

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АГРОНОМИИ И ЭКОЛОГИИ**

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Методические указания к летней учебной практике

для студентов, обучающихся по направлениям подготовки
35.03.03.62 «Агрохимия и агропочвоведение» и 35.03.04.62 «Агрономия»

**Благовещенск
Издательство ДальГАУ
2014**

УДК 581.1 (027)

Физиология растений: методические указания к летней учебной практике. – Благовещенск: ДальГАУ, 2014. – 68 с.

Составители: Куркова И.В., Стокоз С.В.

В методических указаниях подробно излагается методика написания программа практики, его структура и список основной и дополнительной литературы. Содержит всю необходимую информацию для студента.

Изучение методических указаний позволит студентам в полной мере -позволит подготовиться к прохождению учебной практики, изучить физиологию клетки, процессы роста и развития растений, фотосинтеза и дыхания, условий минерального питания. В методических рекомендациях подробно изложены методики работ по каждой теме дисциплины, приведены необходимые понятия и определения, правила и технику безопасности в лаборатории.

Предназначены для студентов факультета агрономии и экологии очной формы обучения по направлениям подготовки бакалавров 35.03.04.62 «Агрономия», 35.03.03.62 «Агрохимия и агропочвоведение»

Рецензент – А.А. Немыкин А.А. к.с.-х.н., доцент кафедры

Утверждено на заседании методического совета факультета агрономии и экологии ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет» (Протокол №7 от 25.02.2014 г.).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Цель, задачи и общие требования к учебной практике	5-7
Структура и содержание учебной практики	8
Работы для изучения дисциплины	12
Тема 1. Физиология растительной клетки	12
Работа 1. Особенности строения растительной клетки.....	12
Работа 2 Механизмы поступления воды и веществ в клетку	15
Работа 3 Явление тургора	17
Тема 2. Рост и развитие растений	18
Работа 1. Влияние внешних факторов на рост растений	18
Работа 2. Анатомические особенности растений, произрастающих в разных экологических условиях	19
Тема 3. Водный режим растений	25
Работа 1. Передвижение по стеблю воды и растворенных в ней ве- ществ	26
Работа 2. Транспирация растений	26
Работа 3. Определение интенсивности транспирации весовым ме- тодом	27
Тема 4 Фотосинтез и дыхание	29
Работа 1. Определение площади листьев различных сельскохозяй- ственных культур	29
Работа 2. Анатомические особенности светолюбивых и теневынос- ливых растений	30
Работа 3. Определение интенсивности истинного фотосинтеза	31
Работа 4. Определение интенсивности дыхания семян в закрытом сосуде	32

Тема 5 Минеральное питание растений	34
Работа 1. Признаки голодания растений и визуальная диагностика растений	35
Работа 2. Определение степени обеспеченности растений азотом, фосфором, калием	48
Работа 3. Определение общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы (по И.И. Колосову)	50
Тема 6. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды	53
Работа 1. Определение жаровыносливости растений	53
Работа 2. Определение способности растительных тканей выносить обезвоживание	54
Контрольные вопросы для проведения текущей аттестации по разделам практики	55
Список использованной литературы	57
Приложение	58
Приложение 1. Сезонная ритмика физиологических процессов жизнедеятельности растений в природе	58
Экскурсия 1. Весенние явления в жизни растений	58
Экскурсия 2. Летние явления в жизни растений	60
Экскурсия 3. Осенне-зимние явления в жизни растений	62
Приложение 2. Правила отбора средней пробы и консервация материала	64
Приложение 3. Правила техники безопасности в лаборатории	68
.....	

Введение

Физиология растений относится к основополагающим областям естествознания. Физиология растений – наука о процессах, протекающих в растительном организме. Объектом ее изучения является автотрофный организм, рассматриваемый на разных уровнях организации живого. Физиология растений имеет большое теоретическое и практическое значение. Для некоторых наук она является теоретической основой (практическое земледелие, экология, охрана природы, фармакология и др.), другие (ботаника, физика, химия) сами для нее являются базисом.

Учебное пособие по физиологии растений ставит целью сформировать у студентов объективное представление и понимание физиологических процессов, протекающих в растительных организмах в естественных условиях их обитания.

Поскольку физиология растений – экспериментальная наука, обучение базируется на тесной связи теории с практикой. Это обеспечивает прочное усвоение всего комплекса знаний о физиологических функциях растений, а также формирует у студентов навыки и умения по выращиванию, уходу и наблюдениям за состоянием растений. Необходимым условием всего хода летней практики является её исследовательская направленность. Перед выполнением каждой работы ставится цель и задачи исследований, которые решаются в ходе эксперимента. По окончании работы студенты должны дать ответы на поставленные вопросы.

1. Целью учебной практики – освоение физиологического эксперимента и проведение самостоятельных исследований по основным разделам курса физиологии растений. Студенты осуществляют самостоятельные физиолого-морфологические, биохимические и физиологические исследования; изучают физиологические особенности растений — представителей местной флоры; углубляют и закрепляют теоретические знания о физиологии растительной

клетки, водному режиму растений, минеральному питанию, фотосинтезу, дыханию, росту и развитию растений.

2. Задачи учебной практики:

- проиллюстрировать теоретический курс физиологии растений, постановкой опытов в естественных, природных условиях, которые нельзя достаточно хорошо провести в условиях зимнего времени;
- изучить влияние различных экологических факторов в естественных условиях на физиологические процессы *культурных* растений;
- освоить элементарные навыки исследовательской работы и овладеть методикой постановки лабораторных экспериментов.

3. Место учебной практики в структуре ООП бакалавриата

Учебная практика по физиологии и биохимии растений для направлений подготовки 110400.62 «Агрономия» и 110100.62 «Агрохимия и агропочвоведение» входит в базовую часть профессионального цикла; для ее освоения студент должен иметь входные знания, умения и компетенции, полученные в результате изучения предшествующей дисциплины ботаники. Учебная практика по физиологии и биохимии растений необходима для дальнейшего освоения курса и является предшествующей для дисциплин: почвоведение с основами геологии, основы научных исследований в агрономии, агрохимия, растениеводство, земледелие.

4. Формы проведения учебной практики: Приобретение и систематизация теоретического материала, получение навыков постановки полевых и лабораторных опытов, самостоятельная работа с предоставлением результатов

5. Место и время проведения учебной практики: опытное поле ДальГАУ, демонстрационный участок Даль ГАУ; время проведения практики согласно учебного плана.

6. Компетенции обучающегося, формируемые в результате прохождения учебной практики:

Направление 110400.62 «Агрономия»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- владением культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);

- способностью распознать по морфологическим признакам наиболее распространенные в регионах дикорастущие растения и сельскохозяйственные культуры, оценивать их физиологическое состояние, адаптационный потенциал и определять факторы улучшения роста, развития и качества продукции (ПК-3);

- способность к лабораторному анализу образцов почв, растений и продукции растениеводства (ПК-25).

Направление 110100.62 «Агрохимия и агропочвоведение»

- владением культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);

- способность к проведению растительной и почвенной диагностики, принятию мер по агроэкологической оптимизации минерального питания растений и микробиологической активности почв (ПК-14);

- способность к лабораторному анализу образцов почв, растений и продукции растениеводства (ПК-25).

7. Структура и содержание учебной практики

Общая трудоемкость учебной практики 1,5 зачетных единиц 54 часа, учитывая самостоятельную работу студентов.

№ п/п	Разделы (этапы) практики	Виды работ, на практике (в часах)		Формы текущего контроля
		УР	СРС	
1	Подготовительный этап, организационные мероприятия. Инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с целями и задачами полевой практики	1	-	Контроль за работой по подготовительному этапу (присутствие практикантов на инструктаже).
I	Физиология растительной клетки	5	2	
2	Сбор растительного материала на демонстрационном участке ДальГАУ. В лабораторных условиях изучить: особенности строения растительной клетки; пронаблюдать за механизмами поступления воды и веществ в клетку; транспортом ионов через плазматическую мембрану; явлением плазмолиза и деплазмолиза	5	2	Проверка оформления результатов в дневник полевой практики.
II	Рост и развитие растений	5	2	
3	Отбор растительного материала, в различных экологических условиях (в лесу, у водоема, на учебно-опытном участке) и изучение анатомических особенностей растений. Определить интенсивность роста и развития растений в зависимости от факторов внешней среды.	5	2	Проверка оформления результатов экскурсии в дневник полевой практики
III	Водный режим растений	7	2	
4	Отбор растительного материала, на учебно-опытном участке. В лабораторных условиях проследить передвижение по стеблю растений воды и растворенных в ней веществ; пронаблюдать явление транспирации; определить интенсивность транспирации весовым методом	7	2	Проверка оформления результатов в дневник полевой практики

IV	Фотосинтез и дыхание	10	6	
5	Отбор растительного материала на демонстрационном участке ДальГАУ. 1. Определить площадь листьев различных сельскохозяйственных культур. 2. Определить интенсивность истинного фотосинтеза по количеству накопленного сухого вещества. 3. Определение интенсивности дыхания семян в закрытом сосуде.	8	5	Проверка оформления результатов экскурсии в дневник полевой практики
6	Пронаблюдать анатомические особенности светлюбивых и теневыносливых растений в различных условиях произрастания растений.	2	1	
V	Минеральное питание растений	8	6	
7	На примере растений произрастающих на демонстрационном участке, дендрарии ДальГАУ провести: визуальную диагностику растений. В лабораторных условиях определить: химический анализ сока растений и определить обеспеченность их основными элементами питания; содержание нитратов в растениях; общую и рабочую поверхность корневой системы растений.	8	8	Проверка оформления результатов в дневник полевой практики
VI	Устойчивость растений к неблагоприятным факторам	4	2	
8	Отбор растительного материала, определение жаровыносливости растений; способности растительных тканей выносить обезвоживание	4	2	Проверка оформления результатов в дневник полевой практики.
	Итого	36	18	зачет

8. Образовательные, научно-исследовательские и научно-производственные технологии, используемые на учебной практике

Практика по дисциплине «Физиология растений» основывается из следующих этапов работы: экскурсии, наблюдение за растениями в естественных условиях, отбор растительного материала, самостоятельная учебно-лабораторная работа и отчетность.

В ходе учебной практики по физиологии растений реализуется компетентностный подход к современному образованию в высшей школе. Это проявляется в использовании активных и интерактивных форм проведения практики на разных ее этапах.

При прохождении практики студенты осваивают: - методы фенологического наблюдения за растениями; - методы диагностики потребностей растений в минеральных элементах; - методы проведения полевых научных исследований; - методики сбора, обработки биологического материала; - методы определения площади листьев;

В качестве образовательной и научной базы для проведения практики используются учебно-опытное поле, демонстрационный участок, дендрарий ДальГАУ.

9. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов на учебной практике:

В читальном зале и на абонементе библиотеки университета имеется ниже перечисленная литература в необходимом количестве. Студенты оснащаются: линейкой, тетрадью, карандашами, мерной лентой, миллиметровой бумагой, весами и др. В начале каждого учебного дня преподавателем излагается перечень вопросов для изучения и порядок их выполнения. Студенты получают необходимые пояснения и задания по теме практики.

10. Формы промежуточной аттестации (по итогам практики)

В процессе прохождения практики студенты заполняют дневник, в котором отражают всю последовательность работы, делают зарисовки и выводы по изученной тематике, отвечают на вопросы, изложенные в методических указаниях учебной практики, пишут отчет. Время проведения аттестации согласно учебного плана (апрель, июль).

11. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной практики

а) основная литература

1. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Под редакцией Н.Н. Третьякова. - М.: КолосС, 2005
2. Полевой, В. В. Физиология растений / В.В. Полевой. - М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
3. Ельчанинова Е.Г., Синеговская В.Т., Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Учебно-методическое пособие, изд-е 3-е, переработанное и дополненное / Благовещенск, изд-во ДальГАУ, 2003

б) дополнительная

4. Генкель П.А. Физиология растений. М.: Просвещение, 1975
5. Кошкин Е.И., Пильщиков Н.В., Третьяков Н.Н. и др. Физиология растений/ Учебно-практическое пособие М., 2001.
6. Практикум по физиологии растений / под ред. Иванова В.Б. – М.: Академия, 2001. – 144 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.

1. Научная электронная библиотека <http://www.e-library.ru>
2. Сельскохозяйственная электронная библиотека знаний (СЭБиЗ): <http://www.cnshb.ru>
3. Физиология растений (Онлайн энциклопедия) <http://www.fizrast.ru>

12. Материально-техническое обеспечение учебной практики: лаборатория физиологии и биохимии растений, опытное поле ДальГАУ, демонстрационный участок ДальГАУ, таблицы, рисунки, видеоиллюстрации, мультимедийный проектор, учебные фильмы.

