клетки на воздействие повреждающих факторов внешней среды. Обсудить степень воздействия каждого повреждающего фактора на уровне структуры мембран цитоплазмы.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какое влияние оказывают кислота, спирт и высокая температура на клетки растения.
2. Чем обуславливается проницаемость цитоплазмы.
3. Какой пигмент окрашивает клеточный сок столовой свеклы.
4. Для какой цели используется метод данной работы.
5. На чем основан механизм избирательной проницаемости веществ в растительную клетку.

## ***ТЕМА 2. Обмен и транспорт органических веществ в растениях***

Живая система (биосистема) может существовать лишь благодаря тому, что постоянно обменивается с окружающей средой энергией и химическими элементами. Наряду с этим живая система существует благодаря наличию в ней различных органических молекул, которые создают структуру этой системы и функционируют как средство обмена различных веществ. Все они относятся к тому или иному классу веществ и являются производными этих классов. В целом органическая система функционирует на основе веществ, относящихся к четырем классам: углеводам, жирам, белкам и нуклеиновым кислотам. Эти классы веществ в процессе жизнедеятельности (метаболизма) организма постоянно обновляются, и это осуществляется за счет их взаимопревращения.

### **Углеводы**

Углеводы очень широко распространены в живых системах. Если взять биомассу в биосфере, то углеводы составляют в среднем 90% от сухого вещества и лишь 10% приходится на белки, жиры и нуклеиновые кислоты. В

растениях углеводы распространены значительно шире, чем у животных и микроорганизмов. Это обусловлено двумя обстоятельствами:

1. Растения единственные организмы, которые в широких масштабах из неорганических веществ сами синтезируют углеводы заново. В этой связи растения никогда не испытывают недостатка в углеводах и тем самым широко используют их для различных целей жизнедеятельности.

2. Растения ведут прикрепленный образ жизни, и не имеют скелета, что вынуждает их каждую клетку облачать в оболочку. Оболочка клетки состоит из целлюлозы (углевод).

Наряду с этим все растения, где бы они ни произрастали, имеют период покоя. Для выхода из этого состояния им нужны запасы энергии и веществ. Растения их откладывают в виде углеводов.

### Липиды

Любой жир, который накапливается в организме растений или животных, представляет собой смесь различных жировых молекул. Обычно жиры делят на твердые жиры и жидкие. Если в углеводородной цепи имеются ненасыщенные связи, то такие жиры жидкие, а если ненасыщенных связей мало, то такие жиры имеют твердую консистенцию. Необходимо помнить, что как в жидких, так и в твердых жирах присутствуют те и другие молекулы. Все зависит от их соотношения. В растениях преимущественно накапливаются жидкие жиры. Однако у растений тропических зон, где температура среды высокая, накапливается больше твердых жиров.

Молекулы жира в организме растений используются, прежде всего, в метаболическом обороте для получения энергии. Известно, что в каждой молекуле жира заключено в два раза больше энергии, чем в молекуле глюкозы (углеводов) и в три раза больше, чем в молекулах белков.

Запасяющую роль жиров следует рассматривать в нескольких аспектах: с одной стороны - роль запасов жира для материнского растения в период активного роста, а с другой – роль запасов жира для материнского растения в

период покоя и, наконец – роль запасов жира для дочерних растений (семян).

Структурная роль жиров заключается, прежде всего, в том, что они в большом количестве используются для образования мембран, а также для образования различных восков, предотвращающих испарение воды с листьев, стеблей, а, иногда, и с поверхности семян. Кроме того воска предотвращают проникновение патогенных микроорганизмов внутрь растения.

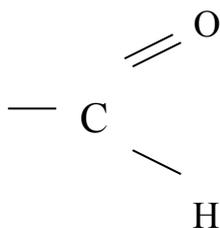
### **Белки**

Белки, как и липиды, и нуклеиновые кислоты служат химической основой жизненных процессов. Белки выполняют не только метаболическую функцию в организме растений и животных, но в растениях им присуща еще и запасающая функция. У растений белки откладываются в запас в семенах, при прорастании которых отложенный в запас белок необходим прорастающему зародышу для синтеза новых белков. Обычно в семенах содержится в среднем 9 – 12% белка. У современных культурных злаков содержание белка в зерне составляет 17 – 20% , а в семенах культурных бобовых содержится 20 – 40% белка. Наряду с этим запасные белки откладывается в почках зимующих древесных растений и в корневой шейке многолетних растений.

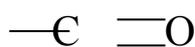
Белки в растениях не играют широкой структурной роли как углеводы и жиры. Это связано с тем, что растения в отличие от других организмов очень экономно относятся к азоту. По этой причине они экономно относятся и к белкам. Это обусловлено тем, что растения не могут усваивать азот из воздуха в молекулярном виде. Структуры, состоящие из белков, в чистом виде в растениях не существуют. Структурные единственные чисто белковые конструкции – это белки мембран, задачей которых является фиксировать на мембранах функциональные белки специального назначения: белки – переносчики, белки – ферменты и белки – рецепторы.

## Работа 4. Изучение свойств моно-, ди- и полисахаридов

**Вводные пояснения.** Углеводы в растениях находятся в виде мономеров (глюкоза, фруктоза, пентоза и триоза) и в виде полимеров (крахмал, целлюлоза и гемицеллюлоза). Все моносахариды, а также дисахариды благодаря присутствию альдегидной или кетонной группы являются редуцирующими, т.е. обладают восстанавливающими свойствами.



Альдегидная группа



Кетонная группа

Большинство химических методов определения редуцирующих сахаридов основано на легкой окисляемости их, и способности восстанавливать различные соединения. Наиболее распространенный метод определения сахаров – это метод Бертрана. Для анализа используется реактив Фелинга – смесь медного купороса с сегнетовой солью в щелочной среде.

### **Приготовление реактива Фелинга.**

1. Приготовить раствор сегнетовой соли ( $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{K} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) из расчета 200 г соли на 1 л дистиллированной воды.
2. Приготовить щелочной раствор (KOH или NaOH) из расчета 150 г щелочи на 1 л дистиллированной воды.
3. Приготовить 4% раствор медного купороса ( $\text{CuSO}_4$ ).
4. Приготовленные растворы (1 + 2 + 3) перед определением моносахаров смешать в равных количествах.

### **Приготовить раствор йода в йодистом калии.**

Для этого растворить 2 г KI в 5 мл дистиллированной воды, добавить 1 г металлического йода и после полного растворения последнего прилить 295 мл дистиллированной воды. Хранить реактив в темной склянке с притертой

пробкой.

**Материалы и оборудование.** Морковь (корнеплод), сахарная свекла (корнеплод) или сахар, ячмень (солод из пророщенных семян), картофель, реактив Фелинга; соляная кислота (HCl) 20% - ный раствор в капельнице или с маленькой пипеткой, дистиллированная вода, карбонат натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) – порошок; раствор йода в йодистом калии, чашка Петри (1 шт.), терка, стеклянная палочка, штатив для пробирок, пробирки (5 шт.), воронка (1 шт.), бумажные фильтры, пипетка на 2 мл. (3 шт.), скальпель (1 шт.), водяная баня, спиртовка, держатель для пробирок, спички.

***Последовательность выполнения работы.***

**Моносахариды ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) – глюкоза**

1. На мелкой терке натереть тщательно промытый корнеплод моркови.
2. Заполнить 1/4 часть пробирки натертой морковью и залить ее небольшим количеством дистиллированной воды (при точном количественном определении сахаров объем воды дозируется).
3. Пробирку с морковью нагреть на водяной бане в течение 5 мин (не менее).
4. По окончании экспозиции вытяжку из моркови профильтровать.
5. Одинаковые порции фильтрата моркови, используя пипетку, перенести в две чистые пробирки.
6. К фильтрату моркови в одной из пробирок прилить равный объем реактива Фелинга. Фильтрат в другой пробирке использовать для определения сахарозы (пункт Дисахариды).
7. Отметить образование в первой пробирке осадка кирпично-красного цвета.

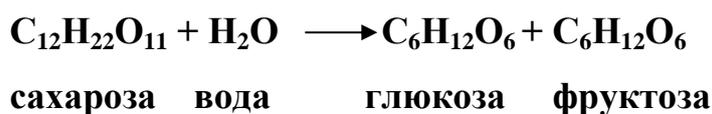
**Дисахариды ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) – сахароза**

1-5. Последовательность получения экстракта сахарозы из корнеплода сахарной свеклы аналогична, как и в случае получения экстракта моносахаров и дисахаров из корнеплода моркови.

6. Одинаковые порции фильтрата сахарной свеклы с помощью пипетки перенести в две чистые пробирки.

7. Фильтрат в одной из пробирок не гидролизовать (контроль).

8. К фильтрату моркови (см. пункт 6, вторая пробирка предыдущей работы), либо к экстракту сахарной свеклы (вторая пробирка), и (или) к раствору сахарозы, прилить несколько капель 20% раствора соляной кислоты с целью гидролиза сахарозы. Процесс гидролиза сахарозы идет по следующей схеме:



9. Кислые растворы сахарозы и морковной вытяжки нейтрализовать, добавляя сухой порошок  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  до полного прекращения выделения  $\text{CO}_2$ .

10. После нейтрализации растворов сахарозы и морковной вытяжки прилить равный объем реактива Фелинга и содержимое пробирок нагреть до  $100^\circ\text{C}$ .

11. Отметить образование осадка кирпично-красного цвета в растворах, подвергшихся гидролизу, или отсутствие его в не гидролизованных растворах сахарозы.

### **Мальтоза - ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )**

*Приготовление солодовой вытяжки:*

1. В колбу поместить 10 г солода (проросших в течение суток и измельченных семян злаков) и залить 50 мл теплой воды, температура которой составляет  $35-40^\circ\text{C}$ .

2. Суспензию периодически перемешивать и настаивать не менее 30 мин.

3. По окончании экспозиции суспензию профильтровать (фильтрат содержит мальтозу).

4. К 1 мл солодовой вытяжки добавить равный объем реактива Фелинга и суспензию прокипятить.

5. Отметить выпадение осадка закиси меди кирпично-красного цвета.

**Оформление работы.** Результаты проведенных экспериментов по изучению свойств моно- и дисахаров оформить в виде рисунков.

**Выводы.** Сделать выводы, соответствующие результатам проведенных экспериментов.

### **Полисахариды $(C_6H_{10}O_5)_n$ – крахмал**

1. Отрезать полоску (кубик) картофеля.

2. На картофельную полоску (кубик) нанести каплю раствора йода в йодистом калии.

3. Отметить изменение окраски в месте нанесения йода на картофельную пластинку (кубик).

**Выводы.** По степени интенсивности окрашивания зоны (фиолетовый цвет) сделать выводы о количественном содержании крахмала в объекте исследования.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие углеводы называются редуцирующими сахарами.

2. На чем основан метод Бертрана.

