

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Волхонов Михаил Станиславович

Должность: Ректор

Дата подписания: 14.02.2025 17:12:25

Уникальный программный ключ:

40a6db1879d6a9ee29ec8e0ffb2f95e4614a0998

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра агрохимии, биологии и защиты растений

# ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

*Для контактной и самостоятельной работы студентов,  
обучающихся по направлению подготовки 35.03.05 Садоводство  
очной формы обучения*

КАРАВАЕВО  
Костромская ГСХА  
2025

УДК 581.1(075)

ББК 28

Ф 50

*Составитель:* канд. с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой агрохимии, биологии и защиты растений Костромской ГСХА Ю.В. Смирнова.

*Рецензент:* канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры земледелия, растениеводства и селекции Костромской ГСХА С.В. Болнова.

*Рекомендовано методической комиссией факультета агробизнеса в качестве лабораторного практикума для контактной и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.05 Садоводство очной формы обучения*

Ф 50     **Физиология и биохимия растений** : лабораторный практикум / сост. Ю.В. Смирнова. — Караваево : Костромская ГСХА, 2025. — 67 с. ; 20 см. — 50 экз. — Текст непосредственный.

Издание составлено с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта и предназначено для изучения процессов жизнедеятельности, происходящих в растительном организме.

Лабораторный практикум предназначен для аудиторной и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.05 Садоводство очной формы обучения.

УДК 581.1(075)  
ББК 28

## ОГЛАВЛЕНИЕ:

<b>Введение</b>	5
<b>Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ</b>	6
<b>Модульная единица 1 «Физиология и биохимия растительной клетки»</b>	7
Лабораторная работа 1. Диагностика повреждения растительной ткани по увеличению ее проницаемости	7
Лабораторная работа 2. Определение жизнеспособности семян по окрашиванию цитоплазмы	9
Контрольные вопросы к модульной единице 1	10
<b>Модульная единица 2 «Фотосинтез как основа производственного процесса»</b>	12
Лабораторная работа 1. Изучение химических свойств пигмента листа	12
Лабораторная работа 2. Количественное определение хлорофилла и каротина в тканях сельскохозяйственных культур и декоративных комнатных растений	14
Лабораторная работа 3. Определение интенсивности и продуктивности фотосинтеза различных сельскохозяйственных культур	17
Контрольные вопросы к модульной единице 2	22
<b>Модульная единица 3 «Дыхание растений»</b>	24
Лабораторная работа 1. Определение интенсивности дыхания в тканях различных сельскохозяйственных культур (по М.С. Миллер)	24
Лабораторная работа 2. Определение дыхательного коэффициента прорастающих семян	26
Контрольные вопросы к модульной единице 3	29
<b>Модульная единица 4 «Водный обмен растений»</b>	30
Лабораторная работа 1. Определение интенсивности транспирации у срезанных листьев при помощи торзионных весов (по Иванову)	30
Лабораторная работа 2. Определение водоудерживающей способности растений	34
Контрольные вопросы к модульной единице 4	36
<b>Модульная единица 5 «Корневое питание растений»</b>	37
Лабораторная работа 1. Визуальная диагностика признаков голодания растений	37
Лабораторная работа 2. Определение общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы методом Сабинина и Колосова	45
Контрольные вопросы к модульной единице 5	50

<b>Модульная единица 6 «Онтогенез и адаптация растений»</b>	52
Лабораторная работа 1. Осеннее и весеннеесостояние озимых	52
Лабораторная работа 2. Определение темпов роста растений по нарастанию вегетативной массы	56
Лабораторная работа 3. Превращение веществ в клубнях картофеля	58
Контрольные вопросы к модульной единице 6	62
<b>Список рекомендуемых источников</b>	66

## **ВВЕДЕНИЕ**

Дисциплина «Физиология и биохимия растений» в основной образовательной программе подготовки бакалавров по направлению подготовки 35.03.05 Садоводство включена в базовую часть профессионального цикла. Её освоение позволит приобрести как ряд общенаучных, так и профессиональных компетенций: оценивать физиологическое состояние, адаптационный потенциал и выявлять факторы улучшения роста, развития растений и качества продукции, обоснованно подходить к подбору культур и сортов для конкретных условий региона и уровня интенсификации земледелия.

Основным методом познания механизмов физиологических функций растений является эксперимент. Поэтому программой лабораторно-практических занятий предусмотрено как выполнение конкретных экспериментов с растительными объектами (по типу УИРС), так и проведение теоретических занятий по отдельным модульным единицам и обсуждение производственных ситуаций.

Обсуждение теоретических аспектов перед постановкой эксперимента способствует лучшему и более глубокому усвоению учебного материала, формирует умение кратко и четко излагать суть рассматриваемых вопросов, анализировать полученный экспериментальный материал, сопоставляя с конкретными производственными задачами.

При подборе и разработке заданий нами ставилась цель не только обучить методам физиологических и биохимических исследований, но и выработать у студента физиологический подход к пониманию формирования урожая сельскохозяйственных культур, привить интерес к особенностям биохимического и физиологического анализа состояния сельскохозяйственных культур, постановке биологических опытов. Подавляющее большинство занятий проводится в форме классических исследований с постановкой цели, обсуждения методов, применения разнофакторных вариантов, с анализом результатов, выводами и заключением о возможности использования полученных результатов в профессиональной практике.

При составлении лабораторного практикума использованы методические указания Б.П. Плещкова (1991), Н.Н. Третьякова (2015), И.Г. Тараканова, Н.Н. Пильщиковой (2010) и разработки кафедры ботаники, физиологии растений и кормопроизводства Костромской ГСХА.

## **ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

1. В лабораторию нельзя входить в верхней одежде. Работать в аудитории обязательно в белом халате.
2. К работе допускаются лица после проведения инструктажа по охране труда на рабочем месте с отметкой о его проведении в журнале регистрации инструктажа.
3. В процессе работы студенты должны точно выполнять все указания преподавателя при проведении работы, без его разрешения не выполнять самостоятельно никаких работ.
4. Горючие жидкости надо наливать и отмеривать вдали от огня. Склянки общего пользования с горючими веществами запрещается переносить на свой рабочий стол. Не брать реактивов больше, чем указано в описании опыта.
5. При воспламенении жидкости в сосуде, прежде всего, следует погасить источник обогрева, а затем накрыть пламя асбестом, чашкой, полотенцем или засыпать песком. Если произошло возгорание одежды работающего, то не надо давать ему бегать, а сразу же накрыть одеялом, пиджаком и т.п., с тем чтобы прекратить доступ воздуха к горящей одежде, и затем поливать водой. Загоревшуюся мебель следует тушить водой или огнетушителем.
6. При нагревании жидкостей отверстие пробирки или колбы направлять в сторону от себя и работающих коллег.
7. С такими веществами как хлор, бром, окислы азота, ацетилен, концентрированные кислоты, щелочи и другими работать обязательно в вытяжном шкафу, под тягой и с небольшим количеством вещества.
8. При попадании кислоты на кожу, пораженное место надо промыть большим количеством воды, затем обработать 3% раствором двууглекислой соды, смазать мазью от ожогов или вазелином и слабо перевязать.
9. Ожоги от щелочи следует промыть большим количеством воды, затем обработать 1% раствором уксусной кислоты. При попадании на кожу брома этот участок необходимо немедленно обмыть бензином или бензолом.
10. При попадании кислоты в глаза, надо промыть большим количеством воды, а затем разбавленным раствором соды и снова водой. Если в глаза попала щелочь, необходимо промыть большим количеством воды, затем насыщенным раствором борной кислоты, после чего пустить в глаза каплю касторового масла.
11. После оказания первой помощи обязательно направить пострадавшего в кабинет врача.

# **МОДУЛЬНАЯ ЕДИНИЦА 1 «ФИЗИОЛОГИ И БИОХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ»**

## **Лабораторная работа 1. Диагностика повреждения растительной ткани по увеличению ее проницаемости**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу и делаются рисунки с подписями. Завершается занятие формулировкой полученных выводов и защитой работы.

### *Краткие теоретические сведения*

Избирательная проницаемость – свойство живой цитоплазмы сохранять постоянство внутриклеточной среды. При повреждении клетки цитоплазма теряет это свойство, и вещества, находящиеся в клетке, свободно выходят наружу. Степень повреждения коррелирует с количеством выделяющихся в среду веществ. Таким образом, интенсивность выхода веществ из клетки служит критерием степени ее повреждения.

*Общая постановка задачи:* цель работы заключается в наблюдении за выходом веществ из клетки при действии на растительную ткань разных повреждающих агентов.

*Метод работы:* микроскопический, визуальный.

*Объект изучения:* ткани корнеплода свеклы столовой.

*Растворы и реагенты:* водопроводная вода, 30%-ный раствор уксусной кислоты, 50%-ный раствор этилового спирта.

*Оборудование и материалы:* телемикроскоп, микроскопы МБР, сверла, спиртовки, спички, пробирки, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, марлевые салфетки.

### *Порядок выполнения работы*

1. С помощью сверла вырезать из очищенной красной свеклы четыре брусков длиной 2 см, тщательно промыть их под струей водопроводной воды.

2. Один брускочек поместить в пробирку с водопроводной водой и прокипятить в течение 3-5 минут, чтобы убить клетки. Затем горячую воду слить и налить в пробирку холодной воды. Это будет пробирка 2.
3. Другие бруски свеклы поместить по одному в каждую из оставшихся трех пробирок со следующими жидкостями: 1-я – водопроводная вода комнатной температуры, 3-я – 30% уксусная кислота, 4-я – 50% этиловый спирт. В каждой пробирке должно быть по 5 мл жидкости.
4. Через час осмотреть все пробирки визуально, сделать тонкие срезы ткани свеклы, поместить на предметное стекло и микроскопировать.
5. Результаты записать в таблицу 1.

*Таблица 1 - Описание жизнеспособности клеток тканей сельскохозяйственных культур*

№ пробирок	1	2	3	4
Условия опыта	Вода		30 % уксусная кислота	50 % этиловый спирт
	18–20 <sup>0</sup> C	100 <sup>0</sup> C		
Окраска наружного раствора				
Окраска клеточного сока				
Наличие плазмолиза				
Жизнеспособность клеток				

*Вывод:*

*Контрольные вопросы:*

1. Какова структура элементарной мембранны?
2. Какую роль выполняют пограничные мембранны?
3. На чем основан метод определения степени повреждения растительной ткани?
4. В каких практических ситуациях этот метод можно использовать?

## **Лабораторная работа 2. Определение жизнеспособности семян по окрашиванию цитоплазмы**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу и делаются рисунки с подписями. Завершается занятие формулировкой полученных выводов и защитой работы.

### *Краткие теоретические сведения*

При повреждении растительной ткани красители легко проникают в клетку, окрашивая цитоплазму. На этом основан метод определения жизнеспособности семян по окрашиванию их зародышей красителями.

*Общая постановка задачи:* определить жизнеспособность семян однодольных и двудольных растений.

*Метод работы:* метод Нелюбова.

*Объект изучения:* набухшие семена сельскохозяйственных культур.

*Растворы и реактивы:* 0,2%-ный раствор кислого фуксина; 0,2%-ный раствор индигокармина.

*Оборудование и материалы:* чашка Петри, скальпели, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, марлевые салфетки.

### *Порядок выполнения работы*

1. Отсчитать 50 семян двудольных растений, с помощью скальпеля разрезать семена вдоль пополам и поместить в чашку Петри.
2. Залить семена 0,2%-ным раствором индигокармина, так чтобы раствор покрывал семена и оставить на 1 час. После истечения времени экспозиции слить индигокармин, обсушить семена фильтровальной бумагой и визуально оценить жизнеспособность семян.

Семена с неокрашенными корешками и слабо окрашенными семядолями относят к жизнеспособным. Семена с полностью окрашенными корешками и семядолями относят к нежизнеспособным.

3. При необходимости выложить семена на предметное стекло и микроскопировать.

4. Зарисовать в тетрадь окраску жизнеспособных и нежизнеспособных семян.
5. Подсчитать процент жизнеспособных семян, сделать вывод о качестве посевного материала.

*Контрольные вопросы:*

1. Какова структура белков и какие связи ее стабилизируют?
2. Какие показатели можно использовать для характеристики состояния клетки?
3. Как можно использовать изученные методы в профессиональной практике?

