

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Ставрополь

«АГРУС»
2019

УДК
ББК
Ф

Авторский коллектив:

Беловолова А. А., Громова Н. В., Голосной Е. В., Есаулко А. Н.,
Лобанкова О. Ю., Гречишкина Ю. И., Коростылев С. А., Сигида М. С.,
Агеев В. В., Устименко Е. А., Ожередова А. Ю., Подколзин А. И.,
Сычѳв В. Г., Воскобойников А. В., Ерошенко Ф. В., Олейников А. Ю.,
Кравченко А.О, Галда Д.Е.

Рецензенты:

Доктор сельскохозяйственных наук, доцент О. И. Власова
Доктор сельскохозяйственных наук, доцент А. П. Шутко

**ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ: Учебное пособие / Беловолова А.
А., Громова Н. В., Голосной Е.В. и др. – Ставрополь: АГРУС
Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2019. – 80 с.**

Учебное пособие предназначено для студентов по направлениям: 35.03.07 технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, 05.03.06 экология и природопользование 35.03.10 ландшафтная архитектура. Учебное пособие содержит описание лабораторных работ по всем основным разделам программ физиологии растений (клетка, водообмен, фотосинтез, дыхание, минеральное питание, рост и развитие, устойчивость растений к неблагоприятным внешним воздействиям). В работе приведены краткие теоретические пояснения, указания о ее выполнении, материалы и оборудование. Большое внимание уделяется самостоятельной работе студентов, в рамках которой предлагаются вопросы для самоконтроля и основные термины.

Введение

Физиология растений – является наукой фундаментальной и экспериментальной и её основным методом познания процессов, явлений является эксперимент, опыт. Поэтому учебное пособие предусматривает ознакомление студентов с главнейшими функциями растительного организма в онтогенезе в различных условиях среды. Оно рассчитано на привитие студентам навыков самостоятельной работы, способствующих закреплению теоретических знаний и формированию навыков научно–исследовательской работы.

В настоящем пособии изложены лабораторные работы, относящиеся к основным разделам дисциплины.

Учебное пособие содержит описание лабораторных работ по основным разделам дисциплины. Их выполнение требует глубокого осмысления физиологических процессов, происходящих в растениях в плане их прикладного значения и последующего применения в профессиональной деятельности. Студенты должны усвоить, что все физиологические показатели отражают физиологическое состояние растений.

При наличии достаточного количества материалов и оборудования каждый студент должен работать самостоятельно. Можно формировать и звенья из 2–3 студентов для совместного выполнения работы. Отдельные работы при необходимости можно проводить для всей группы (подгруппы) демонстрационно.

В целях придания занятиям исследовательского характера при выполнении лабораторных работ рекомендуется использование различных растений или выращенных в неодинаковых условиях.

Каждая лабораторная работа включает краткое теоретическое пояснение, описание хода работы, порядок оформления полученных результатов, а также необходимые для её выполнения материалы и оборудование.

По тем вопросам, по которым, в силу ряда причин, проведение лабораторных занятий затруднено, проводим круглые столы. При этом студентам поручается подготовка докладов (рефератов), составляемых ими с использованием как учебной, так и научной литературы с последующей дискуссией.

Результаты выполненных работ фиксируются студентами в тетрадах, по следующей схеме: 1) название работы; 2) краткое описание хода работы; 3) результаты; 4) выводы. Состояние ведения тетрадей студентами периодически проверяется преподавателем.

РАЗДЕЛ 1: ФИЗИОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

План:

1. Основные принципы жизнедеятельности растительной клетки.
2. Структурная организация растительной клетки.
3. Химический состав клетки (нуклеиновые кислоты, белки, углеводы, липиды)
4. Структура и функции мембран.
5. Поглощение и выделение веществ и энергии клеткой.
6. Принципы регулирования физиологических процессов.

Рекомендации по изучению:

При изучении физиологии растительной клетки необходимо представить ее структурно-функциональную организацию, особенности энергетики. Обратить внимание на химический состав, строение и функции белков, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот, являющихся компонентами клетки. Особо следует выделить роль макроэргических соединений клетки: АТФ, АДФ, УДФ, и других. Изучить физиологическую роль нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), являющихся наследственным материалом клетки. Основой организации клетки являются мембраны. Необходимо разобраться с особенностями строения элементарной биологической мембраны, ее функцией, проницаемостью для различных веществ. Ознакомьтесь с типами транспорта веществ (пассивный и активный). Следует разобраться с тем, что мембраны обеспечивают принцип компартментации, при котором клетка делится на зоны, каждая из которых играет свою роль в жизни растения.

Содержимое живой клетки представляет собой высокоорганизованную систему морфологических и химических компонентов, находящихся в состоянии постоянного взаимодействия. Она обладает свойствами коллоидного вещества, что определяет ее важнейшие физико-химические параметры: вязкость, эластичность, окислительно-восстановительный потенциал и др. Живое содержимое отдельно взятой клетки (протопласт) связано с соседними живыми клетками и образует единое целое - симпласт. Клеточные стенки и межклетники вместе образуют так называемое свободное пространство - апопласт. Укажите, какое значение это имеет в жизни растения. Проанализируйте физиологическую роль всех органоидов клетки: ядра, митохондрий, хлоропластов, рибосом, эндоплазматической сети, аппарата Гольджи, лизосом, пероксисом, сферосом, микротрубочек и вакуоли.

Изучите осмотические свойства клетки, обратите внимание на использование величин осмотического давления сосущей силы для диагностики водобеспеченности растений в условиях орошаемого земледелия. Рассмотрите пути поступления воды и поглощения веществ клеткой.

Следует составить представление о структурно-функциональном единстве клетки, механизмах его сохранения и поддержания. Рассмотрите различные типы регуляции: генетической, гормональной, трофической, химические основы раздражимости как способности живых организмов и их клеток отвечать на изменения во внешней и внутренней среде адаптивными реакциями.

Ознакомьтесь с действием биотических факторов на клеточные структуры и функции, в том числе и патогенных микроорганизмов.

РАБОТА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ КЛЕТОЧНОГО СОКА ПЛАЗМОЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Плазмолитический метод определения осмотического давления основан на явлении плазмолиза, наступающем при погружении растительной клетки в раствор, концентрация которого выше, чем концентрация клеточного сока (гипертонический раствор).

Степень плазмолиза (т.е. отставание протопласта от клеточной оболочки) тем больше, чем больше разница в концентрациях наружного раствора и клеточного сока.

Если подобрать раствор, при погружении в который клетки будут обнаруживать самую слабую, начальную форму плазмолиза (уголковый плазмолиз), то, очевидно, что концентрация этого раствора лишь незначительно превышает концентрацию клеточного сока, то есть раствор приблизительно можно считать изотоническим.

Ход работы. В пробирках готовят по 10 мл 0,6 М, 0,4 М, 0,3 М, 0,2 М, 0,1 М раствора KNO_3 разбавлением дистиллированной водой 1 М раствора этой соли. Растворы тщательно перемешивают и ставят в ряд по убывающей концентрации.

Лезвием безопасной бритвы готовят тонкие срезы с выпуклой поверхности чешуи лука из среднего хорошо окрашенного участка.

В растворы, начиная с высокой концентрации, через каждые 3 минуты опускают по 2–3 среза. Через 30 минут после погружения срезов в первую пробирку исследуют их под микроскопом в капле раствора из первой пробирки. Через 3 минуты рассматривают срезы из второй пробирки. Далее наблюдают срезы из последующих растворов (по убывающей концентрации) с интервалами в 3 минуты. Этим достигается одинаковая продолжительность нахождения срезов в растворах, что является необходимым условием опыта.

Определяют степень плазмолиза клеток в каждом растворе и находят изотоническую концентрацию как среднее арифметическое между концентрацией, при которой плазмолиз только начинается, и той, которая не вызывает плазмолиза. Результаты опыта записывают в таблицу.

| Концентрация раствора KNO_3 (М) | На 10 мл раствора | | Степень плазмолиза | Осмотическое давление клеточного сока, атм. |
|-----------------------------------|-------------------|-------------|--------------------|---|
| | KNO_3 (мл) | H_2O (мл) | | |
| 0,6 | 6 | 4 | | |
| 0,4 | 4 | 6 | | |
| 0,3 | 3 | 7 | | |
| 0,2 | 2 | 8 | | |
| 0,1 | 1 | 9 | | |

Рассчитывают величину осмотического давления клеточного сока, пользуясь формулой:

$$P = iCRT, \text{ где}$$

P – искомое осмотическое давление в атмосферах;

R – газовая постоянная, равная 0,0821;

T – абсолютная температура ($273^0 + \text{комнатная температура, } ^0C$)

C – изотоническая концентрация в молях;

i – коэффициент Вант–Гоффа (изотонический коэффициент) характеризует ионизацию растворов и вычисляется по формуле:

$$i = 1 + \alpha(n - 1),$$

где α – степень диссоциации;

n – число ионов, на которое диссоциирует молекула.

Степень диссоциации раствора KNO_3 разной концентрации.

| | | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Концентрация раствора (М) | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| Степень диссоциации | 0,68 | 0,70 | 0,74 | 0,76 | 0,79 | 0,83 |

Материалы и оборудование: Луковица с антоцианом; микроскоп; лезвие; предметные и покровные стекла; пробирки; градуированные пипетки; фильтровальная бумага; молярный раствор KNO_3 ; дистиллированная вода.

РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ СЕМЯН ПО ОКРАШИВАНИЮ ЦИТОПЛАЗМЫ

Метод окрашивания семян для их жизнеспособности основан на непроницаемости живой цитоплазмы для некоторых красок (индигокармин, кислый фуксин), тогда как мертвая цитоплазма легко подкрашивается.

А. Метод Нелюбова (для двудольных культур)

Ход работы. Отсчитывают две порции по 10 набухших семян гороха. Одну порцию помещают в пробирку с водой и кипятят в течение 5 минут (контроль). Семена обеих порций очищают препаравальной иглой от кожуры и заливают в фарфоровых чашечках раствором индигокармина и выдерживают в течение 1 часа. Затем краску сливают, а семена отмывают водой от избытка красителя. Отмечают окраску семян, убитых кипячением. В опытной

порции подсчитывают количество окрашенных и неокрашенных семян.

Семена с неокрашенными корешками и с частично окрашенными семядолями относят к жизнеспособным. Семена с полностью окрашенными корешками и семядолями признают нежизнеспособными.

Б. Метод Иванова (для однодольных культур)

Ход работы. Семена пшеницы замачивают в воде при комнатной температуре в течение 10 часов. Затем 10–15 зерновок разрезают бритвой вдоль бороздки пополам на две равные половинки и помещают их в 0,1%–ный раствор индигокармина или кислого фуксина на 15 минут. Затем их промывают водой до исчезновения краски в воде. Половинки семян раскладывают пинцетом на стекле и рассматривают с помощью лупы зародыши, подсчитывая количество окрашенных зародышей (мертвых нежизнеспособных) и неокрашенных (жизнеспособных). Количество неокрашенных зародышей выражает процент жизнеспособности образца семян.

Зарисовывают жизнеспособные и нежизнеспособные семена. Результаты исследований занести в таблицу и сделать практические выводы о годности семян для посева, если известно, что жизнеспособность семян должна быть не ниже, чем для тыквенных 95-98%, бобовых и зерновых - 90-95%.

Формула для вычисления жизнеспособности семян, %:

$$\text{ЖСС} = a \cdot 100 / b,$$

Где % ЖСС - процент жизнеспособности семян,

a- число семян, у которых зародыш (у злаков), корешок и семядоли (двудольные) не окрашены,

b - общее число семян, взятых для анализа на жизнедеятельность.

| Культура | Число семян взятых на анализ | Число окрашенных семян | % жизнеспособности семян |
|----------|------------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | | |

Материалы и оборудование: Слабо наклюнувшиеся семена пшеницы, набухшие семена гороха и огурца; бритва; 1%–ный раствор индигокармина или кислый фуксин 0,2%–ный; лупа.

РАБОТА 3. ПРОНИЦАЕМОСТЬ ЖИВОЙ И МЕРТВОЙ ПРОТОПЛАЗМЫ ДЛЯ КЛЕТОЧНОГО СОКА

Живая протоплазма обладает избирательной проницаемостью (полупроницаемостью), которая обеспечивает сохранение постоянства внутриклеточной среды. При разрушении субмикроскопической структуры протоплазмы это свойство теряется, и она становится проницаемой для всех веществ, в том числе и для клеточного сока. При этом интенсивность выхода сока из клетки служит критерием ее повреждения.

Ход работы. Из очищенной красной свеклы сверлом диаметром 0,7–0,8 см берут куски цилиндрической формы длиной 4 см и тщательно промы-

вают водой. Предварительно в четыре пробирки наливают по 10 мл различных растворов: в первую – 30%–ную уксусную кислоту, вторую – 50%–ный спирт, третью и четвертую – водопроводную воду. Затем в первую, вторую и четвертую пробирки опускают по одному кусочку ткани свеклы. Один из кусочков свеклы кипятят в отдельной колбе или пробирке в течение 2 минут, охлаждают и опускают в третью пробирку с холодной водопроводной водой. Все пробирки в течение 30 минут стоят в штативе, после которого их интенсивно встряхивают, кусочки свеклы извлекают и в каждой из них отмечают окраску жидкости. Результаты записывают в таблицу:

| Вариант опыта | Окраска жидкости в пробирке | Полупроницаемость протоплазмы |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Уксусная кислота | | |
| Спирт | | |
| После кипячения | | |
| Контроль | | |

Материалы и оборудование: Корнеплод столовой красной свеклы; пробочное сверло; скальпель; пробирки; 30%–ная уксусная кислота; 50%–ный спирт; спиртовка; линейка.

РАБОТА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСУЩЕЙ СИЛЫ РАСТИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ МЕТОДОМ ПОЛОСОК

Сосущей силой клетки называется та сила, с которой клетка всасывает в себя воду и выражается разностью между осмотическим потенциалом и тургорным давлением: $S = P - T$. Она характеризует водный потенциал растительной ткани и ее определение необходимо для выявления уровня обезвоживания растений и своевременного проведения вегетационных поливов в условиях орошения сельскохозяйственных культур.

Метод полосок основан на изменении размеров тканей под действием растворов. Если концентрация раствора, в который погружается полоска ткани, ниже концентрации клеточного сока, вода будет всасываться растительной тканью, и она будет увеличиваться в своих размерах. И, наоборот, при погружении в раствор с более высокой концентрацией полоска ткани будет уменьшаться. Отсюда задача сводится к тому, чтобы подобрать раствор, при погружении в который размеры ткани не изменяются.

Ход работы. В нескольких пробирках, расставленных в штативе, приготавливают растворы KNO_3 . В качестве исходного используется 1 М раствор KNO_3 , из которого путем разбавления дистиллированной водой приготавливают по 10 мл растворов, необходимых для опыта концентраций.