3. Физиологическая роль углеводов в жизни растений.

4. Что такое каталитическая активность ферментов.

5. Какие ферменты участвуют в гидролизе крахмала до глюкозы.

## **Работа 5. Определение жира**

**Вводные пояснения.** Жиры в растениях и в организме животных сходны между собой. Сами жиры как молекулы образованы из молекул двух других классов веществ, а именно из многоатомных спиртов и карбоновых кислот. Среди многоатомных спиртов у растений и животных для создания жиров избран один спирт – глицерин ( $CH_2OH - CHOH - CH_2OH$ ). К этой молекуле присоединяется всегда три молекулы карбоновой кислоты. В результате такой реакции образуется молекула, которая с точки зрения химии является сложным эфиром. В ходе реакции выделяется еще и вода.

**Материалы и оборудование.** Микроскоп, предметные и покровные стекла, фильтровальная бумага, лезвия, пипетки или капельницы, семена масличных растений (подсолнечника, льна, конопли, клещевины, арахиса и других растений), Судан-3, этиловый спирт ( $C_2H_5OH$ )

**Последовательность выполнения работы.**

1. Приготовить 0.5% раствор красителя судан-3 в 96% этиловом спирте.
2. Семена подсолнечника (и других масличных культур) освободить от семенной оболочки и разрезать вдоль семени на тонкие пластинки.
3. Пластинку семян поместить на предметное стекло в каплю воды и покрыть покровным стеклом.
4. Наблюдать в микроскопе блестящие неокрашенные капли (шарики) жира.
5. С предметного стекла фильтровальной бумагой оттянуть воду (обсушить пластинку семени).
6. На предметное стекло с обсушенной пластинкой семени нанести 2-3 капли раствора судан-3.
7. Под микроскопом на пластинках семени найти капли (шарики) жира, окрашенные раствором судан-3 в желтый (золотистый) цвет.

**Оформление работы.** Результаты работы оформить в виде рисунка, отмечая размер и цвет капель жира в неокрашенном варианте опыта и отметить интенсивность их окраски после окрашивания.

**Выводы.** На основе визуальных наблюдений сделать выводы о содержании жира у различных масличных растений.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте определение понятию «липиды» (жиры)?
2. Какие группы жиров Вы знаете?
3. Чем отличаются твердые жиры от жидких?
4. Физиологическая роль жиров в жизни растений.

## Работа 6. Обнаружение белков

**Вводные пояснения.** Молекулы белка образованы из молекул аминокислот, т.е. это своеобразный полимер, состоящий из молекул аминокислотных остатков. Скелет молекулы белка совершенно отличается от скелета молекул других органических веществ. Обычно органическое вещество содержит скелет, состоящий из последовательно расположенных атомов углерода, который называется углеродным скелетом. В молекуле белка этот скелет выглядит иначе и перемеживается с атомами азота.

Такая четкая последовательность перемеживания в скелете белка атомов углерода и азота, получается, из-за того, что для образования белков используются аминокислоты только L-ряда.

При распаде белков образуются аминокислоты, т.е. их мономеры, которые в дальнейшем используются либо для создания новых белков, либо дезаминируются, в результате чего образуются карбоновые кислоты, последние необходимы для синтеза углеводов, спиртов, жиров и т. д.

**Материалы и оборудование.** Колба на 100 мл (1 шт.), пробирки (3 шт.), пипетка на 10 мл. (1 шт.), пипетка на 2 мл. (2 шт.), пипетка глазная (2 шт.), воронка, бумажные фильтры, спиртовая горелка, держатели для пробирок. Гороховая мука, сернокислый аммоний 10%  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , гидроокись натрия 20% (NaOH), сернокислая медь 1% ( $\text{CuSO}_4$ ), концентрированная соляная (HCl), либо серная ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) или азотная ( $\text{HNO}_3$ ) кислота.

### ***Последовательность выполнения работы.***

#### **Биуретовая реакция**

1. Взвесить 3 г. гороховой муки, основные белки которой глобулины-легумины, и перенести ее в колбу.
2. В колбу прилить 20 мл 10% раствора сернокислого аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
3. Колбу тщательно встряхивать в течение 3-5 мин, а затем продолжить экстракцию белков еще в течение 30 мин.

4. Глобулины, перешедшие в раствор, фильтруют через складчатый бумажный фильтр (не исключена другая форма экстракции), смоченный экстрагирующим раствором. В случае мутного экстракта фильтрацию белков проводят повторно.

5. Взять 2 мл субстрата, поместить его в пробирку и прилить равный (2 мл.) объем 20% раствора NaOH и по одной капле (во избежание передозировки) добавлять 1% раствор  $\text{CuSO}_4$ .

6. Наблюдать появление фиолетового окрашивания раствора (или так называемую биуретовую реакцию, получившую свое название от вещества биурета). При избыточном добавлении медного купороса ( $\text{CuSO}_4$ ) фиолетовая окраска маскируется синей. В случае, если в растворе будут пептоны или такие белки как альбумины или гистоны, то раствор окрашивается в розовый цвет.

### **Денатурация белков**

1. Поместить в пробирку 2 мл белкового экстракта и нагреть его до кипения и наблюдать появления аморфного осадка.

2. Поместить в пробирку 2 мл белкового экстракта и приливать по каплям любую из минеральных кислот ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) до появления осадка.

**Примечание.** Растворение осадка в экстрагирующем белки растворе сернокислого аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  исключено, что свидетельствует о полной коагуляции белков в результате нагревания или воздействия кислоты.

**Оформление работы.** Результаты работы оформить в виде цветных рисунков, свидетельствующих о наличии в растениях белков и их денатурирующих свойствах.

**Выводы.** По результатам проведенного эксперимента сделать выводы о наличии белков в растениях и их способности к коагуляции (денатурации) в результате температурного или кислотного воздействия.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Физиологическая роль белков в жизни растений.
2. Дайте определение понятию «денатурация белка».
3. Какие факторы вызывают денатурацию белка?

### **ТЕМА 3. Водный обмен растений**

#### **Работа 7. Изучение состояния и количества устьиц методом отпечатков (по Палаччи)**

**Вводные пояснения.** Вода является важной составной частью цитоплазмы. На ее долю приходится 70-95%. Физико-химические свойства цитоплазмы в значительной мере зависят от степени ее обводненности.

Так, поступление минеральных веществ в живые клетки происходит путем адсорбции ионов из водного раствора. Фотосинтез возможен лишь при определенном содержании воды в зеленых клетках растения. Все химические реакции возможны при соответствующей насыщенности клетки водой. Даже незначительная потеря воды снижает интенсивность обмена веществ, а полное обезвоживание тканей влечет за собой необратимую коагуляцию протоплазмы и гибель растения.

Водный режим растения связан с количеством доступной воды в почве, ее поступлением в растение, усвоением и расходом в процессе транспирации.

Соотношение между поступлением и расходом воды есть водный баланс. Важным условием для нормального роста и развития растений является сведение водного баланса без длительного дефицита. Водный дефицит приводит к увяданию растения, а увядание растений, даже кратковременное, снижает накопление органических веществ.

Метод отпечатков (реплики) позволяет оценить количество устьиц на единице листовой поверхности у различных видов растений.

**Материалы и оборудование.** Пинцет, кисточка для лака, микроскоп, предметные стекла. Раствор коллодия или лак для ногтей. Листья одного яруса.

#### **Последовательность выполнения работы.**

1. Нанести на нижнюю сторону листа кисточкой тонкий слой

коллодия

2. После полного высыхания коллодия (через 2-3 мин) пленку с отпечатками устьиц снять пинцетом.

3. Отпечатки устьиц с листа различных видов растений рассмотреть под микроскопом.

4. С помощью окулярного микрометра измерить ширину и длину не менее чем у десяти устьиц и вычислить средние значения.

5. Определить среднее число устьиц в поле зрения микроскопа, исследовав, пять полей зрения в различных местах среза (отпечатка).

6. Определить цену деления окулярного микрометра. Для этого поместить на предметный столик микроскопа объективный микрометр, каждое деление которого равно 0.01 мм, т. е. 10 мкм. Поворачивая окуляр, совместить обе шкалы так, чтобы нуль окулярного микрометра совпал с какой – либо линией объективного микрометра. На другом конце поля зрения также найти совпадающие линии и определить сколько делений окулярного микрометра соответствует делениям объективного микрометра, находящимися между совмещенными точками. Цена деления окулярного микрометра определяется по формуле:

$$B * 10 / A \text{ мкм}$$

7. Рассчитать абсолютные размеры устьиц, умножив их длину и ширину, выраженных в делениях окулярного микрометра, на цену одного деления.

8. Вычислить площадь устьиц с некоторым приближением, принимая его форму за ромб, по формуле:

$$S = 0,7 * a * b, \text{ где}$$

S - площадь устьица, мкм<sup>2</sup>;

a – ширина мкм;

b - длина щели мкм.

**Оформление работы.** Результаты работы представить в виде таблицы.

Таблица 1 – Количество и размеры устьиц у растений

Растение	Число устьиц, шт.	Цена деления окулярного микрометра, мкм	Размер устьица				Общая площадь (S) устьиц, мкм <sup>2</sup>	Средняя площадь(S) устьица, мкм <sup>2</sup>
			в делениях окулярного микрометра, ед.		в мкм			
			длина	ширина	длина	ширина		
1								

**Выводы.** Сделать выводы о количестве и размере устьиц у различных видов растений и оценить их транспирационную возможность.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что называется интенсивностью транспирации.
2. Какие внешние факторы влияют на интенсивность транспирации.
3. Что такое водообмен растений.
4. Что такое устьице.
5. Для чего необходим подсчет количества устьиц.
6. Каков механизм открывания и закрывания устьиц.
7. Чем отличается устьичная от внеустьичной транспирации.

**ТЕМА 4. Рост и развитие растений**

**Работа 8. Изучение действия различных концентраций гетероауксина на рост корней**

**Вводные пояснения.** Рост и развитие растений – главные физиологические процессы, определяющие структуру, величину и качество урожая. Поэтому агроном должен хорошо знать эти процессы, уметь их исследовать и контролировать.

В жизненном цикле (онтогенезе) растения различают пять периодов: эмбриональный (зародышевый), юности (ювенильный или вирганильный), полового созревания, полной зрелости и размножения, старения и естественной гибели.

Первый и второй периоды онтогенеза, характеризующиеся увеличением числа и размеров вегетативных органов, объединяют общим понятием вегетативного развития, а третий и четвертый – генеративного развития растения.