**Контрольные вопросы к модульной единице 1**

1. Структурная и функциональная организация растительной клетки. Принцип компартментации – основа осуществления физиологических и биохимических процессов.
2. Клеточное ядро. Структура, функции. Строение хромосом. Принципы хранения наследственной информации.
3. Клеточная стенка. Химический состав, структура, функции. Межклетники.
4. Цитоплазма. Химический состав, структура, свойства.
5. Мембранные системы. Плазмалемма и тонопласт. Свойства специфических мембранных систем.
6. Вакуоль клетки, физиологическая роль. Состав клеточного сока.
7. Эндоплазматический ретикулум клетки, его типы и функции.
8. Рибосомы. Строение, функции. Полисомы. Рибосомы хлоропластов и митохондрий.
9. Характеристика коллоидных систем. Протоплазма ее свойства, значение.
10. Клетка как целостная открытая система. Гомеостаз, его значение для функционирования биологической системы.
11. Апопласт. Поры, плазмодесмы. Симпласт.
12. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Структура ДНК, мРНК и тРНК. Функции нуклеиновых кислот. Локализация в клетке.

13. Аминокислоты, пептиды, белки. Конформация белков. Денатурация
14. Изоэлектрическая точка как показатель функционального состояния клетки. Функции белков.
15. Биосинтез белка. Состав белоксинтезирующей системы, локализация процессов синтеза белка.
16. Белковые компоненты клетки. Их локализация и значение.
17. Ферменты. Классификация, свойства и механизмы действия.
18. Уравнение Михаэлиса–Ментена. Мультиферментные комплексы.  
Кинетика ферментативных процессов. Локализация ферментов в клетке.  
Регуляция активности ферментов.
19. Законы раздражимости. Регуляция физиологического состояния растительного организма.
20. Закалка и репарация как альтернативные состояния при действии раздражителя.
21. Углеводы растительной клетки. Формы и локализация в клетке.
22. Витамины и их классификация. Роль и локализация.
23. Фитогормоны, их классификация, физиологическая роль.
24. Макроэргические соединения клетки. Их синтез, биохимические функции.
25. Поступление и передвижение веществ в клетке.
26. Принципы регулирования физиологических процессов. Уровни регуляции: клеточный, тканевый, организменный. Типы регуляции.
27. Биоэлектрические явления в клетке, их функциональная роль.
28. Раздражимость клетки. Восприятие раздражителя, пороговые раздражители и суммация раздражения. Возбуждение, повреждение, репарации.

## **МОДУЛЬНАЯ ЕДИНИЦА 2 «ФОТОСИНТЕЗ КАК ОСНОВА ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА»**

### **Лабораторная работа 1. Изучение химических свойств пигмента листа**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу и делаются рисунки с подписями. Завершается занятие формулировкой полученных выводов и защитой работы.

#### *Краткие теоретические сведения*

Пигментная система хлоропласта представлена двумя типами пигментов: зелёными – хлорофиллами а и б, и жёлтыми – каротинами и ксантофиллами.

Хлорофилл по своей химической природе является сложным эфиром дикарбоновой кислоты хлорофиллина и двух спиртов – высокомолекулярного одноатомного спирта фитола  $C_{20}H_{39}OH$  и метилового спирта  $CH_3OH$ . Структурной основой хлорофиллина служит порфириновое ядро, состоящее из четырёх пиррольных колец, связанных метиновыми мостиками. В центре ядра находится атом магния. Порфириновое кольцо придаёт молекуле гидрофильные свойства, остаток спирта фитола – гидрофобные.

Хлорофилл *b* отличается от хлорофилла *a* тем, что у третьего углеродного атома во втором пиррольном кольце его молекулы метильная группа заменена на альдегидную.

*Каротиноиды* подразделяются на *каротины* (ненасыщенные углеводороды с эмпирической формулой  $C_{40}H_{56}$ ) и *ксантофиллы* ( $C_{40}H_{56}O_2$ ), отличающиеся от каротиноидов присутствием кислорода. *Каротины* по химической структуре могут быть ациклическими, моноциклическими и бициклическими соединениями. В листьях основным каротином является  $\beta$ -каротин. В его молекуле находятся два симметрично расположенных иононовых кольца, соединённых длинной углеводородной цепью с системой регулярно чередующихся двойных связей. Каротины являются гидрофобными соединениями и хорошо растворяются в липофильных растворителях – бензине, бензоле.

*Ксантофиллы* – кислородсодержащие производные каротинов, у растений представлены лютеином ( $C_{40}H_{56}O_2$ ), зеаксантином ( $C_{40}H_{56}O_2$ ) и виолаксантином ( $C_{40}H_{56}O_3$ ), неоксантином ( $C_{40}H_{56}O_4$ ). Благодаря присутствию OH-групп ксантофиллы легко растворяются в спирте и несколько хуже в липофильных растворителях.

*Общая постановка задачи:* изучить и объяснить химические свойства фотосинтетических пигментов листа различных сельскохозяйственных культур и декоративных комнатных растений.

*Метод работы:* метод Крауса.

*Объект изучения:* листья различных декоративных комнатных растений и сельскохозяйственных культур.

*Растворы и реактивы:* этиловый спирт, бензин.

*Оборудование и материалы:* ступки с пестиками, стаканчики, пробирки, воронки.

*Порядок выполнения работы:*

Метод основан на различной растворимости пигментов в спирте и бензине. Эти растворители при смешивании образуют гетерогенный раствор, впоследствии разделяясь на две фазы – верхнюю бензиновую и нижнюю спиртовую, благодаря чему и происходит разделение компонентов растительной смеси.

1. В ступке растереть один небольшой лист растения, добавляя 5-7 мл спирта, затем экстракт перелить в стаканчик.
2. Из стаканчика налить в пробирку 2-3 мл спиртового экстракта пигментов и добавить 3-4 мл бензина.
3. Содержимое пробирки сильно встряхнуть и оставить отстояться. По мере расслоения эмульсии бензиновый слой будет окрашиваться в зелёный цвет из-за лучшей растворимости в нём хлорофиллов. Кроме того, в бензин переходит каротин, но его окраска маскируется хлорофиллом. Ксантофилл останется в спиртовом слое, придавая ему золотисто-жёлтую окраску.

4. Если пигменты разделяются недостаточно чётко, следует добавить 3-4 капли дистиллированной воды и снова встряхнуть. При избытке воды возможно помутнение нижнего слоя. В этом случае следует прилить немного этилового спирта и взболтать содержимое пробирки.
5. В тетради сделать рисунок пробирки с эмульсией, показать разделение раствора на две фазы и объяснить распределение пигментов.

*Контрольные вопросы:*

1. Перечислите основные этапы развития представлений о фотосинтезе?
2. Каковы строение и химические свойства пигментов зеленого листа?
3. Какие особенности строения молекулы пигментов обеспечивают их способность поглощать свет?
4. Какова роль пигментов в преобразовании световой энергии в химическую?

**Лабораторная работа 2. Количествоное определение хлорофилла и каротина в тканях сельскохозяйственных культур и декоративных комнатных растений**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу и делаются рисунки с подписями. Завершается занятие формулировкой полученных выводов и защитой работы.

*Краткие теоретические сведения*

Фотопигменты играют определяющую роль в жизни растений. Как правило, тенелюбивые растения содержат больше хлорофилла, а светолюбивые меньше. Большое влияние на содержание фотопигментов оказывают внешние факторы: плодородие почвы, минеральные удобрения, в частности азотные.

Концентрацию фотопигментов в тканях растений мы определяем с помощью фотоэлектроколориметра. Принцип действия прибора основан на сравнении интенсивности двух световых пучков при помощи стандартного раствора заданной концентрации.

*Общая постановка задачи:* Знакомство с методом определения хлорофилла и каротина в тканях различных органов растений.

*Метод работы:* фотоэлектроколориметрический, метод Сапожникова.

*Объект изучения:* листья различных сельскохозяйственных и декоративных растений, плоды, корнеплоды моркови.

*Растворы и реактивы:* этиловый спирт, бензин.

*Оборудование, приборы и материалы:* фотоэлектроколориметр, ступки с пестиками, стаканчики, пробирки, воронки, бумажные фильтры, марлевые салфетки.

### *Порядок выполнения работы*

#### *Определение концентрации хлорофилла*

##### *в тканях растений*

1. Навеску листьев 500 мг измельчить ножницами и растереть в ступке с кварцевым песком и небольшим количеством этилового спирта.
2. Полученный раствор профильтровать через сухой фильтр и перелить в мерную колбу на 25 мл. Объем жидкости довести спиртом до метки, перемешать и колориметрировать по стандартному раствору.
3. В левую кювету налить растворитель (спирт), а правую заполнить исследуемой жидкостью, предварительно ею, ополоснув кювету. Установить кювету в гнездо (при закрытой шторке).
4. Установить красный светофильтр. Открыть шторку светофильтра и вращением правого барабана возвратить стрелку гальванометра в нулевое положение. Отсчет произвести по красной шкале правого барабана.
5. Колориметрирование повторить 2-3 раза. Таким же образом определить оптическую плотность стандартного раствора.
6. Произвести пересчет в мг хлорофилла на 1 г навески и полученный результат занести в таблицу 3.

Концентрацию хлорофилла определяют по формуле:

$$C = \frac{D \times 0,085 \times V}{D_1 \times m}$$

где: С – концентрация хлорофилла в сырой навеске, мг;

$\Delta$  – оптическая плотность исследуемого раствора;

$\Delta_1$  – оптическая плотность стандартного раствора;

0,085 – концентрация хлорофилла в одном мл стандартного раствора;

$m$  – навеска листьев, г;

$V$  – объем вытяжки, см<sup>3</sup>.

*Таблица 2 - Содержание хлорофилла в листьях растений, мг/г (сводная таблица)*

№ п/п	Растения	Повторения				Среднее
		1	2	3	4	
1						
2						
3						

*Вывод:*

### Определение концентрации каротина в тканях растений

(по Сапожникову)

1. Навеску растительного материала 0,3 г в течение 10 минут растирать в ступке с прокаленным сернокислым натрием (2-4 г).
2. К полученному порошку прибавить 4-6 мл бензина и растирать еще 2 минуты. К полученной кашице добавить еще 2-3 мл бензина и растирать еще 1 минуту.
3. После этого желтый раствор каротина слить в мерный цилиндр на 50 мл, к оставшейся кашице добавить еще бензина, растереть и вновь влить в мерный цилиндр. Общий объем раствора в цилиндре довести до 25 мл.
4. Затем с помощью ФЭК определить количество каротина по азобензолу (14 мг азобензола на 100 мл этилового спирта), раствор которого по окраске соответствует раствору, содержащему 2,35 мг каротина на литр.

Количество каротина определить по формуле:

$$C = \frac{2,35 \times \Delta \times V}{1000 \times \Delta_1 \times m}$$

где: С – концентрация каротина в сырой навеске, мг;

2,35 – концентрация каротина в 1 литре стандартного раствора;

$\Delta$  – оптическая плотность исследуемого раствора;

$D_1$  – оптическая плотность стандартного раствора;

$m$  – навеска листьев, г;

$V$  – объем вытяжки, см<sup>3</sup>.

5. Полученный результат записать в таблицу 3.

*Таблица 3 - Содержание каротина в тканях растений, мг/г (сводная таблица)*

№ п/п	Растение	Повторности			Среднее
		1	2	3	
1					
2					
3					

*Вывод:*

*Контрольные вопросы:*

1. Где проходит световая и темновая фаза фотосинтеза?
2. В чем сущность световой фазы фотосинтеза?
3. Особенности фотосинтеза у C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub> растений.
4. Фотосинтез по типу толстянковых (САМ-метаболизм).

### **Лабораторная работа 3. Определение интенсивности и продуктивности фотосинтеза различных сельскохозяйственных культур**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, проводятся исследования, делаются расчеты, индивидуально анализируются результаты. Завершается работа формулировкой выводов и их защитой преподавателю.

#### *Краткие теоретические сведения*

Для характеристики ассимиляционной деятельности растений обычно используют величины интенсивности фотосинтеза. Все существующие методы определения интенсивности фотосинтеза основаны на измерении количеств веществ, участвующих в этом процессе. Исходя из общего уравнения фотосинтеза:



в качестве таких показателей можно использовать количество поглощенного диоксида углерода, выделившегося кислорода, накопленных органических

веществ. Наиболее часто интенсивность фотосинтеза определяют по поглощаемому диоксиду углерода.

*Общая постановка задачи:* определить интенсивность и продуктивность фотосинтеза по накоплению органического углерода у различных сельскохозяйственных культур и декоративных комнатных растений.

*Метод работы:* метод Тюрина–Лукашек, Олвика–Целлера.

*Объект изучения:* листья различных сельскохозяйственных культур и декоративных комнатных растений.