Затем с помощью пробочного сверла из клубня картофеля вырезают 10 полос длиной 1,5–2,0 см. Концы их срезают наискось. Миллиметровой линейкой измеряют их длину, поверхность обсушивают фильтровальной бумагой и помещают по две полоски в растворы с интервалами в 2–3 мин. После

20 мин пребывания в растворах их вновь измеряют. Раствор, в котором длина полоски осталась без изменения будет изотоничным клеточному соку данной ткани. Расчет величины сосущей силы производится для изотонической концентрации по формуле:

$$S = P - T, S = P$$

Обозначения, а также степень диссоциации соли, те же, что и в работе 1. Результаты опыта записывают в таблицу

| Концентрация раствора KNO_3 (М) | На 10 мл раствора | | Длина ткани, мм | | Сосущая сила ткани, атм. |
|-----------------------------------|-------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | KNO_3 (мл) | H_2O (мл) | Перед погружением в раствор | После пребывания в растворе | |
| | | | | | |
| 0,1 | 1 | 9 | | | |
| 0,2 | 2 | 8 | | | |
| 0,4 | 4 | 6 | | | |
| 0,6 | 6 | 4 | | | |
| 0,8 | 8 | 2 | | | |

Материалы и оборудование: Клубни картофеля; 1 М раствор KNO_3 ; пробирки; пробочное сверло; линейка; фильтровальная бумага; скальпель; препаровальная игла.

РАБОТА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСУЩЕЙ СИЛЫ ТКАНИ МЕТОДОМ СТРУЕК (по ШАРДАКОВУ)

Данный метод основан на том, что концентрация раствора за время пребывания растительной ткани изменяется вследствие обмена водой между клетками и раствором. Если ткань погружена в раствор, сосущая сила которого меньше сосущей силы ткани, то клетки поглощают воду из раствора и он становится более концентрированным. Наоборот, при погружении ткани в раствор, сосущая сила которого больше сосущей силы ткани, раствор вытягивая воду из клеток ткани, становится менее концентрированным. Пользуясь связью между концентрацией и удельным весом раствора можно легко определить изменение их концентрации. Отсюда можно определить имеет ли сосущая сила ткани большую или меньшую величину, чем сосущая сила раствора, в который ткань была погружена.

Ход работы. В штативе в два ряда расставляют по 5 пробирок. В пробирках первого ряда готовят по 10 мл раствора KNO_3 различных концентраций разбавлением 1 М раствора этой соли дистиллированной водой. Растворы тщательно перемешивают и по 1 мл переносят в пробирки второго ряда. Все пробирки закрывают пробками.

При помощи пробочного сверла вырезают 30 высечек из листьев. Для

этого лист нижней стороной поворачивают вверх, подкладывают под него резиновую пластинку и между крупными жилками выбивают высечки. Опускают по 6 высечек в каждую пробирку нижнего ряда на 40 минут. Через каждые 10 минут встряхивают пробирки с высечками. Затем стеклянной палочкой выводят высечки на стенки пробирок. Подкрашивают опытные растворы в пробирках второго ряда метиленовой синей, взятой в небольшом количестве на кончике препаровальной иглы. Встряхивают пробирки, добиваясь равномерной окраски раствора.

В пипетку с оттянутым концом набирают подкрашенный опытный раствор. Конец пипетки опускают в соответствующий исходный раствор в пробирке первого ряда так чтобы нижний конец пипетки был погружен в раствор на 2–3 см. медленно выпускают жидкость из пипетки в исходный раствор, отмечая направление движения струйки. Если концентрация и следовательно, удельный вес окрашенного раствора увеличились, по сравнению с исходным, то струйка пойдет вниз, если, наоборот, концентрация уменьшилась – струйка пойдет вверх. При равенстве концентраций струйка равномерно распределяется внутри пробирки с исходным раствором.

Величину сосущей силы по найденной из опыта неизменившейся концентрации рассчитывают по формуле:

$$S = P - T, S = P$$

Обозначения те же, что и в работе 1. Результаты записывают в таблицу.

| Концентрация раствора KNO_3 (М) | На 10 мл раствора | | Направление струек | Сосущая сила, атм. |
|-----------------------------------|-------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| | KNO_3 (мл) | H_2O (мл) | | |
| 0,1 | 1 | 9 | | |
| 0,2 | 2 | 8 | | |
| 0,4 | 4 | 6 | | |
| 0,6 | 6 | 4 | | |
| 0,8 | 8 | 2 | | |

Материалы и оборудование: Герань; штатив; 10 пробирок; градуированные пипетки на 10 мл; сверло; резиновая пластинка; пинцет; часы; 1 М раствор KNO_3 ; метиленовая синяя.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Особенности строения растительной клетки.
2. Протоплазма, её химический состав и строение.
3. Физиологическая роль органоидов клетки
4. Протоплазма как коллоидная система.
5. Строение и роль биологических мембран.
6. Проницаемость протоплазмы. Теории проницаемости.
7. Проникновение в клетки органических и минеральных веществ.
8. Обмен между клетками, тканями и органами растений. Диффузия и ос-

- мос.
9. Осмотические свойства клетки и их взаимосвязь.
 10. Сосущая сила и осмотическое давление, их зависимость от факторов среды.
 11. Методы определения сосущей силы и осмотического давления клеток

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Автолиз - самопереваривание, распад содержащихся в растительном материале веществ под действием ферментов, имеющихся в этом же материале.

Азотистое основание - азотсодержащая молекула со свойствами основания, то есть способная присоединять атом водорода (пурины и пиримидины, входящие в состав нуклеиновых кислот).

Активный центр - часть молекулы фермента, ответственная за присоединение и превращение субстрата.

Альдолазы - ферменты класса лиаз, участвуют в процессах анаэробного распада углеводов, в темновых реакциях фотосинтеза.

Анабиоз - состояние организма, при котором отсутствуют видимые проявления жизни. Наблюдается при неблагоприятных условиях среды. В состоянии анабиоза организм переносит сухость среды, низкие температуры и другие факторы.

Анатоз - повышение осмотического давления в клетках под влиянием внешних факторов или внутренних воздействий, достигается переводом крахмала в сахар или накоплением органических кислот.

Амидазы - ферменты класса гидролаз, катализирующие превращения аминокислот.

Апопласт - совокупность клеточных стенок и межклетников, составляющая 10-15 % объема растительной ткани. Часть этого пространства способна адсорбировать различные ионы и этот объем называется свободным пространством.

Биологические мембраны - структуры, ограничивающие клетки и внутриклеточные органоиды. Основная функция биологических мембран - барьерная, транспортная, регуляторная и каталитическая.

Биоэнергетика - раздел биохимии, изучающий обмен энергии в живых организмах.

Вакуоль - самая большая часть клеточной системы, связанная с мембранами ядра и эндоплазматического ретикулума. Представляет собой резервуар, служащий хранилищем воды с минеральными и органическими веществами, а также накопителем веществ, участвующих в биохимических реакциях.

Гиалоплазма - наименее дифференцированная часть цитоплазмы, в которую погружены органеллы клетки.

Гидролиз - расщепление молекул веществ за счет присоединения молекулы воды.

Гидролазы - ферменты, катализирующие расщепление органических соединений с присоединением по месту разрыва элементов молекул воды.

Глиоксисома - микротельце, содержащее ферменты, осуществляющие превращения жиров в углеводы. Играют важную роль при прорастании семян масличных культур.

Гомеостаз - способность биологических систем противостоять изменениям и сохранять относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды.

Грана - структура внутри хлоропласта, образуемая тилакоидами. Пигменты, участвующие в улавливании световой энергии, а также ферменты, необходимые для световой фазы фотосинтеза, вмонтированы в мембрану тилакоидов.

Дегидрогеназы - ферменты, катализирующие окисление субстрата путем отщепления водорода.

Диктиосома - структурно-функциональная единица комплекса Гольджи.

Диффузия - перемещение диспергированных частиц из зоны с высокой концентрацией в зону с низкой их концентрацией.

Инактивация ферментов - потеря ферментами активности при воздействии неблагоприятными факторами (спирт, ацетон, соли тяжелых металлов и др.).

Катаболизм - совокупность химических реакций, приводящих к распаду сложных соединений с высвобождением энергии.

Киназы (фосфотрансферазы) - ферменты, катализирующие реакции переноса фосфорильного остатка от АТФ на различные субстраты.

Лейкопласты - бесцветные пластиды, являющаяся центром образования крахмала.

Лигазы (синтетазы) - ферменты, катализирующие синтез сложных органических соединений из более простых с использованием энергии АТФ или других макроэргических соединений.

Лизосомы - частицы цитоплазмы в виде пузырьков, окруженных мембраной. Содержат гидролитические ферменты, осуществляют внутриклеточное пищеварение.

Макроэргические соединения - органические соединения клеток, содержащие богатые энергией связи. В растениях образуются при фотосинтезе (фотосинтетическое фосфорилирование) и дыхании (окислительное фосфорилирование). К макроэргическим соединениям относятся АТФ, АДФ, ГДФ, ГТФ и другие.

Метаболизм - совокупность всех химических процессов, протекающих в живой клетке или организме.

Митохондрии - органоиды клетки, обеспечивающие организм энергией. Они являются дыхательными центрами клетки.

Нуклеазы - ферменты, катализирующие распад нуклеиновых кислот.

Оксидазы - ферменты класса оксидоредуктаз, катализирующие окислительно-восстановительные реакции, акцепторами водорода в которых служит кислород воздуха.

Оксидоредуктазы - ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции.

Органоиды - постоянные клеточные структуры, обеспечивающие выполнение специфических функций в процессе жизнедеятельности клетки.

Осмоз - прохождение растворителя в раствор отделенный от него полупроницаемой мембраной.

Осмотическое давление - избыточное внешнее давление, которое необходимо приложить к раствору, чтобы препятствовать поступлению в него растворителя через полупроницаемую мембрану.

Осмотический потенциал - изменение свободной энергии, или химического потенциала воды, обусловленное растворенным веществом.

Пассивный транспорт - не требующий затрат энергии перенос растворенных веществ через мембрану по концентрационному или электрохимическому градиенту путем диффузии.

Пероксисома - микротельце, осуществляющее обмен гликолевой кислоты, то есть фотодыхание.

Плазмолемма - наружная граница протопласта, прилегающая к клеточной оболочке, состоит из одного слоя молекул липоидов.

Плазмодесмы - цитоплазматические тяжи, проходящие через отверстие в клеточных оболочках и соединяющие живые протопласты соседних клеток.

Плазмолиз - отделение пристеночного слоя цитоплазмы от твердой оболочки растительной клетки.

Пластиды - органоиды растительных клеток. Содержат пигменты, осуществляют синтез и накопление органических веществ. Различают зеленые хлоропласты, желтые, оранжевые или красные хромопласты и бесцветные лейкопласты.

Простетическая группа - ион металла или неорганическая группа, связанные с белковой частью двухкомпонентного фермента и выполняющие функцию его активного центра.

Протопласт - внутреннее содержимое клетки.

Рибосома - органоид клетки, субмикроскопического строения, осуществляющий биосинтез белка.

Симпласт - сеть протоплазмальных нитей, объединяющие протопласты всех клеток в единое целое.

Тонoplast - мембрана, ограничивающая вакуоль растительной клетки.

Трансферазы - ферменты, катализирующие реакции переноса групп и молекулярных остатков от молекул одних органических соединений к другим.

Тургорное давление - давление протоплазмы на оболочку растительной клетки, возникающее за счет поступления в нее воды.

Ферменты - вещества белковой природы, выполняющие роль биологических катализаторов путем ускорения скорости химических реакций.

Хлоропласты - зеленые пластиды растительной клетки, осуществляющие фотосинтез.

Хромопласты - пластиды, содержащая каротиноиды желто-оранжевой окраски.

Цитохромы - переносчики электронов. Их способность к переносу электронов обусловлена тем, что железо простетической группы при присоединении электрона может менять свою валентность.

Эндоплазматическая сеть (эндоплазматический ретикулум) - органоид клетки. Представляет собой систему мелких вакуолей и канальцев, соединенных друг с другом и ограниченных одинарной мембраной. Гладкая (агранулярная) и гранулярная мембраны эндоплазматической сети выполняют функцию синтеза веществ липоидной природы и белков.

Ядро - главный органоид клетки. Химическими компонентами ядра являются белки и нуклеиновые кислоты. Функции ядра заключаются в хранении и передаче наследственной информации, а также в регуляции всей жизнедеятельности клетки. Это достигается главным образом путем последовательной экспрессии и репрессии генов в процессе реализации наследственной программы.

РАЗДЕЛ 2: ВОДООБМЕН РАСТЕНИЙ

План:

1. Содержание и биологическая роль воды в жизни растений. Структура и свойства воды.
2. Формы воды в клетке, их физиологическая роль.
3. Состояние воды в почве и ее доступность растениям.
4. Корневая система как орган поглощения воды.
5. Двигатели и путь водного потока в целостном растении. Корневое давление, его размеры и зависимость от внутренних и внешних условий.
6. Транспирация и ее биологическая роль. Величины, характеризующие транспирацию, их регулирование.
7. Использование параметров водообеспеченности растений.

Рекомендации по изучению:

В жизни растений воде принадлежит исключительная роль. Она определяется основными свойствами воды. В связи с этим проанализируйте зна-

чение воды в соответствии с ее свойствами, обратите внимание на содержание воды в различных тканях и органах растений. При рассмотрении вопроса о поглощении воды растениями необходимо выяснить доступность почвенной влаги растениям. Охарактеризуйте виды почвенной влаги с точки зрения их доступности растениям. Изучите особенности строения корневой системы как органа поглощения воды.

Обратите внимание на термодинамические показатели передвижения воды, в системе почва-растение-атмосфера по градиенту водного потенциала.

Рассмотрите корневое давление как нижний концевой двигатель водного тока, его размеры и зависимость от внутренних и внешних условий. Изучите теории возникновения корневого давления, а также явления, свидетельствующие о нагнетающей деятельности корневой системы. Выясните роль промежуточных двигателей в поднятии воды по растению.

Выясните биологическое значение транспирации в жизни растений. Необходимо ознакомиться с гипотезами, объясняющими механизм открывания и закрывания устьиц. Проанализируйте влияние факторов среды на интенсивность расхождения воды растениями через транспирацию и возможность ее регулирования. Ознакомьтесь с методами учета транспирации, изучите показатели, характеризующие транспирацию (коэффициент транспирации, продуктивность транспирации, коэффициент водопотребления и др.), а также возможность их использования в практике растениеводства. Определите возможность и целесообразность применения антитранспирантов.

Выясните понятие о водном балансе, каково влияние водного дефицита на физиологические процессы. Особенности водообмена у растений различных экологических групп.

РАБОТА 6. ФОРМЫ ВОДЫ В РАСТЕНИЯХ

По состоянию воду принято делить на свободную и связанную. Свободная вода в растительных тканях не удерживается какими-либо силами, свободно передвигается по растению и является расходуемой частью воды. Она участвует в процессах превращения и передвижения веществ.

Испаряясь в ходе транспирации, свободная вода способствует стабилизации температурного режима растений.

Связанная вода удерживается осмотическими и коллоидными силами. Коллоидно-связанная вода обуславливает агрегативную устойчивость коллоидов, способствует преодолению растениями различных неблагоприятных факторов окружающей среды.