Общий закон роста – его неравномерность, или периодичность, обусловленная внутренними причинами. Вначале рост органа или всего растения происходит медленно, затем быстрее и потом замедляется. Нарастание общей массы органа или растения графически выражают в виде плавной S-образной кривой, а скорость роста, или приросты массы, в виде плавной, более или менее симметричной кривой с одним максимумом. К важному внутреннему фактору роста и развития растений относятся вещества высокой физиологической активности, объединяемые под названием регуляторов роста и развития. К ним принадлежат ауксины, гиббереллины, кинины и ингибиторы роста. Поскольку эти вещества образуются в одних тканях и органах растения и, передвигаясь, действуют на другие ткани и органы, их называют также фитогормонами. В зависимости от физиологического состояния растения и концентрации фитогормонов и их соотношений они могут стимулировать или прекращать тот или иной физиологический процесс, ускорять или замедлять его.

Синтезировано много искусственных регуляторов роста растений, которые широко применяют для подавления развития сорняков, укоренения черенков, нарушения или создания покоя растений, опадания листьев, ускорения опадания излишних завязей и предупреждения предуборочного опадания плодов, увеличения их размеров, получения партенокарпических (бессемянных) плодов.

На рост и развитие растений очень сильно влияют внешние факторы; интенсивность и спектральный состав света, продолжительность дня и ночи, температура, влажность воздуха и почвы, органические и минеральные удобрения в особенности.

Методические процедуры сводятся к проращиванию семян на различных

концентрациях гетероауксина и учете длины корней.

**Материалы и оборудование.** Чашки Петри (5 шт.), пипетки на 1 мл. (1 шт.), пипетки на 10 мл. (1 шт.), мерные цилиндры на 10 мл, фильтровальная бумага, маркер по стеклу. Гетероауксин 0,01% ( $C_{10}H_9O_2N$ ) – [3-индолилуксусная кислота (ИУК)], водопроводная вода, семена пшеницы, карандаш по стеклу.

***Последовательность выполнения работы.***

1. Пронумеровать 5 чашек Петри (1, 2, 3, 4, 5).

2. На дно чашек Петри поместить фильтровальную бумагу, соответствующую по размеру ее диаметру.

3. Приготовить растворы гетероауксина следующих концентраций: 0,00001%; 0,0001 %; 0,001%; 0,01%. Удобно готовить разбавленные растворы из исходного раствора гетероауксина 0,01% концентрации. Для получения исследуемых концентраций в мерный цилиндр на 10 мл налить 1мл раствора гетероауксина 0,01% концентрации, и прилить (до мерной черты) 9 мл водопроводной воды. Затем раствор тщательно перемешивать и 9 мл его вылить в чашку Петри (№5), а к оставшемуся 1 мл раствора гетероауксина (0,01%) прилить также, как и в первом случае, 9 мл водопроводной воды. Приготовленный раствор гетероауксина имеет 0,001% концентрацию и 9 мл его перенести в чашку Петри (№4). Аналогичным образом приготовить растворы более низких концентраций (0,0001% и 0,00001%), которые также последовательно по 9 мл прилить в чашки Петри (№3 и №2).

4. В чашки Петри (1, 2, 3, 4, 5) налить по 9 мл: в первую – водопроводной воды, а со 2 по 5 чашки Петри налить последовательно гетероауксин следующих концентраций: во вторую – 0,00001%, в третью – 0,0001%, в четвертую – 0,001% и, наконец, в пятую – гетероауксин 0,01% концентрации.

5. В каждую чашку Петри положить по 5 зерновок (желательно их визуально откалибровать по размеру) пшеницы. Чашки закрыть крышками и семена проращивать в темноте при температуре 20 –25°C.

6. Через неделю в каждом варианте опыта измерить длину всех корешков.

**Оформление работы.** Результаты эксперимента оформить в виде таблицы.

Таблица 1. – Влияние различных концентраций гетероауксина на рост корней пшеницы, см

Вариант	Суммарная длина корешков, см	Средняя длина корешков на одно растение, см	Длина корешка, % к контролю
Водопроводная вода (контроль)			100
Раствор гетероауксина, %: 0,00001			
0,0001			
0,001			
0,01			

**Выводы.** По результатам эксперимента сделать выводы о том, какая, из изученных концентраций гетероауксина оказывает стимулирующее действие на рост корней растений, какая – ингибирующее, и, наконец, какая, концентрация гетероауксина является физиологически нейтральной.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие фазы роста проходит каждая клетка.
2. Что называется большим периодом роста.
3. Какие фитогормоны стимулируют рост и развитие растений.
4. Какие фитогормоны ингибируют рост и развитие растений.
5. В какой концентрации гетероауксин стимулирует образование корешков у корней.

## ТЕМА 5. Фотосинтез

Фотосинтез у растений – процесс поглощения энергии солнца и образование на основе этой энергии органических веществ из неорганических элементов: диоксида углерода и воды.

Весь процесс фотосинтеза обычно делят на две фазы: световую и темновую. При световой фазе в хлоропластах происходит процесс поглощения энергии солнца и превращение ее в энергию химических связей в форме АТФ и НАДФ-Н. В темновой фазе происходит процесс образования органических веществ из неорганических элементов, благодаря использованию энергии АТФ и НАДФ-Н.

Растения используют энергию для выполнения различной работы, в частности для химических реакций, т.е. для сборки и разборки молекул, для создания химического потенциала на разных сторонах мембраны, необходимого для создания на поверхности мембраны определенного значения рН среды. Известно, что функциональные белки, расположенные на мембранах (на внешней и внутренней стороне) выполняют работу лишь при определенном значении рН.

Энергия также необходима для транспорта веществ через мембрану. Наконец часть химической энергии превращается в тепловую, которая регулирует температуру тела растений и испарение воды.

Темновая фаза выполняется в хлоропластах непосредственно на тилакоидах, а точнее в гранах, расположенных между тилакоидами. Она называется темновой не потому, что нуждается в темноте, а потому, что для ее прохождения нет необходимости в свете. Этот процесс происходит одновременно с поглощением энергии. По этой причине темновая фаза и в пространстве и во времени тесно связана со светом. Темновая фаза делится условно на 4 стадии или этапа. На *первом этапе* происходит процесс поглощения углекислого газа из воздуха. Поглощенный растением углекислый газ через устьица проникает в клетки мезофилла листа, а из клеток в хлоропласт, где и поглощается пяти - углеродным фосфорилированным углеводом (рибулезоди-фосфатом). Эта молекула после фиксации  $\text{CO}_2$  превращается в шести углеродный углевод. Последний, будучи неустойчивым, по своей природе, соединением распадается на две триозы (фосфоглицериновая кислота), которая затем (*вторая стадия*) восстанавливается с использованием

АТФ и НАДФН до фосфоглицеринового альдегида. На следующем этапе (*третья стадия*) темновой фазы фотосинтеза происходит регенерация (восстановление) молекулы рибулезо-ди-фосфата. Процесс регенерации молекулы рибулезо-ди-фосфата проходит через целую систему биохимических реакций. Оставшиеся молекулы фосфоглицеринового альдегида после восстановления рибулезо-ди-фосфата используются для синтеза различных органических веществ. Это заключительная (*четвертая*) фаза темнового фотосинтеза.

### *Работа 9. Химические свойства пигментов*

#### **Задание 1 – Получение экстракта листьев растений**

***Вводные пояснения.*** Спектр поглощения энергии солнца для растений лежит в диапазоне 350-850 нм. Для того, чтобы уловить энергию в таком диапазоне нужна не одна форма молекулы, а целая система. Такими молекулами являются пигменты: хлорофиллы, каротиноиды, фикобилины. Все они устроены по единому принципу – чередование в молекуле двойной и одинарной связи между атомами углерода. Они могут быть развернуты в виде цепи и тогда они называются каротиноидами, либо образуют углеродные циклы и тогда они называются фикобилинами и, наконец, эти циклические строения могут быть объединены в единую схему циклов. Такие пигменты называют хлорофиллами. Каждый из этих пигментов: хлорофиллы, каротиноиды, фикобилины имеет множественную форму. Например, хлорофилл *a* насчитывает около 20 различных форм. Такое же множество форм имеют хлорофиллы *a*, *b* и *d*. Такой большой спектр пигментов позволяет улавливать солнечную энергию в диапазоне 350-850 нм.

Энергия солнца усваивается у растений в основном молекулами хлорофилла. Хлорофилл *a* ( $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ ) – зеленый с синеватым оттенком.

Хлорофилл *б* ( $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ ) – зеленый с желтоватым оттенком. Он отличается от хлорофилла *а* лишь тем, что у второго пиррольного кольца вместо метильной группы имеется альдегидная.

*Каротиноиды* – группа желтых пигментов. Наиболее распространенный у высших растений  $\beta$  - каротин ( $C_{40}H_{56}$ ) – желто-оранжевый, а наиболее известный ксантофилл у высших растений – лютеин ( $C_{40}H_{56}O_2$ ) – золотисто – желтый.

***Материалы и оборудование.*** Ножницы, фарфоровая ступка с пестиком, стеклянная палочка, пробирка, колба на 100 мл, воронка, бумажный фильтр, этиловый спирт ( $C_2H_5OH$ ) или любой другой полярный растворитель, кварцевый песок или тонко толченое стекло, углекислый кальций ( $CaCO_3$ ), вазелин, зеленые листья растений.

***Последовательность выполнения работы.***

1. Свежие зеленые листья растений без крупных жилок и черешка измельчить ножницами на мелкие полоски (кусочки).

2. Измельченную массу листьев поместить в ступку и прилить небольшое (только для смачивания листьев) количество спирта.

3. В ступку на кончике ножа добавить  $CaCO_3$  (для нейтрализации кислот клеточного сока) и немного кварцевого песка или толченого стекла для улучшения растирания листьев.

4. Листья тщательно растереть до получения однородной массы (кашицы), приливая понемногу этиловый спирт.

5. Смазать носик ступки с внешней стороны вазелином и слить полученный темно зеленый экстракт пигментов, используя палочку, на фильтр (при не количественном определении возможно перенесение экстракта на воронку с бумажным фильтром).

6. Прилить в ступку еще немного спирта и повторить процедуру растирания пробы листьев и экстракции пигментов.

7. Повторить экстракцию пигментов многократно до полного их извлечения (о полноте экстракции судить по обесцвечиванию листовой массы).

Спиртовую вытяжку использовать в последующих работах при изучении физических и химических свойств пигментов.

## **Задание 2 – Разделение пигментов по методу Крауса**

**Вводные пояснения.** Метод Крауса основан на различной растворимости пигментов в спирте и бензине. Хлорофилл, имеющий длинный углеводородный «хвост», и каротин, являющийся углеводородом имеют большее сродство к неполярному растворителю (бензину), в то время как ксантофилл (лютеин), будучи двухосновным спиртом, практически нерастворим в бензине, но хорошо растворим в спирте.

**Объекты исследования.**

**Реактивы.**

**Материалы и оборудование.** Спиртовая вытяжка зеленого листа. Пробирка с притертой пробкой, цветные карандаши или фломастеры. Бензин (фракция нефти с  $C_5$ - $C_{10}$  атомами углерода), этиловый спирт ( $C_2H_5OH$ ), вода дистиллированная. Пипетка на 2 мл.(1 шт.), пипетка на 5 мл. (1 шт.), глазная пипетка.