Работы для изучения дисциплины

ТЕМА 1. ФИЗИОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Работа 1. Особенности строения растительной клетки

Клетка является элементарной структурной и функциональной единицей живого организма. Существуют одноклеточные растительные организмы, состоящие из одной клетки (некоторые водоросли, грибы), и многоклеточные, состоящие из комплексов клеток (цветковые растения). Величина и формы клеток очень разнообразны. Это зависит от вида растений и месторасположения. Растительные клетки, в отличие от животных, имеют ряд особенностей.

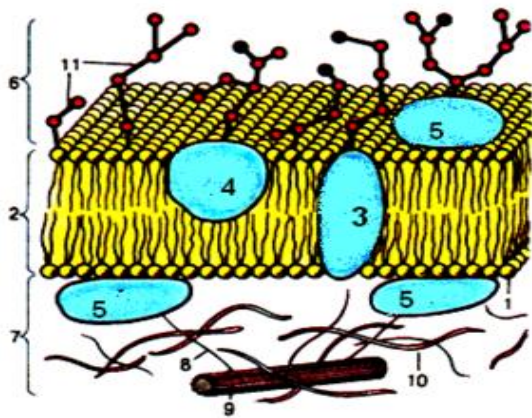
Первым отличием является наличие **системы пластид**. В растительных клетках существуют хлоропласты, хромопласты и лейкопласты. Хлоропласты содержат хлорофилл, который способен поглощать энергию солнца и преобразовывать ее в химическую энергию углеводов. Только растения могут осуществлять фотосинтез.

Вторым отличием является **клеточная оболочка**. Основу клеточной оболочки составляют микрофибриллы целлюлозы. Они скрепляются между собой гемицеллюлозами и пектиновыми веществами. Клеточная оболочка выполняет ряд важных функций. Это защита от факторов внешней среды, придание пространственного расположения органам, транспорт воды и веществ, запас веществ. Клеточная оболочка начинает формироваться сразу после деления ядра. Со временем в ней могут откладываться лигнин, суберин и кутин. Клеточная оболочка пронизана цитоплазматическими нитями - плазмодесмами. Они соединяют протопласты соседних клеток, обеспечивая их взаимодействие.

Третьим отличием является **большая центральная вакуоль**. У сформировавшихся клеток вакуоль может занимать около 80% объема клетки. Основной ее функцией является регуляция водного обмена. А также она хранит вещества, временно не востребованные, и защищает от токсичных ве-

ществ, разлагая их.

Структурную основу клетки составляют **цитоплазматические мембраны**. Они имеют жидкокристаллическую структуру. Основу мембраны составляют два слоя фосфолипидов, обращенных друг к другу гидрофобными концами. Обязательный компонент мембраны – белки (рис. 1). По расположению относительно липидных слоев они разделяются на три группы. Периферические белки расположены на поверхности мембраны. Они выполняют ферментативную, структурную и рецепторную функции. Полуинтегральные белки погружены в липидный слой. Интегральные белки пронизывают мембрану насквозь.



1 – молекула липида; 2 – липидный бислой; 3 – интегральные белки; 4 – полуинтегральные белки; 5 – периферические белки; 6 – гликокаликс; 7 – субмембранный слой; 8 – микрофиламенты; 9 – микротрубочки; 10 – промежуточные филаменты; 11 – углеводные части молекул гликопротеинов и гликолипидов

Рис. 1 Схема строения клеточной мембраны (плазмалеммы)

Внутренние мембраны хлоропластов и митохондрий обеспечивают пространственную организацию молекул, осуществляющих трансформацию энергии в клетке и образование универсальных аккумуляторов энергии – **молекул АТФ**.

Главный органоид клетки – **ядро**. Оно окружено двойной мембраной с порами. В ядре имеются ядрышки, молекулы ДНК, РНК и большое количество ферментов. Функции ядра – передача наследственной информации и регуляция обмена веществ в клетке. С ядерной мембраной связана эндоплазматическая сеть (ЭПС). Основной ее функцией является транспорт веществ и передача сигналов. На ее поверхности могут располагаться рибосомы, которые осуществляют синтез белков. Это органоиды, которые не имеют мем-

браны. В ЭПР синтезируются также липиды и вещества вторичного происхождения. **Аппарат Гольджи** выполняет секреторную функцию и снабжает строительным материалом клеточную оболочку. **Митохондрии** – это энергетические центры клетки. В них происходит окисление органических веществ и синтез молекул АТФ. В **сферосомах** идет синтез липидов, в **пероксисомах** – процесс фотодыхания, **глиоксисомах** – глиоксилатный цикл.

Единственные органеллы, не имеющие мембран, - **рибосомы**. В них осуществляется сборка специфических белков из аминокислот согласно информации, поступающей от ДНК.

Взрослая растительная клетка имеет большую вакуоль с водным раствором органических и минеральных веществ, концентрация которых определяет максимальную способность клетки насасывать воду - ее осмотическое давление. Осмотическое давление у растений разных экологических групп неодинаково: наибольшее оно у ксерофитов и галофитов, наименьшее - у гигрофитов. У мезофитов, к которым относятся все культурные растения, оно среднее - 500-1500 кПа. Реальная сила, – с которой клетка поглощает воду в каждый конкретный момент (водный потенциал клетки - Ψ_w), определяется разностью химических потенциалов воды в клетке и чистой воде, отнесенной к молярному объему воды.

$$\Psi_w = \frac{\mu_w - \mu_w^0}{V_w},$$

Ψ_w – химический потенциал воды в клетке, μ_w^0 – химический потенциал чистой воды, V_w - молярный объем воды.

Так как μ_w^0 всегда выше, чем μ_w водный потенциал имеет отрицательный знак. При недостатке воды в растении Ψ_w уменьшается, при достаточном количестве - возрастает. Этот показатель можно использовать для правильного выбора времени полива.

Под действием повреждающих агентов, достигших пороговой силы, в клетках происходит изменение нативной (прижизненной) структуры белков – **денатурация**. В зависимости от силы и времени действия агента денатурация

может быть обратимой и необратимой. Независимо от природы агента при повреждении в клетке возникает комплекс **неспецифических ответных реакций**: уменьшение степени дисперсности цитоплазмы (оструктурирование, помутнение), повышение вязкости, увеличение проницаемости (выход веществ из клетки), повышение сродства к красителям у цитоплазмы и ядра, падение мембранного потенциала. Каждый из этих показателей может служить критерием повреждения клетки и использоваться для диагностики ее устойчивости к неблагоприятным условиям среды.

Цель работы: изучить особенности строения растительной клетки

Ход работы: Нанесите 1-2 капли воды на предметное стекло. При помощи препаровальной иглы поместите растительный материал на предметное стекло, накрыв образец покровным стеклом. Рассмотрите приготовленный препарат под микроскопом. Зарисуйте в тетрадь и обозначьте: клетку, клеточную стенку, цитоплазму, ядро, хлоропласты, вакуоль органоиды клетки.

Материалы и оборудование: 1. Микроскопы, 2. Покровные и предметные стекла, 3. Пинцет.

***Работа 2* Механизмы поступления воды и веществ в клетку**

Растительная клетка представляет собой осмотическую систему. Пектоцеллюлозная оболочка хорошо проницаема как для воды, так и для растворенных веществ. Однако плазмалемма и тонопласт обладают избирательной проницаемостью, легко пропускают воду и менее проницаемы, а в некоторых случаях непроницаемы для растворенных веществ. В этом можно убедиться, рассмотрев явления плазмолиза и тургора.

Под *проницаемостью* понимается совокупность физико-химических свойств, которыми определяется соотношение между процессами поступления в клетку веществ из внешней среды, их распределение между отдельными компонентами клетки, накопление этих веществ в клетке и выделение их клеткой во внешнюю среду. Проницаемость цитоплазматических мембран

для большинства растворенных веществ очень мала (например, сахара), но некоторые вещества, в том числе мочевины, проникают через мембраны довольно быстро.

При погружении растительных клеток в *гипертонический* (*осмотическое давление которого меньше осмотического давления клеточного сока*) раствор мочевины и сахара наблюдается *плазмолиз* (*явление отхождения цитоплазмы от клеточной стенки под действием раствора большей концентрации, чем концентрация клеточного сока*) вследствие отнятия воды от клеток. Однако при длительном пребывании в растворе мочевины молекулы ее проникают в клеточный сок, концентрация которого увеличивается, в результате чего вода вновь поступает в клетки. Происходит самопроизвольный *деплазмолиз* (*процесс исчезновения плазмолиза*). В этом случае говорят о временном плазмолизе. Что же касается сахара, то при длительном пребывании в растворе сахара плазмолиз в клетках усиливается, так как цитоплазма непроницаема для этих молекул и наблюдается стойкий или постоянный плазмолиз.

Цель работы: убедиться на опыте, что цитоплазма клетки обладает избирательной проницаемостью или полупроницаемостью.

Ход работы: 1. Нанести на один конец предметного стекла каплю 1М раствора сахара, а на другой конец – каплю 1М раствора мочевины. В эти растворы поместить растительные препараты, накрыть покровными стеклами и начать наблюдение в микроскоп.

2. Зарисовать клетки растения, находящиеся в растворах сахара и мочевины. Продолжать наблюдение еще в течение 15-20 минут.

3. Отметить, в каком из растворов плазмолиз сохранится, а в каком исчезнет.

Сделать вывод о влиянии молекул сахара и мочевины на проницаемость для них цитоплазмы.

Материалы и оборудование: 1. Листья растений; 2. 1М раствор сахара в капельнице; 3. 1М раствор мочевины в капельнице; 4. Лезвие; 5.

Скальпель; 6. Пинцет; 7. Препаровальная игла; 8. Микроскоп; 9. Предметные и покровные стекла; 10. Фильтровальная бумага.

Работа 3 Явление тургора

Для нормального роста и развития клетки растения должны быть в состоянии напряжения клеточных оболочек, то есть в состоянии тургора, которое наблюдается при нормальном обеспечении клеток водой. Если же в клетках воды недостаточно, напряжение клеточных оболочек ослабевает и внешне это проявляется в том, что листья завядают и ткани становятся вялыми на ощупь и уменьшаются в размерах.

Цель работы: убедиться на опыте, что при потере воды, клетки, а затем и ткани теряют напряженность, т.е. тургор.

Ход работы: 1. Морковь, тщательно промывают в воде и с помощью ножа начиная с кончика надрезают корнеплод на две половинки. Далее одну половинку моркови помещают в стакан с водой, а другую – в стакан с насыщенным раствором NaCl.

2. После 1-2-х дневного пребывания половинок в указанных растворах, вынимают морковь, а затем измеряют линейкой длину обеих половинок.

3. Половинка, находившаяся в растворе NaCl, будет вялая и значительно более короткая, чем та, которая находилась в воде – она удлиняется и становится очень упругой.

4. Зарисовать и сделать выводы.

Материалы и оборудование: 1. Корнеплод моркови; 2. Концентрированный раствор NaCl; 3. Дистиллированная вода; 4. Линейки; 5. Два стакана на 200 мл; 6. Нож.

ТЕМА 2. РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Процессы роста и развития растительного организма находятся под контролем генома и регулируются рядом внутренних и внешних факторов. Реализация каждой генетической программы развития осуществляется при постоянно изменяющихся условиях внешней среды. Поэтому для растений определяющее значение имеет согласованность во взаимодействии внешних и внутренних факторов, участвующих в регулировании процессов роста и развития каждой клетки и целого организма. **Рост** – увеличение массы и объема растений, связанное с новообразованием элементов структуры организма. Элементами структуры организма являются органы, клетки, органеллы, макромолекулы. **Развитие** – это изменения в новообразовании элементов структуры организма, обусловленное прохождением растением онтогенеза, или жизненного цикла. *Онтогенез – процесс индивидуального развития организма, сопровождающийся последовательной сменой его возрастных этапов.* Развитие организма зависит от генетической программы и повторяется из поколения в поколение. В течение всего жизненного цикла происходят необратимые структурные и возрастные изменения всего организма, клеток, тканей, органов.

При выполнении работ по наблюдению за ростом и развитием необходимо обратить внимание на возможность управления этими процессами через изменение обеспеченности растений освещением, температурой, минеральными элементами, влагой и другими условиями.

Работа 1. Влияние внешних факторов на рост растений

Цель работы: определить интенсивность роста и развития растений в зависимости от внешних факторов.

Задание 1.

Ход работы: проанализировать варьирование высоты растений (8-10 видов травянистых сорных растений), длину и ширину листьев на обочинах дорог, на участках с бытовым мусором; на сухих и увлажненных местах.

Проследить степень ветвления, наличие репродуктивных органов (цветов и плодов), подсчитать их количество.

Заполнить таблицу 1. Сделать выводы.

Вид растения	Высота	Листья		Степень ветвления	Кол-во цветов или плодов
		длина	ширина		

Задание 2.

Показатель развития – образование репродуктивных органов (цветов и плодов).