Ход работы. У листьев определенного яруса пробочным сверлом берут по 20 высечек на каждом листе с площадью $0,5 \text{ см}^2$. 100 таких высечек помещают по 10 штук в бюксы с 3 мл раствора сахарозы (предварительно взвешенные) и закрывают плотно крышкой, а 100 высечек по 10 штук помещают в пустые взвешенные сухие бюксы и взвешивают. Бюксы с высечками без

сахарозы помещают в сушильный шкаф при температуре – 100–105⁰С, затем определяют общее содержание воды в листьях.

Бюксы с высечками и сахарозой оставляют на 6 часов при комнатной температуре. Затем с помощью рефрактометра определяют % сахарозы в бюксах с высечками и в исходном растворе. Увеличение веса опытного раствора сахарозы в результате отнятия воды от высечек показывает наличие свободной воды в листьях.

Пример расчёта: % сахарозы исходного раствора 69,9%

% сахарозы опытного раствора (бюксы с высечками) 63,0%

Вес 3 мл исходного раствора сахарозы – 3,8992 гр.

Вес сахарозы в исходном растворе = $\frac{3,8992 \cdot 69,9}{100} = 2,7138$

Вес опытного раствора = $\frac{2,7138 \cdot 100}{63} = 4,3077$

Увеличение веса опытного раствора 4,3077 – 3,8992 = 0,4085

Вес сырых высечек – 0,6718 г

% свободной воды на сырой вес = $\frac{0,4085 \cdot 100}{0,6718} = 60,8\%$

Содержание общей воды по прямому определению в термостате при расчете на сырой вес – 82,5%. Полученные данные записывают в виде следующих таблиц:

1. Определение общей воды в листьях

Таблица 1

| Растение | Вес бюкса, г | | Вес сырых высечек, г | Вес бюкса с высечками после высушивания, г | Вес высеч. после высуш. г | Кол-во исп. воды, г | % общей воды |
|----------|--------------|-------------|----------------------|--|---------------------------|---------------------|--------------|
| | пустого | с высечками | | | | | |
| | | | | | | | |

2. Определение свободной воды в листьях

Таблица 2

| Растение | Вес бюкса, г | | | Вес 3 мл сахарозы, г | Вес высечек, г | Концентрация раств. сахарозы, % | | Кол-во свободной воды, г | % свободной воды |
|----------|--------------|-----------------|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------|-------------|--------------------------|------------------|
| | пустого | с 3 мл сахаразы | с сахарозой и высечками | | | исходная | после опыта | | |
| | | | | | | | | | |

3. Определение связанной воды = общая вода% – свободная вода%

Если же определения произвести 2 раза в день, (утром и днем) то по

разности между определениями можно судить о наличии водного дефицита.

Материалы и оборудование: Раствор сахарозы 70%; рефрактометр; бюксы; весы и разновесы; сушильный шкаф; пипетки на 3 мл; пробочные сверла.

РАБОТА 7. СКОРОСТЬ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ВОДЫ ПО РАСТЕНИЮ

Передвижение воды является важным звеном общего водообмена. Здесь участвуют нижние и верхние двигатели водного тока, представленные корневым давлением и присасывающей силой листьев.

Передвижение водного тока по растению осуществляется как по живым клеткам (корня и листа), так и по проводящим сосудам, лишенным протоплазмы. Движение воды по этим путям происходит по различным закономерностям и поэтому существенно различается и по скорости.

Для изучения скорости передвижения воды используют растения фасоли (высевают за 2–3 недели до опыта в ящики или горшки) или растения глухой крапивы (летом).

Ход работы. В пробирку наливают 1–1,5 см² воды, предварительно окрашенной небольшим количеством эозина. Затем берут горшок с растениями фасоли, выкапывают растение с корнями и корни погружают в воду.

Под водой острой бритвой отрезают корни, обрезанный стебель придерживают в воде несколько секунд, затем быстро вставляют срезанной частью в пробирку с окрашенной эозином водой и засекают время. Окрашенный раствор под действием всасывающей силы листьев будет подниматься по сосудам, окрашивая их.

Через 2–5 мин. растение быстро вынимают из пробирки, обрывают листья и лезвием разрезают стебель на отрезки длиной 2–3 см. Следить, чтобы отрезки не сдвинуть со своих мест и не спутать их очередность.

Из каждого отрезка с одного его конца делают поперечный тонкий срез и кладут на предметное стекло, располагая срезы в таком же порядке, как лежат отрезки. После этого срезы рассматривают под микроскопом.

Необходимо установить, на какую высоту поднялась вода за время опыта. Окрашенная вода на своем пути окрашивает стенки сосудов, что очень хорошо просматривается под микроскопом. Как только нашли срез, где сосуды еще не окрашены, определяют высоту поднятия воды за время опыта и вычисляют скорость передвижения воды за 1 час.

Чтобы показать скорость движения воды по живым клеткам корня, такой же опыт следует проделать с растением фасоли с корневой системой.

Для этого берут широкий сосуд, наливают окрашенный эозином раствор, в который опускают растение так, чтобы только нижняя часть корня была погружена в раствор. Растение прикрепляют на штативе и оставляют на 30 мин, затем проделывают все то же, что и в первом случае, разрезается стержневой корень и стебель на отрезки. Сравнить скорость движения воды

по стеблю и корню. Результаты наблюдений записывают в виде таблицы:

| Объекты | Время в минутах | | | | | | Скорость движения воды, м/час |
|---------|-------------------|---|---|---|---|---|-------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| | поднятие воды, см | | | | | | |
| Стебель | | | | | | – | |
| Корень | – | – | – | – | – | | |

Материалы и оборудование: Растения фасоли (25–30 дневные); раствор эозина; лезвия; микроскопы; стекла предметные; стекла (5×15 см); штативы с пробирками; чашки Петри.

РАБОТА 8. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПИРАЦИИ У СРЕЗАННЫХ ЛИСТЬЕВ ПРИ ПОМОЩИ ТОРЗИОННЫХ ВЕСОВ (по ИВАНОВУ)

Данный метод основан на учете убыли веса транспирирующего листа за короткие промежутки времени с использованием торсионных весов. Интервал между взвешиваниями не должен превышать 10 минут, так как при более продолжительной экспозиции интенсивность транспирации снижается.

Ход работы. Прежде чем приступить к взвешиванию следует обратиться к преподавателю за консультацией по пользованию торсионными весами. С опытного растения отрезают лист без черешка и быстро взвешивают, надевают его на крючок, находящийся сбоку в закрытой камере и быстро взвешивают. Затем лист подвешивают на подставку. Через 10 мин взвешивание повторяют, определяют площадь листа и производят дополнительный расчёт интенсивности транспирации. Если масса взятого листа окажется больше максимальной нагрузки весов, то следует отрезать часть листовой пластинки ножницами.

Для определения площади листа на технических весах взвешивают квадрат бумаги известной площади (100 см²), на который накладывают исследуемый лист, обводят карандашом листовую пластинку, вырезают полученную бумажную фигуру и взвешивают. Площадь опытного листа рассчитывают по пропорции: $a : b = c : x$, где a – масса квадрата; b – масса бумажной фигуры; c – площадь квадрата; x – площадь листа.

Кроме того, нужно рассчитать интенсивность транспирации на один грамм первоначальной сырой массы листа по формуле:

$$\frac{(M_1 - M_2) \cdot 60}{A \cdot t}, \text{ где}$$

M_1 – масса листа до экспозиции, мг;

M_2 – масса листа после экспозиции, мг;

A – исходная масса листа, г;

t – время экспозиции, мин;

60 – расчетное время – 1 час, выраженный в минутах.

Результаты исследования записывают по схеме:

| Объект | Время взвешивания | | Экспозиция | Масса, г | | Испарено воды, г | Площадь, см ² |
|--------|-------------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------------------|
| | 1 ^{го} | 2 ^{го} | | 1 ^{го} | 2 ^{го} | | |
| Лист | | | | | | | |

Материалы и оборудование: Листья растений; торсионные весы; ножницы; подставка для взвешивания листьев; бумага.

РАБОТА 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПИРАЦИИ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ТРАНСПИРАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ВЕСОВ

Определение интенсивности транспирации в основном осуществляется весовым методом, основанным на учете потери воды листьями в процессе испарения. Для этого чаще пользуются срезанными побегами или листьями.

Ход работы. Лист определенного яруса срезают вместе с черешком. Нижний конец черешка подрезают под водой для сохранения целостности водных нитей в проводящих сосудах. Затем черешок листа погружают в транспирационный прибор (пробирку с водой, специально смонтированной для взвешивания на технических весах). Пространство вокруг черешка закрывают ватой для устранения физического испарения с поверхности воды. Пробирку с водой и листом взвешивают на технических весах и оставляют на 1 час. По истечении времени экспозиции взвешивание повторяют. По разности с первоначальной массой устанавливают количество воды, которое испарил лист за время опыта.

На основании полученных результатов рассчитывают интенсивность транспирации, т.е. количество воды в граммах, которое испаряет единица листовой поверхности (1 м²) в единицу времени (1 час).

Для определения площади листа, используемого в опыте применяют весовой метод. Вырезают из бумаги квадрат в 100 см² (10×10) и взвешивают. На другой листок такой же плотности бумаги кладут исследуемый лист, обводят контур, вырезают его и также взвешивают. Путем составления пропорции из полученных данных находят площадь листа. Масса квадрата бумаги в 100 см² в граммах обозначают A , а контур листа неизвестной площади B , а искомую площадь листа находят по формуле:

$$S = \frac{100 \cdot B}{A} = \text{см}^2$$

Интенсивность транспирации рассчитывают по формуле:

$$I_m = \frac{(M_1 - M_2) \cdot 10000 \cdot 60}{S \cdot t} = (\text{г} \cdot \text{м}^2 / \text{час})$$

где M_1 – масса прибора с листом до опыта, г

M_2 – масса прибора с листом после опыта, г

S – площадь листа растения, см^2

t – продолжительность опыта, мин

10000 – коэффициент пересчета см^2 в м^2

60 – расчетное время – 1 час, выраженный в минутах.

Отношение интенсивности транспирации с поверхности листа к интенсивности испарения воды со свободной водной поверхности называется относительной транспирацией. Для ее определения в чашку Петри наливают воду, взвешивают и ставят в те же условия, в которых определяют интенсивность транспирации. Через 1 час повторно взвешивают. Убыль в массе указывает количество испарившейся воды.

Расчет интенсивности испарения производится по формуле:

$$E = \frac{(M_1 - M_2) \cdot 10000 \cdot 60}{S \cdot t},$$

где M_1 – масса чашки Петри с водой до опыта, г

M_2 – масса чашки Петри с водой после опыта, г

S – площадь чашки Петри (πr^2), см^2

t – продолжительность опыта, мин

10000 – коэффициент пересчета см^2 в м^2

60 – расчетное время – 1 час, выраженный в минутах

Относительная транспирация рассчитывается по формуле:

$$O_T = \frac{I_m}{E}$$

Материалы и оборудование: Транспирационный прибор, листья растений; весы технические; чашки Петри; ножницы; бумага (10×10); линейка; карандаш; вода дистиллированная; вата.

РАБОТА 10. ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В ПОЛИВЕ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ КЛЕТОЧНОГО СОКА ЛИСТЬЕВ

Концентрация клеточного сока тесно связана с влажностью почвы. По мере уменьшения запасов почвенной влаги снижается оводненность тканей листьев и возрастает концентрация клеточного сока. Эту связь можно использовать для определения времени вегетационного полива растений. В условиях конкретного региона для каждой сельскохозяйственной культуры устанавливаются критические показатели концентрации клеточного сока, при которых следует проводить полив. Например, для поддержания влажности почвы на уровне 80% наименьшей влагоемкости (НВ) томаты в условиях умеренного увлажнения следует поливать при концентрации клеточного сока не выше 6%.

Ход работы. Определение концентрации клеточного сока проводится с

помощью рефрактометра. Для анализа берут наиболее молодые, но вполне сформировавшиеся листья.

Рефрактометр предварительно устанавливают на нуль, нанося на призму дистиллированную воду. Листья заворачивают в марлю и с помощью ручного пресса выжимают из них сок. Затем пипеткой по каплям наносят сок на нижнюю измерительную призму рефрактометра так, чтобы вся она была покрыта соком.

Опустив откидную призму, обращают прибор к свету и через окуляр зрительной трубы устанавливают показания рефрактометра. Для этого наводят шкалу на резкость и определяют концентрацию клеточного сока в процентах по верхней границе видимой шкалы, то есть по границе светотени на шкале рефрактометра.

Рефрактометр настроен для работы при температуре 20⁰С. Поэтому следует вносить поправку на температуру, при которой ведут определение (табл.11).

Определение повторяют 4 раза во вновь сорванных листьях.

Иногда сок листьев отдельных культур бывает мутным, что мешает точному определению концентрации клеточного сока. В таком случае пробы листьев в закрытых пробками пробирках подогревают на спиртовке или кипящей водяной бане в течение 1–3 мин, чтобы осадить белки.

Поправки к содержанию сухих веществ, найденных при температурах 21–28⁰ и 19–12⁰С

| Температура, при которой поправку вычитают | Поправки к % сухих веществ, % | | | | | Температура, при которой поправку прибавляют |
|--|-------------------------------|------|------|------|------|--|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | |
| 12 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 28 |
| 13 | 0,47 | 0,48 | 0,49 | 0,50 | 0,51 | 27 |
| 14 | 0,40 | 0,42 | 0,42 | 0,43 | 0,44 | 26 |
| 15 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,36 | 0,37 | 25 |
| 16 | 0,26 | 0,27 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 24 |
| 17 | 0,20 | 0,21 | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 23 |
| 18 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 22 |
| 19 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 21 |

Материалы и оборудование: Листья растений; ручной пресс для выжимания сока из листьев; рефрактометр; марля.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Содержание воды в клетках, тканях и органах.

2. Состояние воды в тканях и ее физиологическая роль. Свойства воды, определяющие ее роль в жизни растений.
3. Верхний и нижний двигатели потока воды в растении.
4. Движение воды в системе- почва- растение- атмосфера по градиенту водного потенциала.
5. Корневая система как орган поглощения воды. Зависимость поглощения воды от различных факторов.
6. Движение воды по живым клеткам коры корня.
7. Корневое давление. Гуттация и плач растений.
8. Состав пасоки в ранне-весенний и летний периоды года.
9. Возможные механизмы корневого давления.
10. Формы воды в почве и их доступность растениям. Физиологическая сухость почвы.
11. Коэффициент завядания и его зависимость от свойств почвы и биологических особенностей растений.
12. Размеры и роль транспирации в жизни растений.
13. Устьичная транспирации, механизмы открывания и закрывания устьичных клеток.
13. Внеустьичная (кутикулярная) транспирация.
14. Водный дефицит растений и его влияние на физиологические процессы, и продуктивность культур.
15. Величины, характеризующие транспирацию. Способы повышения продуктивности транспирации.
16. Методы измерения транспирации.
17. Особенности водообмена больного растения.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Антитранспиранты - вещества, которые при опрыскивании ими растений уменьшают транспирацию. По механизму действия их делят на две группы: вещества, вызывающие закрывание устьиц и вещества, которые образуют на поверхности листьев пленки, создавая механическое препятствие для испарения воды.

К первой группе относится абсцизовая кислота и ее производные, которые не оказывают токсического влияния на растения и при нанесении слабых растворов (10^{-3} - 10^{-5} М) уменьшается тургор замыкающих клеток и устьица закрываются.