*Растворы и реактивы:* 0,4 Н раствор хромовой кислоты, 85 %  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , дифениламин, 0,2 Н раствор соли Мора, дистиллированная вода, шкала pH, 0,001 Н раствор  $\text{NaHCO}_3$ , 0,2%-ный раствор крезолового красного.

*Оборудование, приборы и материалы:* колбы, бюретки, стаканчики, стеклянные палочки, пробки, нитки, воронки, бумажные фильтры, марлевые салфетки, миллиметровая бумага.

#### *Порядок выполнения работы*

#### *Определение интенсивности фотосинтеза по методу Олвика–Целлера:*

Принцип метода состоит в следующем: раствор бикарбоната натрия имеет свойство приходить в равновесие с содержанием  $\text{CO}_2$  в воздухе и наоборот. В связи с выделением или поглощением  $\text{CO}_2$  изменяется pH раствора.

1. Ввести в ассимиляционную колбу 3 мл 0,001 Н раствора  $\text{NaHCO}_3$  и 2 капли 0,2%-ного раствора индикатора крезолового красного.
2. Для определения pH раствора  $\text{NaHCO}_3$  в колбе, содержимое колбы осторожно перелить в пробирку и закрыть резиновой пробкой.
3. Окраску раствора сравнить со шкалой pH и снова вылить из пробирки в колбу.
4. По таблице 5 определить содержание  $\text{CO}_2$  в воздухе до опыта и результат записать в таблицу 4.
5. Взять лист растения и с помощью нитки подвесить его в колбу с раствором. Лист не должен касаться раствора.

6. Собранный таким образом прибор оставить на свету в течение часа (периодически помешивать колбу с раствором), после чего снова определить pH раствора и по таблице найти соответствующее количество CO<sub>2</sub>.
7. Сравнить содержание CO<sub>2</sub> в воздухе до и после опыта, найти количество мг ассимилированной углекислоты за время опыта.

*Таблица 5 - Содержание CO<sub>2</sub> в воздухе до и после опыта*

№ п/п	Растение	До опыта		После опыта		Поглощено CO <sub>2</sub> мг/час
		pH	CO <sub>2</sub>	pH	CO <sub>2</sub>	
1						
2						

8. Определить площадь листа опытных растений с помощью контуров на бумаге.

$$\text{Площадь листьев } S = \frac{B \times 100}{A} \text{ см}^2,$$

где A - вес квадрата бумаги 100 см<sup>2</sup>, г

B - вес контура листьев на бумаге, г

9. Рассчитать интенсивность фотосинтеза в мг CO<sub>2</sub> за час на 100 см<sup>2</sup> листа и полученный результат записать в таблицу 6, сделать вывод.

*Таблица 6 - Интенсивность фотосинтеза в мг CO<sub>2</sub>/час/100 см<sup>2</sup> листа (сводная таблица)*

№ п/п	Растение	Повторности			Среднее
		1	2	3	
1					
2					
3					

*Вывод:*

Таблица 5 - Зависимость содержания CO<sub>2</sub> в 0,001 Н растворе NaHCO<sub>3</sub> от температуры и pH (мг CO<sub>2</sub> на л)

t, °C pH \	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°
7,20	2,69	2,73	2,77	2,80	2,84	2,89	2,93	2,97	3,01	3,05	3,09	3,13	3,17	3,22	3,28	3,33
7,25	2,38	2,42	2,46	2,50	2,53	2,56	2,60	2,63	2,68	2,70	2,73	2,75	2,80	2,85	2,90	2,95
7,30	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,27	2,30	2,33	2,37	2,40	2,43	2,46	2,49	2,52	2,55	2,60
7,35	1,86	1,89	1,92	1,95	1,98	2,01	2,04	2,07	2,10	2,12	2,15	2,18	2,20	2,23	2,27	2,31
7,40	1,65	1,68	1,70	1,73	1,75	1,78	1,80	1,83	1,86	1,88	1,90	1,92	1,95	1,98	2,02	2,05
7,45	1,46	1,48	1,50	1,53	1,55	1,58	1,60	1,62	1,65	1,67	1,69	1,71	1,73	1,75	1,78	1,81
7,50	1,29	1,31	1,33	1,35	1,37	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50	1,52	1,54	1,56	1,58	1,60
7,55	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,25	1,27	1,28	1,30	1,32	1,33	1,35	1,37	1,40	1,42
7,60	1,01	1,03	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,13	1,14	1,16	1,17	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26
7,65	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,06	1,08	1,10	1,12
7,70	0,79	0,80	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,98
7,75	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87
7,80	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,75	0,76	0,77
7,85	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68
7,90	0,48	0,49	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60
7,95	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,51	0,51	0,52	0,52	0,53
8,00	0,38	0,38	0,39	0,39	0,40	0,41	0,41	0,42	0,43	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45	0,46	0,46
8,05	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40
8,10	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37
8,15	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33
8,20	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28
8,25	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25
8,30	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22
8,35	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20
8,40	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18

## Определение продуктивности фотосинтеза в листьях растений по накоплению углерода

1. Сделать из листа высечку площадью 30 см<sup>2</sup> и поместить в коническую колбу на 250 мл.
2. Прилить 10 мл 0,4 Н раствора хромовой кислоты, закрыть маленькой воронкой и кипятить при умеренном нагревании (не доводя до кипения), постоянно помешивая. Нагревание длится около 5 минут (до полного исчезновения тканей листа).
3. После охлаждения к содержимому колбы прилить 150 мл дистиллированной воды, 2-3 мл 85 % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 10 капель дифениламина и титровать 0,2 Н раствором соли Мора.

В процессе титрования бурая окраска раствора сначала переходит в синюю. С этого момента следует титровать осторожно и прекратить титрование, когда синяя окраска перейдет в зеленую. Для более четкого определения конца реакции к пробе прибавить фосфорную кислоту (2-3 мл 85% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>).

4. Подготовить контрольную колбу (10 мл 0,4 Н раствора хромовой кислоты, 150 мл дистиллированной воды, 2-3 мл 85 % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 10 капель дифениламина) и титровать раствором соли Мора.
5. По формуле рассчитать содержание углерода в тканях растений и полученный результат записать в таблицу 7.

Расчет:

$$C \text{ мг/дм}^2 = \frac{(a - b) \times k \times 0,6}{S},$$

где а – количество соли Мора, израсходованное на титрование 10 мл исходного раствора;

в – количество соли Мора, израсходованное на титрование опытного раствора;

к – поправка к титру соли Мора 0,0086;

S – площадь листа, дм<sup>2</sup>

0,6 – коэффициент пересчета на углерод (0,6 – содержание углерода в мг, эквивалентное 1 мл 0,2 Н соли Мора)

6. Полученные данные сравнить с результатами группы и написать вывод.

Растение \_\_\_\_\_

Таблица 7. Содержание углерода в листьях разных растений, мг/дм<sup>2</sup>

№ п/п	Растение	Повторности			Среднее
		1	2	3	
1					
2					
3					

Вывод:

**Контрольные вопросы:**

1. Как влияет интенсивность света на процесс фотосинтеза?
2. Каковы анатомо-физиологические особенности листьев светолюбивых и теневыносливых растений?
3. Можно ли вырастить нормальные растения при искусственном освещении?
4. Какова связь фотосинтеза с урожайностью?

**Контрольные вопросы к модульной единице 2**

1. Планетарное значение фотосинтеза.
2. Фотосинтез как основа биоэнергетики.
3. Физико-химическая сущность фотосинтеза.
4. Главные этапы развития представлений о фотосинтезе.
5. Лист как орган фотосинтеза.
6. Хлоропласти, их состав и строение.
7. Пигменты хлоропластов, их химическая природа и оптические свойства.
8. Световая фаза фотосинтеза.
9. Организация и функционирование пигментных систем.
10. Циклическое и нециклическое фотофосфорилирование.
11. Фотоокисление воды.
12. Метаболизм углерода при фотосинтезе (темновая фаза).  
Восстановительный пентозофосфатный цикл (цикл Кальвина).
13. Особенности фотосинтеза у C-3 и C-4 растений.
14. Фотосинтез по типу толстянковых (CAM-метаболизм).
15. Фотодыхание и метаболизм гликолевой кислоты.

16. Зависимость фотосинтеза от внутренних и внешних факторов.
17. Компенсационные точки, возможные пути использования в селекционном процессе, фотосинтез как основа продуктивности с/х растений.
18. Возможные пути повышения фотосинтетической активности с/х культур.
19. Соотношение между скоростью ассимиляции углекислоты и активностью отдельных звеньев фотосинтеза.
20. Интенсивность фотосинтеза и общая биологическая продуктивность растительных организмов.
21. Регуляция фотосинтеза на уровне органа и целого растения.
22. Посевы и насаждения как фотосинтезирующие системы.
23. Параметры оценки фитоценозов: фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, индекс листовой поверхности, КПД фотосинтеза, биологическая и хозяйственная продуктивность.
24. Параметры оптимального посева.
25. Влияние густоты стояния растений и структуры посева, особенности расположения листьев в пространстве, удобрений и орошения на энергетическую эффективность агрофитоценозов.
26. Использование показателей фотосинтетической деятельности при программировании урожая.
27. Светокультура при выращивании сельскохозяйственных растений.
28. Выращивание растений без естественного облучения.
29. Влияние искусственного облучения на анатомо-физиологическую характеристику растений.
30. Выращивание растений при дополнительном облучении.

## **МОДУЛЬНАЯ ЕДИНИЦА 3 «ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ»**

### **Лабораторная работа 1. Определение интенсивности дыхания в тканях различных сельскохозяйственных культур (по М.С. Миллер)**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу. Завершается работа формулировкой выводов и их защитой преподавателю.

#### *Краткие теоретические сведения*

Интенсивность дыхания определяют по количеству выделенного СО<sub>2</sub> в мг на 100 г сырого веса растительного материала за 1 час. Для поглощения СО<sub>2</sub> применяют барит.

*Общая постановка задачи:* установить зависимость интенсивности дыхания от физиологического состояния растительного объекта.

*Метод работы:* титрование.

*Объект изучения:* проростки зерновых, бобовых и масличных сельскохозяйственных культур.

*Растворы и реактивы:* 4%-ный раствор барита, фенолфталеин, щавелевая кислота.

*Оборудование, приборы и материалы:* стеклянные банки с резиновыми пробками, марлевые салфетки, нитки, штативы с бюретками, цилиндр.

#### *Порядок выполнения работы*

1. Налить в сосуд с притертой пробкой 25 мл раствора барита из специальной бюретки.



*Рисунок 1. Прибор для определения интенсивности дыхания*

2. 10 г растительного материала поместить в марлевый мешочек, завязать мешочек ниткой и поместить мешочек в сосуд так, чтобы он не касался раствора, а нитку зафиксировать пробкой (рис. 1).
3. Заметить время начала опыта. Проследить, чтобы мешочек с растительным материалом не касался раствора барита.
4. Рядом с опытным сосудом поставить контрольный сосуд с 25 мл барита, но без семян. Сосуды оставить стоять на 30-60 минут в изучаемых условиях. В течение опыта время от времени встряхивать барит, чтобы разрушить пленку  $\text{BaCO}_2$  на его поверхности, препятствующуюполноте поглощения  $\text{CO}_2$ .
5. По окончании опыта барит оттитровать щавелевой кислотой в присутствии фенолфталеина сначала в контрольном сосуде, затем в опытном.
6. Полученный результат записать в тетрадь и по формуле рассчитать величину интенсивности дыхания растений.

объем  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ( $A$ ) на титрование контрольного раствора пошло \_\_\_\_\_ мл.

объем  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ( $B$ ) на титрование опытного раствора пошло \_\_\_\_\_ мл.

масса навески ( $n$ ) \_\_\_\_\_ г.

продолжительность опыта ( $m$ ) \_\_\_\_\_ мин.

*Примечание.* Разница в мл щавелевой кислоты израсходованной на титрование барита в контрольном сосуде и опытном дает количество мг  $\text{CO}_2$ , выделенного за время опыта навеской растительного материала, так как 1 мл щавелевой кислоты соответствует 1 мг  $\text{CO}_2$ . Производят расчет интенсивности дыхания в мг  $\text{CO}_2$  на 100 г сырого веса за 1 час.

Растение \_\_\_\_\_

$$X = \frac{(A - B) \times 100 \times 60}{n \times m} = \text{мг } \text{CO}_2/\text{час на 100 г сырого веса}$$

7. Записать в тетради уравнение химической реакции соответствующее контрольному сосуду и опытному.

Уравнение реакции:

1. В опытном сосуде \_\_\_\_\_

2. При титровании \_\_\_\_\_
8. Записать полученные результаты в таблицу 8 и сделать вывод.