Ход работы: Изучить плодоношение разных видов растений, в т.ч. культурных (10-12 видов) в различных экологических условиях (на свету и в тени, на уплотненной почве и рыхлой почве). Ответить на вопрос: в каких условиях (оптимальных или экстремальных) более интенсивное плодоношение? Изобразить графически результаты.

Материалы и оборудование: 1. Линейка; 2. Карандаш.

Работа 2. Анатомические особенности растений, произрастающих в разных экологических условиях.

Цель работы: изучить анатомические особенности растений, произрастающих в разных экологических условиях.

Ход работы: используя теоретические сведения, изучите экологические группы растений, произрастающих в естественных условиях (около водоема, в поле, лесу) и их анатомические особенности. Определите к каким экологическим группам они относятся, оформите таблицу, зарисуйте растения в тетради. Какие растения преобладают в вашей местности?

Материалы и оборудование: 1. Линейка; 2. Карандаш.

В зависимости от условий произрастания все растения делятся на три большие группы: *гигрофиты*, *мезофиты* и *ксерофиты*.

Гигрофиты произрастают в сильно увлажненных местах: на болотах, берегах рек и озер, во влажных лесах. Чувствительны даже к незначительному обезвоживанию. Из культурных растений к гигрофитам относится рис.

Для всех гигрофитов характерно низкое осмотическое давление клеточного сока — от 0,8 до 1,5 МПа, слабая водоудерживающая способность, а в связи с этим и высокая скорость потери воды. Ткани гигрофитов, произрастающих в хорошо освещенных местообитаниях в дневное время, могут потерять за час количество воды, в 4-5 раз превышающее их массу. Корневая система гигрофитов слаборазвита и располагается в поверхностных горизонтах почвы, корни мало ветвятся и лишены корневых волосков. У растений, произрастающих в периодически затапливаемых местах, образуются особые дыхательные корни, предназначение которых состоит в обеспечении дыхания в условиях *аноксии* (*недостаточное снабжение кислородом*).

Повышенная интенсивность водоотдачи гигрофитами связана с гигроморфной структурой их стеблей и листьев: листовые пластинки у них крупные, эпидермис и кутикула слаборазвиты, столбчатая паренхима отсутствует или слаборазвита, у растений редуцированы устьица, транспирация отсутствует, а вода выделяется через особые клетки – гидатоды (*водные устьица, приспособления для выделения растением влаги в виде капель (гуттация)*). Для гигрофитов характерна способность к гуттации. В сильно увлажненных местообитаниях, когда почва хорошо прогрета, корни интенсивно поглощают воду и растения активно гуттируют. Гуттируют не только гигрофиты, но и многие мезофиты (земляника, пшеница, подсолнечник и др.).

В составе гигрофитов выделяют подгруппы *гидрофитов* и *гелофитов*.

Гидрофиты — растения, живущие в воде. Среди них выделяют растения, погруженные и с плавающими листьями. К последним принадлежат, например, кувшинки из рода *Nympha*, *Victoria regia* и др. Погруженные водные растения разделяют на укореняющиеся в донном грунте (например, валлиснерия) и взвешенные в толще воды, например многочисленные планктонные водоросли.

У погруженных растений в результате отсутствия транспирации нет и верхнего концевое двигателя, поддерживающего восходящий водный ток. Поддержание последнего осуществляется у прикрепленных гидрофитов благодаря корневому давлению и деятельности гидатод. Гидрофиты с плавающими на поверхности воды листьями интенсивно транспирируют и не способны выносить даже незначительное обезвоживание. У полупогруженных водных растений так же, как и у других гидрофитов, наблюдается гуттация. Не исключено, что роль гидатод могут выполнять устьица.

Гелофиты – растения береговых и прибрежных местообитаний с избыточным или переменным увлажнением, например стрелолист, тростник и др. Способны переносить как обезвоживание (иногда до 30 %), так и полное временное затопление. Гелофиты интенсивно транспирируют.

Мезофиты эта группа включает растения, произрастающие в среднеувлажненных местообитаниях. Мезофитные растения более требовательны к воде, чем ксерофиты, и менее чем гидрофиты. В основном они распространены в условиях умеренного теплового режима, хотя их часто можно встретить и в тропических, и в холодных широтах. Подавляющее большинство культурных растений являются типичными мезофитами. К мезофитам относятся многочисленные виды древесно-кустарниковых пород лесных: фитоценозов, травянистые растения лугов, и других растительных сообществ.

У мезофитов менее густая сеть жилок, чем у ксерофитов, и более густая, чем у гидрофитов. Среднее положение занимают они также по величине осмотического давления клеточного сока и по количеству устьиц на единицу листовой поверхности. Мезофиты очень разнообразны по своим физиологическим и анатомо-морфологическим признакам. Такое разнообразие характерно не только для различных видов, но и для растений одного и того же вида, находящихся в неодинаковых экологических условиях. Так, известно явление усиления ксероформности строения по мере перехода от нижних листьев к листьям расположенных выше ярусов (закон В. Р. Заленского). Объясняется это усложнением условий водоснабжения листьев, верхних ярусов

по сравнению с листьями нижних ярусов; листья верхних ярусов подвергаются более интенсивным воздействиям солнечного света, температурных градиентов, режима влажности атмосферы и т. д. У световых листьев дифференцируются и палисадная паренхима, состоящая из плотно прилегающих друг к другу клеток, и губчатая паренхима, в то время как у теневых листьев имеется только рыхлая губчатая ткань.

Среди мезофитов выделяют *гигромезофиты* и *ксеромезофиты*.

Гигромезофиты, произрастая на почвах с избыточным увлажнением, имеют поверхностную корневую систему; они отличаются слабым уровнем развития системы межклетников. Гигромезофитные растения встречаются, как правило, на периодически затапливаемых участках. Примером могут быть недотрога, звездчатка, горечавка и др. Ксеромезофиты занимают экологические ниши с периодически возникающим водным дефицитом. Адаптация этих растений связана с развитием глубоко проникающей корневой системы. Благодаря этому различные виды дуба встречаются в степях и даже полупустынях. Из травянистых растений примером могут быть отдельные виды клевера, люцерны, мятлика, засухоустойчивые сорта пшеницы и др.

Эфемеры и эфемероиды. Распространены главным образом в аридных зонах (*территория, характеризующаяся сухим (аридным) климатом, где испарение часто во много раз превышает количество выпадающих осадков*). Эфемеры – это однолетние травянистые растения (маки, вероники и др.), вегетирующие рано весной, когда почва еще достаточно увлажнена осенне-зимними осадками; засушливый период они переживают уже в виде семян. Эфемероиды — многолетние травянистые растения (вероники, тюльпаны и др.), также вегетирующие рано весной; период покоя они переживают в виде как семян, так и подземных органов: луковиц, клубней, корневищ.. Продолжительность вегетационного периода у эфемерных растений составляет от 4 до 6 недель. Эфемеры не имеют приспособительных признаков для противодействия засухе. Адаптация этих растений к выживанию в пустынных условиях пошла по пути «убегания» от засухи. Неблагоприятные условия они пе-

реживают в виде семян или запасающих органов, которые надежно защищены от высыхания. Эфемеры и эфемероиды составляют до 70 % видов пустыни Каракумы.

Ксерофиты – растения сухих местообитаний. Успешно переносят продолжительную почвенную и атмосферную засуху. Виды, принадлежащие к ксерофитам, можно встретить не только в пустыне, но и в саваннах, сухих степях, субтропиках, на скалах и т. д. В процессе эволюции у них выработались самые разнообразные признаки, весьма далеко отстоящие друг от друга. Интенсивно транспирируя, ксерофиты также интенсивно добывают воду. П. А. Генкель предложил разделить группу ксерофитов на несколько подгрупп: *суккуленты*, *эксерофиты*, *гемиксерофиты*, *стипаксерофиты*, *пойкилоксерофиты*.

Суккуленты – жароустойчивые растения, но не переносящие обезвоживания, запасающие влагу. К ним относятся: кактусы, агавы, алоэ, ряд молочайных растений, очиток, молодило и др. Вся эта группа растений характеризуется мясистыми листьями или стеблями, листья редуцированы до колючек, а роль их выполняют стебли, в которых запасены значительные количества воды. Транспирация, фотосинтез и рост осуществляется медленно. Осмотическое давление клеточного сока невысокое и составляет всего несколько атмосфер. Корневая система распространяется широко, но на небольшую глубину.

Представители типа эксерофитов (эуксерофиты) жароустойчивы, опушены, развивают сравнительно неглубоко проникающую (до 60-80 см), но сильно разветвленную корневую систему, способны выносить довольно значительное обезвоживание, отличаются слабой транспирацией в период засухи и высоким осмотическим давлением. Водный дефицит эуксерофитов может достигать 50 % без видимых признаков повреждений. К ним относятся многие степные растения, полукустарнички, некоторые злаки, полынь холодная, эдельвейс эдельвейсовидный и др. Наибольшую биомассу эти расте-

ния создают в период, благоприятный для вегетации, а в жару уровень обменных процессов у них очень низок.

Гемиксерофиты отличаются очень высокой транспирацией, неспособностью выносить перегрев, имеют глубокопроникающие (вплоть до грунтовых вод) корни, бесперебойно снабжающие растения водой, например шалфей (*Salvia dumetorum*). Корни некоторых пустынных растений способны достигать значительной глубины. Так, например, при прокладке Суэцкого канала их находили на глубине 33 м; но есть данные о проникновении еще глубже — до 47-53 м. растения этой группы не способны выносить обезвоживание, вязкость и эластичность цитоплазмы у этих растений не высоки.

Стипаксерофиты отличаются быстрым реагированием на внешние изменчивые факторы. Наиболее полно и быстро используют влагу кратковременных ливневых осадков, а также хорошо переносят перегрев. Растения этой группы наиболее чувствительны к обезвоживанию, переносят лишь кратковременный недостаток влаги в почве. Представители стипаксерофитов — ковыли и другие узколистные злаки.

Пойкилоксерофиты — растения не регулирующие своего водного режима, как например, большинство лишайников. После дождя, намокнув, эти растения проявляют интенсивную жизнедеятельность, а затем высыхают до воздушно-сухого состояния. При обезвоживании пойкилоксерофиты входят в состояние скрытой жизни криптобиоза (анабиоза). В это время содержание воды в них составляет от 9 до 2%, они не проявляют признаков жизнедеятельности. П. имеют ряд особенностей, позволяющих им переносить обезвоживание: 1) у них нет вакуолей или они очень небольшие; 2) нет плазмодесм, соединяющих соседние клетки; 3) оболочка клеток толстая, поэтому при обезвоживании клетки не так сильно сокращаются в объеме; 4) при обезвоживании у растений не наблюдается повышения интенсивности процесса дыхания и фотосинтеза, а происходит их равномерное снижение. однако, самым важным является сохранение энергетической полноценности до конца высыхания.

ТЕМА 3. ВОДНЫЙ РЕЖИМ РАСТЕНИЙ

Вода является главной составной частью клетки растений. Ее содержание неодинаково в разных органах растения (так, в листьях она может составлять до 95 %, а в сухих семенах - не более 10 % от массы ткани) и зависит от условий внешней среды, вида и возраста растения. Для своего нормального существования растение должно содержать определенное количество воды. Вода выполняет следующие основные функции: Водная среда объединяет все части организма, начиная от молекул в клетках и кончая тканями и органами, в единое целое; является важнейшим растворителем и важнейшей средой для биохимических реакций; участвует в упорядочении структур в клетках; вода - метаболит и непосредственный компонент биохимических процессов (так, при фотосинтезе вода является донором электронов, при дыхании, например в цикле Кребса, принимает участие в окислительных процессах); необходима для гидролиза и многих синтетических процессов; является главным компонентом в транспортной системе высших растений; является терморегулирующим фактором, защищая ткани от резких колебаний температуры благодаря высокой теплоемкости и большой удельной теплоте парообразования; благодаря явлениям осмоса и тургора вода обеспечивает упругое состояние клеток и тканей растительных организмов.

Водный режим растений складывается из трех процессов:

- 1) поступление воды в растение через корневую систему и листья;
- 2) передвижение воды по растению от корней к листьям и наоборот;
- 3) испарение воды из листьев в атмосферу - транспирация, которая обеспечивает непрерывный ток воды с питательными веществами, поступающими из почвы, от корней к листьям. Испарение воды растениями предохраняет их от перегрева.

Исследование водного режима растений позволяет выявить их взаимоотношение с внешней средой и увязать физиологические процессы со струк-

турными (анатомо-морфологическими) особенностями растительных организмов. Наблюдение выполняют на культурных и дикорастущих растениях.

Работа 1. Передвижение по стеблю воды и растворенных в ней веществ.

Цель работы: пронаблюдать передвижение по стеблю растений воды и растворенных в ней веществ.

Ход работы: Побеги дерева или кустарника (8-10 видов) поместить в сосуд с водой, подкрашенной красной краской. Через 2-4 часа сделать на разной высоте несколько срезов. Древесина станет красной. Установить, по стеблям каких растений вода движется быстрее. Сделать выводы.