**Последовательность выполнения работы.**

1. Налить в пробирку 2 мл спиртового экстракта пигментов.
2. В пробирку с экстрактом пигментов прилить бензин, объем которого должен несколько превышать объем взятого для исследования экстракта пигментов (3 мл).
3. Закрыть пробирку резиновой пробкой.
4. Пробирку, содержащую спиртовой экстракт пигментов и бензин, тщательно встряхнуть и оставить эмульсию на короткое время (1-2 мин) для отстаивания.
5. В случае нечеткого расслоения эмульсии на слои в пробирку добавить несколько капель воды и содержимое пробирки тщательно встряхнуть. В случае помутнения нижнего слоя, что происходит при

избыточном добавлении воды, для просветления последнего следует внести в эмульсию этиловый спирт и пробирку вновь тщательно встряхнуть.

6. Визуально отметить расслоение эмульсии и определить состав пигментов в верхнем бензиновом и нижнем спиртовом слоях.

7. Спиртовой экстракт пигментов, представленный ксантофиллами, сохранить в холодильнике для последующего изучения их оптических свойств.

**Оформление работы.** Результаты работы оформить в виде цветного рисунка распределения пигментов. Верхний зеленый бензиновый слой - это хлорофиллы и каротин, желтый цвет последнего маскируется зеленым цветом хлорофиллов, а нижний спиртовой слой золотисто-желтого цвета содержит ксантофиллы.

**Выводы.** Сделать выводы, соответствующие результатам проведенного исследования.

### **Задание 3 – Омыление хлорофилла щелочью**

**Вводные пояснения.** Хлорофилл – сложный эфир дикарбоновой кислоты хлорофиллина  $C_{32}H_{30}ON_4Mg(COOH)_2$  и двух спиртов – метилового  $CH_3OH$  и фитола  $C_{20}H_{39}OH$ . При действии на хлорофилл щелочи эфирные связи его омыляются и в результате этой реакции образуются спирты (метиловый и фитол) и соль хлорофиллиновой кислоты. Последняя хорошо растворима в воде, но в отличие от хлорофилла нерастворима в бензине.

**Материалы и оборудование.** Спиртовая вытяжка пигментов, гидроокись КОН или NaOH 20%, бензин (фракция нефти с  $C_5$ - $C_{10}$  атомами углерода), капельница (с 20% раствором щелочи), пипетка на 5 мл. (2 шт.), пробирка с резиновой пробкой, цветные карандаши или фломастеры.

#### **Последовательность выполнения работы.**

1. В пробирку налить 3 мл спиртовой вытяжки пигментов.
2. В пробирку с экстрактом пигментов прилить бензин, объем которого должен несколько превышать объем взятого для исследования

экстракта пигментов (4 мл).

3. К раствору пигментов с бензином добавить 1 мл (несколько капель) 20% раствора щелочи.

4. Пробирку со смесью раствора пигментов и щелочи тщательно встряхнуть и дать отстояться.

5. Отметить окраску верхнего бензинового и нижнего спиртового слоев исследуемого раствора.

**Оформление работы.** Результаты работы оформить в виде рисунка, отметив окраску верхнего бензинового и нижнего спиртового слоев исследуемого раствора.

Указать вещества, растворенные в верхнем и нижнем слое раствора, помня о том, что каротиноиды (каротины и ксантофиллы) со щелочью не реагируют.

**Выводы.** Сделать выводы, соответствующие результатам проведенной работы.

#### **Задание 4 – Получение феофитина и восстановление металлорганической связи в молекуле хлорофилла**

**Вводные пояснения.** Атом Mg в порфириновом ядре хлорофилла удерживается относительно слабо и при воздействии сильных кислот (соляной, серной или других минеральных кислот) в молекуле хлорофилла происходит замещение атома магния двумя атомами водорода. В результате реакции возникает новое вещество – феофитин буровато – оливкового цвета.

Металлорганическую связь возможно восстановить, подействовав на раствор феофитина солями меди, цинка или ртути. В этом случае в ядре молекулы феофитина происходит замена двух протонов металлом. Продукт реакции замещения протонов медью (хлорофиллоподобное вещество – производное меди) по окраске не идентичен хлорофиллу, а имеет голубовато-зеленоватый оттенок.

**Материалы и оборудование.** Спиртовая вытяжка пигментов, соляная кислота (HCl) 10%, ацетат меди Cu (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>, либо ацетат цинка или ацетат ртути, пробирки (2 шт.), пипетка на 5 мл. (1 шт.), пипетка глазная (1 шт.), держатель для пробирок, спиртовка, спички, цветные карандаши или фломастеры.

**Последовательность выполнения работы.**

1. Налить в две пробирки 3 мл спиртового экстракта пигментов зеленого листа.
2. В каждую из пробирок добавить по 2-3 капли 10% соляной кислоты.
3. Отметить окраску раствора в обеих пробирках.
4. В одну из пробирок внести несколько кристаллов уксуснокислой меди (ацетата меди).
5. Пробирку с раствором пигментов и внесенной в нее солью осторожно нагревать на спиртовке до кипения, не допуская выброса раствора из нее. При недостаточном внесении ацетата меди окраска может не измениться. В этом случае необходимо добавить еще соли и продолжить нагревание.
6. Отметить изменение цвета раствора, произошедшего в результате замещения в феофитине двух атомов водорода на атом меди.

**Оформление работы.** Результаты работы оформить в виде рисунков, один из которых соответствует получению феофитина из хлорофилла, а другой отражает восстановление металлорганической связи в нем.

**Выводы.** Сделать выводы о химических свойствах хлорофилла.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие продукты фотосинтеза образуются в листьях в темновой фазе фотосинтеза.
2. В чем разница между первичным крахмалом и вторичным.
3. Что происходит с углеводами листа в темноте.
4. Что называется интенсивностью фотосинтеза.
5. Какой газообмен наблюдается при фотосинтезе.
6. В каких условиях интенсивность фотосинтеза выше.

## **Работа 10. Флуоресценция хлорофилла**

Флуоресценция – испускание света возбужденной молекулой хлорофилла **а** и хлорофилла **б**. При переходе молекулы хлорофилла из возбужденного состояния в основное энергия электронов может расходоваться либо на фотохимическую работу, либо на возбуждение соседних молекул хлорофилла, либо теряется в виде тепла или, наконец, происходит флуоресцентное излучение. Наибольшая флуоресценция хлорофилла наблюдается в растворах. В живом листе флуоресценция менее выражена. Однако при неблагоприятных для растения условиях эффект флуоресценции возрастает и этот показатель можно использовать для определения устойчивости растений к среде обитания.

**Материалы и оборудование.** Спиртовая вытяжка пигментов зеленого листа, пробирка, настольная лампа, лист черной бумаги.

### **Последовательность выполнения работы.**

1. Пробирку с вытяжкой пигментов (спиртовой или бензиновой) поместить на темную бумагу у настольной лампы.
2. Рассматривать вытяжку со стороны отраженного свет.
3. Отметить окраску раствора.

**Оформление работы.** Результаты работы оформить в виде рисунка, отметив окраску контрольного (зеленую) и опытного (темно-красную) раствора.

**Выводы.** Сделать выводы о причине флуоресценции.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Как объясняются явления флуоресценции хлорофиллов.
2. При каких условиях у растений усиливается эффект флуоресценции.

## **Работа 11. Определение первичного крахмала на свету (проба Сакса)**

**Вводные пояснения.** В световой фазе растения поглощают значительно больше энергии, чем это им необходимо в данный момент времени. Избыток

энергии используется растениями для образования молекул крахмала, который расходуется в темный период суток на образование всех необходимых органических молекул. Для того чтобы установить образование крахмала на свету, необходимо удалить крахмал, уже имеющийся в листьях. Для этого растения подготавливают к опыту, помещая их на сутки и (больше) в темноту. В темноте крахмал вновь не образуется, имеющийся же крахмал частью оттекает от листа (превращаясь в растворимые формы углеводов) в другие органы растений, частью же потребляется в процессе дыхания.

**Материалы и оборудование.** Спиртовка, чашка Петри (2 шт.), темная бумага, скрепки, спирт, раствор  $I_2$  в  $KJ$ , вода, серная кислота ( $H_2SO_4$ ), водяная баня, пинцет, химический стаканчик (2 шт.), растения (герань)

***Последовательность выполнения работы.***

1. Приготовить раствор йода в йоде калия ( $I_2$  в  $KJ$ ). Растворить 2 г  $KJ$  в 5 мл дистиллированной воды, добавить 1 г металлического йода, после полного растворения последнего прилить 295 мл воды. Хранить в темной склянке.
2. Заранее одно растение подготавливают к опыту, помещая его на сутки (и больше) в темноту, а второе растение оставляют на свету, закрепив скрепкой на листе фигурку из плотной бумаги.
3. По истечении времени листья из обоих растений срезают и кипятят в воде несколько минут для извлечения хлорофилла, так как зеленая окраска листа маскирует реакцию крахмала с йодом.
4. После горячей воды листья переносят в стаканчик со спиртом, поставить на горячую водяную баню и выдержать до обесцвечивания ткани.
5. Обесцвеченную ткань листа для размягчения промыть водой.
6. Затем в чашке Петри хорошо расправленные листья обработать раствором йода в йодистом калии\*.

**\*Примечание.** Отсутствие синего окрашивания свидетельствует о полноте обескрахмаливания.

7. Отметить участки листа с образованием крахмала и участки с его отсутствием.

**Оформление работы.** Результаты работы оформить в виде рисунка листа растения.

**Выводы.** Сделать вывод о том, почему в освещенных местах обнаруживается обильное образование крахмала (синяя или черная окраска), а в местах, закрытых экраном крахмал не обнаруживается, и они окрашиваются от йода в желтый цвет.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие продукты фотосинтеза образуются в листьях в темновой фазе фотосинтеза.
2. В чем разница между первичным крахмалом и вторичным.
3. Что происходит с углеводами листа в темноте.

## ТЕМА 6. Дыхание растений

Дыхание – процесс поэтапного окислительно-восстановительного распада органических молекул до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . При этом выделяется свободная энергия, которая в основном аккумулируется в молекулах АТФ. На примере глюкозы общее уравнение этого процесса имеет следующий вид:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{энергия (2875 кдж/моль, т.е. 38 молекул АТФ)}$ .

Промежуточные продукты распада молекул используются для биосинтеза новых органических веществ (углеводов, белков, жиров, нуклеиновых кислот и др.). Энергия, полученная в результате дыхания, используется для биосинтеза упомянутых веществ и других процессов жизнедеятельности растительного организма.