*Таблица 8 - Интенсивность дыхания различных растительных объектов  
(мг СО<sub>2</sub>/100 г сырой массы/час)*

№ п/п	Культура	Повторности			Среднее
		1	2	3	
1					
2					
3					

*Вывод:*

*Контрольные вопросы:*

1. Назовите органеллы клетки, отвечающие за дыхание?
2. Каков состав аэробных и анаэробных дегидрогеназ?
3. Дайте определение интенсивности дыхания?
4. Как зависит интенсивность дыхания от внешних факторов?
5. Как влияют повреждения и механические воздействия на интенсивность дыхания?
6. Как изменяется интенсивность дыхания в онтогенезе?

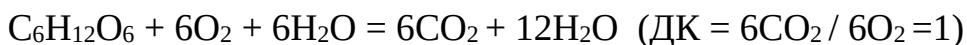
## **Лабораторная работа 2. Определение дыхательного коэффициента прорастающих семян**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу. Завершается работа формулировкой выводов и их защитой преподавателю.

### *Краткие теоретические сведения*

Показателем химической природы субстрата, используемого для дыхания, служит дыхательный коэффициент (ДК) – отношение объема СО<sub>2</sub>, выделяемого при дыхании, к объему поглощаемого О<sub>2</sub>.

При дыхании за счёт углеводов ДК равен 1:



Если субстратами дыхания являются (в сравнении с углеводами) более восстановленные соединения – жиры и белки, то ДК < 1:



Если же дыхание идет за счёт низкомолекулярных богатых кислородом ди- и трикарбоновых кислот (яблочная, винная, лимонная, щавелевая), то  $\text{ДК} > 1$ :



Величина ДК зависит и от других причин. При затруднении доступа кислорода к тканям, например, в зоне деления клеток, в корнях на уплотненной и переувлажненной почве, наряду с аэробным происходит анаэробное дыхание, не сопровождающееся поглощением кислорода, что приводит к повышению значения ДК. При неполном окислении с образованием органических кислот  $\text{ДК} < 1$ .

Таким образом, дыхательный коэффициент, не характеризуя скорость окисления субстрата, является качественной характеристикой дыхания.

*Общая постановка задачи:* установить величину дыхательного коэффициента прорастающих семян различных сельскохозяйственных культур.

*Метод работы:* наблюдение, измерение.

*Объект изучения:* проростки зерновых, бобовых и масличных сельскохозяйственных культур.

*Растворы и реактивы:* дистиллированная вода, раствор щелочи.

*Оборудование, приборы и материалы:* стеклянные пробирки (большие), резиновая пробка с изогнутой измерительной трубкой, пипетка, линейка, полоски фильтровальной бумаги.

#### *Порядок выполнения работы*

1. Пробирку заполнить проросшими семенами до половины объема (**не утрамбовывать!!!**) и плотно закрыть пробкой с изогнутой измерительной трубкой.
2. Пробирку поставить в коническую колбу, чтобы избежать нагревания прибора от рук.

3. В трубку аккуратно, с помощью пипетки, ввести каплю воды. Когда капля сдвинется от края трубы влево, отметить положение по внутреннему мениску.
4. Через 2 минуты отметить на сколько мм переместилась капля, повторить опыт 3 раза.
5. Вычислить среднее расстояние, пройденное каплей за 2 минуты (*A*). Оно соответствует разности между объемами поглощенного кислорода и выделенного CO<sub>2</sub>.
6. Осторожно открыть и проветрить пробирку, затем в верхнюю ее часть над семенами поместить фильтровальную бумагу, слегка смоченную раствором щелочи.
7. Вновь собрать прибор и ввести в трубку каплю воды. Когда капля сдвинется от края трубы влево, отметить положение по внутреннему мениску. Повторить опыт 3 раза.
8. Вычислить среднюю величину смещения (*B*). Выделенный при дыхании CO<sub>2</sub> будет поглощаться щелочью, и второе смещение капли отразит только уменьшение объема O<sub>2</sub>, поглощенного при дыхании.
9. По формуле рассчитать величину дыхательного коэффициента и записать в таблицу 9.

$$ДК (CO_2 / O_2) = (B - A) / B$$

*Таблица 9 - Дыхательный коэффициент прорастающих семян сельскохозяйственных культур*

Культура	Условия опыта	Отсчеты, мм / мин.				ДК $\frac{B - A}{B}$
		1	2	3	среднее	
	Без щелочи (A)					
	Со щелочью (B)					

*Вывод:*

*Контрольные вопросы:*

1. Что называется дыхательным коэффициентом?

2. Каково значение дыхательного коэффициента прорастающих семян масличных культур?
3. Каково значение дыхательного коэффициента корней в сильно уплотненной почве?
4. Как изменяется дыхательный коэффициент в формирующихся плодах?

### **Контрольные вопросы к модульной единице 3**

1. Митохондрии, их количество в клетке, размеры, строение, функции.
2. Взаимосвязь процессов дыхания и фотосинтеза.
3. Гликолиз этапа, регуляция, энергетика.
4. Зависимость ДК от качества дыхательного субстрата и обеспеченности тканей кислородом.
5. Этапы основного пути дыхания растений. Особенности химизма, энергетика.
6. Интенсивность дыхания и зависимость его от внутренних факторов.
7. Дыхательный газообмен как слагаемое продукционного процесса.
8. Интенсивность дыхания и зависимость ее от внешних факторов.
9. Физиологическая и биохимическая сущность глиоксилатного цикла дыхания растений.
- 10.Дыхательные процессы и качество кормов.
- 11.Пентозофосфатный путь дыхания растений, его особенности, энергетический выход.
- 12.Интенсивность дыхания в онтогенезе растений.
- 13.Цикл Кребса, его регуляция и энергетика.
- 14.Дыхание и газообеспеченность тканей растений.
- 15.Биологическое окисление – дыхание и брожение, их отличие от окисления в неживой природе. Значение дыхания в жизни растений.
- 16.Дыхательный коэффициент и методы его определения.
- 17.Анаэробная фаза дыхания. Химизм, энергетика.
- 18.Регулирование дыхания при хранении семян и сочной продукции.

- 19.Дыхательная электронно-транспортная цепь. Механизм сопряжения транспорта электронов с синтезом АТФ.
- 20.Активность процессов дыхания при хранении с/х продукции и способы регулирования.
- 21.Зависимость активности процессов дыхания растений от содержания влаги.

## **МОДУЛЬНАЯ ЕДИНИЦА 4 «ВОДНЫЙ ОБМЕН РАСТЕНИЙ»**

### **Лабораторная работа 1. Определение интенсивности транспирации у срезанных листьев при помощи торзионных весов (по Иванову)**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу. Завершается работа формулировкой выводов и их защитой преподавателю.

#### *Краткие теоретические сведения*

Интенсивность транспирации – количество воды, испарившейся единицей площади поверхности листа в единицу времени. Величина этого показателя зависит от внешних факторов – освещённости, температуры, скорости ветра, времени суток. Основной метод определения интенсивности транспирации – весовой.

Метод Иванова основан на учёте потерь воды срезанного транспирирующего листа за короткие промежутки времени, что даёт возможность наблюдать транспирацию при том состоянии насыщенности листа водой, в каком он находился на растении. Интервал между взвешиваниями не должен превышать 5 минут, т.к. при более длительной экспозиции уменьшается содержание воды в листе и интенсивность транспирации снижается.

*Общая постановка задачи:* изучить влияние интенсивности света на интенсивность транспирации растений разных экологических групп. Сравнить интенсивность транспирации листьев ксерофитов и мезофитов; верхних и нижних листьев одного и того же растения.

*Оборудование, приборы и материалы:* электронные весы, прибор Веске, чашки Петри, марлевые салфетки, миллиметровая бумага.

*Метод работы:* метод Иванова.

*Растворы и реактивы:* вода.

*Объект изучения:* сельскохозяйственные культуры, декоративные комнатные растения.

#### *Порядок выполнения работы*

1. С растения срезать лист вместе с черешком. Черешок плотно укрепляют ватой в отверстии каучуковой пробки.
2. Нижний конец черешка подрезают наискось под водой для восстановления водных нитей в проводящих сосудах.
3. Вставить пробку с листом в прибор Веске, наполненный водой комнатной температуры так, чтобы черешок листа был погружен в воду. Смонтированный прибор Веске, должен быть совершенно сухим, плотно закрытым; пробка не должна касаться воды.
4. Подготовить, таким образом, два прибора Веске, взвесить их на технических весах и, снабдив этикетками, поместить один в темноту, другой на прямой свет. Данные записать в таблицу 10.
5. В чашку Петри налить водопроводной воды, взвесить и поставить рядом с каждым прибором, для определения интенсивности испарения. Данные записать в таблицу 10.
6. Через 1 час взвесить повторно. По разнице с первоначальным весом установить количество воды, которое испарил лист за время опыта.
7. На основании полученных результатов рассчитать интенсивность транспирации, т.е. количество воды в граммах, которое испаряет единица листовой поверхности ( $1 \text{ м}^2$ ) в единицу времени (1 час).
8. С помощью весового метода определить площадь листа, взятого в опыте. Вырезать из бумаги квадрат в  $100 \text{ см}^2$  ( $10 \times 10 \text{ см}$ ) и взвесить.
9. Вырезать контур листа и также взвесить. По следующей формуле рассчитать площадь листа:

$$S = \frac{B}{A} 100 ,$$

где  $B$  – вес контура листа, г

$A$  – вес квадрата бумаги, г

10. Рассчитать интенсивность транспирации  $Y_t$ ,  $\text{г}/\text{м}^2\text{час}$ , и записать полученный результат в таблицу 19.

$$Y_t = \frac{10000 C}{St},$$

где  $C$  – убыль массы за время опыта, г;

$S$  – площадь листа,  $\text{см}^2$ ;

$t$  – продолжительность опыта, час.

11. Параллельно в тех же условиях определить испарение со свободной водной поверхности. Для этого определить количество воды, испарившейся за 1 час из чашки Петри (интенсивность испарения). Рассчитать интенсивность испарения  $E$ ,  $\text{г}/\text{м}^2\text{час}$ , со свободной водной поверхности, пользуясь той же формулой, по которой определяли интенсивность транспирации.

$$E = \frac{10000 C}{S \times t},$$

где  $C$  – убыль массы за время опыта, г;

$S$  – площадь листа,  $\text{см}^2$ ;

$t$  – продолжительность опыта, час.

12. Для расчета площади чашки Петри определить внутренний диаметр и вычислить по формуле:

$$S = \pi r^2,$$

где  $S$  – площадь поверхности воды,  $\text{см}^2$

$\pi = 3,14$

$r$  – радиус окружности ( $r=d/2$ ), см

13. Вычислить по следующей формуле величину относительной транспирации  $T$ , т.е. отношение интенсивности транспирации к интенсивности испарения:

$$T = Yt/E$$

14. Полученные результаты записать в таблицу 10, сравнить полученные величины и сделать вывод о зависимости интенсивности транспирации от условий освещения и от способности растений регулировать транспирацию.

*Таблица 10 - Интенсивность транспирации и относительная транспирация растения*

Условия опыта	Транспирация				Интенсивность транспирации, г/м <sup>2</sup> час	Испарение				Интенсивность испарения, г/м <sup>2</sup> ч	Относительная транспирация			
	Масса прибора с листом, г		Убыль массы, г.	Площадь листа, см <sup>2</sup>		Масса чашки Петри с водой, г.		Убыль массы, г.	S испаряющей поверхности, см <sup>2</sup>					
	в нач. опыта	в кон. опыта				в нач. опыта	в кон. опыта							
свет														
темнота														

*Вывод:*

15. Заполнить сводную таблицу 11 и проанализировать полученные результаты.

*Таблица 11 - Интенсивность транспирации и относительная транспирация у разных растений (сводная таблица)*

Название растений	Условия опыта	Интенсивность транспирации, г/м <sup>2</sup> час		Относительная транспирация		Среднее
		1	2	3	4	

*Вывод:*

*Контрольные вопросы:*

1. Какова роль транспирации в жизни растений?
2. Что называется интенсивностью транспирации?
3. Как влияет температура на интенсивность транспирации?
4. Как влияет влагообеспеченность растения на интенсивность транспирации?
5. Каково значение устьичного способа регулирования транспирации?
6. На какой стороне листа находится большее количество устьиц?
7. Какое это имеет значение?

## **Лабораторная работа 2. Определение водоудерживающей способности растений**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу и делается рисунок с подписями. Завершается работа формулировкой выводов и их защитой преподавателю.