Работа 2. Транспирация растений

Цель работы: проследить явление транспирации.

Транспирация – процесс испарения воды наземными частями растений. *Интенсивность транспирации* – это количество воды, испарившейся в единицу времени единицей листовой поверхности (г. H_2O /м²час). Основные движущие силы водного потока от почвы через растение в атмосферу показаны на рисунке 1.

Ход работы: Поместить побег растения в плотно закрытую колбу. Через некоторое время на ее стенке появятся капли воды. Пронаблюдать это явление на 6—8 видах растений. Сделать выводы.

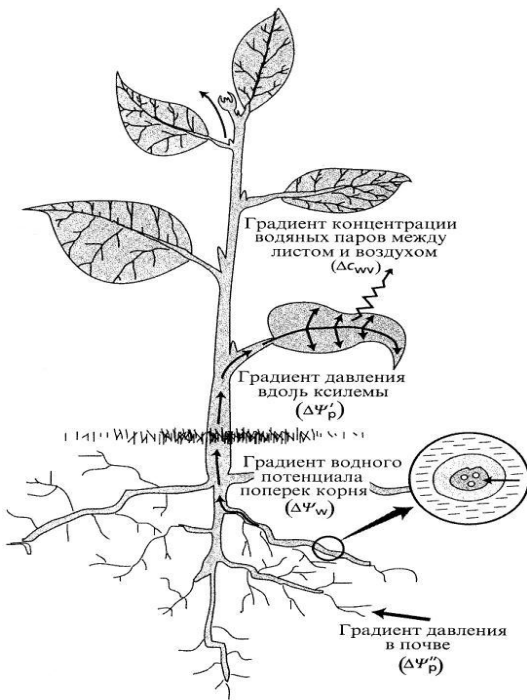


Рис. 1. Основные движущие силы водного потока от почвы через растение в атмосферу (Taiz, Zeiger, 1998; Медведев, 2004)

Работа 3. Определение интенсивности транспирации весовым методом.

Цель работы: установить зависимость интенсивности транспирации от условий освещения, влажности и температуры, а также установить способность растений регулировать транспирацию.

Ход работы: 1. С растения пеларгонии зональной (*Pelargonium zonale* L.) срезать лист с черешком. Нижний конец черешка подрезать наискось под водой примерно на 1 см для восстановления водных нитей в проводящих сосудах. Черешок плотно укрепить ватой в отверстии пробки.

2. Вставить пробку с листом в прибор Веска, наполненный водой комнатной температуры так, чтобы черешок листа был погружен в воду. В качестве прибора Веска можно использовать пробирки с загнутыми краями. Пробирка подвешивается при помощи нити к рычагам весов.

3. Готовят 4 прибора Веска, взвешивают их на технических весах. Один прибор помещают в темное место, другой – на прямой свет, третий – во влажную камеру, четвертый – под струю ветра. Ветер создается за счет работы вентилятора. Влажную камеру готовят следующим образом: чашку Петри

с теплой водой ставят под стеклянный колпак, за счет чего под колпаком создается высокая влажность.

4. Через час проводят повторное взвешивание. По разнице с первоначальной массой устанавливают количество воды, испарившейся за время опыта.

Для выполнения расчетов, необходимо вычислить площадь листа. Для этого вырезать из бумаги квадрат размером (10 x 10 см) (c) и взвесить (a). На другой вырезанный квадрат из такой же бумаги наложить опытный лист растения, обвести его контур, вырезать по контуру (S) и взвесить (b). Составить пропорцию и рассчитать площадь листа.

$$S = c \cdot b / a$$

где S – площадь листа, см^2 ; c – площадь квадрата (100 см^2); a – масса квадрата, г; b – масса бумаги, вырезанный по контуру, г.

Интенсивность транспирации I ($\text{г. H}_2\text{O} / \text{м}^2\text{час}$) вычисляют по формуле:

$$I = \frac{n \cdot 60 \cdot 10000}{S \cdot t}$$

где n – количество воды, испарившейся за время опыта, г; S – площадь листьев, см^2 ; t – продолжительность опыта, мин; 60 – коэффициент перевода минут в часы; 10000 – коэффициент перевода см^2 в м^2 .

Результаты занести в таблицу 1. Сделать выводы о зависимости интенсивности транспирации от внешних условий.

Таблица 1

Влияние различной освещенности на интенсивность транспирации

Условия опыта	Продолжительность опыта, мин	Масса, г		Убыль в массе, г	Площадь листа, см^2	Интенсивность транспирации, $\text{г} \cdot \text{H}_2\text{O} / \text{м}^2\text{час}$
		до опыта	после опыта			
Свет						
Ветер						
Повышенная влажность воздуха						
Температура						

Материалы и оборудование. 1. Листья пеларгонии зональной (*Pelargonium zonale* L.); 2. Технические весы; 3. Часы; 4. Приборы Веска; 5. Чашки Петри; 6. Ножницы; 7. Бумага 10х10; 8. Линейки; 9. Вата.

ТЕМА 4 ФОТОСИНТЕЗ И ДЫХАНИЕ

Фотосинтез - основной физиологический процесс, формирующий около 95 % органического вещества растений. Ежегодно в ходе фотосинтеза образуется на нашей планете 160-220 млрд. тонн органического вещества. В исследованиях этого глобального синтетического процесса важно выявить его зависимость от внешних факторов и возможность усиления его с использованием агрономических приёмов и других воздействий.

Работа 1. Определение площади листьев различных сельскохозяйственных культур

Величина площади листьев является основой для расчетов чистой продуктивности фотосинтеза, фотосинтетического потенциала и других показателей. Известно несколько методик, которые применяются при определении площади листьев.

Цель работы: научиться определять площадь листьев.

Ход работы: Определение площади листа по его параметрам.

1. Определение площади листа способом высечек

Применяется для большинства сельскохозяйственных культур. Для этого отбирают среднюю пробу 10-15 растений, срезают листья и определяют их сырую массу. Складывают листья стопками, и сверлом делают высечки определенного диаметра, по 5-10 шт. с одного листа. Высечки берут так, чтобы в пробу попали и пластинки листа, и центральные жилки. Определяют массу всех сырых высечек. Площадь определяют по формуле:

$$S = \frac{M_p K}{m},$$

где M – масса листьев, г; p – площадь одной высечки, см²; K – число высечек, шт;
 m – масса высечек, г.

2. Контурный способ определения площади листа

Наиболее точный, но длительный по времени способ. Разложить листья на пергаментной бумаге и обвести карандашом, затем контуры листьев вырезаем и взвешиваем на технических весах. Из этой же бумаги вырезать квадрат 10х10 см и определить его вес. Площадь листьев рассчитываем по формуле:

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

где S_k – площадь бумажного квадрата, см²; A – вес контура листа, г;
 B – вес бумажного квадрата, г.

3. Расчетный способ определения площади листа

Данный метод подходит для зерновых и других культур с линейной формой листьев. При расчете используют переводные коэффициенты – **0,67** (для злаковых культур и культур с листьями линейной формы), **0,74** (для растений с овальной формой листа).

Лист измеряем при помощи линейки по длине и наибольшей ширине и рассчитываем площадь по формуле:

$$S = ABK,$$

где A – длина листа, см; B – ширина листа, см; K – переводной коэффициент.

Сравнивают площади листьев разных ярусов и делают **вывод**.

Материалы и оборудование: 1. Растения сои, Пшеницы; 2. Миллиметровая бумага; 3. Линейка; 4. Ножницы.

Работа 2. Анатомические особенности светолюбивых и теневыносливых растений

Цель: изучить анатомические особенности светолюбивых и теневыносливых растений.

Ход работы: Собрать листья с одного растения, но разной световой освещенности; листья тенелюбивых, теневыносливых и светолюбивых рас-

тений. При помощи микроскопа сравнить соотношение столбчатой и губчатой тканей. Сделать выводы.

Материалы и оборудование: 1. Микроскопы; 2. Покровные и предметные стекла; 3. Пинцет.

Работа 3. Определение интенсивности истинного фотосинтеза

Цель работы. Определить интенсивность истинного фотосинтеза в листьях различных растений: злаков, зернобобовых, овощных культур, древесных, комнатных растений. Сравнить интенсивность фотосинтеза у светолюбивых и тенелюбивых растений, у мезофитов и ксерофитов, у листьев верхнего и нижнего ярусов и сделать выводы.

Ход работы. Для опыта отбирается 5-6 типичных растений. На каждом растении отмечают по два листа определенного яруса и местоположения и близких по размеру, имеющих наиболее симметричное строение. Для первого анализа отрезают половинку у каждого листа, оставляя другую половинку и среднюю жилку на растении.

У одних из взятых для опыта листьев оставленную на растении половинку листа закрывают с двух сторон черной и поверх ее белой бумагой, чтобы исключить фотосинтез и перегрев листа, и закрепляют скрепками. В этом варианте определяют количество органического вещества, которое расходуется за время опыта на дыхание и отток в другие органы растения (А). У других листьев оставленную на растении половинку не закрывают, она должна находиться в условиях хорошего освещения. Ее используют для определения интенсивности видимого фотосинтеза (Р_{вид}), которая представляет собой разность между интенсивностью истинного фотосинтеза и интенсивностью расхода органического вещества листа.

Отрезанные половинки первых и вторых листьев помещают на 30 мин в воду (каждую пробу в отдельную чашку) для полного их насыщения. Затем половинки листьев каждой пробы складывают стопкой на гладкий картон. Пробочным сверлом вырезают несколько стопок дисков из расчета, чтобы

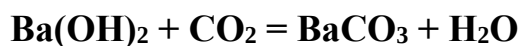
каждая проба включала 20-30 высечек. Все высечки одной пробы помещают в сухой, взвешенный на аналитических весах бюкс (номер бюкса записывают) и высушивают в сушильном шкафу при температуре 105°C до постоянной массы. Бюкс с сухими высечками вынимают из сушильного шкафа, сразу же закрывают крышкой, ставят в эксикатор и после охлаждения взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,1 мг. Затем бюкс открывают и опять ставят на собственную крышку в сушильный шкаф. Через 30-40 мин опять взвешивают бюкс, как описано выше, и взвешивания повторяют до тех пор, пока масса бюкса с высечками не будет изменяться.

Через 3-5 ч срезают оставленные на растениях половинки листьев. С затемненных половинок снимают бумагу и каждую партию помещают в отдельную чашку. Далее пробы берут и анализируют так же, как описано выше, вырезая сверлом диски, симметрично высечкам в первом анализе. Анализы выполняются в 6-8-кратной повторности. Опыт можно проводить и на целых половинках (т.е. не делая высечек). В этом случае площадь половинок листа определяется контурным или весовым методом (см. работу 1). Составить сводную таблицу интенсивности фотосинтеза у исследованных объектов и проанализировать полученные результаты.

Материалы и оборудование: 1. Растения различных сельскохозяйственных культур или комнатные; 2. Бюксы; 3. Весы; 4. Сушильный шкаф; 5. Пробочные сверла; 6. Чашки с водой; 7. Фильтровальная бумага; 8. Ножницы.

Работа 4. Определение интенсивности дыхания семян в закрытом сосуде

Для улавливания диоксида углерода, выделяемого при дыхании, используют титрованный раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Реакция идет по уравнению



Берут с избытком раствор гидроксида бария, а его остаток, не связавшийся с CO_2 , оттитровывают со щавелевой кислотой, таким образом узнают количество образовавшегося BaCO_3 .

Цель работы: научиться определять интенсивность дыхания семян. Метод заключается в учете количества CO_2 , выделяемого семенами при дыхании.

Ход работы. В марлевый мешочек помещают 4 г проросших семян пшеницы. В две конические колбы наливают при помощи бюретки по 10 мл 0,1 Н раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и закрывают колбы пробками. **Барий ядовит! Его нельзя оставлять открытым, так как он легко поглощает CO_2 из воздуха.**

В одну колбу, приоткрыв ее, быстро подвешивают на крючок пробки мешочек с семенами (рис.2), другую колбу оставляют в качестве контроля. Выдерживают обе колбы 1 час при комнатной температуре (20°C).

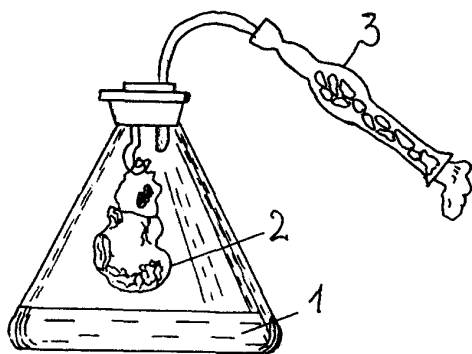


Рис. 2 Колба для определения интенсивности дыхания:

1 – раствор барита; 2 – марлевый мешочек; 3 – поглотитель с натронной известью

В течение опыта периодически осторожно покачивают колбы, чтобы разрушить пленку BaCO_3 , образующуюся на поверхности барита и препятствующую полноте поглощения CO_2 . Затем вынимают из колбы мешочек с семенами, добавляют три капли фенолфталеина оттитровывают барит 0,1 Н щавелевой кислотой до слабо-розового окрашивания, исчезающего от одной капли кислоты. Так же оттитровывают барит в контрольной колбе. При титровании колбы закрывают пробкой, через которую проходит кончик пипетки, присоединенный к бутылке с баритом.