Ко второй группе антитранспирантов, образующих на поверхности листьев моно - и полимолекулярные прозрачные и эластичные пленки, ограничивающие испарение воды, относятся полипропилен, полистирол, полиакриламид, натуральный или искусственный латекс.

Апопластный путь - передвижение воды по системе клеточных стенок и межклетника.

Аридная растительность - растительность засушливых местообитаний, которая испытывает недостаток влаги в течение большей части вегетационного периода.

Влажность устойчивого завядания растений - влажность почвы, при которой появляются признаки устойчивого завядания растений. Выражается в процентах от массы сухой почвы.

Водный баланс растения - соотношение между поступлением и расходом воды.

Водный дефицит в растениях - нарушение водного баланса вследствие преобладания расхода воды над ее поступлением, которое обычно наблюдается в полуденные часы летних дней и сопровождается завяданием.

Водный потенциал - способность воды диффундировать, испаряться или поглощаться. Водный потенциал, являясь фактически мерой активности воды определяет возможные направление ее транспорта.

Водный режим растения - совокупность процессов поглощения, усвоения и выделения воды растениями.

Водный стресс - снижение содержания воды в клетке ниже оптимального уровня, вызывающее нарушения метаболизма.

Водопотребление сельскохозяйственных культур - расход воды полем за период вегетации растений; выражается в м³/га или мм. Водопотребление складывается из расхода воды на поверхности почвы.

Гигрофиты - растения влажных местообитаний. К ним относятся травянистые растения влажных тропических лесов, а также болотные растения.

Гидатоды - водяные устьица, обеспечивающие выделение из растения капельно-жидкой воды и солей (гуттацию).

Гидроактивные движения устьиц - закрывание устьиц вследствие сильной потери воды листом.

Гидропассивные движения устьиц - закрывание устьиц вследствие насыщения клеток листа водой.

Гидрофиты - водные растения, постоянно живущие в воде.

Гомеостатическая вода - пороговое содержание в тканях воды, ниже которого растение уже не в состоянии поддерживать основные физиологические функции, повреждается и погибает.

Гравитационная вода - содержится в некапиллярных пространствах, заполняя поры после дождя и полива. Она передвигается под действием силы тяжести, легко стекает вниз, поэтому является недолговременной легкодоступной для растений воды.

Гуттация - выделение капельно-жидкой влаги растениями в условиях затрудненного испарения.

Завядание - нарушение водного баланса, которое проявляется в потере тургора растением, проявляется в жестких условиях жаркого летнего дня при недостатке воды в почве.

Интенсивность транспирации - количество воды, испаряемое растением с единицы листовой поверхности в единицу времени. Для большинства сельскохозяйственных растений интенсивность транспирации составляет днем 15-250, ночью -1-20 г/(м² ч).

Капиллярная вода - часть доступной для растения влаги, которая находится в верхней части почвы и удерживается силами, сравнительно легко преодолеваемыми корнями.

Корневое давление - сила, обеспечивающая движение воды в живых клетках и выделение ее в проводящие сосуды, выполняет роль нижнего концевого двигателя водного тока по растению.

Коэффициент водопотребления - количество воды, израсходованной за вегетационный период на 1 т продукции (например, на 1 т зерна для зерновых культур, 1 т плодов и т.д.).

Мезофиты - растения, обитающие в условиях достаточного увлажнения. К ним относятся травянистые растения, кустарники и деревья, а также большинство культурных растений.

Относительная транспирация - отношение испарения воды листом к испарению с такой же по величине свободной водной поверхности, составляет 0,5-0,8 и может приближаться к единице.

Парообразная вода - вода, представленная в почве в форме водяного пара, передвигающаяся по градиенту упругости или с током воздуха.

«Плач» растений - выделение пасоки (ксилемной жидкости) из срезанного или поврежденного стебля под действием корневого давления. Проявляется при весеннем сокодвижении.

Продуктивность транспирации - количество созданного растением сухого вещества на 1 л транспирированной воды. В зависимости от условий выращивания и видовых особенностей она составляет 2-8, чаще 3-5г/л.

Связанная вода (в растении) - вода с измененными физико-химическими свойствами вследствие взаимодействия с неводными компонентами.

Транспирационный коэффициент - количество воды, затраченной растением на построение сухого вещества, колеблется от 100 до 500.

Транспирация - процесс испарения воды растением. Основным органом транспирации является лист. Различают транспирацию устьичную и кутикулярную..

Эвапотранспирация - суммарный расход воды за вегетацию 1 га посева или насаждения (испарение с поверхности почвы (эвапорация) и транспирация).

РАЗДЕЛ 3. ФОТОСИНТЕЗ

План:

1. Общая характеристика и роль фотосинтеза в природе
2. Основные этапы развития представлений о фотосинтезе
3. Лист как орган фотосинтеза. Хлоропласты, их состав и строение
4. Пигменты хлоропластов, их химические и оптические свойства
5. Биофизика и биохимия фотосинтеза
6. Системы регуляции фотосинтеза
7. Зависимость фотосинтеза от внутренних и внешних факторов
8. Посевы и насаждения как фотосинтезирующие системы

Рекомендации по изучению:

Прежде всего необходимо представить, что фотосинтез является основной биоэнергетики на нашей планете, выясните физико-химическую сущность этого процесса и проанализируйте его значение. Изучите главные этапы развития представлений о фотосинтезе. Рассмотрите особенности строения листа как органа фотосинтеза и пластидного аппарата клетки. Изучите химический состав и строение хлоропластов. Проанализируйте особенности строения, физические и химические свойства пигментов. Особое внимание следует обратить на работы К.А. Тимирязева по фотосинтезу.

Необходимо представить фотосинтез как серию световых и темновых реакций.

Изучите основные процессы, протекающие в световую фазу фотосинтеза. Рассмотрите реакции фотолиза воды и фотосинтетического фосфорилирования. Проанализируйте роль воды как основного донора водорода в реакциях восстановления CO_2 .

Ознакомьтесь с метаболизмом углерода в темновой фазе фотосинтеза (цикл Кальвина). Проследите разнообразие продуктов фотосинтеза.

Следует изучить особенности фотосинтеза у C_3 - и C_4 - растений, а также по типу толстянковых (САМ -метаболизм).

Проанализируйте зависимость интенсивности фотосинтеза от внутренних и внешних факторов. Отметьте возможные пути повышения фотосинтетической активности сельскохозяйственных культур. Изучите соотношение между скоростью ассимиляции углекислоты и активностью отдельных звеньев фотосинтеза, регуляцию фотосинтеза на уровне органа и целого растения.

Следует знать, что посевы и насаждения представляют собой фотосинтезирующие системы. Изучите параметры оценки фитоценозов: фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность, индекс листовой поверхности, КПД фотосинтеза, биологическая и хозяйственная продуктивность. Определите основные пути формирования посевов высокой продуктивности, использование их при программировании урожая.

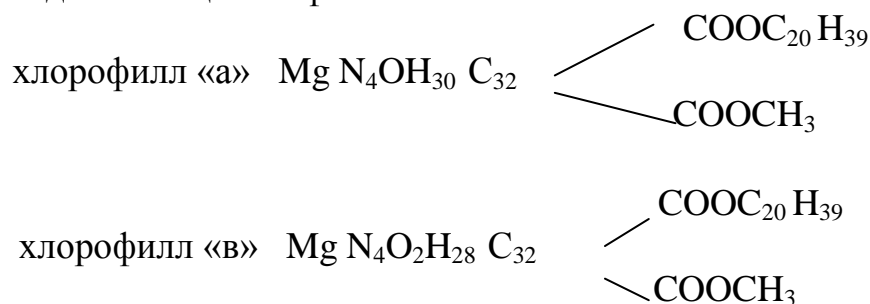
Важно знать физиологические основы светокультуры растений, выращивание растений без естественного облучения, требования к оптимальному световому режиму в защищенном грунте.

РАБОТА 11. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИГМЕНТОВ ЛИСТА

В хлоропластах, являющихся центрами фотосинтеза, содержится два типа пигментов: зеленые – хлорофиллы "а" и "в" и желтые – каротиноиды. Основным функциональным пигментом является хлорофилл "а", выполняющий роль донора энергии для фотосинтетических реакций. Остальные пигменты лишь передают поглощенную ими энергию хлорофиллу "а".

По химической природе хлорофиллы "а" и "в" являются сложными эфирами дикарбоновой кислоты хлорофиллина и двух спиртов – метилового (СН₃ОН) и фитола (С₂₀Н₃₉ОН).

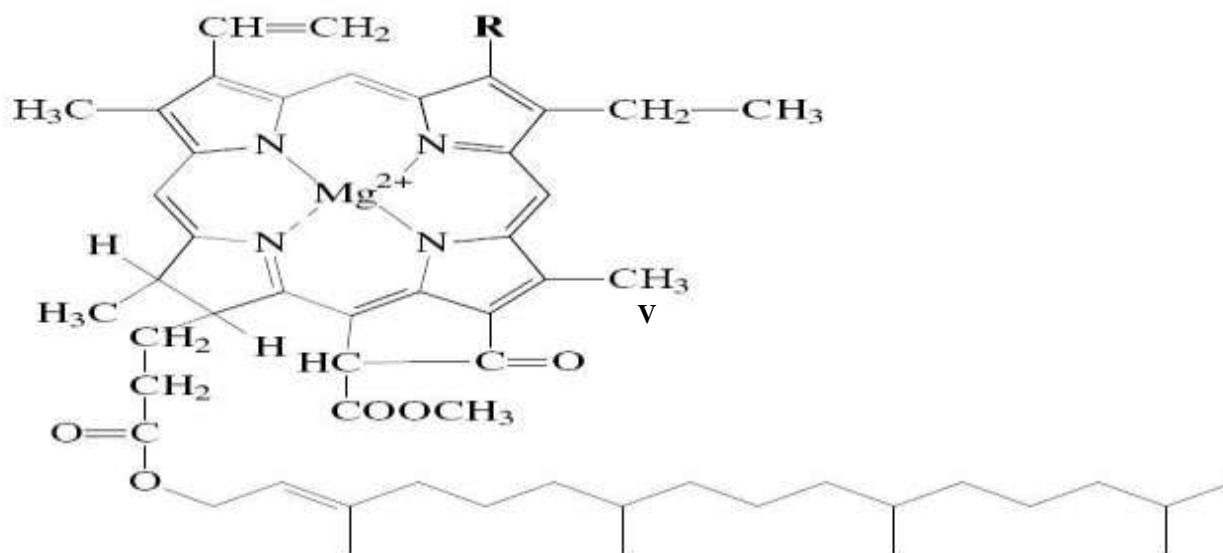
Хлорофилл содержит порфириновое ядро, состоящее из четырех пиррольных колец, соединенных друг с другом метиновыми мостиками = СН –. В центре порфиринового ядра расположен атом магния, соединенный с атомами азота пиррольных колец. Кроме того, в ядре молекулы хлорофилла имеется пятое кольцо – циклопентановое, содержащее карбанильную группу. Четыре атома азота придают ядру гидрофильный характер. Молекула хлорофилла включает гидрофильную "головку" и липофильный "хвост", представленный длинной цепью фитола.



Наличие гидрофильных и гидрофобных частей обеспечивает пространственное фиксирование молекулы хлорофилла в ламеллах гран. Система конъюгированных двойных связей порфирина и атом магния определяют фотохимическую активность пигмента.

Каротиноиды являются широко распространенной группой растительных пигментов. Физиологически наиболее активными компонентами этой обширной группы пигментов хлоропластов листьев зеленых растений являются каротин (С₄₀Н₅₆) и ксантофилл (С₄₀Н₅₆О₂). Они представляют собой сопряженные полиеновые соединения с 40 атомами углерода в цепи, которые можно рассматривать как производные изопрена (С₅Н₈) и различаются по количеству входящих в молекулу изопреновых остатков.

Структурная формула хлорофилла "а" имеет следующий вид:



Хлорофилл а: R = CH₃
 Хлорофилл b: R = CHO

Получение спиртового раствора (вытяжки) пигментов

Пигменты хлоропластов не растворимы в воде, но растворимы в полярных растворителях (этиловом спирте, ацетоне и др.). Последние разрушают связь хлорофиллов и ксантофиллов с липопротеидами пластид и тем самым обеспечивают их полное экстрагирование из листьев.

Ход работы. Для получения вытяжки пигментов используют как сырой, так и сухой материал. В случае использования сухих листьев их предварительно обрабатывают горячей водой, чтобы облегчить последующее извлечение пигментов.

При этом сухие листья крапивы помещают в колбу и заливают кипятком. Затем воду сливают, в колбу приливают 100 мл этилового спирта, закрывают ее корковой пробкой с обратным холодильником и кипятят на водяной бане в течение пяти минут. Содержимое колбы охлаждают и раствор сливают в другую колбу. С полученным экстрактом проводят реакции по изучению свойств пигментов.

Для получения вытяжки пигментов можно использовать и другой вариант: сухие или свежие листья измельчают ножницами и растирают в ступке, добавив небольшое количество CaCO₃ (для нейтрализации кислот клеточного сока) и немного чистого кварцевого песка. К растертой массе приливают чистый этиловый спирт и осторожно продолжают растирать, пока спирт не окрасится в интенсивно зеленый цвет. Полученный темно-зеленый раствор сливают по палочке осторожно в воронку с сухим фильтром. Работа проводится только в сухой посуде. Полученный спиртовой экстракт содержит хлорофиллы и каротиноиды.

Разделение пигментов по Краусу

Метод основан на различной растворимости пигментов листа в спирте и бензине. Эти растворители при сливании не смешиваются и образуют две фазы – верхнюю бензиновую, и нижнюю спиртовую, благодаря чему и про-

исходит разделение пигментов смеси.

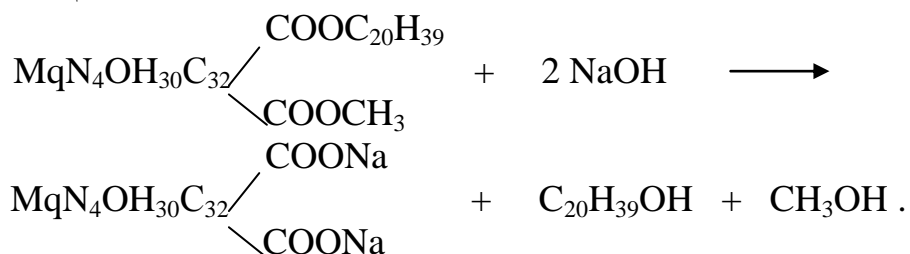
Ход работы. В сухую пробирку наливают 2–3 мл спиртовой вытяжки пигментов и добавляют несколько больший объем бензина и 2–3 капли дистиллированной воды (чтобы спирт не смешивался с бензином). Энергично взбалтывают содержимое пробирки в течение 2–3 минут, а затем дают отстояться. После того, как жидкость отстоится, в пробирке образуется два слоя. Бензин, более легкий, будет вверху, а спирт внизу. По мере расслоения бензиновый слой будет окрашиваться в зеленый цвет из-за лучшей растворимости в нем хлорофиллов. Ксантофилл остается в спиртовом слое, придавая ему золотисто-желтую окраску. В бензиновый слой, кроме хлорофиллов, переходит и каротин, но его окраска маскируется хлорофиллом.