### *Краткие теоретические сведения*

Агрономическим показателем эффективности использования воды растением является коэффициент водопотребления. Агротехнические мероприятия, направленные на повышение урожайности снижают ее величину. Водный дефицит вызывает серьезные нарушения процессов жизнедеятельности, поэтому орошение является эффективным приемом повышения урожайности. Для установления необходимости полива используют такие показатели как динамика устьичных движений, концентрация клеточного сока, водный дефицит, быстрота расходования воды.

*Общая постановка задачи:* изучить водоудерживающую способность методом «завядания» у растений, выращенных в разных условиях. Этот метод основан на учете потери воды завядающими растениями. Чем выше водоудерживающая способность растений, тем они устойчивее к неблагоприятным условиям среды. Растения считаются устойчивыми, если теряют не более 4-5 % воды от своей массы в час.

*Оборудование, приборы и материалы:* штатив, весы.

*Метод работы:* метод «завядания» по Арланду.

*Растворы и реактивы:* расплавленный парафин.

*Объект изучения:* различные сельскохозяйственные и декоративные культуры.

### *Порядок выполнения работы*

1. Взять 10 растений, выращенных на разных питательных фонах и отделить наземную часть от подземной.
2. Срезы стеблей растений опустить в расплавленный парафин.

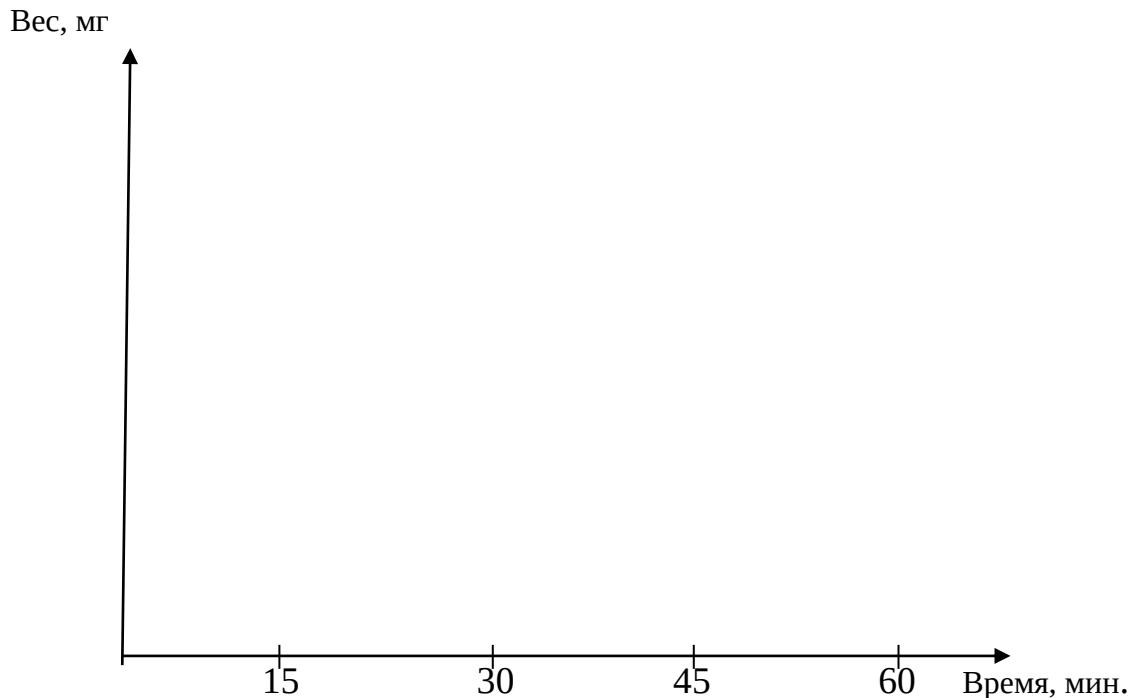
3. После чего все растения взвесить на технических весах и аккуратно расставить их в штатив. В течение 2-х часов растения взвешивают с интервалом в 30 минут.

Потеря массы растений показывает абсолютное количество испарившейся воды за определенные интервалы времени.

4. Для определения испаряющей массы растения, необходимо взвесить отчлененные парафинированные участки, и их массу вычесть из первоначальной массы растений.
5. Используя полученные данные, следует рассчитать потерю воды в процентах к первоначальному весу испаряющей массы в течение 30, 60, 90 и 120 минут и занести в таблицу 12.
6. По результатам таблицы построить график динамики водоотдачи и сделать заключение о водоудерживающей способности растений, выращенных в разных условиях. По количеству потеряной воды в единицу времени сделать вывод о водоудерживающей способности растений.

*Таблица 12 - Водоудерживающая способность растений*

Название растений	Количество растений	Масса растений, г				Количество испарившейся воды, г				Потеря воды в % к исходному					
		Первоначальная	через 15 минут	через 30 минут	через 45 минут	через 60 минут	через 15 минут	через 30 минут	через 45 минут	через 60 минут	Масса парафинированных участков, г	Масса растений без парафинированных участков, г	через 15 минут	через 30 минут	через 45 минут



*Рисунок 2 - Динамика водоотдачи у растений*

*Вывод:*

**Контрольные вопросы:**

1. Как рассчитывать водный баланс фитоценоза?
2. Назовите виды завязания растений?
3. Перечислите типы полива растений?

**Контрольные вопросы к модульной единице 4**

1. Клетка, как осмотическая система. Водный потенциал, его составляющие.
2. Вода – строение, функции, состояние в растительной клетке.
3. Пути поступления воды в растительную клетку. Механизмы удержания воды в почве.
4. Корневая система как орган поглощения воды. Работа нижнего концевого двигателя.
5. Корневое давление, его проявление, зависимость от внешних и внутренних факторов.
6. Лист как орган транспирации. Внеустычна транспирация.
7. Работа устьичного аппарата. Типы движения устьиц.

8. Методы определения транспирации. Транспирационный коэффициент.
9. Всасывающая и испаряющая поверхности растений. Движение воды в системе почва – растение – атмосфера.
10. Водный баланс растения. Водный дефицит и его влияние на водообмен и другие физиологические процессы.
11. Особенности водообмена у различных экологических групп. Зоны увлажнения.
12. Работа верхнего концевого двигателя растений.
13. Продуктивность и интенсивность транспирации. Закон Заленского. Анатомические и морфологические особенности строения листьев в зависимости от их расположения на стебле.
14. Водный баланс фитоценоза. Физиологические основы орошения.
15. Типы полива. Поливная норма растений.

## **МОДУЛЬНАЯ ЕДИНИЦА 5 «Корневое питание растений»**

### **Лабораторная работа 1. Визуальная диагностика признаков голодания растений**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу. Завершается работа формулировкой выводов и их защитой преподавателю.

#### *Краткие теоретические сведения*

Для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур необходимо создавать оптимальные условия для питания растений и корректировать их в течение вегетации. Диагностику питания растений подразделяют на почвенную и растительную. Определение нарушений в питании растений по внешнему виду называют визуальной диагностикой.

*Общая постановка задачи:* определить дефицит элементов питания растений методом листовой диагностики.

*Метод работы:* визуальный

*Оборудование, приборы и материалы:* атлас визуальной диагностики.

*Растворы и реактивы:* растения, выращенные на разных питательных средах с исключением основных элементов питания.

Объект изучения: декоративные комнатные растения, сельскохозяйственные растения, плодово-ягодные культуры.

#### *Порядок выполнения работы*

1. Описать признаки голодания зерновых, бобовых и картофеля при недостатке следующих элементов: азота, фосфора, калия, магния, кальция.

#### 1. Картофель

Элементы	Изменения в росте и развитии	Внешние признаки голодания

#### 2. Зерновые культуры

Элементы	Изменения в росте и развитии	Внешние признаки голодания

#### 3. Бобовые культуры

Элементы	Изменения в росте и развитии	Внешние признаки голодания

#### 3. Декоративные растения

Элементы	Изменения в росте и развитии	Внешние признаки голодания

## Ключ для определения симптомов недостаточности элементов питания у картофеля

Общая характеристика: рост растений замедляется, симптомы более или менее локализованы, вирусные и прочие болезни отсутствуют, окраска растений изменена.

1. Симптомы развиваются на всем растении или локализованы на более старых (нижних) листьях 2

+ симптомы локализованы на молодых растениях 5

2. Симптомы развиваются на всем растении, наблюдается пожелтение и засыхание, или «ожог» нижних листьев. В случае острого голодания наблюдается красноватая или фиолетовая окраска 3

+ Симптомы локализованы: на нижних листьях хлоротическая крапчатость (потеря зеленой окраски) и появляются пятна некротизированной (отмершей) ткани: последние могут отсутствовать. Нижние листья почти не засыхают 4

3. Изменение окраски начинается с верхушек и краев долей листа, постепенно все листья приобретают более светлую окраску по сравнению с обычной: со временем окраска листьев может измениться до бледно-желтой. В исключительных случаях края нижних листьев теряют хлорофилл и закручиваются. Иногда подвергаются «ожогу». Характерна задержка роста и опадание листьев.

### Недостаток азота

+ Листья морщинистые, темно-зеленые. В случае острого голодания нижние листья приобретают фиолетовую окраску. Растения жесткие, прямые. Стерженьки и края долей листа закручиваются кверху. Доли листа часто имеют чашеобразную форму. Листья не достигают нормальной величины. Острое голодание значительно замедляет рост растений. В клубнях могут появиться ржаво-бурые пятна.

### Недостаток фосфора

4. Нижние листья имеют, более светлую, чем обычно, окраску. Хлороз начинается с верхушек и краев самых нижних листьев и постепенно

прогрессирует к центру, захватывая ткани, расположенные между жилками листа. В последствии на долях между жилками появляются отмершие участки бурой ткани. Иногда на листьях образуются выпуклости и утолщения, листья становятся хрупкими.

#### Недостаток магния

+ Листья имеют более темную, чем обычно, окраску, их размер меньше, чем у растений, не испытывающих голодания. Междоузлия укороченные. Растения имеют искривленную форму. Листья сморщиваются, жилки листьев кажутся впалыми; позднее более старые листья слегка желтеют. Вначале верхушки и края листьев, а затем и все растение приобретает бронзовую окраску, которая особенно видна в массе растений. В конце периода вегетации голоддающие растения подвержены поражению паразитическими организмами.

#### Недостаток калия

+ Нижние листья хлоротичные. В начале на листьях средних ярусов, а потом и на всех листьях растения появляются разбросанные пятна серо-бурого и бронзового цвета. Ткани таких участков как бы проваливаются, а затем отмирают. В исключительных случаях междоузлия у голоддающих растений короткие, а листья маленькие и толстые. Верхние листья принимают слегка вертикальное положение, края листьев могут закручиваться кверху.

#### Недостаток цинка

5. Верхушечная почка отмирает. На хлоротичных молодых листьях искривление основания или верхушки молодых листьев, развивающихся из одной почки

6

+ Верхушечная почка не отмирает. На хлоротичных молодых листьях появляются пятна отмершей ткани, последние могут и не появляться. Жилки листьев светло или темно-зеленые

7

6. Молодые листья верхушечной почки имеют, более светлую, чем обычно, зеленую окраску, причем светлая окраска наиболее отчетливо выделяется у основания листьев. Верхняя часть стебля либо отмирает, либо искривляется; междоузлия укороченные, отчего куст кажется густым. Листья

утолщаются и закручиваются кверху, стерженьки долей становятся хрупкими. Может развиться антоциановая окраска. Верхушки и края особенно нижних долей преждевременно отмирают. Клубни мелкие, часто с трещинами.

#### Недостаток бора

+ У молодых листьев верхушечной почки вдоль краев появляется светло-зеленая полоса: ткани этих участков часто отмирают, придавая доле сморщеный или покоробленный вид. В некоторых случаях молодые листья на верхушке растения не распускаются, а верхушечная почка отмирает. Края долей листа часто закручиваются кверху. На боковых почках могут развиваться такие же симптомы, как и на верхушечной почке. В мякоти клубней появляются участки отмершей ткани первоначально в виде рассеянных точек бурого цвета в области сосудисто-волокнистых пучков у пуповинного конца клубня.

#### Недостаток кальция

7. Молодые листья теряют тургор и находятся в состоянии постоянного увядания. При развитии цветочных почек верхушечная почка поникает, особенно при значительном голодании. На более поздних стадиях кончики долей засыхают. Резко выраженный хлороз отсутствует.

#### Недостаток меди

+ На всех молодых листьях развивается слабый хлороз. Верхушки и края листьев долго сохраняют зеленую окраску; главные жилки остаются зелеными; хлоротичная ткань приобретает постоянную бледно-зеленую окраску. В исключительных случаях листья становятся белыми. Участков отмерших тканей нет.