Интенсивность дыхания мг CO_2 на 1 г сухих семян за 1 час, рассчитывают по формуле:

$$J = (a-b) \cdot K \cdot 2,2/n,$$

где a и b – количество 0,1 Н щавелевой кислоты, израсходованной на титрование барита соответственно в контрольном и опытном вариантах, мл; K – поправка к титру 0,1 Н раствора щавелевой кислоты; 2,2 – количество CO_2 , мг, соответствующее 1 мл 0,1Н раствора щавелевой кислоты; n – масса сухих семян, г.

Параллельно определяют дыхание семян при 30°C.

Материалы и оборудование. 1. Прорастающие семена пшеницы; 2. 0,1 Н раствор барита; 3. 0,1 Н раствор щавелевой кислоты; 4. 1%-ный раствор фенолфталеина; 5. Весы с разновесами, 4. Конические колбы на 200-250 мл с пробками, снабженные трубкой с натронной известью; 6. Марлевые мешочки 2 шт.

Результаты опыта записывают в таблицу по схеме:

Условия опыта	Навеска семян, г	Влажность семян, г	Масса сухих семян, г	Объем барита, мг	Пошло на титрование щавелевой кислоты, мл		Интенсивность дыхания, мг CO_2 на 1 г сухих семян за 1 час
					контроль	опыт	
Комнатная температура							
Температура 30°C							

Тема 5 МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

Минеральное питание растений - усвоение ими из внешней среды ионов минеральных солей, необходимых для нормальной жизнедеятельности растительного организма. Минеральное питание растений складывается из поглощения минеральных веществ в виде ионов, их передвижения по растению и включения в обмен веществ. Каждый элемент минерального питания растений играет в обмене веществ определённую роль и не может быть полностью заменен др. элементом.

Все питательные элементы делятся на макро- и микроэлементы. К макроэлементам относят те, которые содержатся в растениях в значительных (от сотых долей до целых процентов) количествах — это **углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, кальций, сера, магний и железо**. К микроэлементам относят те, которые содержатся в растениях в очень незначительных (от стотысячных до тысячных долей процента) количествах, но которые, несмотря на столь малое количество, оказывают сильное воздействие на жизненные процессы растений — это **бор, медь, цинк, молибден, марганец, кобальт** и др.

Работа 1. Признаки голодания растений и визуальная диагностика растений.

Задание 1. Изучить признаки голодания растений, используя теоретические знания и иллюстративный материал представленных в данном разделе методического пособия.

Задание 2. Провести визуальную диагностику растений (недостатка основных макро и микроэлементов), произрастающих на приусадебном участке.

Ход работы: Провести визуальную диагностику растений (недостатка основных макро и микроэлементов), произрастающих на приусадебном участке.

Азот (N) — это основной питательный элемент для всех растений: без азота невозможно образование белков и многих витаминов, особенно витаминов группы В. Наиболее интенсивно растения поглощают и усваивают азот в период максимального образования и роста стеблей и листьев, поэтому недостаток азота в этот период сказывается в первую очередь на росте растений: ослабляется рост боковых побегов, листья, стебли и плоды имеют меньшие размеры, а листья становятся бледно-зелеными или даже желтоватыми (рис. 3).



Рис. 3. Пожелтевшие нижние листья у табака — признак недостатка азота

При длительном остром недостатке азота бледно-зеленая окраска листьев приобретает различные тона желтого, оранжевого и красного цвета в зависимости от вида растений, листья высыхают и преждевременно опадают.

При избыточном питании азотом растения образуют чрезмерно много зелени в ущерб цветению, плодовые деревья (лимон, апельсин и т. д.) бурно растут, начало плодоношения отодвигается.

Фосфор (P) ускоряет развитие растений, стимулирует цветение и плодоношение, благоприятствует интенсивному нарастанию корневой системы. При недостатке фосфора растения резко замедляют рост, их листья приобретают сначала на жилках, а потом по всей поверхности сизо-зеленую (серо-зеленую), пурпурную или красно-фиолетовую окраску, что проявляется на нижних листьях обычно в начальный период развития (рис. 4).



Рис. 4. Признаки недостатка фосфора на листьях томата

У плодовых растений при недостатке фосфора побеги становятся пурпурными, тонкими, листья приобретают бронзовый оттенок и преждевременно опадают. Недостаток фосфора по внешнему виду растений определить труднее, чем недостаток азота. При недостатке фосфора наблюдается ряд таких же признаков, как и при недостатке азота, - угнетенный рост (особенно у молодых растений), короткие и тонкие побеги, мелкие, преждевременно опадающие листья. Однако имеются и существенные различия – при недостатке фосфора окраска листьев темно-зеленая, голубоватая, тусклая. Засыхающие листья имеют темный, почти черный цвет, а при недостатке азота – светлый. При избытке фосфора, что встречается довольно редко, у растения нарушается усвоение железа и цинка – на листьях появляется межжилковый хлороз.

Калий (**К**) играет весьма разнообразную роль в жизни растений: поддерживает необходимый водный режим в них, снижает поражаемость заболеваниями. При скудном питании калием в растении происходит его перераспределение: из старых органов он переходит в более молодые, способ-

ствуя их развитию. Признаки недостатка обычно заметны бывают в середине вегетации, в период сильного роста растений (рис. 5).



Рис. 5. Пожелтение и отмирание кончиков листьев – признаки недостатка калия

При недостатке калия окраска листьев голубовато-зеленая, тусклая, часто с бронзовым оттенком. Наблюдается пожелтение, а в дальнейшем побурение и отмирание кончиков и краев листьев (краевой «ожог» листьев). Развивается бурая пятнистость особенно ближе к краям. Края листьев закручиваются, наблюдается морщинистость

Магний входит в состав хлорофилла, что определяет его важное значение в жизни растений: он участвует в углеводном обмене, действии ферментов и в образовании плодов. При недостатке магния наблюдается характерная форма хлороза – у краев листа и между жилками зеленая окраска изменяется на желтую, красную, фиолетовую. Между жилками в дальнейшем появляются пятна различного цвета вследствие отмирания тканей. При этом крупные жилки и прилегающие к ним участки листа остаются зелеными.

Кончики листьев и края загибаются, в результате чего листья куполообразно выгибаются, края листьев морщинятся и постепенно отмирают (рис. 6). Признаки недостатка появляются и распространяются от нижних листьев к верхним. У плодовых растений наблюдается ранний листопад, начинающийся с нижних побегов даже летом, и сильное опадение плодов.



Рис. 6. Хлороз на краях листьев пуансеттии (*Euphorbia pulherrima*) – признаки недостатка магния.

При избытке магния, у растения начинают отмирать корни, растение перестает усваивать кальций, и наступают такие симптомы, которые характерны при недостатке кальция.

Кальций (Ca) влияет на обмен углеводов и белковых веществ, а также на обеспечение нормальных условий развития корневой системы растений. Потребность в кальции проявляется в самые ранние сроки развития растений: отсутствие кальция подавляет мобилизацию запасных питательных веществ (крахмала, белков) и превращение их в более простые соединения, которые используются проростками, что может привести к гибели растения. Признаки недостатка появляются прежде всего на молодых листьях. Листья бывают

хлоротичные, искривленные, и края их закручиваются. Края листьев неправильной формы, на них может обнаруживаться опаленность бурого цвета. Наблюдается повреждение и отмирание верхушечных почек и корешков (рис. 7).



Рис. 7. Поврежденные верхние листья растения отражают недостаток кальция.

Недостаток кальция сказывается и на состоянии корневой системы растения: замедляется рост корней, они ослизняются и загнивают. Избыток кальция приводит к нарушению усвоения соответственно тех же элементов — азота, калия, а так же бора и железа, что проявляется как межжилковый хлороз листьев и появление светлых бесформенных пятен отмирающих тканей листа

Сера (S) входит в состав белков, витаминов, необходима для нормального роста и развития растения. При недостатке серы образуются мелкие, со светлой желтоватой окраской листья на вытянутых стеблях, ухудшаются рост и развитие растений. У плодовых культур листья и черешки становятся деревянистыми. В отличие от азотного голодания при серном голодании

желтеют верхние листья растения и не опадают, хотя имеют бледную окраску. Недостаток серы проявляется в замедлении роста стеблей в толщину. При избытке серы листья постепенно желтеют с краев и скукоживаются, подворачиваясь внутрь. Затем буреют и отмирают. Иногда листья принимают не желтый, а сиреневато-бурый оттенок (рис. 8).



Рис. 8. Пожелтевшие верхние листья капусты — признак недостатка серы

Железо (Fe) в растениях содержится в незначительных количествах. Физиологическая роль железа заключается в том, что оно входит в состав ферментов, а также участвует в синтезе хлорофилла, в дыхании и в обмене веществ. При недостатке железа в листьях растений нарушается образование хлорофилла, в результате чего развивается хлороз листьев, который проявляется в первую очередь на молодых верхних листьях и побегах (листья теряют зеленую окраску, бледнеют и преждевременно опадают) (рис. 9). Избыток железа случается довольно редко, при этом прекращается рост корневой системы и всего растения. Листья при этом принимают более темный оттенок.

Если же в силу каких-либо причин избыток железа оказался очень сильным, то листья начинают отмирать и осыпаться без всяких видимых изменений.



Рис. 9. Хлороз на верхних листьях растения — признак недостатка железа.

При избытке железа затрудняется усвоение фосфора и марганца, поэтому могут проявляться и признаки недостатка этих элементов.

Бор (В) необходим растениям в течение всего периода вегетации, причем больше всего в нем нуждаются двудольные растения. Бор способствует усилению роста пыльцевых трубок и прорастанию пыльцы, увеличению количества цветков и плодов. Бор положительно влияет на устойчивость растений к грибковым, бактериозным и вирусным заболеваниям. У плодовых культур дефицит бора выражается в измельчении верхних листьев, их скручивании и опадании, а при резком дефиците и в развитии «суховершинности», в появлении на плодах (внутри и снаружи) водянистых язв, которые затем буреют и опробковывают, (рис. 10) причем плоды приобретают характерный горьковатый привкус.



Рис. 10. Мелкие и скрученный молодые листья у табака - признак недостатка бора

Большие дозы бора вызывают у растений общий токсикоз, при этом бор накапливается в листьях, вызывая своеобразный ожог нижних листьев, т. е. появление краевого некроза, их пожелтение, отмирание и опадание.

Марганец (Mn) необходим всем растениям: он способствует увеличению содержания хлорофилла в листьях, синтезу витамина С, регулирует водный режим, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам, влияет на плодоношение и способствует ускорению их развития. При недостатке марганца наблюдается хлороз — между жилками листа появляется желтовато-зеленая или желтовато-серая окраска, жилки остаются зелеными, что придает листу пестрый вид. В дальнейшем участки хлорозных тканей отмирают, при этом появляются пятна различной формы и окраски. Признаки недостатка появляются прежде всего у основания листьев, а не на кончиках, как при недостатке калия (рис. 11).



Рис. 11. Точечный хлороз листьев вишни - признак недостатка марганца

В результате избытка марганца в клетках растений уменьшается содержание хлорофилла, поэтому при этом симптомы будут такие же как и при недостатке магния, т.е. начинается межжилковый хлороз, в первую очередь со старых листьев, появляются бурые некротичные пятна. Листья сморщиваются и облетают.

Медь (Cu) играет специфическую роль в жизни растений: регулирует фотосинтез и концентрацию образующихся в растении ингибиторов роста, водный обмен и перераспределение углеводов, входит в состав ферментов, повышает устойчивость к полеганию. Недостаток меди вызывает у растений задержку роста и цветения, хлороз листьев, потерю упругости клеток (тургора) и увядание растений (рис. 12).



Рис. 12. Исчезновение тургора в листьях томата свидетельствует о недостатке меди

Известкование почв увеличивает поглощение меди почвенными частицами и снижает ее доступность для растений. Избыток меди также чрезвычайно вреден для растения. Проявляется он в том, что растение тормозится в развитии, на листьях появляются бурые пятна и они отмирают. Начинается процесс с нижних более старых листьев.