У растений в отличие от животных эволюционно хорошо организован и функционально четко отлажен фотосинтетический аппарат, благодаря которому растения способны поглощать и аккумулировать солнечную энергию. Этот мощный приток энергии из внешней среды позволяет растениям

синтезировать любые необходимые им органические молекулы из простых неорганических соединений. В таком случае казалось бы, что растениям, в принципе не нужен аппарат дыхания. Между тем в растительных клетках процессы дыхания играют такую же значимую роль, как и в клетках животных. Это связано с рядом обстоятельств.

*Во-первых*, не во всех растительных клетках функционирует фотосинтетический аппарат. Например, в клетках корневой системы фотосинтетические процессы отсутствуют, и метаболические процессы осуществляются за счет дыхания.

*Во-вторых*, растения в определенный период годового сезона уходят в состояние покоя. Этому процессу подвержены как сами материнские растения (покой у них в форме клубней, корнеплодов, луковиц, а также в состоянии почек у ряда травянистых и древесных растений), так и их половое потомство (семена). В период выхода из состояния покоя, растущий зародыш семян и отрастающие почки растений используют гетеротрофный способ питания, мобилизуя запасные вещества (белки, жиры, и углеводы) через процесс дыхания.

*В-третьих*, значительная часть органических молекул, осуществляющих работу по реализации метаболизма в растительных клетках (белки-ферменты, белки-переносчики, белки-рецепторы, белки цитохромной системы, фосфолипиды биологических мембран и другие) со временем «изнашиваются». Они заменяются новыми, а устаревшие молекулы подвергаются «переработке» в дыхательном пути растительных клеток.

Наконец, *в-четвертых*, в темное время суток все растительные клетки переходят на гетеротрофный способ питания, который осуществляется за счет процессов дыхания.

Таким образом, наряду с фотосинтезом, дыхание составляет основу биоэнергетики у растений.

## **Работа 12. Определение интенсивности дыхания семян в закрытом сосуде**

**Вводные пояснения.** Интенсивность дыхания можно определить по количеству  $\text{CO}_2$ , выделившейся в единицу времени (1 час) единицей веса растения. Для определения интенсивности дыхания могут использоваться: проросшие семена, листья, соцветия и другие органы растения. Наиболее простой установкой для определения дыхания может служить колба с плотной резиновой пробкой.

**Материалы и оборудование.** Колбы (3шт.) на 250-300 мл, марлевые мешочки (2 шт.), нитки, резиновые пробки для колб с крючками для подвешивания мешочков с семенами, пробки для титрования (снабжены двумя трубками для внесения фенолфталеина и подсоединения к бюретке для титрования), бюретка для титрования, весы, термостат, капельница, соляная кислота ( $\text{HCl}$ ) 0,1н раствор, гидроксид натрия ( $\text{NaOH}$ ) 0,1н раствор и фенолфталеина 1% раствор, семена пшеницы или других культур, заранее пророщенные.

### **Последовательность выполнения работы.**

1. Взвесить на весах (с точностью до 0,1 г) 5-10 г растительного материала, поместить его в марлевый мешочек, завязать ниткой и прикрепить к крючку на пробке опытной колбы.

2. В три одинаковые колбы налить по 30 мл  $\text{NaOH}$  и быстро одновременно закрыть.

3. В две колбы поместить мешочки с семенами, причем в опытной колбе мешочек с семенами не должен соприкасаться со щелочью.

4. Колбы поставить в темное место (для исключения процесса ассимиляции) с определенной температурой на 30 минут. При этом растительный материал дышит, выделяя  $\text{CO}_2$ , которая поглощается щелочью по реакции:  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

5. Контрольную колбу оставить на рабочем столе.

6. Во время опыта колбы нужно осторожно покачивать, чтобы не допустить образования пленки  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , мешающей дальнейшему поглощению  $\text{CO}_2$ .

7. По окончании время экспозиции оттитровать остаток  $\text{NaOH}$  соляной кислотой.  $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

Для этого необходимо быстро извлечь из опытных колб мешочек с семенами, и колбы плотно закрыть пробками для титрования. В каждую опытную колбу через одну из трубок внести 2-3 капли фенолфталеина, а вторую трубку соединить с бюреткой для титрования. Титрование проводить 0.1 н раствором  $\text{HCl}$  до слабо розового окрашивания.

8. Открыть контрольную колбу на период, равный открыванию опытных колб, и провести титрование контрольной колбы по аналогии с опытными вариантами (п.7).

**Оформление работы.** Интенсивность дыхания рассчитать по формуле:

$$X = \frac{100 * d * (a - б)}{n * z}$$

где, X – интенсивность дыхания 100 г растительного материала за 1 ч;

a – количество соляной кислоты ( $\text{HCl}$ ), израсходованной на титрование щелочи в контрольной колбе, мл;

б - количество раствора, связанного  $\text{NaOH}$  углекислотой в опытной колбе, т. е. количество  $\text{HCl}$ , пошедшего на титрование;

n – вес (в граммах) навески растительного материала;

z – продолжительность опыта (в час);

d – титр раствора щелочи.

**Выводы.** Сделать выводы об интенсивности дыхания исследуемого материала.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте определение понятию «дыхание».
2. Что такое интенсивность дыхания.
3. Какой газообмен наблюдается при дыхании.
4. Значение процесса дыхания для растений.

## **Работа 13. Определение дыхательного коэффициента у прорастающих семян**

**Вводные пояснения.** Дыхательный коэффициент (ДК) – это отношение объема выделенного диоксида углерода ( $V \text{ CO}_2$ ) к объему поглощенного кислорода ( $V \text{ O}_2$ ). При окислении углеводов дыхательный коэффициент равен 1, при окислении жиров (более восстановленных соединений) кислорода поглощается больше, чем выделяется диоксида углерода и в связи с этим  $\text{ДК} < 1$ . При окислении органических кислот (менее окисленных соединений)  $\text{ДК} > 1$ .

Величина дыхательного коэффициента обусловлена, прежде всего, полнотой окисляемого субстрата. Повышение значения ДК происходит в некоторых тканях из-за затрудненного доступа кислорода. В этом случае возникает анаэробное дыхание, не сопровождающееся поглощением кислорода. В случае, когда наряду с конечными продуктами накапливаются в значительных количествах еще и органические кислоты (менее окисленные соединения)  $\text{ДК} < 1$ .

**Материалы и оборудование.** Прибор для определения дыхательного коэффициента (пробирка с плотно пригнанной каучуковой пробкой, в которую вставлена изогнутая под прямым углом измерительная трубка со шкалой из миллиметровой бумаги), стаканчики для установки пробирок, пипетка с оттянутым концом, пинцет, полоска фильтровальной бумаги, фарфоровая чашка, гидроксид натрия (NaOH) 20%, вода, метиленовая синь, прорастающие семена подсолнечника или пшеницы (фаза наклевывания семян).

### ***Последовательность выполнения работы.***

1. Заполнить пробирку семенами изучаемого объекта (примерно до половины) и плотно закрыть (вращательным движением) пробкой с градуированной трубкой, предварительно смочив слегка пробку водой.

2. Дать пробирке остыть от прикосновения рук и в конец трубки при помощи пипетки ввести небольшую каплю воды, подкрашенную метиленовой синью (внутри прибора создается в результате этого замкнутая атмосфера). Во

время опыта необходимо поддерживать постоянную температуру. С этой целью пробирку помещают в штатив или стакан, избегая нагрева ее руками или дыханием.

3. Отметить положение внутреннего мениска капли (капля должна оторваться от края трубки). Наряду с этим отметить время начатого эксперимента.

4. После 2-5 (в зависимости от выбранного объекта) минут экспозиции отметить число делений, пройденных каплей, а затем еще 2 раза отметить число делений, пройденных каплей за такой же промежуток времени.

5. Для получения более точных результатов вычислить среднюю величину отсчетов (А), которая соответствует разности между объемами поглощенного кислорода и выделенного диоксида углерода.

6. Открыть пробирку с семенами, проветрить ее и пинцетом вложить в верхнюю часть пробирки свернутую в кольцо полоску фильтровальной бумаги, смоченной 20% раствором щелочи в фарфоровой чашке, таким образом, чтобы щелочь во время проведения эксперимента не попала на семена.

7. Пробирку закрыть пробкой с измерительной трубкой, в которую необходимо ввести новую каплю воды и продолжить эксперимент при соблюдении условий, аналогичных при получении величины (п.5).

8. Вычислить среднюю величину (Б), соответствующую объему поглощенного при дыхании кислорода, так как выделенный диоксид углерода поглощается щелочью. Средние значения величин А и Б позволяют рассчитать дыхательный коэффициент.

9. Рассчитать (теоретически) дыхательный коэффициент при окислении до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  известных химических соединений (жира, углевода или органической кислоты).

**Оформление работы.** Результаты записать в таблицу:

**Выводы.** Проанализировать экспериментально полученные результаты и определить преобладающий субстрат (углеводы, жиры, белки и т.д.) дыхания.

Таблица 1. – Дыхательный коэффициент у прорастающих семян растений

Вариант опыта	Отсчеты за 2-5 мин, мм				ДК (Б-А)/Б
	1	2	3	Среднее	
Без щелочи (А)					
Со щелочью (Б)					

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что называется дыхательным коэффициентом.
2. Для чего растениям необходимо дыхание.

**ТЕМА 7. Физиология минерального питания**

Растения в процессе фотосинтеза накапливают такое большое количество энергии, что это позволяет им создавать органические молекулы из неорганических молекул. Обычный состав органических молекул обусловлен небольшим набором элементов. Это – азот, фосфор, калий, углерод, кислород, водород и сера. Остальное разнообразие элементов питания исполняет роль микроэлементов. Из названных элементов углерод вместе с кислородом в форме углекислого газа растения поглощают из воздуха. Это так называемое «воздушное питание». Весь водород, сосредоточенный в конструкциях органических молекул растения получают из воды. Все остальные элементы растения получают из почвы через корневую систему благодаря водному транспорту. Так как вода вместе с растворенными в ней веществами перемещается по апопласту, то и для клеток корня и для клеток листостеблевой части растения создаются равновозможные условия снабжения элементами минерального питания.

**Работа 14. Качественный микрохимический анализ золы растений**

**Вводные пояснения.** Микрохимический метод служит для качественного

анализа золы растений. Качественный микрохимический метод удобен тем, что выполнение его непродолжительно по времени, но и не требует большого количества золы и реактивов. Метод основан на том, что при кристаллизации солей образуются кристаллы форма и цвет которых специфичны для определенной соли.

**Материалы и оборудование.** Пробирки (5 шт.) – 10 мл, воронки (2 шт.), стеклянные палочки (для каждого раствора – 5 шт.), штатив, фильтры бумажные, микроскоп, предметные стекла (3шт.), салфетки бумажные, цветные карандаши, линейка, полоски фильтровальной бумаги, фарфоровая чашка, глазная пипетка (3 шт.), пипетки на 2 мл. (2 шт.), дистиллированная вода, соляная кислота (HCl) 10%, азотнокислое серебро (AgNO<sub>3</sub>) 1%, серная кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 1%, аммиак (NH<sub>3</sub>) 10%, фосфорнокислый натрий (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) 1%, молибденовокислый аммоний (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 1% смешать в равных объемах с 15% азотной кислотой (HNO<sub>3</sub>), желтая кровяная соль K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] 1%, зола растений.