Если окраска пигментов будет недостаточно четкой (оба слоя окрашены в зеленый цвет), то необходимо добавить еще немного бензина и продолжать взбалтывание. При избытке воды возможно помутнение верхнего слоя, что можно устранить прибавлением спирта.

Необходимо сделать рисунок и отметить окраску спиртового и бензинового слоев, а в выводах объяснить различную растворимость пигментов в спирте и бензине.

Омыление хлорофилла щелочью

Обрабатывая хлорофилл щелочью, можно вызвать омыление эфирных групп, т.е. отщепление остатков метилового спирта и фитола. Образующаяся при этом соль хлорофилиновой кислоты сохраняет зеленый цвет. Объясняется это тем, что при омылении не затрагивается ядро молекулы хлорофилла, содержащее магний:



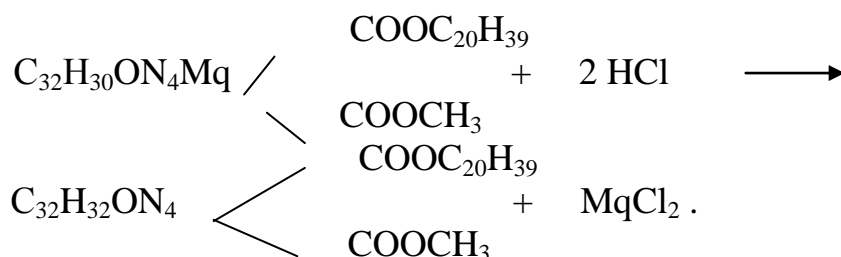
Ход работы. В пробирку с 2–3 мл спиртового раствора пигментов прибавляют кусочек едкого калия и резко встряхивают. Затем добавляют равный объем бензина и несколько капель воды для лучшего разделения смеси. Содержимое пробирки встряхивают и дают ему отстояться. Происходит омыление хлорофилла и разделение слоев. Вверху будет желтый – бензиновый, содержащий каротин, а внизу – зеленый, содержащий соль хлорофилиновой кислоты и ксантофилл, а также свободные спирты – CH_3OH , $\text{C}_{20}\text{H}_{39}\text{OH}$.

По окончании опыта зарисовывают окраску слоев, указав распределение пигментов.

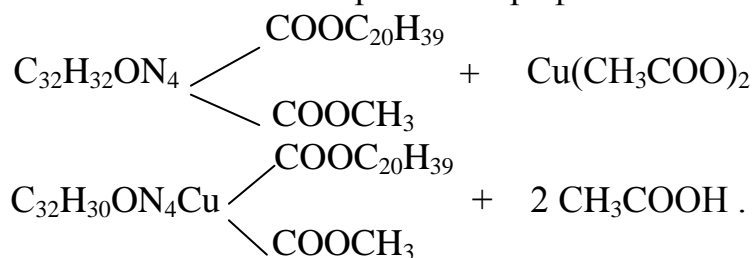
Получение феофетина и обратное замещение водорода атомом металла

Хлорофилл относится к магний-порфиринам. Атом магния сравнительно слабо удерживается в ядре и при осторожном воздействии сильных кислот (HCl) легко замещается двумя атомами водорода с образованием фе-

офетина бурого цвета:



Если на феофетин подействовать солями меди, цинка или ртути, то вместо двух атомов водорода в ядро входит соответствующий металл и продукты реакции окрашиваются в зеленый цвет. Однако полученная окраска несколько отличается от окраски хлорофилла:



Ход работы. В две пробирки берут по 2–3 мл спиртовой вытяжки пигментов и добавляют по 2–3 капли 10% соляной кислоты, встряхивают и наблюдают за изменением окраски. Зеленая окраска сменяется на бурую, когда магний в молекуле хлорофилла вытесняется двумя атомами водорода. Одну пробирку с феофетином оставляют для контроля, а во вторую вносят несколько кристаллов ацетата меди и нагревают раствор на спиртовке до кипения.

Постепенно бурая окраска исчезает и восстанавливается зеленый цвет в результате образования хлорофилла подобного производного меди.

Зарисовывают окраску феофетина и медь производного хлорофилла.

Материалы и оборудование: Сухие или свежие листья; этиловый спирт; бензин; NaOH; 10% раствор соляной кислоты в капельнице; ацетат меди; кварцевый песок; CaCO₃; ступка с пестиком; штативы с пробирками; спиртовки; держалка для пробирок; спички; цветные карандаши.

РАБОТА 12. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИГМЕНТОВ

Получение спектров поглощения хлорофилла в растворах

Для процесса фотосинтеза нужен свет, который является источником энергии, необходимой зеленым растениям для синтеза органических веществ из CO₂ и H₂O. При этом световая энергия должна быть поглощена пигментами.

Пигменты поглощают свет в пределах видимой части спектра (400–700 нм), благодаря чему эта область излучения называется фотосинтетически ак-

тивной радиацией (ФАР). Причем пигменты поглощают видимый свет не полностью, а избирательно, т.е. каждый имеет свой характерный спектр поглощения.

В избирательном поглощении света хлорофиллом можно убедиться, пропуская белый свет через раствор хлорофилла, а затем разлагая его при помощи призмы. При этом отдельные участки спектра окажутся поглощенными и на их месте будут видны темные полосы, другие будут проходить в ослабленном в различной мере виде. Полученный спектр называется спектром поглощения. Так, в спектре поглощения хлорофиллов наиболее интенсивное поглощение обнаруживается в красной части спектра (длина волны 650–680 нм), а второе – в сине-фиолетовой части (400–470 нм). Минимум поглощения лежит в зоне зеленых лучей и крайних синих. Этой комбинацией лучей и объясняется зеленая окраска пигментов.

Каротин и ксантофиллы поглощают свет только в области сине-фиолетовых лучей (430–450 нм).

В живом листе максимум поглощения хлорофиллом в красной части оказывается несколько сдвинутым в длинноволновую сторону (от 670 до 690 нм). Аналогичное смещение в сторону длинноволновой части испытывает и синий максимум. Эти различия обусловлены тем, что в живом листе хлорофилл находится в коллоидном состоянии и тесно связан с белково-липидной стромой хлоропласта, а в спиртовом растворе эта связь нарушена.

Ход работы. Для установления спектра поглощения пигментов используют спектроскоп. Спектроскоп устанавливают к источнику света так, чтобы все области спектра имели одинаковую яркость. Перед щелью спектроскопа устанавливают пробирку со спиртовой вытяжкой листьев и определяют положение темных полос.

Ширина полос поглощения зависит от концентрации пигмента или толщины слоя его раствора. Для наблюдения спектров поглощения растворов с разной концентрацией хлорофилла вытяжку разбавляют спиртом в отношениях 1:1, 1:3, 1:5 и 1:15 и исследуют оптические свойства полученных растворов. По окончании опыта делают заключение о зависимости спектра поглощения хлорофилла от концентрации его раствора и объясняют установленный факт.

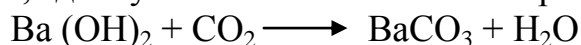
Получение спектра поглощения каротиноидов

Для получения спектра поглощения каротиноидов рассматривают в пробирке бензиновый слой, в который перешли каротин и ксантофилл после омыления хлорофилла. Рассматривают спектр поглощения хлорофилла, а затем зарисовывают оба спектра.

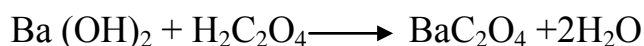
Материалы и оборудование: Спиртовая вытяжка пигментов листа; раствор каротина и ксантофилла (бензиновый слой, полученный после омыления хлорофилла); спектроскоп.

РАБОТА 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА ПО ПОГЛОЩЕНИЮ CO₂ В ТОКЕ ВОЗДУХА

При изучении интенсивности фотосинтеза наиболее распространенными являются методы, при помощи которых учитывают убыль углерода из воздушного пространства, в которое заключено растение. При этом нередко учитывается убыль углекислого газа в токе воздуха, проходящего сквозь камеру с заключенным в нее листом, не отделенным от растения, или даже целым растением. Пройдя камеру, воздух поступает в поглотитель с раствором барита, где и улавливается неассимилированный листом углекислый газ:



Обратное титрование избытка барита осуществляется щавелевой кислотой:



Параллельно проводят контрольное определение, т.е. такой же объем воздуха просасывают через камеру без листа и соответствующий поглотитель. Затем по разности между опытным и контрольным определениями находят количество поглощенной листом углекислоты.

Прибор состоит из листовой камеры, поглотителя CO₂ и аспиратора, служащего для просасывания точного объема воздуха.

Ход работы. Аспиратор наполняют водой до верхнего деления водомерной трубки, плотно закрывают пробкой и присоединяют к каждому из них короткую отводную трубку поглотителя углекислого газа. Длинную трубку поглотителя соединяют с листовой камерой. Затем соединительные шланги зажимают винтовыми зажимами. В одну камеру вводят лист, не отделяя его от растения, вторую камеру оставляют без листа, но помещают рядом с первой на той же высоте.

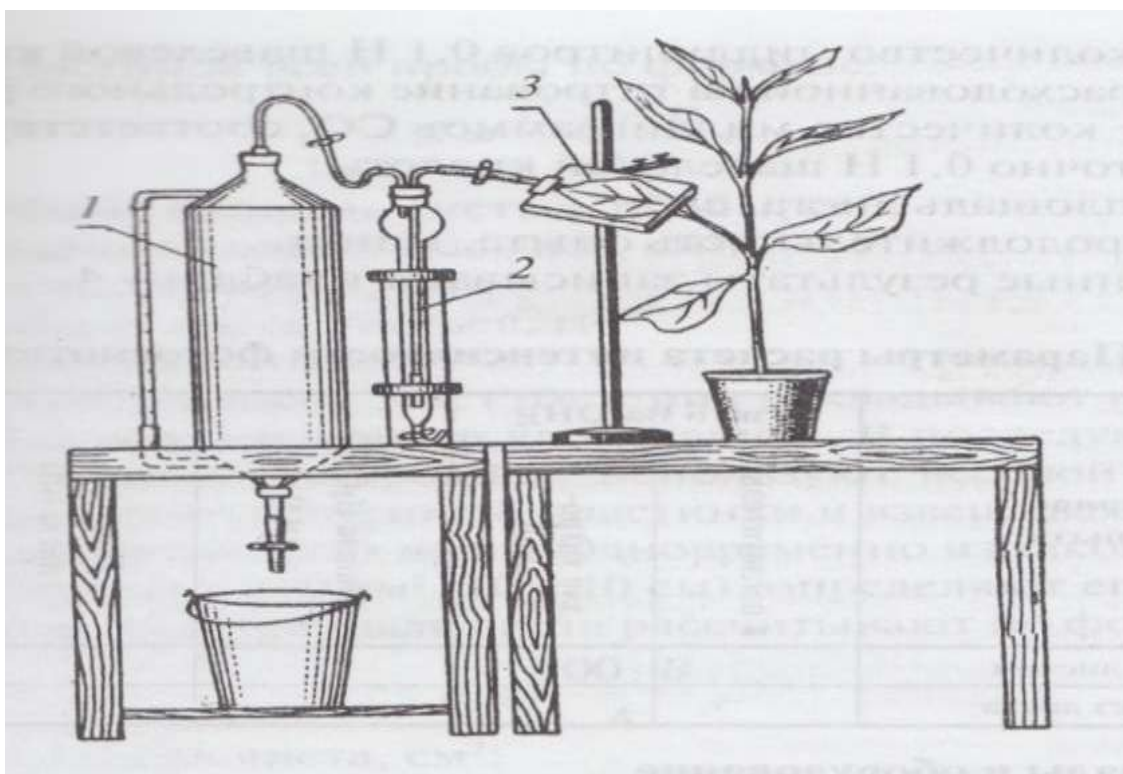


Рис. 1 Установка по определению фотосинтеза по поглощению CO_2 в токе воздуха:

- 1 – камера;
- 2 – поглотитель;
- 3 – аспиратор.

После сборки прибора в каждый поглотитель наливают по 50 мл 0,1 Н. раствора барита и быстро закрывают пробкой. Затем прибор включают в следующей последовательности: сначала освобождают зажимы на соединительных шлангах и, отметив время, осторожно открывают зажимы на спускных трубках аспираторов.

С помощью нижних зажимов добиваются одинаковой скорости просасывания воздуха через опытный и контрольный приборы.

За скоростью истечения воды следят в продолжении всего опыта. Длительность экспозиции 20 мин. По окончании опыта закрывают зажимы, а из отработанного барита с помощью мерного цилиндра берут 10 мл и переносят в коническую колбочку, прибавляют 2 капли фенолфталеина и оттитровывают 0,1 Н. щавелевой кислотой до слабо-розовой окраски, исчезающей от одной капли кислоты.

Интенсивность фотосинтеза находят по формуле:

$$i_{\phi} = \frac{(a - e) \cdot k \cdot 2,2 \cdot V \cdot 100 \cdot 60}{v \cdot S \cdot t} = \text{мг } \text{CO}_2 \cdot \text{дм}^2 / \text{час}$$

где V – общий объем раствора барита в поглотителе, мл;

v – объем раствора барита, взятого для титрования, мл;

a – количество миллилитров 0,1 Н. щавелевой кислоты, израсходованное на титрование опытного раствора;

- v – количество миллилитров 0,1 Н. щавелевой кислоты, израсходованное на титрование контрольного раствора;
 $2,2$ – количество миллиграммов CO_2 соответствующее 1мл точно 0,1 Н. щавелевой кислоты;
 S – площадь листа, см^2 ;
 t – продолжительность опыта, минут.

Полученные результаты записывают в таблицу:

| Объект | Вариант опыта | Взято $\text{Ba}(\text{OH})_2$ (мл) | | Пошло $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (мл) | Площадь листа (м^2) | Интенсивность фотосинтеза ($\text{мг}/\text{дм}^2$ в 1 ч.) |
|--------|------------------|-------------------------------------|----------------|---|--------------------------------|---|
| | | в поглотитель | для титрования | | | |
| | Камера с листом | | | | | |
| | Камера без листа | | | | | |

Материалы и оборудование: Растение (герань и др.); прибор для определения фотосинтеза (камера, поглотитель, aspirator); 0,1 н. раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$; 0,1 н. раствор щавелевой кислоты с бюреткой; фенолфталеин в капельнице; два цилиндра на 50 мл; конические колбочки.

РАБОТА 14. ОБНАРУЖЕНИЕ ФОТОСИНТЕЗА МЕТОДОМ КРАХМАЛЬНОЙ ПРОБЫ

Наиболее простым методом обнаружения фотосинтеза является крахмальная проба. При этом лист, выдержанный на свету, обесцвечивают спиртом, а затем обрабатывают раствором йода, окрашивающего образовавшийся в хлоропластах крахмал в темно-синий цвет.

Для наблюдения за процессом образования первичного крахмала необходимо, чтобы в начале опыта листья не содержали этого вещества, для чего их выдерживают в темноте в течение нескольких дней. За это время весь имевшийся в листьях крахмал превратится в сахара, которые частично будут отведены в стебель, а частично израсходованы на дыхание клеток листа.