Цинк (Zn) необходим всем растениям, особенно плодовым. Как и другие микроэлементы, цинк играет важную роль в белковом, углеводном и фосфорном обмене, в биосинтезе витаминов и ростовых веществ (ауксинов). При дефиците цинка в растениях задерживается образование сахарозы, крахмала и ауксинов, нарушается образование белков, вследствие чего в них накапливаются небелковые соединения азота и нарушается фотосинтез. Это ведет к подавлению процесса деления клеток и влечет за собой морфологические изменения листьев (деформацию и уменьшение листовой пластинки) и стеблей (задержку роста междоузлий), т.е. к торможению роста растений. Симптомы недостатка цинка развиваются на всем растении или локализованы на более старых нижних листьях (рис. 13).



Рис. 13. Укороченные побеги лимона с мелкими листьями недостаток цинка

Вначале на листьях нижних и средних ярусов, а потом и на всех листьях растения, появляются разбросанные пятна серо-бурого и бронзового цвета. Ткань таких участков как бы проваливается и затем отмирает. Молодые листья ненормально мелки и покрыты желтыми крапинками или же равномерно хлоротичны, принимают слегка вертикальное положение, края листьев могут закручиваться кверху. У плодовых деревьев на концах ветвей образуются укороченные побеги с мелкими листьями, расположенными в виде розетки (так называемая «розеточность»), а при сильном дефиците появляется «суховершинность».

Молибден (Mo) необходим растениям в еще меньших количествах, чем бор, марганец, цинк и медь. Он преимущественно накапливается в молодых растущих органах, входит в состав ферментов, регулирующих азотный обмен в растениях, участвует в синтезе нуклеиновых кислот (РНК и ДНК) и витаминов и регулирует фотосинтез и дыхание. При недостатке молибдена в растениях нарушаются многие процессы жизнедеятельности, в тканях расте-

ний накапливаются нитраты, что особенно опасно при избыточном применении азотных удобрений (включая навоз): чем выше дозы применяемых азотных удобрений, тем больше потребность растений в молибдене. Внешние признаки дефицита молибдена для растений сходны с азотным голоданием: тормозится рост растений, листья приобретают бледно-зеленую окраску, деформируются и преждевременно отмирают.

Вновь развивающиеся листья вначале зеленые, но по мере роста становятся крапчатыми. Участки хлоротичной ткани впоследствии вздуваются, края листьев закручиваются внутрь; вдоль краев и на верхушках листьев развивается некроз (рис. 14).



Рис. 14. Бледно-зеленые листья огурца с краевым некрозом — признак недостатка молибдена

Большие дозы молибдена весьма токсичны для растений, поэтому содержание даже 1 мг молибдена в 1 кг сухой массы продукции вредно для человека и животных.

Работа 2. Определение степени обеспеченности растений азотом, фосфором, калием.

Анализ сока дает возможность контролировать условия питания растений в полевых условиях и ориентировочно устанавливать необходимость подкормки теми или иными удобрениями.

При помощи качественных анализов, можно быстро и довольно точно определить содержание в клеточном соке главных элементов почвенного питания – азота, фосфора, калия. Принцип метода основан на том, что к каплям сока, отжатого из черешков или стеблей растений, добавляют соответствующие реактивы. Окраску полученных растворов сравнивают с цветной шкалой (рис. 15), и выражают результаты анализа в миллиграммах элемента на 1 л сока или в баллах.

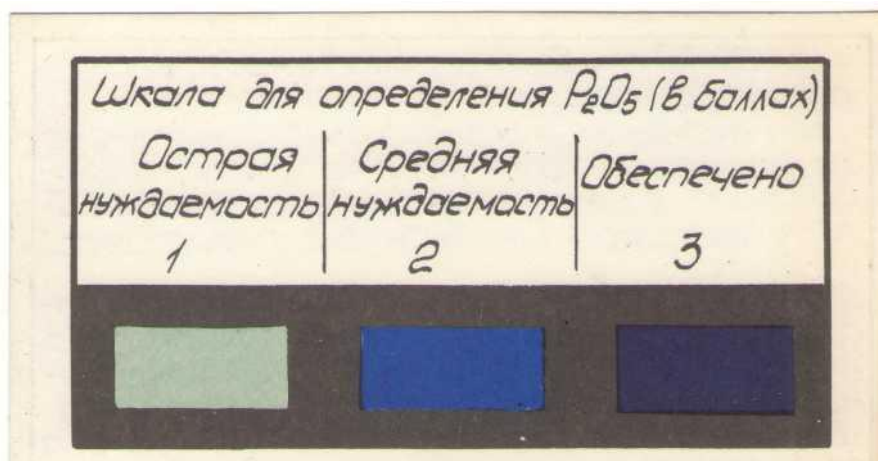




Рис. 15. Шкалы для определения содержания азота, фосфора, калия в растительных образцах

Объект исследования. Срезы частей растения.

Реактивы и оборудование. 1% раствор дифениламина, растворов молибденово-кислого аммония, раствора бензидина, насыщенный водный раствор уксуснокислого натрия, раствор дипикриламиновой магнезии, 2N раствор HCl, предметное стекло, фильтровальная бумага, стеклянный пестик, шкала цветных стандартов.

Цель работы: обнаружение в соке растений основных элементов минерального питания.

Ход работы.

1. Определение нитратов. На предметное стекло кладут срезы той или иной части растения. Затем, на каждый срез наносят по 1 капле 1% раствора дифениламина и следят за появлением синей окраски. Интенсивность этой окраски сравнивают с цветной шкалой.

2. Определение фосфатов. Листы фильтровальной бумаги разрезают на квадраты около 2 см². В центре такого квадрата наносят 1 каплю раствора молибденово-кислого аммония. Затем, накладывают срез той или иной части растения. Стеклянным пестиком раздавливают срезы. После этого на пятна сока наносят последовательно по 1 капле бензидина и уксуснокислого натрия. При наличии фосфатов в растении на бумаге появляется синее окра-

шивание капли сока. Интенсивность этой окраски сравнивают с цветной шкалой.

3. Определение калия. На пятна сока наносят последовательно по 1 капле раствора дипикриламиновой магнезии и соляной кислоты. Соляная кислота растворяет избыток реактива, образуя лимонно-желтое окрашивание и не растворяет калийную соль дипикриламина. Поэтому лимонно-желтая окраска указывает на отсутствие калия, а оранжево-красная – на наличие калия. Интенсивность этой окраски сравнивают с цветной шкалой.

Анализ сока дает возможность контролировать условия питания растений в полевых условиях и ориентировочно устанавливать необходимость подкормки теми или иными удобрениями.

Материалы и оборудование: 1. Растения; 2. Пресс; 3. Пробирки; 4. Предметные стекла; 5. Ножницы; 6. Фильтровальная бумага; 7. Стеклянные палочки; 8. Реактив на азот, 9. Реактив на фосфор, 10. Реактив на калий, 11. Соляная кислота; 12. Шкала окрасок.

Работа 3. Определение общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы (по И.И. Колосову)

Важным и наиболее убедительным показателем для характеристики развития корневой системы является ее величина и поглощающая поверхность. Общая адсорбирующая поверхность корней складывается из величины деятельной (рабочей), поглощающей и недейтельной поверхностей. Под *рабочей* поверхностью корней понимается та часть ее поверхности, которая адсорбирует вещества из окружающей среды, а затем десорбирует их внутрь клеток корня.

Нерабочей поверхностью считается та часть поверхности корня, которая поглощает вещества, но не передает их внутрь. Эта поверхность адсорбирует вещества, которые распределяются мономерным слоем на поверхности корня, в результате очень быстро наступает предел поглощения веществ из раствора. В качестве адсорбирующих веществ следует брать такие вещества,

которые легко адсорбируются на поверхности корня и являются безвредными для жизни растений.

Метод основан на применении в качестве адсорбирующего вещества метиленовой синей. Количество поглощенной корнем краски определяют по изменению ее концентрации в опытном растворе. Площадь, занимаемая 1 мг метиленовой синей равна $1,1 \text{ м}^2$.

Цель работы: определение общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы.

Ход работы: 1. Определяют объем корневой системы. Для этого берут корневую систему исследуемого растения и помещают в мерный цилиндр с известным количеством воды. После погружения корня объем воды в цилиндре увеличится. Увеличение количества воды и будет составлять объем корня (в мл).

2. Затем наливают в 3 стакана раствор метиленовой синей, объем которой должен быть в 10 раз больше объема корней.

3. Корни высушивают фильтровальной бумагой и погружают последовательно в 3 стакана с метиленовой синей, выдерживая по 2 минуты в каждом стакане.

4. Далее колориметрически устанавливают концентрацию метиленовой синей во всех стаканах при красном светофильтре при длине волны 680 нм.

5. В качестве стандартного раствора берут исходный раствор метиленовой синей. Концентрация стандартного раствора составляет 0,064 мг метиленовой синей в 1 мл раствора.

6. Установлено, что при поглощении метиленовой синей из первого и второго стаканов происходит адсорбционное насыщение всей поверхности корней. Из третьего стакана краска поглощается только рабочей адсорбирующей поверхностью. Следовательно, умножая $1,1 \text{ м}^2$ на число миллиграммов метиленовой синей, поглощенной из первого и второго стаканов вместе, получают величину общей адсорбирующей поверхности корня. Величину *ра-*

бочей адсорбирующей поверхности находят, умножая 1,1 м² на количество миллиграммов краски, поглощенной из третьего стакана.

Разница между величинами *общей и рабочей адсорбирующей* поверхности дает представление о величине *недействительной* поверхности корневой системы. Частные от деления величин общей и рабочей адсорбирующих поверхностей на объем корней характеризуют удельную общую и рабочую адсорбирующие поверхности корня.

7. Окрашенные корни после извлечения их из третьего стакана промывают водой и помещают в стакан с раствором CaCl₂. Наблюдается выделение метиленовой синей в обмен на адсорбированные катионы кальция. Это доказывает наличие обменной адсорбции поглощающей поверхностью корней.

Результаты опыта записывают в таблицы 1, 2.

Таблица 1

Определение объема корней и концентрации метиленовой синей					
Вариант	Объем раствора метиленовой синей в стакане, мл	Начальное содержание метиленовой синей в стакане, мг	Осталось метиленовой синей в растворе после погружения корней, мг		
			стаканы		
			1	2	3

Таблица 2.

Определение адсорбирующей поверхности корней									
Вариант	Поглощение корнями, мг				Поверхность корней, м ²			Удельная поверх- ность, м ²	
	стаканы				общая	рабочая	не рабочая	общая	рабочая
	1	2	1+2	3					

Концентрацию метиленовой синей в стаканах определяют по формуле:

$$C_x = \frac{C_1 \times D_1}{D_x}$$

где C_x – концентрация метиленовой синей, соответственно в 1, 2, 3-м стаканах; C_1 – концентрация метиленовой синей в стандартном растворе; D_1 – оптическая плотность стандартного раствора;

Материалы и оборудование: 1. Растения с корневой системой; 2. 0,0002Н раствор метиленовой синей; 3. Дистиллированная вода; 4. Фильтро-

вальная бумага; 5. Стаканы – 4 штуки; 6. 0,2Н раствор CaCl_2 ; 7. Мерный цилиндр; 8. Маркер; 9. ФЭК.

ТЕМА 6. УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ

Устойчивость растений к стрессовым воздействиям может оцениваться непосредственно по изменению ростовых процессов: уменьшению сырой и сухой массы, сокращению площади листьев и других биометрических показателей. Оценку состояния растений при воздействии стрессов можно провести также с помощью иных интегральных показателей состояния растений, которые позволяют одновременно оценить эффективность приёмов, используемых для повышения устойчивости растений к стрессам.

Работа 1. Определение жаровыносливости растений

При повышении температуры выше оптимальной в растениях нарушается обмен веществ и как следствие этого накапливаются ядовитые вещества. При более высоких температурах резко повышается проницаемость цитоплазматических мембран, а затем наступает коагуляция белков и отмирание клеток.

Коллоиды протоплазмы жаростойких растений, по сравнению с другими, имеют более высокий температурный порог коагуляции. Однако при определенном уровне температуры белки протоплазмы разрушаются, и она теряет свойство полупроницаемости. При этом любые растворы могут свободно проникнуть внутрь клетки. Например, если подействовать на прогретые листья соляной кислотой, то из молекулы хлорофилла выделяется магний и образуется феофитин. Ткани листа приобретают бурую окраску, что и служит внешним показателем повреждения протоплазмы.

Цель работы: определить жаростойкость различных растений.

Ход работы: с различных растений берут пробу из 25 листьев, связывают их в пучки по 5 листьев, этикируют и опускают на 30 минут в водяную

баню с температурой воды 40°C. По истечению 30 минут вынимают один пучок листьев и помещают его в банку с холодной водой.

Температуру воды в бане поднимают до 45°C и через 10 минут берут второй пучок. Так постепенно повышают температуру воды до 50°, 55° и 60°, выдерживают при этих температурах листья, а затем переносят в холодную воду.

По окончании прогрева холодную воду в банке заменяют 0,2-нормальным раствором HCl и через 20 минут учитывают результаты опыта. Живые участки листьев остаются зелеными, а мертвые – буреют. Различную степень побурения определяют по площади зеленых и и бурых участков листьев. на основании полученных данных делают вывод о жаростойкости различных растений.