#### Недостаток железа

++ Между жилками листьев и на верхушках стеблей развивается более светлая, по сравнению с обычной, зеленая окраска. В последствии эти участки могут пожелтеть или побелеть. На листьях появляется множество мелких бурых крапинок, число которых со временем увеличивается. На нижних листьях симптомы голодания обычно отсутствуют. Незначительное голодание

вызывает лишь легкий хлороз, главным образом верхних частей стебля, участки отмершей ткани отсутствуют.

### Недостаток марганца

+ + + Симптомы развиваются медленно, наблюдается общее пожелтение листьев, в том числе и жилок, напоминающее симптомы азотного голодания, но листья не засыхают. Рост растений прекращается. При остром или же длительном голодании на листьях появляется пятнистость.

### Ключ для определения симптомов недостаточности

питательных элементов у овощных культур.

1. Недостаточность питательных элементов вызывает изменение окраски ботвы 2

+ Недостаточность питательных элементов вызывает изменение в растущих тканях корней и стеблей, симптомы редко развиваются на старых побегах 5

+ + Симптомы голодания локализованы 6

2. Симптомы появляются в начале на молодых листьях 3

+ Симптомы появляются на старых листьях 4

3. Молодые листья приобретают (вначале только между жилками) светло-желтую окраску даже при очень сильном голодании. Хлоротичная ткань буреет или делается прозрачной, в конце концов, пораженная ткань некротизируется. Симптомы появляются, как правило, только на растениях, выращиваемых на щелочных или сильно известкованных почвах.

### Недостаток железа

+ Хлороз развивается вначале между жилками молодых листьев, а затем и на старых листьях. Жилки сохраняют зеленую окраску даже при очень сильном голодании. Хлоротичная ткань буреет или делается прозрачной, в конце концов пораженная ткань некротизируется. Голодание наблюдается преимущественно на щелочных или чрезмерно известкованных почвах, хотя встречается и на кислых почвах.

### Недостаток марганца

++ Молодые листья ненормально мелкие и покрыты желтыми крапинками или же равномерно хлоротичны. Обычны некроз или отмирание ткани.

#### Недостаток цинка

4. В нижней части растения появляются серовато-зеленые листья. Листья растений принимают бронзовую или желто-коричневую окраску. Края их буреют. Вдоль жилок листа появляются пятна; ткани листа разлагаются и отмирают. Корни слабо развиты, бурые. Стебли тонкие, постепенно они становятся жесткими и деревянистыми.

#### Недостаток калия

+ Ткани между жилками старых листьев подвергаются хлорозу, а жилки остаются зелеными. Листья становятся ломкими, края их закручиваются кверху, хлоротичная ткань буреет и отмирает. На некоторых листьях в местах хлороза появляется фиолетово-красная пигментация. Голодание наблюдается преимущественно на кислых почвах.

#### Недостаток магния

++ На старых листьях появляется ярко выраженная крапчатость. Жилки их становятся светло-зелеными. Вновь развивающиеся листья вначале зеленые, по мере роста становятся крапчатыми. Участки хлоротичной ткани впоследствии вздуваются, края листьев закручиваются внутрь, вдоль краев и по верхушкам листьев развивается некроз.

#### Недостаток молибдена

5. Стебли толстые и деревянистые, вегетативный рост их замедлен. Кончики корешков отмирают и разрушаются. На сохранившихся кончиках корней образуются мелкие шарообразные вздутия. Вновь развивающиеся листья хлоротичны, старые листья остаются зелеными. Новые побеги теряют тургор ткани. При остром голодании отмирают верхушечные почки.

#### Недостаток кальция

+ Вновь развивающиеся листовые почки и черешки листьев имеют светлую окраску, ломкие, часто уродливые формы. Междуузлия укорочены, на

концах побегов образуются розетки листьев, при длительном голодании верхушечные почки отмирают и новые побеги развиваются из почек расположенных ниже. Рост корней сильно замедлен, на поверхности корнеплодов (свеклы, турнепса, редиса) появляются темно-окрашенные участки пробковой ткани. Для кочанной и цветной капусты характерно образование полых стеблей, для сельдерея – растрескивание стебля.

#### Недостаток бора

- |   |   |
|---|---|
| 6. Рост замедляется, на листьях появляется хлороз   | 7 |
| + Рост, замедленный хлороза листьев нет   | 8 |
| 7. Ткани листьев теряют тurgor, хлоротичные ткани листа как бы отбелены. Рост растений сильно замедлен. Голодание обычно наблюдается на почвах, богатых органическими веществами торфяных и болотных. |   |

#### Недостаток меди

- + Рост растений замедлен, стебли тонкие, волокнистые, твердые. На листьях появляются крупные желтовато-зеленые пятна. При остром голодании может пожелтеть все растение. Вначале голодания корневая система развивается лучше, чем надземные органы, но по мере усиления голодания рост корней прекращается, они буреют и отмирают.

#### Недостаток азота

- + Нижние листья становятся толстыми, твердыми и постепенно приобретают желтовато-зеленую окраску. Стебли твердые, деревянистые, normally удлиненные, веретенообразные, скрученные, корневая система сильно развита.

#### Недостаток серы

8. Стебли тонкие деревянистые. Листья мелкие, часто имеют более темную зеленую окраску, чем нормальные. У растений многих овощных культур на нижней поверхности листьев появляется пурпурно-красный оттенок. Волокнистые корни, развитие очень слабое. Завязывание и созревание плодов сильно запаздывает.

## **Лабораторная работа 2. Определение общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы методом Сабинина и Колосова**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу. Завершается работа формулировкой выводов и их защитой преподавателю.

### *Краткие теоретические сведения*

Физиологической характеристикой корневой системы является величина ее поглощающей поверхности. Способ определения адсорбирующей поверхности корней, предложенный Д.А. Сабининым и И.И. Колосовым, основан на представлении об адсорбционном характере начального этапа поглощения веществ корнями растений. Согласно этому представлению первым этапом поглощения элементов минерального питания должна являться адсорбция ионов на клеточных стенках. Благодаря амфотерности биоколлоидов поверхность живых клеток имеет как положительные, так и отрицательные заряды, но последние преобладают, т.к. клеточные стенки содержат большое количество полигалактуроновых кислот. Поэтому положительные ионы адсорбируются в большем количестве, чем отрицательные.

Адсорбция ионов корневой системой сопровождается эквивалентным обменом их на другие, ранее находившиеся на поверхности корня. В качестве адсорбируемого вещества берут такое, которое не содержится в корневой системе и в то же время является безвредным. Очень удобна метиленовая синь. Это основной краситель, т.е. соединение, у которого окрашенным является катион. Отрицательные заряды поверхности корня удерживают катионы метиленовой сини, так же как и любые другие катионы. Адсорбция осуществляется на всей поверхности корня и носит обменный характер. Вторым этапом поглощения является транспорт ионов через клеточные мембранны.

Метиленовая синь проникает в клетки в течение 90 сек. При двукратном погружении корней (каждый раз по 1,5 мин) в раствор метиленовой сини происходит адсорбция красителя на всей поверхности корней. При третьем

погружении корней в раствор краситель поглощается только деятельной (рабочей) поверхностью корней. Концентрацию метиленовой сини определяют колориметрически.

*Общая постановка задачи:* определить общую и рабочую адсорбирующую поверхность, сопоставить их размеры и сделать вывод о функциональной активности корневой системы.

*Метод работы:* Метод Д.А. Сабинина и И.И. Колосова

*Оборудование, приборы и материалы:* фотоэлектроколориметр, стаканчики, прибор для определения объема корней, цилиндры, пипетки.

*Растворы и реактивы:* вода, 0,0001 Н раствор метиленовой сини.

*Объект изучения:* Десятидневные проростки однодольных и двудольных растений.

#### *Порядок выполнения работы*

*Сбор прибора для определения объема корневой и определить объем корневой системы изучаемого объекта*

1. Отметить положение воды в пипетке A<sub>1</sub> до погружения корней, а затем погрузить в цилиндр корневую систему. Уровень жидкости в цилиндре повысится и вызовет сдвиг мениска в пипетке до положения A<sub>2</sub>.
2. После этого корни вынуть из цилиндра и дать стечь воде с корней в цилиндр. Если после стекания всей воды уровень в цилиндре не достиг положения A<sub>1</sub>, то, не меняя наклона пипетки, долить воду в цилиндр, пока мениск в цилиндре не займет вновь положение A<sub>1</sub>.
3. Затем при этом же положении пипетки приливать воду из бюретки до тех пор, пока мениск не дойдет до положения A<sub>2</sub>. Прилитый объем воды и будет равен объему измеряемых корней.

*Определение поверхности корневой и объема корневой системы изучаемого объекта*

1. Для каждого определения налить в 3 стакана раствор метиленовой синьки 0,0001Н концентрации, объем раствора в каждом стакане должен быть в 10 раз больше, чем объем корневой системы.

2. Корни, извлеченные из прибора для определения объема, обсушить фильтровальной бумагой и погрузить последовательно в 3 стакана с метиленовой синькой на 1,5 минуты в каждый. После каждого погружения дать возможность синьке стечь в тот стакан, из которого корни вынимались.
3. Изменение концентрации метиленовой синьки в каждом стакане определить при помощи колориметра. В качестве стандартного раствора берется исходный 0,0001 Н раствор метиленовой синьки.
4. По формулам рассчитать адсорбирующую общую поверхность, рабочую и нерабочую поверхность корней и записать, полученные результаты в таблицу 23.

*Количество метиленовой синьки  $C_0$ , мг, которое может быть поглощено корневой системой находится по формуле*

$$C_0 = 0,000329 \times V,$$

где  $V$  – объем корней

0,0000329 – титр метиленовой синьки

*Концентрация метиленовой синьки  $C_{1, 2, 3}$ , мг/л, в стаканах 1,2,3 после погружения корней находится по формуле*

$$C_{1,2,3} = \frac{D_1 C_0}{D},$$

где  $D_1$  – плотность раствора метиленовой синьки

$D = 2,5$

*Рабочая адсорбирующая поверхность: (РАП),  $m^2$ , находится по формуле*

$$RAP = (C_0 - C_3)1,1,$$

где  $C_3$  – Количество метиленовой синьки, поглощенной из 3-го стакана

*Общая рабочая поверхность корневой системы ОРП,  $m^2$ , находится по формуле*

$$OPP = (C_0 - C_1) + (C_0 - C_2)1,1,$$

где:  $C_0$  - количество метиленовой синьки начальное, которое может быть поглощено корневой системой;

$C_{1, 2}$  - количество метиленовой синьки, поглощенной общей поверхностью корневой системы из первых двух стаканчиков

Количество метиленовой синьки, поглощенной из первых двух стаканов, пропорционально общей поверхности корневой системы. Метиленовая синька, поглощенная из третьего стакана, характеризует рабочую адсорбционную поверхность. Умножая количество мг поглощенной метиленовой синьки на 1,1 м<sup>2</sup> рассчитать поверхность корневой системы в квадратных метрах (1 мг синьки поглощается поверхностью в 1,1 м<sup>2</sup>).

Разность между адсорбирующими общей поверхностью и рабочей поверхностью дает представление о величине недеятельной поверхности корневой системы. Частное от деления величины общей и рабочей поверхности на объем корней характеризует удельную общую и рабочую поверхность.

Таблица 13 - Поверхность корней различных сельскохозяйственных культур

Растение \_\_\_\_\_ Количество растений \_\_\_\_\_

№ п/п	Варианты	Начальное содержание метиленовой синьки, мг	Осталось метиленовой синьки, мг			Поглощено метиленовой синьки, мг			Поверхность корней, м <sup>2</sup>			Вес корней, г	Вес корней, г		
			Стаканы						общая	рабо- чая	нера- бочая				
			1	2	3	1	2	3							
1															
2															
3															
4															
5															
6															

5. Заполнить сводную таблицу 14, характеризующую деятельность корневой системы различных сельскохозяйственных культур.

*Таблица 14 - Характеристика корневой системы сельскохозяйственных культур*

№ п/п	Наимено- вание растений	Вес растения, г	Вес корней, г/растение	Объем корней, мл/растение	Поверхность корней одного растения, м <sup>2</sup>	
					общая	рабочая
1						
2						
3						

*Выход:*

**Контрольные вопросы:**

1. Какие существуют показатели для характеристики развития корневой системы?
2. Функциональные группы каких соединений обеспечивают адсорбционную способность корня?
3. Каково значение адсорбции в поглощении минеральных веществ?
4. На чем основан метод Сабинина и Колосова определения общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы?