Ход работы. Берут зеленое растение (герань и др.), обильно поливают его и ставят в темное теплое место, либо затеняют один или несколько листьев, не обрезая их от растения. При выдерживании в темноте листья постепенно теряют крахмал на дыхание, рост и частичный отток в другие органы растений. Через 2–3 дня отдельные участки листьев покрывают с нижней и верхней стороны непрозрачным экраном (для чего могут служить темная плотная бумага, фольга, пробковые пластинки) с вырезанными на нем различными фигурами. Для прикрепления экрана к листу можно употреблять проволочные скрепы.

После этого листья (или растение) выставляют на яркий солнечный или

электрический свет (при использовании лампы накаливания 200–300 Вт).

Через 2 часа (или более) лист кладут в пробирку, заливают водой и кипятят в течение 2–3 минут. После кипячения воду сливают, приливают в пробирку спирт и кипятят до полного извлечения хлорофилла (лист станет белым). Нагревать следует осторожно, так как при бурном кипении может произойти выплескивание спирта из пробирки.

После этого спирт сливают, размягчают лист, наливая на него небольшое количество воды (после действия спирта ткани становятся хрупкими). Затем лист переносят в чашку Петри и обрабатывают раствором йода.

Записывают результаты опыта, отмечая, в каких частях листа образовался крахмал и выполняют соответствующие рисунки.

В выводах указывают, какие условия необходимы для процесса фотосинтеза.

Материалы и оборудование: Растение, выдержанное в темноте; спирт; раствор J в KJ; спиртовка; пробирка; чашка Петри; плотный картон или фольга; проволочные скрепы; спички.

РАБОТА 15 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЛИСТЬЕВ

Определение площади листьев необходимо при учетах интенсивности фотосинтеза, транспирации, дыхания, листовых индексов посевов, фотосинтетических потенциалов и других показателей.

Для определения облиственности растений (посевов) применяются различные приемы, некоторые из которых приведены ниже.

1. Метод высечек. Методом средней пробы берут не менее десяти растений с опытной делянки и обрабатывают все листья. Из свежих листьев ручным сверлом берут 20–50 высечек общей площадью не менее 10–20 см² и взвешивают. Одновременно определяют общую массу всех листьев пробы. Зная массу и площадь высечек, а также массу листьев в пробе рассчитывают поверхность листовых пластинок всей пробы по формуле:

$$S = \frac{P \cdot S_1 \cdot n}{P_1},$$

где S – общая площадь листьев пробы, см²;

S_1 – площадь одной высечки, см²;

n – число высечек, шт;

P – общая масса листьев, г;

P_1 – масса высечек, г.

2. Метод отпечатков. Лист растения накладывают на однородную бумагу и обводят контур карандашом. В последующем, если бумага по толщине однородная, используют весовой метод, для чего вырезают контур листовой пластинки и взвешивают на аналитических весах. Одновременно из такой же бумаги вырезают квадрат в 100 см² (10x10см), определяют ее массу

путем взвешивания, а площадь листа рассчитывают по формуле:

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

где S – площадь листа, см^2 ;

A – масса квадрата бумаги, г;

B – масса контура листа, г.

3. Срезанный с растения лист кладут на миллиметровую бумагу и обводят его контур карандашом. Затем считают количество квадратных миллиметров, пришедшихся на площадь листа. По краю листа за целый миллиметр принимают больше $1/2 \text{ мм}^2$, а меньше $1/2 \text{ мм}^2$ в расчет не принимается.

Материалы и оборудование: Лист бумаги; сверло; линейка; миллиметровая бумага; весы с разновесками; листья растений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Современные представления о фотосинтезе. Планетарное значение фотосинтеза.
2. Пигменты листа. Строение, свойства и функции хлорофиллов и каротиноидов.
3. Современные представления о сущности световой фазы фотосинтеза. Фотофизический этап.
4. Фотохимические реакции фотосинтеза: фотолиз воды, перенос электрона воды на НАДФ, фотосинтетическое фосфорилирование.
5. Темновые реакции фотосинтеза (цикл Кальвина). Первичные продукты фотосинтеза.
6. C_4 -путь фотосинтеза, его особенности, физиологическая роль.
7. Влияние внешних условий на интенсивность фотосинтеза. Суточный ход фотосинтеза. .
8. Параметры оценки фитоценозов: чистая продуктивность фотосинтеза, индекс листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, КПД фотосинтеза.
9. Теоретические основы и практические приемы создания посевов высокой продуктивности.
10. Выращивание растений в искусственном климате. Светокультура растений.
11. Задачи международной биологической программы «Фотосинтез и продуктивность растений».

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Квантовый расход фотосинтеза - количество квантов света, израсходованное на восстановление молекулы углекислоты в фотосинтезе.

Квантосомы - гранулы на внутренней поверхности ламелл хлоропластов.

Компенсационная точка – сочетание внешних условий (интенсивность света, температура, концентрация CO_2 и др.), при котором процессы фотосинтеза и дыхания вполне уравниваются друг друга.

Коэффициент хозяйственной эффективности ($K_{\text{хоз}}$) - отношение урожая хозяйственного к урожаю биологическому $\frac{U_{\text{хоз}}}{U_{\text{биол}}}$

Коэффициент энергетической эффективности фотосинтеза - отношение количества углекислоты, усвоенной единицей площади посева, к количеству падающей на него энергии солнечной радиации.

Коэффициент эффективности фотосинтеза - количество сухой биомассы, образуемое растением в течение суток в расчете на 1 г или 1 кг поглощенного углекислого газа ($\text{г. м}^2 \text{ день} / \text{г } \text{CO}_2 \text{ м}^2 \text{ день}$).

Ксантофиллы - кислородосодержащие производные каротинов. Они выполняют роль дополнительных пигментов, которые передают энергию поглощенных квантов хлорофиллу для осуществления фотохимических реакций.

Ламелла - слой клеточных мембран, содержащих хлорофилл и участвующих в фотосинтезе.

Реакционный центр - длинноволновая форма хлорофилла, способная использовать энергию для протекания фотохимической реакции.

Скорость роста посева (СРП) - произведение чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) на индекс листовой поверхности (ИЛП). Максимальная СРП составляет 30-35 и 50-60 $\text{г} / (\text{м}^2 / \text{сутки})$ соответственно для C_3 - и C_4 - видов.

Строма - внутренняя среда хлоропласта, представляющая собой однородную субстанцию.

Суточный фотосинтез - количество углекислоты, усваиваемое 1 м^2 листьев за день ($\text{г } \text{CO}_2 / \text{м}^2 \text{ за 1 день}$).

Темновые реакции - независимые от света ферментативные реакции в фотосинтезирующих клетках, связанные с образованием глюкозы из CO_2 с участием АТФ и НАДФ H_2 .

Фикобилины - пигменты красных и сине-зеленых водорослей. Наиболее известные представители фикобилинов - фикоэритробилины и фикоцианобилины. У водорослей фикобилины являются дополнительными пигментами, выполняющими вместо хлорофилла «в» функции светообразующего комплекса. Около 90 % энергии света, поглощенного фикобилинами, передается на хлорофилл «а».

Флуоресценция - свойство хлорофиллов под влиянием падающего света, в свою очередь, излучать свет. При этом длина волны излучаемого света обычно больше длины волны возбуждающего света.

Фотосинтетический потенциал посева - сумма среднесуточных показателей площади листьев посева за весь вегетационный период или часть его

(м² дней/ га). Рассчитывается умножением интегральной площади листовой поверхности растений (м²/ га) на число активной работы листьев.

Фотосистема - единица организации в тилакоидах хлоропластов хлорофилла и других пигментных молекул, участвующих в световых реакциях фотосинтеза.

Фототрофная функция - совокупность процессов поглощения, преобразования и использования в различных эндотермических реакциях энергии световых квантов.

Хемосинтез - тип питания бактерий, основанный на усвоении CO₂ за счет окисления неорганических соединений.

Хозяйственный урожай (У_{хоз}) - масса хозяйственно ценных частей растений (семена, плоды, и др.).

Хлорофиллы - зеленые пигменты растений, которые улавливают энергию солнечного света и осуществляют фотосинтез.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) - накопление биомассы единицей площади листа за единицу времени. Она измеряется в граммах сухой массы на 1 м² за сутки. В зависимости от условий ЧПФ варьирует в широком диапазоне (7-20 г м²/ сутки) и характеризует среднюю эффективность фотосинтеза листьев в посевах, но слабо коррелирует с конечным урожаем.

РАЗДЕЛ 4. ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ

План:

1. Общая характеристика и значение дыхания в жизни растений. Дыхательный коэффициент.
2. Строение, свойства и функции митохондрий.
3. Основные пути окисления дыхательного субстрата.
4. Анаэробное и аэробное дыхание.
5. Химизм дыхания. Гликолиз, его регуляция и энергетика. Цикл ди- и трикарбоновых кислот (цикл Кребса).
6. Электронно-транспортная цепь дыхания и окислительное фосфорилирование.
7. Зависимость дыхания от внутренних и внешних факторов.
8. Взаимосвязь между фотосинтезом и дыханием.
9. Пути снижения и способы регулирования дыхания при хранении растениеводческой продукции.

Рекомендации по изучению:

При изучении данной темы, прежде всего, следует выяснить физиологическую сущность дыхания, понять его связь с другими процессами определяющими жизнедеятельность растений, составить четкое представление о механизме окислительно-восстановительных процессов на основе современных научных достижений. Рассмотрите структурно-функциональную харак-

теристику митохондрий, являющихся центрами дыхательного процесса. Изучите связь дыхания с брожением.

Наибольшее внимание требует изучение химизма дыхания. Следует выяснить сущность анаэробной и аэробной фаз дыхания. Выясните химизм гликолиза как анаэробной фазы дыхания, его стадии, энергетический баланс и пути регулирования. Аэробная фаза дыхания. Цикл ди- и трикарбоновых кислот (цикл Кребса), его регуляция и энергетика. Рассмотрите цикл Кребса как главное русло превращения веществ и энергии. Необходимо изучить дыхательные (электронно-транспортные) цепи-пути, основная и альтернативные. Изучите механизм и значение окислительного фосфорилирования, сопряжение транспорта электронов с синтезом АТФ, энергетическую эффективность анаэробной и аэробной фаз дыхания. Рассмотрите цикл Кребса как связующее звено между различными типами обмена веществ. Необходимо освоить то, что наряду с гликолизом и циклом Кребса поставщиком свободной энергии в процессах дыхания является и пентозофосфатный путь окисления глюкозы. Разберитесь с его этапами, энергетическим выходом и ролью в обмене веществ.

Важно рассмотрение дыхательной способности различных органов растений, определить зависимость дыхания от внешних и внутренних факторов. Отметить роль дыхания как одного из важнейших элементов продукционного процесса растений. Выясните особенности дыхания большого растения. Изучите методы учета дыхания. Дыхательный коэффициент и его зависимость от дыхательного субстрата, обеспечение тканей кислородом.

Важно выяснить приемы регулирования дыхания при хранении семян и сочной продукции для сохранения их качества и потребительской ценности, следует рассмотреть газообмен при дыхании как слагаемое продукционного процесса. Дыхание на рост и на поддержание.

Необходимо изучить дыхательный газообмен фитоценозов, рассмотреть уравнение баланса сухого вещества растений, выяснить особенности дыхательного газообмена посевов при неблагоприятных условиях окружающей среды.

РАБОТА 16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЫХАНИЯ ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЯН

Метод основан на обнаружении поглощения кислорода и выделения диоксида углерода прорастающими семенами в процессе дыхания. При создании закрытого пространства с прорастающими семенами, имеющийся кислород используется семенами на дыхание и в случае связывания выделяемого CO_2 щелочью происходит уменьшение объема воздуха. Данный показатель свидетельствует о величине выделенного CO_2 .

Ход работы. Прорастающие семена (50 г) высыпают в колбу Бунзена и туда же опускают скляночку с крепким раствором КОН. Горло колбы закры-

вают мягкой резиновой пробкой и для лучшей герметичности заливают парафином. Градуированную пипетку соединяют с помощью резиновой трубочки с носиком колбы. Прибор устанавливают на штатив так, чтобы конец пипетки опустить в стаканчик с окрашенной водой (рис. 2).

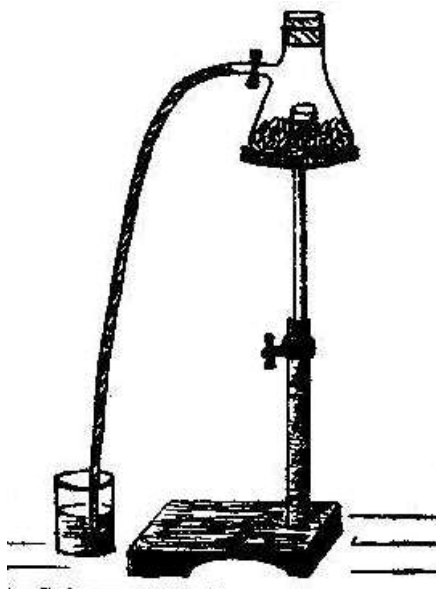


Рис. 2

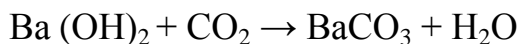
В процессе дыхания проросшие семена поглощают кислород из воздуха, замкнутого в колбе и пипетке. В то же время выделяемая семенами CO_2 поглощается раствором КОН. В результате уменьшения давления воздуха внутри колбы и пипетки окрашенная вода из стаканчика поднимается по пипетке. Отмечают время начала подъема воды в пипетке и ее уровень. Далее через каждые 15 минут отсчитывают сколько мл воды поднялось в пипетке. Отсчеты делают не менее трех раз. Результаты записывают в таблицу

| Отсчеты | Время отсчета | | За 15 мин. поднялось мл воды | | В среднем выделилось мл CO_2 |
|---------|---------------|--|---------------------------------|--|---|
| | | | | | |
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |

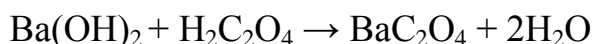
Материалы и оборудование: Проросшие семена; колба Бунзена; резиновая пробка; маленькая скляночка или пробирочка; резиновая трубка; градуированная пипетка на 2 мл; крепкий раствор КОН; парафин; стаканчик; метиленовая синька; столик-штатив; цветные карандаши; линейка.

РАБОТА 17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЫХАНИЯ СЕМЯН В ЗАКРЫТОМ СОСУДЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Дыхание семян учитывают по количеству CO_2 , выделяемого ими за определенное время. Диоксид углерода в опыте поглощается баритом по уравнению:



Избыток барита, не прореагировавшего с CO_2 оттитровывают щавелевой кислотой:



Дыхание зависит от температуры. В определенных температурных границах эта зависимость подчиняется правилу Вант-Гоффа (скорость химических реакций удваивается при повышении температуры на 10°C). В интервале температур от 0 до 20°C Q_{10} дыхания равен 2–3. При температурах выше 20°C величина Q_{10} может понижаться.