Материалы и оборудование. 1) Листья растений; 2) Водяная баня с термометром; 3) Часы; 4) HCl 0,2 н раствор; 5) Банка с холодной водой; 6) Стекло для раскладывания листьев и анализа повреждений.

Работа 2. Определение способности растительных тканей выносить обезвоживание.

Способность растений разных видов и сортов выносить обезвоживание можно определить, используя эксикаторный метод, предложенный П.А. Генкелем. Исследуемые листья помещают в эксикатор над серной кислотой (1:1) для обезвоживания, а затем вызывают плазмолиз у клеток исследуемых листьев растений, чем больше остается живых клеток, тем более устойчиво растение к обезвоживанию.

Цель работы: определить способность растительных тканей выносить обезвоживание.

Ход работы: 1. Вырезают пробочным сверлом из листьев исследуемых растений кусочки размером 3-4 см² и кладут их в эксикатор над серной кислотой (разбавление 1:1).

2. После 2-3 часового выдерживания в эксикаторе их вынимают, изготавливают срезы, которые помещают в плазмолитик (раствор сахарозы 20%).

3. Препараты помещают на столик микроскопа и делают многократные подсчеты в поле зрения микроскопа живых плазмолизированных клеток. Из подсчетов выводят среднее число плазмолизированных клеток, приходящихся на одно поле зрения микроскопа.

В случае необходимости, срезы предварительно окрашивают нейтральным красным, чтобы стало возможным более четко обнаружить плазмолиз.

Высушивая кусочки листьев, можно определить количество воды, чтобы выяснить, при каком ее содержании происходит та или иная степень повреждения при обезвоживании. Для этого следует брать не менее 20 кусочков листьев растений и выводить среднюю арифметическую содержания воды.

Материалы и оборудование: 1. Растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.), Гороха посевного (*Pisum sativum* L.), Кукурузы (*Zea mays* L.), пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.); 2. 20%-й раствор сахарозы; 3. Раствор серной кислоты (1:1); 4. Раствор нейтрального красного (1:10000); 5. Эксикатор; 6. Пробочное сверло большого диаметра; 7. Предметные и покровные стекла; 8. Пинцет; 9. Препаровальные иглы; 10. Бюксы; 11. Фильтровальная бумага; 12. Стекланные палочки; 13. Сушильный шкаф; 14. Аналитические весы с разновесами; 15. Микроскоп.

Контрольные вопросы для проведения текущей аттестации по разделам практики:

1. Можно ли вызвать состояние плазмолиза у мертвых клеток?
2. Как можно использовать полученные знания по физиологии и биохимии клетки для оценки состояния всего растения или его частей?
3. Как объяснить «плач» березы при поражении ствола ранней весной и отсутствие этого явления летом?
4. С помощью каких ростовых движений растения адаптируются к оптимальным в конкретное время условиям: освещению, температуре и влажности?

5. Когда у злаков наблюдается гуттация и какое она имеет значение?
6. Когда интенсивность транспирации у растений выше – ночью или днем?
7. Каков состав пасоки у травянистых и древесных растений в зависимости от сезона?
8. В чем проявляются анатомические отличия светолюбивых и теневыносливых растений?
9. Обоснуйте значение фотосинтеза для растений
10. От каких параметров зависит чистая продуктивность фотосинтеза?
11. Почему дыхание – главное русло превращения веществ и энергии?
12. Какова связь между фотосинтезом и дыханием?
13. Можно ли выращивать растения без почвы?
14. Что доказывает метод выращивания растений в водных культурах?
15. Как объяснить хлороз яблони, выросшей на почве с высоким содержанием извести?
16. На листьях какого яруса в первую очередь обнаруживаются симптомы недостатка фосфора и калия?
17. Какие функциональные расстройства происходят при избыточном и несбалансированном питании растений?
18. Каковы могут быть причины отсутствия жизнеспособности семян при наличии всех необходимых для этого процесса условий внешней среды?
19. Признаки недостатка азота на растениях?
20. Признаки избытка фосфора на растениях?
21. Как можно использовать в практике озеленения городских территорий знания о газоустойчивости и жаростойкости растений?
22. Какой фактор внешней среды служит сигналом к осеннему листопаду древесных растений?
23. Как объяснить завядание теплолюбивых растений при низких температурах?
24. Какие физиологические процессы в растении имеют циркадные ритмы?

Список использованной литературы

1. Генкель, П.А. Физиология растений / П.А. Генкель. - Изд. 4-е, перераб. – М.: «Просвещение», 1975. – 335 с.
2. Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Полевой – М.: Высш. Шк., 1989 – 464 с.
3. Третьяков, Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин и др. Под. ред. Н.Н. Третьякова 2-е издание переработанное и дополненное. – М.: КолосС, 2005. – 656 с.
4. Кузнецов Вл.В. Физиология растений / Вл.В. Кузнецов, Г.А. Димтриева. – Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Высш. шк, 2006. – 742 с.
5. Воскресенская О.Л. Физиология растений / О.Л. Воскресенская, Н.П. Грошева, Е.А. Скочилова. – Учебное пособие. – Мар. гос. ун-т – Йошкар-Ола, 2008. – 148 с.
6. Медведев С.С. Физиология растений / С.С. Медведев. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2004. – 336 с.
7. Малиновский В.И. Физиология растений / В.И. Малиновский. – Учебное пособие. – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2004. – 165 с.
8. Практикум по физиологии растений / под ред. Иванова В.Б. – М.: Академия, 2001. – 144 с.

Сезонная ритмика физиологических процессов жизнедеятельности растений в природе

Во время Д.А. Сабина, когда разделения на ботаников и фитофизиологов не было таким четким, часто проводились совместные экскурсии в природу. Природа – это огромная лаборатория, где любой человек становится наблюдателем и экспериментатором. К сожалению не все, что встречается в природе, можно повторить в лабораторных условиях. Тем ценнее эти наблюдения. Только всесторонне рассмотрев и изучив явления природы, можно приступить к лабораторному эксперименту.

Проводятся три занятия (экскурсия) по изучению жизнедеятельности растений в связи с сезонными явлениями природы:

1. Весенняя экскурсия посвященная возобновлению жизнедеятельности растений и перехода от гетеротрофного питания к автотрофному.
2. Летняя экскурсия, посвященная периоду основной ассимиляции и формированию продуктивности растений.
3. Осенне-зимняя экскурсия, посвященная прекращению активной жизнедеятельности растений и их периоду в состояние покоя.

Экскурсии в природу предусматривают возможность самостоятельной работы студентов по предлагаемому плану. Весенняя и осенне-зимняя экскурсии приурочены ко времени оценки состояния озимых культур и зимующих растений.

Экскурсия 1. Весенние явления в жизни растений

Цель. Наблюдения за процессом возобновления вегетации у многолетних видов и ювенильным периодом развития однолетних, выявления энергетических особенностей растений (табл. 1.1).

Время проведения. С периода частичного или полного освобождения почвы от снежного покрова до появления первой зелени (от поры большой воды до «зеленой» весны).

Таблица 1.1 Весенние явления в жизни растений

№ п/п	Функции и процессы	Физиологические основы
1	Сокодвижение (транспорт запасных веществ): корневое давление состав пасоки	Весеннее сокодвижение служит ярким доказательством наличия корневого давления. Первый его признак – это изменение цвета коры. Корневое давление составляет 1,5–2 мПа, и небольшое отверстие в стволе может дать до нескольких литров сока в сутки. В состав пасоки входят сахара (0,6–3%), органические кислоты (прежде всего яблочная) и регуляторы роста.
2	Дыхание как основа энергетики растений в ранневесенний период: цветение деревьев и кустарников	Цветение многих видов растений происходит до распускания листьев. Вырабатывается огромное количество пыльцы как у ветро- так и насекомоопыляемых растений. Размножение требует значительных энергетических затрат и осуществляется за счет запаса питательных веществ накопленных в прошлый вегетационный период.
	Цветение травянистых первоцветов	Ранневесеннее цветение травянистых растений происходит за счет запаса питательных веществ подземных органов. Большинство первоцветов – это эфемероиды быстро заканчивающие свой вегетационный период.
	Прорастание семян: влияние температуры на прорастание влияние света на прорастание	В первый период жизни молодой проросток питается гетеротрофно за счет запаса питательных веществ накопленным материнским организмом. Почва служит серьезным механическим препятствием, колеоптиль однодольных или петелька двудольных растений действуют как её раздвигающий клин. Именно дыхание освобождает для этого огромное количество энергии. Гуттационная жидкость проростков злаков для смачивания и размягчения почвы. Температура прорастания семян зависит от места происхождения растения и характера запасных веществ, накопленных в эндосперме или семядолях. Самыми холодостойкими культурами являются растения накапливающие жиры. Так, крестоцветные прорастают при температуре 2–3°C, а горох и злаки – при 4–5°C, это подтверждает энергетическую ценность жиров как субстрата дыхания. Давно доказано наличие фитохрома в семенах. Темновсхожие семена принадлежат к растениям в основном сухих мест обитания, где наличие света является сигналом неблагоприятного положения семени: оно находится на поверхности почвы и незащи-

3		щено от засухи. Световсхожие семена содержат мало жира и не могут преодолеть большую толщу почвы. Некоторые из световсхожих принадлежат к типично болотным растениям для которых попадание в темноту означает наличие неблагоприятных условий. Все способы обработки почвы направлены на создание неблагоприятных условий для прорастания и развития культурных видов растений; это размягчение субстрата, насыщение почвы воздухом и провокация прорастания светочувствительных сорняков
	Особенности ранневесеннего цветения: окраски околоцветника нектонастии окраска пыльцы	Большинство насекомоопыляемых растений, цветущих в этот период имеют ярко окрашенный (желтый или лиловый) околоцветник. Это привлекает довольно редких в этот период опылителей (пчел, шмелей и мух), а также обеспечивает подогрев цветков за счет поглощенных ультрафиолетовых (УФ) лучей. Нектонастические движения прицветников и соцветий способствуют защите генеративного аппарата от неблагоприятных условий. Каротиноиды, окрашивающие пыльцу в желтый цвет, защищают мужской гаметофит от разрушающего действия УФ-лучей
4	Переход к автотрофному питанию: возобновление вегетации озимых культур зимне-зеленные растения раскрывание вегетативных почек состояние озимых	Однолетние и двулетние травянистые растения могут перезимовать в виде розетки зеленых листьев и с освобождением от снега сразу начинают фотосинтезировать. Происходят разворачивания вегетативных почек древесных и кустарниковых пород, их переход от потребления запасов питательных веществ к ассимиляции. В разворачивании почек большое количество принимает корневое давление. У некоторых видов, молодые листья имеют антоциановую окраску. Что влияет на температуру листьев и усиливает биосинтетическую деятельность. Необходимо оценить состояние озимых посевов и определить причины их изреживания и гибели

Экскурсия 2. Летние явления в жизни растений

Цель. Проследить экологическую адаптацию растений. Взаимодействие видов в растительных сообществах (табл. 1.2), научиться выявлять причины угнетения жизнедеятельности растений (признаки голодания, загрязнения окружающей среды).

Время проведения. Первая половина лета.

Таблица 1.2 Летние явления в жизни растений

№ п/п	Функции и процессы	Физиологические основы
1	Циркадные ритмы растений: нектонастические движения листьев «цветочные часы»	Ярким примером адаптации растений к температурно-световому режиму нашей зоны являются циркадные ритмы растений. Еще Ч. Дарвин показал, что растения с опущенными или сложенными листьями лучше противостоят действию ночного холода. Защита своего генеративного аппарата, цветки большинства видов закрываются на ночь. К. Линней в 20-е годы XVIII в. создал «цветочные часы» в городе Упсале.
2	Аллелопатические взаимодействия в биоценозах: антимикробные выделения семян гуттационная жидкость смыв кутикулярных соединений корневые выделения усталость почвы при монокультуре и севообороте Минеральное питание: влияние pH почвы	Выращивание культурных растений подразумевает создание агробиоценозов. При составлении травосмеси необходимо учитывать совместимость видов. Видовой состав сорняков каждой культуры определяется аллелопатическими взаимодействиями. У однолетних злаков в семенах отсутствуют ингибиторы, но есть феноляты, токсичные для микрофлоры. На прорастание семян зерновых культур могут оказывать влияние сорные растения. Большую роль в аллелопатических взаимодействиях играет гуттационная жидкость. В состав гуттационных выделений входят Ca^{+2} , NO_3^- , глутаминовая кислота, а также антимикробные соединения, поглощенные корнями. Происходит смыв кутикулярных экскретов из листьев (K^+ , Na^+ , Mn^{2+}). Огромное влияние в формировании биоценозов оказывают корневые выделения. Это органические кислоты цикла Кребса, некоторые аминокислоты и сахара. Корневые выделения стимулируют или подавляют рост высших растений. Во избежание «усталости почвы» необходимы севообороты.
3	визуальная диагностика недостатка элементов минерального питания	Для определения разных видов культурных растений определены оптимальные значения кислотности посевы. Менее вреден сдвиг pH в щелочную сторону из-за подкисления среды корнями. Необходимо знать признаки недостатка тех или иных элементов минерального питания. Определены культурные растения-индикаторы благодаря очень высокой чувствительности их к недостатку конкретного элемента: Н – капуста; Р – турнепс, брюква; К – картофель, капуста, бобы; Mg – капуста, картофель; Fe – капуста, овес, картофель; B – свекла; Mn – свекла, овес, картофель.