**Контрольные вопросы к модульной единице 5**

1. Развитие учения о минеральном питании растений.
2. Круговорот серы в биосфере. Доступные для растений формы серы и метаболизм серы в растениях.
3. Микроэлементы и тяжелые металлы, их физиологическое значение для растений.
4. Круговорот углерода в биосфере.
5. Доступные формы основных элементов питания. Способы их поступления в растение.
6. Круговорот фосфора в биосфере.

7. Система удобрений. Необходимые условия функционирования системы удобрений.
8. Круговорот азота в биосфере.
9. Активный транспорт. Механизмы регуляции, передвижения веществ в растительном организме.
- 10.Физиологические нарушения при недостатке калия. Физиологическая роль калия в растении.
- 11.Питание растений в онтогенезе. Некорневое питание растений.
- 12.Признаки азотного голодания у сельскохозяйственных культур. Способы регуляции азотного питания растений.
- 13.Поглощение минеральных веществ. Пассивный транспорт растворенных веществ.
- 14.Физиологические нарушения при недостатке фосфора. Доступные для растений формы фосфорных соединений.
- 15.Минеральные вещества в фитоценозах и их круговорот в экосистеме.  
Измерение и регистрация параметров корневых систем в полевых условиях. Плотность и распределение корней в поле.
- 16.Признаки калийного голодания у сельскохозяйственных культур.  
Источники калийного питания для растений. Формы поступления.
- 17.Ионный транспорт в целом растении. Формы поступления веществ в растение.
- 18.Диагностика питания сельскохозяйственных растений в полевых условиях.
- 19.Перераспределение и реутилизация веществ в растении. Регулирование растениями скорости поглощения ионов.
- 20.Особенности питания растений в беспочвенной культуре (гидроаэропоника и т.д.).
- 21.Теории минерального питания растений. Принципы диагностики дефицита питательных элементов.
- 22.Реакция растений на избыточно высокий уровень минерального питания.

- 23.Поглощение ионов из разбавленных и высококонцентрированных растворов. Антагонизм, синергизм, аддитивность ионов.
- 24.Взаимодействия между растениями. Физиологические основы применения удобрений.
- 25.Мембранные регуляции ионного транспорта. Ионный гомеостаз клетки.
- 26.Особенности нитратного и аммонийного питания растений. Ассимиляция нитратного азота.
- 27.Радикальное перемещение ионов в корнях, движение по апопласту и симпласту. Перемещение ионов на дальнее расстояние по ксилеме и флоэме.
- 28.Причины накопления избыточных количеств нитратов в растениях, и пути их снижения в сельскохозяйственной продукции.
- 29.Необходимые растению макро и микроэлементы, их усвояемые формы, соединения и физиологическая роль.
- 30.Физиологические нарушения при недостатке азота. Связь процесса дыхания с синтезом аминокислот в растении.

## **МОДУЛЬНАЯ ЕДИНИЦА 6 «ОНТОГЕНЕЗ И АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ»**

### **Лабораторная работа 1. Осеннее и весеннеесостояние озимых**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу. Завершается работа формулировкой выводов и их защитой преподавателю.

#### *Краткие теоретические сведения*

Весеннеесостояние озимых культур есть результат сложного взаимодействия внутренних и внешних факторов роста и развития растений. Весной судить о причинах зимне-весенней гибели растений при отсутствии предварительных непрерывных наблюдений мы можем лишь по косвенным показателям и на основании детального знания биологии растения, агротехники, метеорологических условий периода жизни культуры.

*Общая постановка задачи:* изучить состояние посева озимых культур. На основании документальных записей и результатов диагностики установить причины гибели растений.

*Метод работы:* визуальный, рефрактометрический.

*Оборудование, приборы и материалы:* метровки, рефрактометр, пресс.

*Объект изучения:* посевы озимых культур.

#### *Порядок выполнения работы*

1. Описать осенне состояние посевов озимых культур по следующей схеме:

Культура, сорт \_\_\_\_\_

Фенологическая фаза \_\_\_\_\_

Качество семян. Посевная годность семян. Норма высева \_\_\_\_\_

Предшественник. Предпосевная обработка. Сроки и качество обработки почвы  
\_\_\_\_\_

Удобрения \_\_\_\_\_

Сроки и качество посева \_\_\_\_\_

Уход, подкормки \_\_\_\_\_

Метеорологические характеристики осени \_\_\_\_\_

Метеорологические характеристики зимы и весны \_\_\_\_\_

Состояние растений перед уходом в зиму \_\_\_\_\_

Микрорельеф участка \_\_\_\_\_

2. Сделать вывод о физиологическом состоянии растений перед уходом в зиму и условиях перезимовки.

*Вывод:*

3. В осенне-зимне-весенний период гибель растений может быть вызвана следующими причинами: вымерзание, выпирание, выпревание, ледяная корка и вымокание.

*Описание:*

4. На различных элементах микрорельефа и на различных агрофонах определить густоту стояния растений наложением метровок в трех повторностях на каждом участке.
5. По полученным результатам рассчитать среднюю количество растений на  $1\text{ м}^2$  и занести в таблицу 15.

*Таблица 15 - Состояние озимых культур*

№ п/п	Характеристика участка	Количество растений на $1\text{ м}^2$	% выживших растений	Причины гибели	Состояние посевов в баллах
1					
2					
3					
4					

6. Зная норму высева, посевную годность и массу 1000 семян, высчитать количество семян, высеванных на  $1\text{ м}^2$ .
7. Определить состояние посевов озимых культур в баллах по таблице 16.

*Таблица 16 - Состояние озимых культур в баллах*

Балл	Показатели состояния растений
5	Изреженность стеблей визуально незаметна. Нет участков погибших растений.
4	Изреженность стеблей слабая. Число погибших растений не выше 25%.
3	Изреженность стеблей значительная, погибло около 50% растений.
2	Изреженность стеблей большая. Погибло более 50% растений.
1	Изреженность стеблей очень высокая. Сохранилось немного растений.

8. Сделать вывод и разработать рекомендации по уходу за посевами в весенний период.

*Вывод:*

*Рекомендации:*

### **Физиологическое состояние узла кущения зерновых культур обследуемого участка**

1. Для определения физиологического состояния узла кущения с исследуемых участков взять по 10 растений.

2. У каждого растения лезвием или острым скальпелем сделать продольный разрез через узел кущения.
3. Визуально определить наличие здоровых и больных растений. У здоровых растений узел кущения в нижней части не имеет коричневой или черной окраски; у сильно поврежденных - основание узла кущения частично или полностью имеет коричневый цвет.

**Определение содержание сахаров в узлах кущения**

1. Для определения сахаров в узлах кущения озимых зерновых культур в поле необходимо отобрать среднюю пробу растений (10 штук), выкопав их с корнями, чтобы не повредить узел кущения.
2. Затем водопроводной водой смыть остатки почвы с растений и обсушить фильтровальной бумагой.
3. Лезвием или скальпелем отрезать корни и все листья, оставив одни узлы кущения.
4. Из всех узлов кущения, металлическим прессом выжать капли сока, которые следует поместить на стекло рефрактометра.
5. С помощью рефрактометра определить процент содержания сахара в узлах кущения озимых, результаты занести в таблицу 17.

*Таблица 17. Содержание сахаров в тканях узла кущения озимых культур*

Рельеф участка	Повторение				Среднее
	1	2	3	4	
В понижении					
На возвышении					
На ровной местности					

Результаты, полученные в процессе работы, следует занести в сводную таблицу 18 и рассчитать потенциально возможную урожайность озимых зерновых культур.

*Примечание.* Жизнеспособные растения могут формировать от 3 до 6 побегов, которые могут давать 2 и более продуктивных стебля. Средняя масса колоса 1 г.

*Таблица 18 - Расчет потенциально возможной урожайности озимых культур (сводная таблица)*

№ п/п	Состояние посева после перезимовки, балл	Кол-во растений, шт./м <sup>2</sup> .	Кол-во жизнеспособных растений, шт./м <sup>2</sup> .	Фаза развития растений	Кол-во продуктивных стеблей, шт./га	Возможная урожайность, ц/га
1						
2						
3						

*Выход:*

### **Лабораторная работа 2. Определение темпов роста по нарастанию вегетативной массы растений**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу. Завершается работа формулировкой выводов и их защитой преподавателю.

#### *Краткие теоретические сведения*

Одним из наиболее простых методов контроля за ростом растений в полевых условиях является контроль скорости нарастания вегетативной массы, отдельных его органов, а также изменение параметров листьев, междуузлий, длины черешков и др. Эти признаки от нижних ярусов к верхним сначала увеличиваются, а затем, достигнув определенного максимума, начинают уменьшаться. При графическом изображении ярусной изменчивости получается одновершинная кривая. В формировании элементов продуктивности у растений наибольший вклад вносит тот лист, который на момент определения имеет наибольшую величину (где произойдет перегиб кривой на графике - модус). Чем выше ярус листа на стебле, тем выше темп роста растения.

*Общая постановка задачи:* научиться определять морфометрические показатели различных культурных растений и выявить их зависимость от фазы вегетации и условий произрастания культуры.

*Метод работы:* морфометрический.

*Оборудование, приборы и материалы:* линейка.

*Объект изучения:* зерновые культуры.

*Порядок выполнения работы*

1. На коллекционном питомнике выбрать 10 normally развитых растений и измерить ширину и длину их листовых пластинок.
2. Если нижние листья засохли или опали, их нужно учесть при определении порядкового номера измеряемых листьев. Отсчет листьев ведется снизу.
3. Показатели записать в таблицу 19, затем рассчитать средние величины для 10 листьев каждого яруса по длине и ширине.

*Таблица 19 - Морфометрические показатели культурных растений*

Культура \_\_\_\_\_

Вариант	№ рас- тения	Порядковые номера листьев (снизу)									Кол-во засохших листьев
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Длина, см											
	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
Среднее											
Ширина, см											
	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
Среднее											
Площадь											

Площадь листа  $S$ , см<sup>2</sup>, рассчитывают по формуле

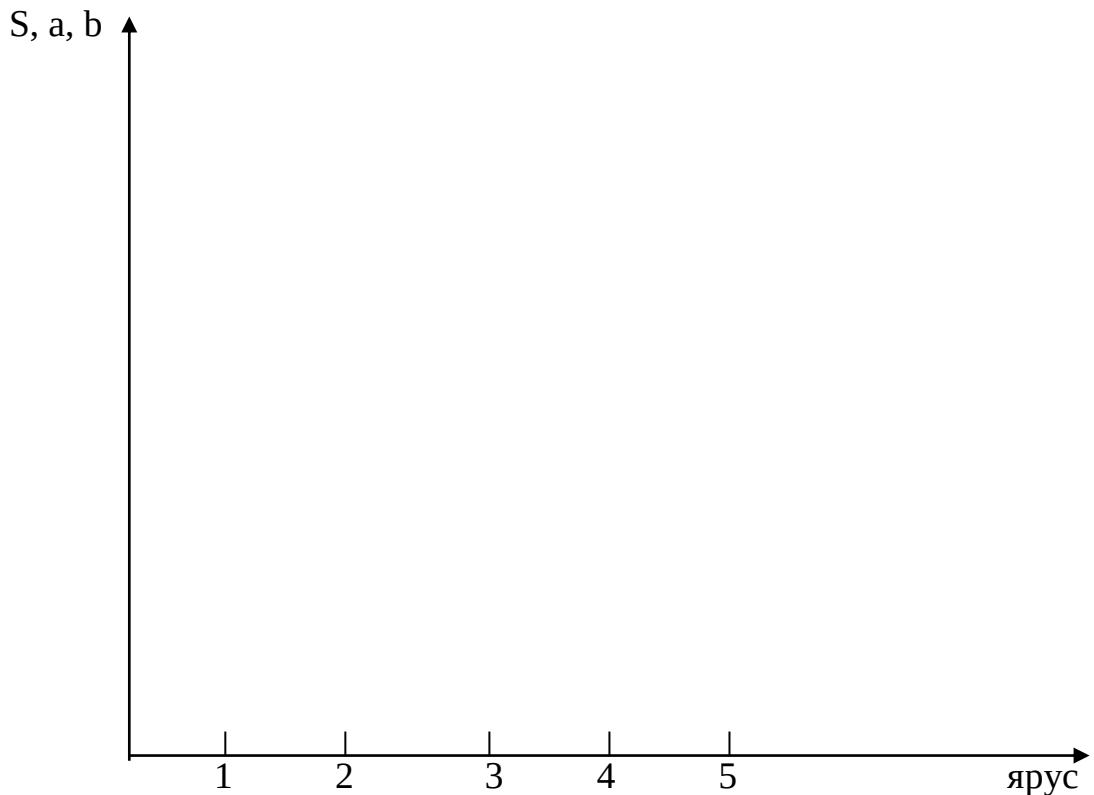
$$S = \frac{3}{4} ab ,$$

где  $a$  – длина листа, см;

$b$  – ширина листа, см;

$\frac{3}{4}$  - коэффициент пересчета для зерновых культур.