Ход работы. Проросшие семена пшеницы (2г) помещают в марлевый мешок. В две конические колбы из бюретки наливают по 10 мл 0,1 н раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и закрывают их пробками. В одну колбу, приоткрыв ее, быстро подвешивают на крючок пробки мешочек с семенами (рис. 3), другую колбу используют в качестве контроля. Обе колбы выдерживают 1 час при комнатной температуре. Через 1 час поочередно из контрольной и опытной колбы вынимают пробки, добавляют по 2–3 капли фенолфталеина и оттитровывают барит 0,1 н раствором щавелевой кислоты до слабо-розового окрашивания, исчезающей от одной капли кислоты.

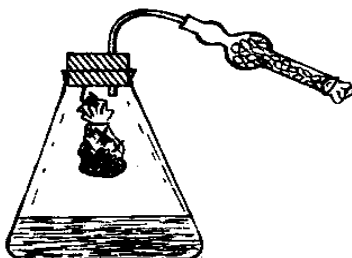


Рис. 3

В течение опыта колбы периодически покачивают для разрушения на поверхности барита пленки BaCO_3 , препятствующей полному поглощению CO_2 .

Интенсивность дыхания рассчитывают по формуле:

$$I = \frac{(a - b) \cdot k \cdot 2,2}{n} \text{ мг } \text{CO}_2 \text{ г/час}$$

где a и b – количество 0,1 н раствора щавелевой кислоты,

израсходованной на титрование барита, соответственно в контрольном и опытных вариантах, мл;

k – поправка к титру 0,1 н раствора щавелевой кислоты;

2,2 – количество CO_2 , мг, соответствующее 1 мл 0,1 н раствора щавелевой кислоты;

n – масса семян, г.

Параллельно определяют дыхание семян при 10⁰ и 40⁰С. для определения дыхания семян при 10⁰ и 40⁰С ставят в кристаллизаторы с водой, где поддерживаются соответствующие температурные режимы в течение 1 часа.

Результаты опыта записывают в таблицу.

| Температура, °С | Навеска семян, г | Объем барита, мл | Количество щавелевой кислоты, пошедшей на титрование, мл | | Интенсивность дыхания, мг СО ₂ на 1 г семян за 1 час |
|--------------------|------------------------|------------------------|--|------|---|
| | | | контроль | опыт | |
| 10 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 40 | | | | | |

На основе полученных результатов строят график зависимости дыхания семян от температуры.

Материалы и оборудование: Прорастающие семена пшеницы; 0,1 н раствор щавелевой кислоты; 1%–ый раствор фенолфталеина; весы; конические колбы на 250 мл с пробками; марлевые мешочки.

РАБОТА 18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЫХАНИЯ СУХИХ И ПРОРОСШИХ СЕМЯН

Интенсивность дыхания в значительной мере определяется физиологическим состоянием растительного организма. Минимальным дыханием характеризуются семена, находящиеся в состоянии покоя. При переходе их в состояние активного прорастания дыхание усиливается и это объясняется процессами новообразования клеток и формированием их протоплазмы. В этом можно убедиться при сравнительном изучении интенсивности дыхания сухих и проросших семян.

Ход работы. Навески сухих и проросших семян пшеницы по 2 г помещают в два марлевых мешочка и прикрепляют к пробкам при помощи вставленных в них крючков. Пробки вставляют в конические колбы, куда предварительно наливают по 10 мл 0,1 н раствора Ва(ОН)₂ так, чтобы мешочки с семенами не касались раствора щелочи. Третья колба с таким же количеством барита служит контролем и семена в нее не помещают. Отмечают время постановки опыта и все три колбы на 1 час оставляют при комнатной температуре. На протяжении опыта колбы периодически осторожно покачивают, чтобы разрушить пленку ВаСО₃, образующуюся на поверхности барита и препятствующую полному поглощению СО₂.

Через 1 час вынимают мешочки с семенами из колб, вновь плотно прикрыв их пробками. Все три колбы, начиная с контрольной, титруют 0,1 н раствором щавелевой кислоты в присутствии 2–3 капель фенолфталеина до сла-

бо-розового окрашивания, исчезающего от одной капли кислоты.

Интенсивность дыхания рассчитывают по формуле:

$$I = \frac{(a - b) \cdot k \cdot 2,2}{m \cdot n \cdot t} \quad \text{мг CO}_2 \text{ г/час}$$

где a и b – количество 0,1 н раствора щавелевой кислоты, израсходованной на титрование барита, соответственно в контрольном и опытных вариантах, мл;

k – поправка к титру 0,1 н раствора щавелевой кислоты;

2,2 – количество CO_2 , мг, соответствующее 1 мл 0,1 н раствора щавелевой кислоты;

n – масса семян, г.

Результаты опыта записывают в таблицу

| Семена | Навеска семян, г | Объем барита, мл | Количество щавелевой кислоты, пошедшей на титрование, мл | | Интенсивность дыхания, мг CO_2 на 1 г семян за 1 час |
|-----------|------------------|------------------|--|------|---|
| | | | контроль | опыт | |
| Сухие | | | | | |
| Проросшие | | | | | |

Материалы и оборудование: Сухие и проросшие семена пшеницы; 0,1 н раствор барита; 0,1 н раствор щавелевой кислоты; 1%-ый раствор фенолфталеина; весы; конические колбы на 250 мл с пробками; марлевые мешочки.

РАБОТА 19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЫХАНИЯ ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЯН В ТОКЕ ВОЗДУХА

Метод основан на учете количества диоксида углерода, выделяемого семенами при дыхании. Семена помещают в приемник, через который просасывают воздух, прошедший через поглотитель CO_2 .

Ход работы. Собирают установку для определения интенсивности дыхания, включающую: приемник для семян (стеклянная банка с пробкой, снабженная двумя отводными трубками), поглотитель CO_2 , выделяемого семенами (колба Тищенко), аспиратор – стеклянный баллон, который заполняется водой и служит для просасывания воздуха через приемник и поглотитель (рис. 4).

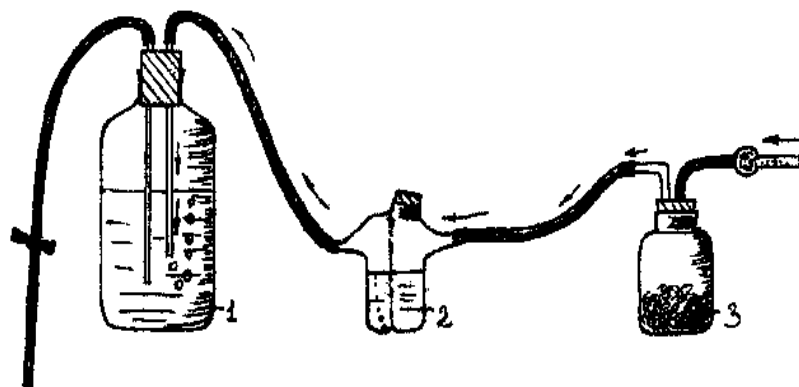


Рис. 4

Собирают две установки, одна из которых служит опытной, другая – контрольной.

Аспиратор (1), поглотитель (2) и приемник (3) последовательно соединяются посредством резиновых трубок. Приемники с целью попадания в них атмосферного CO_2 сообщаются с окружающей средой с помощью стеклянных трубок, набитых натронной известью. Предварительно в опытный приемник помещают 10 г прорастающих семян пшеницы. В поглотителе наливают по 50 мл 0,1 н раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$ для поглощения CO_2 . В контрольном варианте установки приемник оставляют без семян. Аспираторы наполняют водой до верхнего деления.

Для начала опыта слегка освобождают зажимы аспираторов, вызывая этим медленный ток воздуха через приемники и поглотители с раствором барита. При этом CO_2 , выделенный семенами, захватывается током воздуха и поступая в поглотитель связывается с щелочью.

Опыт продолжают в течение 30 минут. Через 30 минут просасывание воздуха прекращают и дают отстояться осадку бикарбоната бария в поглотителях. Затем из каждого поглотителя пипеткой берут две порции по 10 мл барита в конические колбы для титрования, вносят три капли фенолфталеина и титруют 0,1 н щавелевой кислотой до слабо-розового окрашивания, исчезающего от одной капли кислоты.

Интенсивность дыхания (в мг CO_2 , выделяемого 1 г сухих семян за 1 час) рассчитывают по формуле:

$$I = \frac{(a - b) \cdot k \cdot 2,2 \cdot M \cdot 60}{m \cdot n \cdot t} = \text{мг } \text{CO}_2 \cdot \text{г/час}$$

где M – общий объем барита в поглотителе, мл;

m – объем раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$ взятого для титрования, мл;

t – продолжительность опыта, мин;

a и b – количество 0,1 н раствора щавелевой кислоты, израсходованной на титрование барита, соответственно в контрольном и опытных вариантах, мл;

k – поправка к титру 0,1 н раствора щавелевой кислоты;

2,2 – количество мг, CO_2 , соответствующее 1 мл 0,1 н раствора щавелевой кислоты;

n – масса семян, г.

Материалы и оборудование: Установка для определения дыхания семян; проросшие семена пшеницы; 0,1 н раствор барита; 0,1 н раствор щавелевой кислоты; 1%-ый раствор фенолфталеина; весы; конические колбы на 100 мл; пипетки на 10 мл.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Значение дыхания в жизни растений.
2. Дыхание различных тканей и органов растений.
3. Дыхательный коэффициент при различных субстратах.
4. Теории биологического окисления.
5. Аэробное и анаэробное дыхание. Причины гибели растений при анаэробном дыхании.
6. Теория генетической связи дыхания и брожения по С.П. Костычеву.
7. Типы брожений и их значение.
8. Анаэробная фаза дыхания. Гликолиз, его энергетика.
9. Аэробное дыхание. Цикл Кребса.
10. Основные процессы, происходящие в цикле Кребса (декарбоксилирование, окисление, аминирование).
11. Цикл Кребса как связывающее звено между различными типами обмена веществ. Реакции аминирования.
12. Окислительное фосфорилирование. Физиологическая эффективность дыхания.
13. Общая характеристика пентозофосфатного цикла, его энергетика.
14. Регулирование дыхания при хранении с/х продуктов.
15. Особенности дыхания больных растений.
16. Активность гидролитических ферментов и эффективность дыхания больных растений.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Анаэробные организмы - организмы, способные жить развиваться при отсутствии в среде свободного кислорода.

Гликолиз - ферментативный анаэробный процесс распада углеводов до пировиноградной кислоты.

Дыхательный коэффициент - отношение объема выделенной при дыхании углекислоты к объему поглощенного кислорода.

Дыхание - окислительный распад органических веществ, синтезированных в процессе фотосинтеза, протекающий с потреблением кислорода и выделением диоксида углерода.

Окислительное фосфорилирование - синтез молекул аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) из аденозиндифосфорной (АДФ) и фосфорной кислот за счет энергии окисления молекул органических веществ.

Пентозофосфатный цикл - окисление углеводов без предварительного расщепления до триоз. Исходным продуктом окисления в этом цикле является глюкозо-6-фосфат. Основное его назначение состоит в том, чтобы образовывать в клетках восстановитель в виде НАДФ Н₂, который не образуется при окислении глюкозы до пировиноградной кислоты или в цикле ди- и трикарбоновых кислот.

Солевое дыхание - процесс, при котором поглощенные минеральные ионы сами влияют на дыхание.

Цикл Кребса - аэробный распад пировиноградной кислоты на углекислоту и воду, осуществляемый посредством реакций, называемых в совокупности циклом ди- и трикарбоновых кислот или циклом Кребса.

РАЗДЕЛ 5. МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

План:

1. Развитие учения о минеральном питании растений.
2. Содержание минеральных элементов в растениях. Макро- и микроэлементы, их усвояемые соединения и физиологическая роль.
3. Взаимодействие ионов: антагонизм, синергизм, аддитивность. Физиологически уравновешенные растворы.
4. Поглощение минеральных элементов корневой системой растений. Механизм и особенности поступления элементов в корневую систему.
5. Радиальный и ксилемный транспорт элементов минерального питания.
6. Влияние внешних факторов на поглотительную активность и минеральный состав растений.
7. Особенности нитратного и аммонийного питания растений. Ассимиляция нитратного азота. Пути ассимиляции аммиака. Биологическая фиксация молекулярного азота.
8. Почва как источник питательных элементов для сельскохозяйственных культур. Взаимодействие между растениями. Физиологические основы применения удобрений.

Рекомендации по изучению:

Учение о корневом питании растений является теоретической основой регулирования минерального питания путем применения минеральных удобрений. Поэтому следует определить необходимые растению макро- и микроэлементы, их усвояемые соединения и физиологическую роль. Рассмотрите физиологические нарушения и внешние симптомы, проявляемые недостатком отдельных элементов.

Ознакомьтесь с методом диагностики дефицита питательных элементов, проанализируйте суть вегетационного метода и его возможности в изучении корневого питания растений. Следует ознакомиться с физиологическими основами выращивания растений без почвы (водные, песчаные и гравийные среды), принципами культивирования растений в условиях гидро- и

аэропоники. Обратите внимание на требования, предъявляемые к питательным растворам.

Необходимо изучить организацию контроля за обеспеченностью растений питанием в полевых условиях с помощью листовой, тканевой и почвенной диагностики.

Рассмотрите корневую систему как основной орган поглощения и усвоения минеральных веществ, акцентируйте внимание на ее поглотительной деятельности и обменных процессах, протекающих в корне. Изучите механизм поглощения растворенных веществ (активный, пассивный), осмыслите закономерности ионного транспорта в целом растении. Обратите внимание на процессы радиального передвижения ионов в корнях (движение по апопласту, симпласту). Изучите пути перемещения ионов на дальние расстояния по ксилеме и флоэме, увяжите поглощение и транспорт ионов с процессом транспирации. Осмыслите метаболизм корней в связи с первичной ассимиляцией минеральных веществ. Метаболический и неметаболический пути поглощения и передвижения минеральных элементов. Обратите внимание на зависимость поглощения минеральных элементов корневой системой от различных факторов в том числе и от корневых выделений.

Необходимо уяснить, что корневая система с неодинаковой интенсивностью поглощает катионы и анионы из состава минеральных солей (удобрений), что определяет их физиологическую реакцию. Уточните различия между физиологически кислыми, щелочными и нейтральными удобрениями. Обратите внимание на особенности их использования различными сельскохозяйственными культурами.

Необходимо выяснить закономерности взаимного влияния на растения (аддитивность, синергизм, антагонизм), возможность использования этих явлений в практических целях.

Рассмотрите поглощение питательных элементов надземными частями растений (некорневое питание растений), а также отток ионов из листьев. Процессы перераспределения и реутилизации веществ в растении. ритмичность в поглощении ионов корнями растений.

Изучите особенности питания растений азотом. Использование растениями нитратных и аммонийных форм азота. Вклад акад. Д.Н. Прянишникова в изучение азотного питания растений. Подробно рассмотрите пути ассимиляции аммиака, а также причины накопления избыточных количеств нитратов в растениях, пути их снижения в сельскохозяйственной продукции.

Особое внимание обратите на обеспечение растений питательными веществами в полевых условиях, физиологическим основам применения удобрений, поглощению элементов группами растений, аллелопатическому взаимодействию культурных растений и сорняков. Проанализируйте реакцию растений на высокий уровень минерального питания, роль высоких доз минеральных удобрений как засоляющего фактора и негативное влияние на растения.