#### ***Последовательность выполнения работы***

1. В две чистые сухие пробирки насыпать по 0,25 г изучаемой золы.
2. В одну из пробирок налить 2 мл дистиллированной воды, а во вторую – 2 мл 10% соляной кислоты
3. Для наиболее полного извлечения солей суспензию в обеих пробирках тщательно взболтать и дать отстояться в течение 15 мин.
4. По истечению экспозиции вытяжки из обеих пробирок профильтровать в чистые пробирки. В водном фильтрате золы содержатся хлориды, а в солянокислом экстракте – остальные соли. Полученные вытяжки использовать в дальнейшей работе.

#### **Обнаружение хлоридов(KCl, NaCl и другие соли)**

1. В пробирку налить 0.5 мл. водной вытяжки золы.
2. К водной вытяжке золы добавить (1-2 капли) 1% раствора азотнокислого серебра.

3. Наблюдать выпадение белого осадка. Реакция между хлоридами и азотнокислым серебром протекает с образованием хлористого серебра, выпадающего в осадок:



**Оформление работы.** Записать уравнение и цвет полученного раствора, специфических для определяемого элемента.

### **Обнаружение солей Са**

1. Взять чистое сухое предметное стекло и положить его на белую бумагу
2. На стекло нанести стеклянной палочкой 1% раствор серной кислоты
3. Палочку промыть, просушить фильтровальной бумагой
4. В 2-3 мм от капли серной кислоты стеклянной палочкой нанести каплю изучаемой солянокислой вытяжки золы
5. Обе капли тщательно смешать стеклянной палочкой и растереть смесь их в середине предметного стекла
6. Стекло оставить на бумаге до полного высыхания капли
7. Образовавшиеся на предметном стекле соли Са рассматривать при малом и большом увеличении микроскопа без покровного стекла
8. Обнаружить игольчатые кристаллы гипса или их сростки, образующиеся в результате следующей реакции:



**Оформление работы.** Записать уравнение реакции. Форму и цвет кристаллов, специфических для определяемого элемента зарисовать цветными карандашами.

### **Обнаружение солей Mg**

1. Взять чистое сухое предметное стекло и положить его на белую бумагу.
2. На предметное стекло нанести стеклянной палочкой капельку

солянокислого субстрата.

3. Нейтрализовать солянокислый фильтрат золы. Для этого к капле солянокислого субстрата на стекле добавить небольшую каплю 10% раствора аммиака.

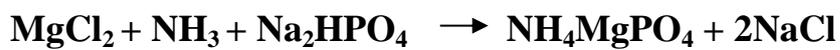
4. На стекло (в 2 –3 мм от изучаемого нейтрализованного экстракта золы) нанести чистой сухой стеклянной палочкой 1% раствор фосфорнокислого натрия.

5. Каплю зольной вытяжки соединить мостиком с каплей фосфорнокислого натрия и растереть смесь их в середине предметного стекла.

6. Предметное стекло оставить на бумаге до полного высыхания капли

7. Образовавшиеся на предметном стекле соли Mg рассматривать при малом и большом увеличении микроскопа без покровного стекла

8. Обнаружить кристаллы фосфорно-аммиачно-магнезиальной соли, имеющие вид квадратов, прямоугольников, крышек, крыльев, образовавшихся в результате реакции:



**Оформление работы.** Записать уравнение реакции. Форму и цвет кристаллов, специфических для определяемого элемента зарисовать цветными карандашами.

### **Обнаружение солей Р**

1. Взять чистое сухое предметное стекло и положить его на белую бумагу

2. На предметное стекло чистой сухой стеклянной палочкой нанести капельку солянокислого субстрата

3. На это же стекло (в 2 –3 мм от изучаемого экстракта золы) нанести чистой сухой стеклянной палочкой каплю 1% раствора молибденовокислого аммония растворенного в 15 % растворе азотной кислоты.

4. Обе капли тщательно смешать стеклянной палочкой и растереть смесь их в середине предметного стекла.

5. После подсыхания смеси наблюдать при малом и большом увеличении микроскопа без покровного стекла скрытно кристаллический осадок, принимающего по мере подсыхания смеси все более интенсивную зеленую окраску в результате образования аммонийно-фосфорного молибдена:



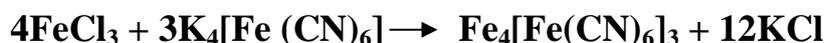
**Оформление работы.** Записать уравнение реакции. Форму и цвет кристаллов, специфических для определяемого элемента зарисовать цветными карандашами.

### **Обнаружение солей Fe**

1. В чистый сухой фарфоровый тигель (возможно использование пробирки) налить 0.5 мл изучаемой солянокислой вытяжки золы.

2. К вытяжке добавить равное количество (0.5 мл) 1% раствора желтой кровяной соли.

3. Наблюдать образование берлинской лазури интенсивно голубого цвета в результате протекания следующей реакции:



**Оформление работы.** Записать уравнение реакции. Цвет раствора, специфических для определяемого элемента зарисовать цветными карандашами.

**Выводы.** Сделать выводы о возможности тестирования с помощью метода качественного микрохимического анализа состава золы необходимых для растений питательных элементов.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. На чем основана методика качественного микрохимического анализа золы растений.

2. Можно ли подобным микрохимическим анализом определить количество того или иного элемента в золе.

3. Можно ли качественным и количественным анализом состава золы растений определить необходимые для питания химические элементы.

## *Работа 15. Антагонизм ионов водорода и кальция*

**Вводные пояснения.** Отдельные соли (как правило) могут оказывать негативное действие на живые клетки, в то время как их смесь оказывается безвредной. Это обусловлено тем, что необходимая величина рН среды на поверхности мембраны достигается лишь за счет сочетания ионов различных валентностей. Раствор с оптимальным соотношением ионов называется уравновешенным.

**Материалы и оборудование.** Лупы, пинцет, карандаш по стеклу, химические пробирки (4 шт.), пипетки (3 шт.) на 5 мл., корнеплоды красной столовой свеклы, соляная кислота (HCl) 0.002 н, хлористый кальций (CaCl<sub>2</sub>) 0.002 н., водопроводная вода.

### ***Последовательность выполнения работы.***

1. Химические пробирки пронумеровать (1,2,3,4).
2. В 1 пробирку налить 4 мл соляной кислоты (0.002 н.), во вторую 4 мл хлористого кальция (0.002 н.), в 3 пробирку – смесь растворов, состоящую из 2 мл соляной кислоты (0.002 н.) и 2 мл хлористого кальция (0.002 н.), в 4 пробирку 4 мл воды (контроль).
3. В каждый из изучаемых растворов поместить по два среза красной свеклы, предварительно промытые.
4. С этого момента отметить начало опыта и следить за временем, когда срезы в том или ином растворе обесцветятся (в ядовитом растворе клетки быстро гибнут и клеточный сок, окрашенный антоцианом, быстро выходит из мертвых клеток в раствор).
5. Установить скорость обесцвечивания срезов в растворе в минутах для получения сравнительной токсичности раствора (если ядовитость ионов H<sup>+</sup> полностью аннулирована ионами Ca<sup>2+</sup>, то срезы свеклы очень долго не обесцвечиваются, так как антоциан остается в вакуоли клетки. Такие растворы солей называются уравновешенными).
6. Скорость обесцвечивания срезов свеклы определить с помощью

лупы или невооруженным глазом.

**Выводы.** На основании полученных результатов сделать выводы о степени воздействия (нередко негативном) каждого из изученных ионов на жизнеспособность клеток свеклы и об исключении этого эффекта в случае их взаимного воздействия

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое антагонизм ионов.
2. Какие растворы называются физиологически уравновешенными.

## **ТЕМА 8. Приспособление и устойчивость растений**

Устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды в агрономическом аспекте характеризуется тем, насколько изменяется продуктивность растений под влиянием этих условий по сравнению с продуктивностью их на оптимальном фоне (П.А. Генкель). Оценка устойчивости растений к экстремальным факторам (холоду, морозу, засухе, жаре, засоленности) важна для селекционной и агрономической практики.

Наиболее надежными методами оценки устойчивости растений к экстремальным факторам являются прямые полевые и вегетационные методы. Однако большая трудоемкость и продолжительность этих методов вынуждает исследователей применять разнообразные способы ускоренной лабораторной или лабораторно-полевой диагностики устойчивости растений.

**Работа 16. Защитное действие сахаров на цитоплазму растительных клеток. Устойчивость к заморозкам.**

**Вводные пояснения.** При низких отрицательных температурах в межклетниках растительных тканей образуются кристаллы льда, которые, оттягивают воду из клеток, и тем самым способствуют обезвоживанию ее

цитоплазмы. Степень устойчивости клеток к обезвоживанию у различных растительных организмов специфична. До определенной степени устойчивость клеток растений к обезвоживанию сохраняется благодаря ее водоудерживающей способности. При длительном же воздействии отрицательной температуры происходит не только коагуляция цитоплазмы, но нарушается и ее внутренняя структура. Все эти негативные процессы приводят, к отмиранию клеток. Между тем водоудерживающая способность цитоплазмы клеток в значительной степени зависит от концентрации находящихся в ней веществ. Эта концентрация у зимующих растений увеличивается за счет накопления к началу зимнего периода растворимых сахаров. К тому же структура клеточной мембраны сохраняется благодаря тому, что она находится в водной среде. При дефиците воды мембранная структура сохраняется за счет углеводов, так как по химическому строению они очень близки к молекулам воды (радикалы  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ ) имеются и у воды и у углеводов. По этой причине семена, высушенные до влажности 14% и ниже, сохраняют годами жизнеспособность.

На свойстве растворимых сахаров обеспечивать сохранение структуры мембраны, и благодаря этому, повышать водоудерживающую способность цитоплазмы клеток растительных тканей, и основана предлагаемая работа.

***Материалы и оборудование.*** Металлический сосуд для охладительной смеси, лопатка для охладительной смеси, термометр до  $30^\circ\text{C}$ , скальпель, пробочное сверло диаметром 6 мм, бритва, пробирки на 10 мл (3шт.), микроскоп, предметные стекла, фильтровальная бумага, карандаш по стеклу, стакан, сахароза 0.5 М и 1 М растворы, пипетки на 5 мл (3 шт.), поваренная соль, лед или снег, корнеплоды красной столовой свеклы, пинцет, предметные и покровные стекла.

***Последовательность выполнения работы.***

1. Приготовить охладительную смесь, температура которой приблизительно «минус»  $20^\circ\text{C}$ . Для приготовления охладительной смеси заданной температуры необходимо 3 части колотого льда или снега тщательно

смешать с 1 частью поваренной соли.