		Среди плодовых культур хорошим индикатором на недостаток любого элемента является яблоня .
4	Устойчивость растений к абиотическим факторам: загазованность действие тяжелых металлов засоление	Общим признаком повреждения растений антропогенными факторами в мегаполисах являются хлорозы и некрозы листьев, дальнейшее их отмирание и листопад. Особенно хорошо это выражено у придорожных растений. Очень плохо переносят загрязненную атмосферу вечнозеленые растения. Отсутствие лишайников – это верный признак загазованности воздуха. Задача физиолога – подбор наиболее устойчивых для городской среды видов растений.

Экскурсия 3. Осенне-зимние явления в жизни растений

Цель. Наблюдение за процессами подготовки и перехода растений в период покоя как способом сохранения энергии и переживания самого мощного стрессового фактора нашей зоны (табл. 1.3).

Время проведения. С конца листопада до установления снежного покрова (предзимье).

Таблица 1.3 Осенне-зимние явления в жизни растений

№ п/п	Функции и процессы	Физиологические основы
1	Энергетика растений в осенне-зимний период: фотосинтез под снегом	Энергетические затраты растений сведены до минимума. Основу энергетики в осенне-зимний период составляет дыхание, которое использует продукты фотосинтеза, накопленные в предыдущей вегетационный период. У некоторых травянистых растений под снегом продолжается фотосинтез. Он зависит от температуры и освещенности. Чем рыхлее снег, тем больше света доходит до растения. При толщине снежного покрова 5 см до поверхности почвы доходит 45% солнечных лучей, а при 15 см – 60%.
	Газообмен вечнозеленых деревьев	Хвоя сосны и ели имеет ксероморфную структуру, что защищает деревья от иссушения в зимней период. Устьица в это время закрыты и в энергетическом обмене преобладает гликолиз. По мнению Лархер (1978), при оттепелях у хвойных возможно возобновление фотосинтеза.

2	Листопад: разрушение клеточных структур выведение продуктов распада защита от иссушения и повреждения	Осенняя окраска листьев обусловлена разрушением хлоропластов с хлорофиллом и превращением их в хромопласты. Довольно часто происходят нарушения фосфорного обмена и накопление антоциана в листьях. Кроме того наблюдается оттоков элементов минерального питания и части органических веществ в запасяющие органы. Сброс листвы – это защита деревьев и кустарников не только от иссушения, но и от механического повреждения растений под действием тяжести снега.
3	Плодоношение	Большинство растений, распространяющих семена в этот период. Не требуют энергетических затрат. Семена разносятся ветром на большие расстояния. Сами семена находятся в состоянии покоя.
4	Покой: глубокий и вынужденный покой древесных растений покой семян и стратификация перезимовка двух- и многолетних растений	Первый толчок к переходу в покой – изменение длины дня. Что приводит к накоплению гормональных и фенольных ингибиторов роста. Происходит сброс листьев, накопление в почках сахара и масла. Опробковение ствола и веток. Первый вид покоя (органический) у многих видов очень быстро заканчивается. Уже в декабре ветки смородины и сирени способны распускаться. У славян существовал обычай встречать зимний солнцеворот расцветшими ветками вишни. Для этого их заранее вносили в помещение и выгоняли цветки. Однолетние растения переживают неблагоприятные условия в виде семян. Для других видов это способ не столько переживания, сколько распространения и освоения новых территорий. Некоторые виды растений накапливают в семенах большое количество ингибиторов и для прорастания таких семян необходима стратификация. Особенно это проявляется у древесных пород. Так, для прорастания семян яблони необходимо воздействие низких температур в течение 1–4 мес, вишни – 2,5-6 мес, а шиповника – около 9 мес. В нашей зоне большинство травянистых растений представлено многолетниками. При подготовке к зиме у них происходит накопление сахаров в запасяющих органах, снижение интенсивности дыхания и отмирание надземной части

Правила отбора средней пробы и консервация материала

Для того, что охарактеризовать состояние растений с помощью физиологических показателей, прогнозировать урожай или определить его качество, необходимо периодически отбирать пробы, которые были бы усредненными, или репрезентативными. Под репрезентативной пробой понимают такую, которая характеризует средние показатели популяции растений на исследуемой площади.

Механизм взятия средней пробы или изучения процесса зависит от вида растений, площади, занятой посевом, целей экспериментатора.

Взятие средней пробы с больших производственных посевов. Проводят для наблюдения за динамикой роста и развития растений, прогнозирования урожая и учета засоренности посевов.

На исследуемой площади мысленно прокладывают трансетку зетобразной формы (рис. 14). На ней в зависимости от размера участка располагают пробные участки. Такие же участки находятся на территории, не охваченной трансеткой.

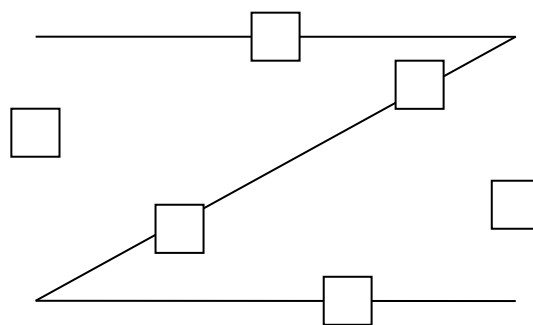


Рис. 15. Трансетка зетобразной формы и места взятия проб

Эти участки ограничивают геоботанической рамкой ($0,25\text{ м}^2$) либо, если посев рядковый (15 см в междурядье), по длине двух рядков ($82,3\text{ см} \times 2$), что бы получить ту же площадь – $0,25\text{ м}^2$.

На опытных делянках размеры пробных участков сокращают и ограничиваются двумя-тремя пробами, причем в них не включают крайние рядки растений, граничащие с защитными полосами или с межами. Так как в этих местах растения различаются по развитию.

Взятие средней пробы для анализа качества урожая. Урожай убирают и взвешивают в поле со всей делянки. Если нужно приготовить образцы для химического анализа, то с различными культурами поступают следующим образом: Пробу зерна в количестве не менее 2 кг отбирают щупом из различных точек бурта и помещают в мешочек из ткани, куда кладут соответствующую этикетку с указанием варианта опыта, времени взятия образца и автора эксперимента. Пробу обрабатывают в лаборатории.

Взятие средней пробы при учете урожая картофеля. После выкопки клубней их складывают в бурты. Средняя проба должна быть не менее 3 кг. Если отбирают из бурта картофеля, собранного с одной делянки, берут без выбора каждую десятую или двадцатую картофелину (очередность определяется размером урожая).

Отборы проб с плодовых древесных и ягодных культур. Проводят аналогично, масса пробы не менее 2 кг.

Пробу для анализа овощей (капуста, баклажаны, тыква, арбузы, кабачки, томаты, огурцы) берут методом высечек из нескольких образцов культуры. Перед анализом высечки гомогенизируют или перетирают на терке в лабораторных условиях.

Очень часто исследователь ограничивается отбором листовой пробы. Например для анализа активности ферментов, поступления веществ при некорневых подкормках. Диагностики на недостаточность элементов питания и т.д. При взятии средней листовой пробы учитывают ярусность листьев, их расположение по отношению к солнцу (плодовые деревья и кустарники), возраст, прирост и т.д.

Приготовление растительного материала для анализа. Для того чтобы избежать изменения химического состава в пробе под влиянием фер-

ментов и микроорганизмов, растительный материал должен быть правильно высушен, измельчен и храниться в герметически закрытой таре без доступа влаги.

Должно быть исключено высушивание в сушильном шкафу при температуре 50-60° С (температура оптимальная для ферментации). Неподходящей является сушка и при 100°С, так как температура в материале не сразу достигнет величины, прекращающей действие ферментов. Что ведет к значительным биохимическим изменениям в составе растений. Кроме того, при таком способе сушки материал высыхает неравномерно: в то время как поверхностные слои высохли, и в них прекращается деятельность ферментов и даже возможна карамелизация, внутренние слои остаются еще сырыми.

Консервация растительного материала сухим жаром. Материал небольшими порциями помещают в газетные пакеты. Температуру в сушильном шкафу предварительно увеличивают до 120°С. В нагретый шкаф кладут пакеты с растительными пробами на 20–30 мин в зависимости от количества, взятого для убивания ферментов материала. Через указанное время температуру в шкафу снижают до 80°С, дверку шкафа открывают и материал высушивают до воздушно-сухого состояния.

Консервация растительного материала спиртом. Плоды, ягоды, виноград, овощи (томаты и другие сочные плоды), содержащие много воды, углеводов и особенно сахаров, органических кислот, обработке сухим жаром и текучем паром подвергать нельзя во избежание потерь сока и гидролиза сахаров кислотами, а также изменение в соотношении сахаров и других форм углеводов при последующей сушке. Эти объекты необходимо консервировать спиртом.

Приготовление растительного материала к химическому анализу. Существует стандартная методика сохранения взятия сухой пробы длительное время для последующих анализов. Материал считается высушенным, если он легко, измельчается при перетирании между пальцами. Высушенный материал измельчают с помощью электрической мельницы, оставшиеся

твердые частички (жилки листьев, черешки листьев и др.) пересеивают через сито с отверстиями 0,5 мм. Просеянный материал помещают в банки с притертыми пробками и хранят до анализа. Если нет банок с притертыми пробками, используют обыкновенные банки, закрывая их корковыми пробками и заливая парафином. Высушенный и размолотый материал не следует хранить длительное время.

Средняя листовая проба и ее транспортировка в лабораторию для анализа. Листья разных ярусов растений существенно различаются по физиолого-биохимическому обмену, о чем косвенно свидетельствуют разница в их морфологическом строении, степени открытости устьиц, содержание воды и сухого вещества. Поэтому средняя листовая проба должна состоять из листьев определенного яруса. В анализ не берут листья молодые, не достигшие взрослого размера, и старые со следами физиологического старения. Пробу составляют обычно из листьев третьего, четвертого ярусов. У многолетних деревьев и кустарников среднюю листовую пробу составляют из листьев определенного яруса с годовичных побегов продолжения, со средней части кроны, ориентированной на все части света.

Транспортировка средней листовой пробы в лабораторию. Собранную пробу закладывают в фильтровальную бумагу, смоченную желательно дистиллированной водой, а затем заворачивают в газетную бумагу. Это предохраняет листья от пересушивания. В поле пробу этикеруют, затем укладывают в полевую сумку. Время доставки пробы в лабораторию и начала анализов, считается с момента ее взятия в поле, не должен превышать 1–1,5 ч.

В лаборатории пробу быстро измельчают стальными ножницами и для анализа берут усредненный материал в количестве и повторности, требуемых для конкретного анализа.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ В ЛАБОРАТОРИИ

1. К работе в лаборатории допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.
2. Нужно работать в белом халате из хлопчатобумажной ткани.
3. На каждом занятии назначается дежурный, который отвечает за чистоту и порядок.
4. За каждым студентом закрепляется рабочее место, которое необходимо содержать в чистоте и порядке.
5. Запрещается держать в лаборатории пищевые продукты, принимать пищу, пить воду из химической посуды.
6. Перед работой следует проверить исправность нагревательных приборов, вентиляции, защитных средств. Ремонт оборудования может производить только мастер.
7. Запрещается работать с разбитой посудой, пользоваться реактивами из банок без этикеток.
8. Необходимо переливать приготовленные растворы в склянки с надписями. Нельзя оставлять без присмотра включенные приборы и электрооборудование.
9. Для отмеривания реактивов использовать цилиндры либо пипетки с резиновой грушей.
10. При внезапном отключении тока необходимо выключить все электроприборы.
11. После окончания работы привести в порядок рабочее место (убрать со стола реактивы и оборудование, из ящиков стола – мусор, стол вымыть, протереть сухой тряпкой) и сдать дежурному.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Методические указания к учебной практике

для студентов, обучающихся по направлениям подготовки
«Агрохимия и агропочвоведение» и «Агрономия»

В редакции составителей

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.

Подписано к печати 27.03.2014 г. Формат 60×90/16.

Уч.-изд.л. – 3,2. Усл.-п.л. – 4,5.

Тираж 50 экз. Заказ 85.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства ДальГАУ
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