4. По средним величинам длины, ширины и площади листьев построить кривые ярусного изменения морфологических параметров.



*Рисунок 3. Ярусные изменения параметров листьев*

*Вывод:*

*Контрольные вопросы:*

1. Роль флагового листа в производственном процессе?
2. Какие условия влияют на продолжительность жизни и работы листа?
3. Что такое ЧПФ и какие факторы влияют на ее величину в агрофитоценозе?

### **Лабораторная работа 3. Превращение веществ в клубнях картофеля**

Лабораторная работа выполняется студентами индивидуально, экспериментальные данные заносятся в таблицу. Завершается работа формулировкой выводов и их защитой преподавателю.

*Краткие теоретические сведения*

Растительный организм представляет собой сложную самоорганизующуюся и саморегулирующуюся биологическую систему, в которой постоянно происходят процессы синтеза, распада и превращения органических веществ, направленные на поддержание его жизненных функций

при изменяющихся условиях среды. В процессе фотосинтеза в растении образуются вещества первичного синтеза, которые затем распределяются по всему растению. Часть их утилизируется растущими частями растения, часть направляется в созревающие плоды, семена, клубни, где откладывается в запас.

*Общая постановка задачи:* выявить зависимость содержания крахмала в клубнях картофеля от их размера и связать это с условиями формирования урожая

*Метод работы:* весовой

*Оборудование, приборы и материалы:* сосуд для воды, чашечные и электронные весы, разновесы, бумажные пакеты.

*Растворы и реактивы:* вода.

*Объект изучения:* клубни картофеля разных фракций.

*Порядок выполнения работы*

1. Отобрать по 3 клубня картофеля разной фракции (крупные от 80 г, средние около 60 г, мелкие до 50 г) и взвесить их на электронных весах и в воде на чашечных.
2. По формуле рассчитать удельный вес клубней и записать результаты в таблицу 20.

$$\text{Удельный вес картофеля} = A/A-B,$$

где  $A$  - вес клубня в воздухе, г

$B$  - вес того же клубня погруженного в воду, г

$A-B$  - вес воды в объеме взятого картофеля.

3. Определив удельный вес клубня, найти по таблице 21 соответствующее ему содержание сухого вещества и крахмальное число. Таким образом, каждому удельному весу соответствует определенное содержание сухого вещества и углеводов. Содержание крахмала и сахара, выраженное в процентах, называется крахмальным числом.

*Таблица 21. Определение величины сухого вещества и крахмального числа по удельному весу клубней*

№ п/п	Удельный вес	Сухое вещество в %	Крахмаль- ное число	№ п/п	Удельный вес	Сухое вещество в %	Крахмаль- ное число
1	10,493	13,100	7,400	24	1,0753	18,680	12,928
2	1,0504	13,300	7,600	25	1,0764	18,916	13,164
3	1,0515	13,600	7,800	26	1,0776	19,172	13,420
4	1,0526	13,800	8,100	27	1,0787	19,408	13,656
5	1,0537	14,100	8,300	28	1,0799	19,665	13,913
6	1,0549	14,300	8,600	29	1,0811	19,921	14,196
7	1,0560	14,6000	8,800	30	1,0822	20,157	14,405
8	1,0571	14,800	9,000	31	1,0834	20,414	14,662
9	1,0582	15,000	9,300	32	1,0846	20,670	14,918
10	1,0593	15,300	9,500	33	1,0858	20,527	15,175
11	1,0604	15,500	9,700	34	1,0870	21,184	15,432
12	1,0616	15,748	9,996	35	1,0881	21,419	15,667
13	1,0627	15,948	10,232	36	1,0893	21,676	15,924
14	1,0638	16,219	10,486	37	1,0905	21,933	16,181
15	1,0650	16,476	10,724	38	1,0917	22,190	16,438
16	1,0661	16,711	10,959	39	1,0929	22,447	16,695
17	1,0672	16,947	11,195	40	1,0941	22,703	16,951
18	1,0664	17,204	11,452	41	1,0953	22,960	17,208
19	1,0695	17,439	11,687	42	1,0965	23,217	17,465
20	1,0707	17,696	11,944	43	1,0977	23,474	17,722
21	10,718	17,931	12,231	44	1,0989	23,731	17,979
22	1,0730	18,188	12,436	45	1,1001	23,987	18,235
23	1,0741	18,423	12,671	46	1,1013	24,244	18,492

Таблица 20 - Определения крахмалистости клубней по их удельному весу

№ п/п	До опыта					После опыта					Убыль веса в возду- хе, г	Убыль сухого вещес- тва, г
	Вес клубня в воздухе, г	Вес клубня в воде, г	Удель- ный вес	Сухое вещество	Крахма- льное число	Вес клубня в воздухе, г	Вес клубня в воде, г	Удель- ный вес	Сухое вещес- тво	Крахма- льное число		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

Выход:

4. Полученные результаты записать в таблицу 20 (до опыта), положить клубни в бумажный пакет, подписать и положить на хранение на 1 месяц.
5. Через месяц клубни достать, взвесить на электронных весах и в воде. Рассчитать удельный вес и по таблице определить содержание сухого вещества и крахмальное число.
6. Полученные результаты записать в таблицу 20 (после опыта), сделать анализ результатов, написать вывод.

*Контрольные вопросы:*

1. Какие виды биомолекул синтезируются в растительном организме?
2. Назовите подвижные и запасные формы белков, жиров, и углеводов?
3. Способны ли растения синтезировать все виды витаминов?
4. Объясните необходимость синтеза нуклеиновых кислот в растительном организме?
5. Какой тип засоления почвы наиболее опасен для растений?
6. Почему именно рост является главным диагностическим показателем устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды?

**Контрольные вопросы к модульной единице 6**

1. Этапы развития клетки.
2. Двойное оплодотворение, его биологическая сущность.
3. Понятие о росте. Клеточные основы роста.
4. Понятие о развитии растений.
5. Понятие об онтогенезе растений.
6. Молекулярная теория развития растений.
7. Фазы прорастания растений.
8. Этапы развития растений. Регуляция этапов развития.
9. Фитогормоны – стимуляторы и ингибиторы ростовых процессов.
10. Фитогормоны, как факторы, регулирующие рост и развитие целостного растения.
11. Рост растений и его зависимость от внутренних факторов.

12. Зависимость роста от экологических факторов.
13. Синтез, локализация и передвижение фитогормонов по растению. Особенности их действия на рост тканей и органов и формирование плодов и семян.
14. Метаболическая связь фитогормонов. Использование фитогормонов и физиологически активных соединений в с/х практике.
15. Локализация роста у высших растений. Закон большого периода.
16. Понятие о росте целостного растения. Регуляторные отношения между вегетативными и генеративными органами в процессе роста.
17. Эмбриональный этап развития растений. Его физиологические особенности. Ритмы физиологических процессов. Факторы, влияющие на суточные и годовые ритмы.
18. Молекулярные и клеточные основы биотехнологии. Свойства totipotentности клеток.
19. Возможности метода экспериментального морфогенеза в культуре клеток и тканей для растениеводства.
20. Ювенальный этап развития растений, его физиологические особенности.
21. Системы красный - дальний красный свет. Эффект синего света на рост.
22. Виды движений растений, их приспособительное значение.
23. Ростовые и тургорные механизмы движений.
24. Тропизмы. Неравномерный рост растений по отношению к локально действующему фактору.
25. Настические движения растений. Методы измерения скорости роста.
26. Покой растений. Биологический и вынужденный покой.
27. Яровизация и термопериодизм. Закон минимума и взаимодействия факторов роста.
28. Физиология старения растений.
29. Циклическое старение и омоложение растений и органов в онтогенезе.
30. Особенности роста растений в фитоценозе.
31. Влияние на рост растений химических средств защиты.

32. Фотопериодизм. Возможности регулирования развития растений световым фактором.
33. Этап созревания и зрелости растений. Его физиологические особенности.
34. Что представляет собой метаболизм растительного организма.
35. На каких уровнях осуществляется регуляция процессов обмена веществ в растении, какие типы регуляции их связывают.
36. Как расходуется в растении энергия света. Какие типы энергии постоянно функционируют в растительном организме.
37. Какие виды биомолекул синтезируются в растительном организме.
38. Почему белки являются одной из важнейших групп органических соединений в клетках растений.
39. Объясните необходимость синтеза нуклеиновых кислот в растении.
40. Дайте характеристику метаболизма жиров в растении.
41. Охарактеризуйте основные процессы, влияющие на обмен веществ в растении и обеспечивающие его необходимыми источниками жизни.
42. Назовите первичные метаболиты, их роль в растительном организме.
43. Назовите вторичные метаболиты, их значение в жизни растительного организма.
44. Витамины. Их классификация и роль.
45. Назовите запасные формы белков, углеводов и жиров. Каким процессам они подвергаются, включаясь в метаболизм растения.
46. Что является основным источником энергии в растительной клетке.  
Назовите основные формы диссимиляции.
47. Холодоустойчивость растений. Способы повышения холодаустойчивости.
48. Морозоустойчивость. Условия и причины вымерзания посевов.  
Закаливание растений его фазы.
49. Влияние на растение избытка влаги. Факторы устойчивости против затопления.
50. Жароустойчивость. Способы повышения жаростойкости растений.

- 51.Засухоустойчивость. Совместное действие недостатка влаги и высокой температура на растение.
- 52.Солеустойчивость растений. Типы галофитов. Возможности повышения солеустойчивости.
- 53.Действие биотических факторов на устойчивость сельскохозяйственных растений. Меры повышения устойчивости.
- 54.Устойчивость растений к веществам, применяемым для борьбы с болезнями, вредителями и сорняками.
- 55.Обратимые и необратимые повреждения растений, их тканей и органов.  
Изменения физико-химических и функциональных свойств клеток и тканей при повреждении.
- 56.Стресс у растений, его фазы. Устойчивость растений к стрессовому воздействию.
- 57.Газоустойчивость растений, ее особенности.
- 58.Действие радиации на растение, клетку, ядро и другие структуры растений. Радиочувствительность растений.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

### *Учебники и учебные пособия*

1. Третьяков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. - М.: КолосС, 2012 – 640 с.
2. Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений. - М.: КолосС, 2012 – 72с.
3. Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Агропромиздат, 1997.
4. Полевой В.В. Физиология растений. М.: Высшая школа, 1989.
5. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. - М., Наука, 1976.
6. Физиология фотосинтеза. Под редакцией А.А. Ничипорович, М.: Наука, 1982.

### *Интернет-ресурсы:*

1. Физиология растений [Электронный ресурс]: онлайн-энциклопедия. – Режим доступа: [www.fizrast.ru](http://www.fizrast.ru), свобод. – Загл. с экрана.
2. Scientific Social Community [Электронный ресурс]: социальная научная сеть. – Режим доступа: [www.science-community.org](http://www.science-community.org), свобод. – Загл. с экрана.
3. Академик. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]: социальная научная сеть. – Режим доступа: [www.dic.academic.ru](http://www.dic.academic.ru), свобод. – Загл. с экрана.

*Учебно-практическое издание*

**Физиология и биохимия растений : лабораторный практикум / сост.**  
Ю.В. Смирнова. — Караваево : Костромская ГСХА, 2025. — 67 с. ; 20 см. —  
50 экз. — Текст непосредственный.

*Лабораторный практикум издается в авторской редакции*

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия"  
156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваево, уч. городок, д. 34

Компьютерный набор. Подписано в печать \_\_\_\_\_. Заказ № 1189.  
Формат 60x84/16. Тираж 50 экз. Усл. печ. л. 3,89. Бумага офсетная.  
Отпечатано \_\_\_\_\_.

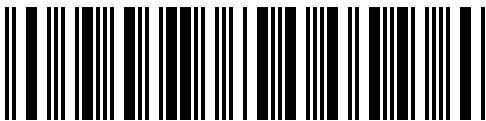
вид издания: первичное (электронная версия)  
(редакция от 31.01.2025 № 1189)

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии  
на цифровом дубликаторе. Качество соответствует предоставленным  
оригиналам.  
(Электронная версия издания - I:\подразделения\рио\издания 2025\1189.pdf)



2025\*1189

ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА



2025\*1189

(Электронная версия издания - I:\подразделения\рио\издания 2025\1189.pdf)