2. Приготовить пластинки свеклы, делая у корнеплода поперечные срезы, толщина которых колеблется в пределах 5 мм.

3. С помощью пробочного сверла приготовить 15 шт. высечек.

4. Высечки свеклы промыть под струей водопроводной воды для удаления клеточного сока из поврежденных (во время приготовления высечек) клеток.

5. Пронумеровать пробирки (1,2,3), в которые прилить последовательно 5 мл дистиллированной воды (1), 5 мл 0.5 М раствора сахарозы (2) и 5 мл 1 М сахарозы (3).

6. В каждую из пробирок поместить по 5 шт. дисков свеклы одинаковых по толщине.

7. Поместить пробирки на 20 мин в охлаждающую смесь.

8. По окончании экспозиции пробирки разморозить, поместив их в стакан с водопроводной водой, температура которой 20 - 22°C.

9. Знаком «+» отметить интенсивность окрашенной жидкости в пробирках 1, 2, 3 и интенсивность обесцвечивания дисков и объяснить чем это различие (если таковое наблюдается) обусловлено.

10. Из дисков свеклы приготовить тонкие срезы и рассмотреть состояние их клеток под микроскопом при малом увеличении в капле того же раствора, в котором они находились.

11. В одном поле зрения подсчитать количество окрашенных клеток и количество обесцвеченных клеток.

**Оформление работы.** Результаты эксперимента представить в виде таблиц 1 и 2.

**Выводы.** На основании полученных результатов эксперимента сделать выводы о защитном действии растворимых сахаров (в частности сахарозы) на цитоплазму клеток растений и о зависимости этого эффекта от их концентрации.

Таблица 1 – Влияние сахарозы на интенсивность экстракции антоциана из дисков корнеплода красной столовой свеклы.

Вариант	Интенсивность окрашивания растворов, «+»	Интенсивность обесцвечивания дисков, «+»
Вода		
Сахароза: 0.5 М		
1 М		

Таблица 2 – Защитное действие сахаров на цитоплазму клеток корнеплодов красной столовой свеклы.

Вариант	Количество клеток в поле зрения микроскопа, шт.			Отношение количества окрашенных клеток к общему количеству, %
	обесцвеченных	окрашенных	всего	
Вода				
Сахароза: 0.5 М				
1 М				

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое устойчивость.
2. Причины гибели клеток при морозе.
3. Какое значение имеют сахара на разных этапах развития растений.

**Работа 17. Определение засухоустойчивости растений проращиванием семян на растворах сахарозы**

Метод определения устойчивости растений к засухе основан на определении количества проросших семян на растворах солей или сахаров с высоким осмотическим давлением, имитирующим условия физиологической сухости. Этот метод востребован физиологами растений, так как позволяет еще на ранних этапах онтогенеза определить относительную засухоустойчивость различных растений. Простота исполнения предлагаемого метода позволяет использовать его для массовых анализов определения засухоустойчивости, необходимость в которых возникает при оценке по этому признаку селекционного материала.

**Материалы и оборудование.** Чашки Петри (5 шт.), пипетки на 10 мл. (5

шт.), карандаш по стеклу, фильтровальная бумага, термостат, семена пшеницы, ячменя, гороха, кукурузы, вода, сахароза ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ).

**Последовательность выполнения работы.**

1. Приготовить растворы сахарозы с осмотическим давлением 5, 10, 14 и 18 атм., что соответствует 5,93%, 11,86%, 15,80% и 19,86% концентрации.
2. На дно чашек Петри положить фильтровальную бумагу, соответствующую диаметру ее дна.
3. В чашках Петри (1, 2, 3, 4 и 5) увлажнить фильтровальную бумагу последовательно водопроводной водой и растворами сахарозы с осмотическим давлением 5, 10, 14 и 18 атм. Для этого в чашку Петри (1) прилить 7 мл водопроводной воды, а в чашки Петри 2, 3, 4 и 5 прилить последовательно растворы сахарозы, начиная от минимальной (5 атм).
4. В каждую чашку Петри поместить для проращивания семена изучаемых растений (не менее 20 шт.). Семена, (до момента раскладывания в чашки Петри) во избежание застарения их микроорганизмами в процессе проращивания, необходимо тщательно промыть мыльной водой.
5. Семена проращивать в термостате при температуре 20 - 25°C.
6. На третий и седьмой день подсчитать количество проросших семян.

**Оформление работы.** Результаты проведенных экспериментов оформить в виде таблицы.

Таблица 1. - Влияние сахарозы с различным осмотическим давлением на прорастание семян (название растения)

Вариант	Количество проросших семян, %	
	на третий день (энергия прорастания)	на седьмой день (всхожесть)
Водопроводная вода (контроль)		
Сахароза: 5 атм.		
10 атм.		
14 атм.		
18 атм.		

**Выводы.** На основании результатов проведенного эксперимента сделать

вывод о степени влияния засухи различной интенсивности на прорастание семян культурных растений.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте определение понятию «засухоустойчивость растений».
2. Как определить засухоустойчивость семян.

**ТЕМА 9. Математическая обработка экспериментальных данных**

Все биологические объекты, в том числе и растения, гетерогенны по природе. Это один из ключевых механизмов устойчивости их к среде обитания. Для того чтобы усреднить эту гетерогенность в экспериментах и доказать достоверность полученных данных необходима математическая обработка экспериментальных данных.

**Работа 18. Статистическая обработка экспериментальных данных**

Полученные экспериментальные данные подвергаются первичной статистической обработке, которая позволяет определить степень их достоверности и наряду с этим объективно оценить ошибки, допущенные при проведении наблюдений.

**Материалы и оборудование.** Калькулятор, компьютер. экспериментальные данные.

**Последовательность выполнения работы.**

1. Рассчитать среднюю арифметическую ( $M = \Sigma V/n$ ), сумму отклонений от среднего ( $\epsilon$ ) – квадрат отклонений ( $\epsilon^2$ ), введя данные абсолютных значений наблюдений в таблицу.

$M$  – средняя арифметическая нескольких наблюдений (повторностей);

$V$  – значения отдельного измерения;

n - число наблюдений;

$\Sigma$  – знак суммирования;

$\varepsilon$  - абсолютная ошибка (погрешность) результатов повторностей.

Таблица 1 – Средний показатель результатов наблюдений и его возможные погрешности при математической обработке данных повторностей

Повторность	Абсолютная величина наблюдения	Отклонение от средней величины, $\pm$	Квадрат отклонения
1			
2			
и т. д.			
Среднее	$M =$	$\Sigma [\varepsilon] =$	$\Sigma [\varepsilon^2] =$

2. Определить среднюю квадратическую погрешность результатов повторностей – «сигму»:

$$\sigma = \pm \sqrt{\varepsilon^2 / (n - 1)};$$

3. Вычислить среднюю квадратическую ошибку среднего результатов повторностей (m):

$$m = \sigma / \sqrt{n} ;$$

4. Вычислить относительную погрешность среднего результата повторностей ( $\delta$ ):

$$\delta = (m / M) * 100 \%;$$

5. Окончательный вариант выразить как  $M \pm m$  или  $M \pm \delta$ ;

**Оформление работы.** Результаты опыта представить в виде таблицы.

Таблица 1 – Степень достоверности и изменчивости физиологического показателя при математической обработке данных вариантов опыта

Вариант опыта	Средняя арифметическая: M	Средняя арифметическая $\pm$ средняя квадратическая ошибка: $M \pm m$	Средняя арифметическая $\pm$ средняя относительная погрешность: $M \pm \delta$
1			
2			
и т.д.			

**Выводы.** По результатам, полученным при проведении эксперимента оценить степень достоверности и изменчивости изучаемого физиологического показателя.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что характеризует в биологических исследованиях средняя величина ( $M$ ).
2. Что показывает средняя квадратическая ошибка среднего ( $m$ ).
3. Что показывает средняя относительная погрешность ( $\delta$ ).
4. Какая из рассчитанных ошибок ( $m$  или  $\delta$ ) данных биологического эксперимента допускает меньшую неточность.
5. Почему для более достоверной оценки средних величин (например, урожая) необходимо вычислять ( $m$ ) и ( $\delta$ ).

## ГЛОССАРИЙ

**Адаптация** – генетический процесс выработки приспособлений у организмов к условиям их существования.

**Алкалоиды** – обширная группа азотсодержащих соединений растительного происхождения.

**Антагонизм** – взаимное ослабление ионами оказываемого ими физиологического действия на цитоплазму

**Водный потенциал клетки** – разность между свободной энергией воды внутри клетки и вне клетки при той же температуре и атмосферном давлении.

**Гербициды** – химические препараты из группы пестицидов для уничтожения сорной растительности.

**Гипертонический раствор** – раствор, имеющий большое осмотическое давление.

**Гипотонический раствор** – раствор, имеющий меньшее осмотическое давление.

**Гликолиз** - бескислородное разложение углеводов. Начинается этот анаэробный процесс с активации Сахаров присоединением фосфора, источником которого могут быть минеральные фосфаты и аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Образующиеся при этом фосфорные эфиры Сахаров в последующих ступенчатых реакциях окисляются до пировиноградной кислоты.

**Дедифференцировка** – переход специализированных неделящихся клеток к делению, т.е. восстановление меристематической активности.

**Денатурация белков** – (лат.denaturatus – лишенный природных свойств; от de- - приставка означающая отделение, удаление + natura – природа, естество) – термин биологической химии, означающий потерю белками их естественных свойств (растворимости, гидрофильности и др.) вследствие нарушения пространственной структуры их молекул.

**Диффузия** – процесс, ведущий к равномерному распределению молекул растворенного вещества и растворителя. Происходит по градиенту электрохимического потенциала без траты энергии.

**Дубильные вещества** – это полимеры фенольных соединений, близких по составу.

**Дыхание** – совокупность координированных последовательно протекающих экзергонических окислительно-восстановительных реакций, ведущих к освобождению энергии сложных органических веществ и фиксации ее в богатых энергией связях АТФ, используемых клеткой для выполнения работы.

**Дыхательный коэффициент** – отношение количества выделенного углекислого газа к количеству поглощенного кислорода.

**Засухоустойчивость** – способность растений в течение онтогенеза переносить засуху и осуществлять в этих условиях рост и развитие благодаря наличию ряда адаптивных механизмов.

**Зимостойкость** – устойчивость растений не только к холоду, но и к целому комплексу неблагоприятных условий, связанных с перезимовкой.

**Изотонический раствор** – раствор с одинаковым осмотическим давлением.

**Иммунитет** - способность растений противостоять действию повреждающих агентов; защитная реакция.

**Интенсивность дыхания** – количество кислорода, поглощенного за один час одним граммом сухого (или сырого) растительного материала, а так же количеством углекислого газа, выделенным за час одним граммом растительной массы.

**Каротиноиды** – полиеновые углеводороды красного, желтого и оранжевого цветов, производные изопрена, содержащие 40 атомов углерода.

**Конвергенция** – независимое развитие сходных признаков у разных групп организмов к сходным условиям внешней среды.

**Макроэлементы** - химические элементы, требующиеся в больших количествах для клетки (азот, фосфор, сера, калий, кальций и магний); поглощаются корнями растений из почвы в виде соответствующих солей.

**Микроэлементы** - химические элементы, требующиеся в малых количествах для клетки (железо, марганец, медь, цинк, бор, молибден, кобальт); поглощаются корнями растений из почвы в виде соответствующих солей.

**Митохондрии** - органеллы клеток; в них протекают окислительно-восстановительные реакции, обеспечивающие клетки энергией.

**Настии** - движения растений под влиянием изменения интенсивности действия, какого-либо фактора среды;

**Нижний концевой двигатель** - активное поглощение воды корневой системой; проявляется в плаче и гуттации растений.

**Нутации** — колебательные движения верхушек органов растения.

**Осмотическое давление** – давление, которое необходимо приложить к раствору, чтобы помешать одностороннему току растворителя (воды) в раствор через полупроницаемую мембрану.

**Пигменты** – вещества, избирательно поглощающие свет в видимой части спектра.

**Плазмалемма** – мембрана, окружающая цитоплазму клетки.

Плазмолиз – отслоение цитоплазмы от клеточной оболочки к центру клетки.

**Ренатурация** – процесс, обратный денатурации, при котором белки возвращают свою природную структуру.

**Рост** – процесс новообразования элементов структуры организма.

**Солеустойчивость (галотолерантность)** – устойчивость растений к повышенной концентрации солей в почве или в воде.

**Сосущая сила** – сила, с которой клетка способна поглотить воду.

**Тонoplast** – мембрана, окружающая вакуоль клетки.

**Транспирационный коэффициент**- количество воды, расходуемое растением на создание единицы веса сухого вещества.

**Ферменты** – биологические катализаторы белковой природы;

осуществляют превращение веществ в клетке.

**Физиологически щелочная соль** - соль, из водных растворов которой растение быстрее поглощает анион.

**Фитогормоны** – вещества, образующиеся в очень малых количествах в одной части растения, транспортирующиеся в другую его часть, вызывающие там специфическую ростовую или формообразовательную реакцию.

**Флуоресценция** – явление свечения некоторых веществ при их освещении.

**Фотосинтез у растений** - процесс поглощения энергии солнца и образование на основе этой энергии органических веществ из неорганических элементов: диоксида углерода и воды.

## Список рекомендуемой литературы

### Основная литература:

1. Дымина, Е. В. Практические занятия по физиологии и биохимии растений [Электронный ресурс] / Е. В. Дымина. - М.: НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет), 2010. - 136 с. - режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4560](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4560)
2. Илли, И.Э. Физиология и биохимия растений [Электронный ресурс] : практикум к лаб. занятиям студентов агроном. фак. / И. Э. Илли, Г. Д. Назарова, Н. Н. Клименко, 2013. - 1 эл. опт. диск
3. Третьяков, Н.Н. Практикум по физиологии растений : учеб. пособие для вузов / Н. Н. Третьяков [и др.], 2003. - 288 с.
4. Третьяков, Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений : учеб. для вузов / Н. Н. Третьяков [и др.], 2000. - 639 с.

### Дополнительная литература:

1. Гиль, Т.А. Практикум по физиологии и биохимии растений [Текст] : метод. рук. для студентов агроном. фак. / Иркут. гос. с.-х. акад. ; сост.: Т. А. Гиль, В. Ю. Гребенщиков. - Иркутск : ИрГСХА, 2002. - 64 с. ; 21 см.
2. Житов, В.В. История и методология развития агрономической науки [Электронный ресурс] : (курс лекций) : (учеб. пособие) / В. В. Житов, Р. В. Замашиков, М. В. Русакова, 2014. - 1 эл. опт. Диск
3. Кузнецов, В.В. Физиология растений : учеб. для вузов / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева, 2006. - 742 с.
4. Практикум по дисциплине Физиология растений для студентов очной и заочной формы обучения направлений 110900.62 Технология производства и переработки с.-х. продукции, 110100.62 Агрохимия и агропочвоведение, 250100.62 Лесное дело / составитель О.П. Устименко. — Уссурийск : Приморская ГСХА, 2013. — 135 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/70643>
5. Тейлор Д. Биология : [учеб. пособие] : в 3 т. - (Лучший зарубежный учебник). Т. 2 / пер. с англ. А. Л. Амченкова, И. В. Еланской, 2007. - 436 с.
6. Тейлор Д. Биология : [учеб. пособие] : в 3 т. - (Лучший зарубежный учебник). Т. 1 / пер. с англ. А. Л. Амченкова, М. Г. Дуниной, Н. Ю. Замаевой, Л. Г. Тер-Саркисян, Н. О. Фоминой, 2007. - 454 с.
7. Тейлор, Д.Тейлор Д. Биология Биология : [учеб. пособие] : в 3 т. : [учеб. пособие] : в 3 т. - (Лучший зарубежный учебник). Т. 3 / пер. с англ. А. Л. Амченкова, И. В. Еланской, Н. О. Фоминой, 2007, 2007. - 451 с.
8. Физиология и биохимия растений : метод. указ. и индивидуальные контрольные задания для студентов заочн. формы обучения агроном. фак. направления подгот. 35.03.04 - Агрономия / Н. Н. Клименко; Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского. - Иркутск : Изд-во ИрГАУ им. А. А. Ежевского, 2018. - 53 с. - (Электронная библиотека ИрГАУ). Режим доступа: [http://195.206.39.221/fulltext/i\\_004492](http://195.206.39.221/fulltext/i_004492)
9. Физиология растений : учеб. для вузов / Н. Д. Алехина [и др.], 2005. - 635 с.
10. Щукин, Виктор Борисович. Физиология и биохимия растений [Электронный ресурс] / Щукин В.Б., 0000. - 144 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/215001>
11. Якушкина, Н.И. Физиология растений : учеб. для вузов : допущено Учеб.-метод. об-нием / Н. И. Якушкина, Е. Ю. Бахтенко, 2005. - 463 с.

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины:**

1. <http://fizrast.ru/> ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ – Онлайн энциклопедия.
2. <https://naukabooks.ru/zhurnali/katalog/fiziologija-rastenij/> Журнал «Физиология растений»
3. <http://tube.sfu-kras.ru/video/745> Цикл лекций по современной физиологии растений, Медведев С. С.

### Список использованных источников

1. Алехина, Н.Д. Физиология растений: учеб. для вузов/ Н.Д. Алехина и др.; под ред. И.П.Ермакова. - М.: Академии, 2005. – 635 с.
2. Викторов Д.П. Практикум по физиологии растений / Д.П. Викторов Изд-во БГУ, 1991. – 160 с.
3. Вознесенский В.Л. Первичная обработка экспериментальных данных / В.Л. Вознесенский Наука, Ленингр. отд., 1969. – 84 с.
4. Гиль, Т.А. Практикум по физиологии и биохимии растений [Текст] : метод. рук. для студентов агроном. фак. / Иркут. гос. с.-х. акад. ; сост.: Т.А. Гиль, В.Ю. Гребенщиков. - Иркутск : ИрГСХА, 2002. - 64 с. ; 21 см.
5. Илли, И.Э. Полевая учебная практика по физиологии растений: метод, рук-во / И.Э. Илли - Иркутск, ИГСХА, 2000,- 24 с.
6. Илли, И.Э. Физиология и биохимия растений [Электронный ресурс] : практикум к лаб. занятиям студентов агроном. фак. / И.Э. Илли, Г.Д. Назарова, Н.Н. Клименко, 2013. - 1 эл. опт. диск
7. Кузнецов, В.В. Физиология растений: учеб. для вузов/ В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2006, - 742 с.
8. Назарова, Г.Д. Физиология и биохимия растений: метод, пос./ Г.Д. Назарова, И.Э. Илли, С.В. Половинкина и др.- Иркутск: ИГСХА, 2005,- 101 с.
9. Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Полевой – М.: Высшая школа, 1989.
10. Третьяков, Н.Н. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков; под ред. Н.Н. Третьякова. М.: Агропромиздат, 1990.-270 с.
11. Третьяков, Н.Н. Практикум по физиологии растений: Учеб. Пособие для ВУЗов / Третьяков Н.Н., Паничкин Л.А., Кондратьев М.Н. и др., Под. ред. Третьякова Н.Н. – 4 – е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2003.
12. Третьяков, Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений: Учебник для ВУЗов / Под ред. Н.Н. Третьякова – М.: Колос, 2000. – 639 с.
13. Третьяков, Н.Н. Физиология растений (Тест): учеб. пос. для вузов/ Н.Н. Третьяков, Л.А. Паничкин, М.Н. Кондратьев.- М.; Колос, 2003,-288 с.
14. Щербаков, В.Г. Биохимия: учеб. пос. для вузов/ В.Г. Щербаков и др.; под ред В.Г. Щербакова.-СПб.: ГИОРД, 2005.- 467 с.
15. Щукин, Виктор Борисович. Физиология и биохимия растений [Электронный ресурс] / Щукин В.Б., 0000. - 144 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/215001>
16. Якушкина, Н.И. Физиология растений : учеб. для вузов : допущено Учеб.-метод. об-нием / Н. И. Якушкина, Е. Ю. Бахтенко, 2005. - 463 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Приготовление реактивов для лабораторных работ:

**1. Нормальный раствор хлористого натрия – NaCl.**

Навеску 57,46 г NaCl растворить в 1 л дистиллированной воды. Из исходного раствора можно приготовить растворы более слабых концентрации, добавляя соответствующее количество воды.

**2. Нормальный раствор сахарозы – C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>.**

Навеску 342 г сахарозы растворить в 1 л дистиллированной воды. Из исходного нормального раствора можно путем соответствующего разбавления водой приготовить растворы более слабых концентраций.

**3. 4% раствор медного купороса – CuSO<sub>4</sub>.**

Навеску 40 г химически чистого медного купороса растворить в 1 л дистиллированной воды.

**4. Фелингова жидкость.**

Готовится из двух растворов, которые хранятся отдельно, а перед употреблением смешиваются. *Первый раствор* – 40 г медного купороса на 1 л дистиллированной воды; *второй раствор* – 200 г сегнетовой соли и 150 г едкого калия (KOH) на 1 л дистиллированной воды.

**5. Раствор йода в йодистом калии – KI.**

Навеску 2 г йодистого калия растворить в 5 мл дистиллированной воды, затем добавить 1 г металлического йода. После растворения йода добавить 295 мл дистиллированной воды. Поместить в темную склянку с притертой пробкой.

**6. Фенолфталеин (индикатор).**

Навеску 0,5 г растворить в 50 см<sup>3</sup> этилового спирта, потом прибавить 50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.