Рассмотрите особенности минерального питания сельскохозяйственных культур в условиях орошения.

РАБОТА 20. ВЫРАЩИВАНИЕ ПЛЕСНЕВОГО ГРИБА НА ПОЛНОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СМЕСИ И С ИСКЛЮЧЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ

Для изучения корневого питания растений широко применяется их выращивание на искусственных питательных смесях. Путем исключения из питательной смеси какого-либо элемента можно узнать, является ли данный элемент необходимым для растения. В случае отсутствия в питательной смеси необходимого элемента резко сокращается рост и даже отмирает растение, тогда как отсутствие ненужного элемента не влияет на его рост. При удалении из состава питательной смеси соли, содержащей исключаемый элемент, необходимо заменить ее другой солью с таким расчетом, чтобы остающиеся элементы были в том же количестве, как и в полной смеси и, чтобы раствор имел такое же осмотическое давление.

В водных культурах можно использовать плесневый гриб аспергилл (*Aspergillus niger*), который предъявляет к условиям минерального питания такие же требования, что и высшие растения, отличаясь от них отсутствием потребности в кальции.

Полная питательная смесь должна содержать источник углеродного питания (сахар) N, P, K, Mg, S и Fe, а также микроэлементы. При использовании обычных реактивов добавление в смесь микроэлементов не требуется.

Ход работы. Взять четыре одинаковых колбы, прикрепить к горлышкам этикетки с указанием варианта опыта и приготовить в них питательные смеси по схеме, указанной в таблице

| Вещества | Концентрация, % | Варианты опыта | | | |
|---------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | № 1 полная смесь | № 2 без N | № 3 без P | № 4 без K |
| | | Объемы маточных растворов, мл | | | |
| Сахароза | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| NH ₄ NO ₃ | 1,2 | 10 | - | 10 | 10 |
| KH ₂ PO ₄ | 0,4 | 10 | 10 | - | - |
| MgSO ₄ | 0,4 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| KCl | 0,2 | - | - | 10 | 10 |
| NaCl | 0,8 | - | 10 | - | 10 |
| FeSO ₄ | 0,1 | 2 капли | 2 капли | 2 капли | 2 капли |

| | | | | | |
|------------------|---|----|----|----|----|
| Лимонная кислота | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 |
|------------------|---|----|----|----|----|

Лимонная кислота добавляется для создания кислой среды, благоприятной для гриба, но не препятствующей развитию других микроорганизмов. Объемы питательных смесей добавлением дистиллированной воды доводятся до 200 мл.

После приготовления питательных смесей произвести посев гриба. Для этого из колбы с чистой культурой гриба захватить микробиологической петлей, проведенной через пламя спиртовки, кусочек мицелия или споры и перенести в пробирку со стерильной водой, а оставшийся на петле материал сжечь на пламени спиртовки. Перемешать содержимое пробирки, набрать стерильной пипеткой полученную суспензию и внести во все колбы одинаковое количество.

Колбы закрывают ватными пробками и ставят в термостат при температуре 30–35°C. Через неделю определяют состояние культуры:

- 1) Размер и характер мицелия – сплошная пленка или остравками, плотная или студенистая, складчатая или гладкая;
- 2) Спороношение – обильное или слабое, зрелые или незрелые спорангии (черные – зрелые, белые – незрелые, коричневые – частично зрелые).

Далее определяют сухую массу мицелия. Для этого мицелий гриба переносят на предварительно взвешенный сухой фильтр.

Мицелий промывается 2–3 раза водой. После промывания края фильтров соединяют и переносят их в фарфоровую чашку, в которой фильтры сушатся в термостате при температуре 105°C до постоянного веса.

Результаты записывают в таблицу:

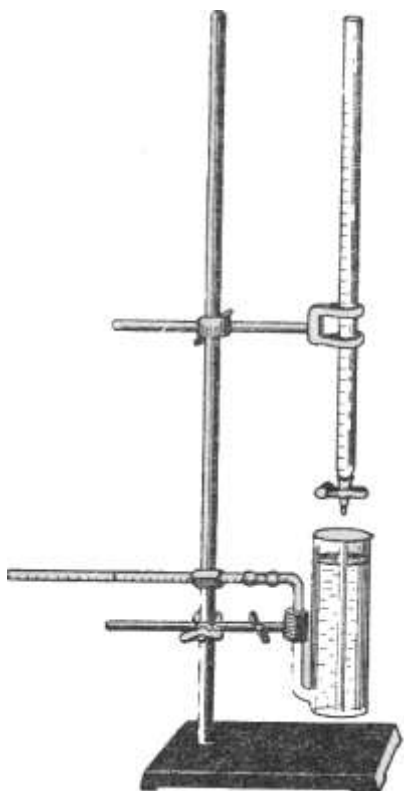
| Вариант | Состояние культуры | Масса мицелия, г |
|--------------|--------------------|------------------|
| Полная смесь | | |
| Без азота | | |
| Без фосфора | | |
| Без калия | | |

На основании полученных данных делают соответствующий вывод.

Материалы и оборудование: Чистая культура гриба *Aspergillus niger*; растворы, приготовленные на дистиллированной воде: 20%-ная сахароза, 1,2%-ный NH_4NO_3 , 0,4 %-ный KH_2PO_4 , 0,4%-ный MgSO_4 , 0,2%-ный KCl , 0,8%-ный NaCl , 5%-ная лимонная кислота; бюретки для указанных растворов; 0,1%-ный раствор FeSO_4 в капельнице; колбы емкостью 100–150 мл с ватными пробками и резиновыми колечками; микробиологическая петля; спиртовка; пробирка со стерильной водой; весы технические; разновес; воронка; бумажные фильтры.

РАБОТА 21. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ САБИНИНА И КОЛОСОВА

Функция корневой системы многообразна. Она служит для прикрепления растения к субстрату, для поглощения воды и питательных веществ, для первичного превращения ряда поглощенных веществ, синтеза органических веществ, которые затем перемещаются в другие органы растения и для выделения некоторых продуктов обмена. У некоторых растений корни выполняют дополнительные функции, например, являютсяместилищем запасных питательных веществ, а у корнеотпрысковых растений – органом вегетативного размножения.



Выполнение этих функций определяется совокупным развитием всех корней или объемом корневой системы.

Измерения объема корневой системы пользуются и Колосова (рис.5), который состоит из цилиндра с резиновой трубкой с градуированной пипеткой (деления 0,01–0,02 мл). Цилиндрический сосуд прибор вертикально, а градуированную пипетку под него.

В цилиндр наливается вода, или питательный раствор (в том случае, если для работы используются водные культуры), уровень жидкости должен быть на 2–3 см ниже верхнего края цилиндра. Пипетка укрепляется таким образом, чтобы уровень жидкости в ней находился у начала градуированной части.

Для исследования берут корни растений, выращенных в водной культуре, или корни, извлеченные из почвы и тщательно отмытые от комочков почвы. Затем необходимо собрать прибор и заполнить его кипяченой водой.

Взять несколько растений и собрать их в пучок так, чтобы корневые шейки находились на одном уровне. Укрепить пучок с помощью ваты в отверстии разрезанной пополам пробки и перевязать обе половинки пробки ниткой. Удалить с корней капли воды влажной фильтрованной бумагой. Отметить исходное положение мениска в пипетке (1), погрузить в цилиндр корневую систему и отметить второе положение мениска (2). Вынуть корни из цилиндра и перенести их в стакан с водой.

При извлечении корней из прибора с ними неизбежно уносится какое-то количество воды, которое необходимо восполнить, доливая в цилиндр столько воды, чтобы мениск в пипетке вновь занял положение 1 (объем воды, израсходованной для этой цели не учитывается).

Долить бюретку до нулевого деления. Осторожно, по каплям добавлять воду из бюретки до тех пор, пока мениск в пипетке не дойдет до положения 2. Записать объем прилитой воды, который равен объему измеряемых корней.

Проделать определение 3 раза и вычислить среднюю величину. Полученные результаты записывают в таблицу

| Объект | Количество растений | Номер определения | Отсчет по пипетке | | Количество прилитой воды, мл | Объем корневой системы одного растения, мл |
|--------|---------------------|-------------------|-------------------|---|------------------------------|--|
| | | | 1 | 2 | | |
| | | 1 | | | | |
| | | 2 | | | | |
| | | 3 | | | | |

Материалы и оборудование: Растения с корневой системой, прибор для определения объема корней; бюретка; пробка с отверстием в центре и разрезанная пополам, вата, нитки, стаканчик с дистиллированной водой, фильтровальная бумага.

РАБОТА 22. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ МЕТОДОМ ЛИСТОВОЙ И ТКАНЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ (по В.В. ЦЕРЛИНГ)

Элементы минерального питания имеют разнообразные функции в процессах жизнедеятельности растений. Общий их недостаток или вредный избыток приводят к нарушению обмена веществ в клетках, что сопровождается разрушением тканей и изменением внешнего вида растений.

Недостаток азота проявляется в пожелтении и отмирании листьев, торможении роста и развития. Растение приобретает бледную окраску.

При недостатке фосфора листья имеют темно-зеленую окраску с фиолетовым оттенком.

Недостаток калия приводит к подсыханию листьев на их верхушке и краях, как при ожоге (“краевой ожог”).

Эти элементы и некоторые другие способны в растениях реутилизироваться (вторично использоваться), поэтому симптомы их недостатка обнаруживаются на нижних листьях и в нижних ярусах. А недостаток микроэлементов проявляется на молодых, растущих частях.

В целях оптимизации питания необходимо удовлетворять потребность растений в минеральных элементах на разных этапах формирования урожая, для чего используют методы визуальной и листовой диагностики. Визуальная диагностика основана на оценке нарушения питания растений по их

внешнему виду с учетом специфических ответных реакций. Листовая, или тканевая диагностика состоит в контроле за условиями питания на основании данных о содержании неорганических форм соединений элементов в тканях или листьях свежих растений, соке из них или вытяжке. Такие данные позволяют сделать заключение о необходимости подкормок на разных этапах роста и развития растений.

Тканевую диагностику на посевах озимых культур проводят в следующие фазы: 1 – начало кущения; 2 – стебление, начало трубкования; 3 – трубкование; 4 – цветение.

Для тканевой диагностики применяется экспресс–метод, который позволяет быстро определить в баллах содержание азота, фосфора и калия в растениях и рассчитать нормы подкормки.

Ход работы. Отбирают по 2–3 растения каждого варианта, отчленивают от них те части растения, которые можно использовать для диагностических целей в соответствии с фазой развития, на которой они находятся в момент определения.

Определение нитратов

Из листьев с помощью ручного пресса отжимают сок, капли его и часть ткани наносят на полоску фильтровальной бумаги. Затем на эту каплю и ткани листьев наносят капли дифениламина серноокислого. Полученную окраску оценивают по 6–ти бальной системе .

Шкала для определения нитратов

| Балл | Характер окрашивания пятна | Потребность растений в азотном удобрении |
|------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 6 | Раствор и ткань быстро и интенсивно окрашиваются в сине-черный цвет. Окраска устойчивая. | Не нуждается, избыток нитратов |
| 5 | Раствор и ткань сразу окрашиваются в темно-синий цвет. Окраска сохраняется. | Не нуждаются, достаточное количество. |
| 4 | Раствор и ткань окрашиваются в синий цвет. Окраска проявляется не сразу. | Слабо нуждаются |
| 3 | Раствор и ткань окрашиваются в светло-синий цвет, исчезает через 2–3 мин. | Средне нуждаются |
| 2 | Окрашивается в светло–голубой цвет. | Нуждаются |
| 1 | Следы голубой, быстро исчезающей окраски | Сильно нуждаются |
| 0 | Порозовение бумаги, обугливание | Очень сильно нуждаются. |

Определение фосфатов

Из листьев отжимают сок, и каплю его наносят на фильтровальную бумагу, капают на нее одну каплю молибдата аммония. Отпечатку дают слегка просохнуть и затем последовательно наносят по одной капле бензидина и

насыщенного раствора натрия уксуснокислого, после чего появляется синяя окраска отпечатков сока на фильтровальной бумаге. Интенсивность окраски сравнивают со шкалой и оценивают в баллах.

Шкала для определения фосфатов

| Балл | Окраска раствора на бумаге или ткани | Потребность растений в фосфорных удобрениях |
|------|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 5 | Окраска пятна и ткани темно-синяя | Не нуждаются |
| 4 | Окраска пятна и ткани синяя | Не нуждаются или слабо нуждаются |
| 3 | Отпечаток светло-синий | Средне нуждаются |
| 2 | Отпечаток серо-голубой | Нуждаются |
| 1 | Окраска всего пятна и ткани слабо серо-голубая | Сильно нуждаются |
| 0 | Нет никакого синего или голубого окрашивания | Очень сильно нуждаются |

Определение калия

Каплю сока из листьев исследуемых растений наносят на фильтровальную бумагу. Затем на пятно наносят одну каплю раствора магния дипикриламида, а затем каплю соляной кислоты. Появившуюся окраску пятна сравнивают со шкалой и оценивают в баллах. Лимонно-желтый цвет пятна указывает на отсутствие калия у исследуемых растений.

Шкала для определения калия

| Балл | Окраска раствора на бумаге или ткани | Потребность растений в калийных удобрениях |
|------|--------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 5 | Красно-суриковая | Не нуждаются |
| 4 | Красно-оранжевая | Слабо нуждаются |
| 3 | Оранжевая | Средне нуждаются |
| 2 | Желто-оранжевая | Нуждаются |
| 1 | Соломенно-желтая | Сильно нуждаются |
| 0 | Лимонно-желтая | Очень сильно нуждаются |

Полученные данные по содержанию элементов в растениях заносят в сводную таблицу

Содержание элементов в растениях

| Вариант | Анализируемая часть растения | Азот | | Фосфор | | Калий | |
|---------|------------------------------|------|---------|--------|---------|-------|---------|
| | | балл | потреб. | балл | потреб. | балл | потреб. |
| | | | | | | | |

Необходимая для подкормки доза элемента минерального питания рассчитывается по следующей формуле:

$$D_{\text{подк.}} = \frac{C_{\text{опт}}}{C_{\text{факт}}} D_{\text{расчетн.}},$$

где $D_{\text{подк.}}$ – доза подкормки, кг д. в/га,

$D_{\text{расчетн.}}$ – запланированная доза подкормки в хозяйстве, кг д. в/ га,

$C_{\text{опт.}}$ – оптимальное содержание элемента в растении, балл,

$C_{\text{факт.}}$ – фактическое содержание элемента в растении, балл.

Материалы и оборудование: Растения, выращенные на различных фонах минерального питания; ручной пресс для отжатия сока из растений; предметные стекла; полоски фильтровальной бумаги; 1%-ный раствор дифениламина серноокислого; бензидин; насыщенный раствор натрия уксуснокислого; раствор магния дипикриламина; соляная кислота.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Содержание элементов в растениях. Макро - и микроэлементы.
2. Зольность органов растений и ее зависимость от экологических условий.
3. Избирательное поглощение элементов.
4. Методы определения необходимых для растений питательных элементов.
5. Преимущества и недостатки полевого метода.
6. Вегетационный метод, питательные смеси и принципы их составления.
7. Взаимное действие ионов на растения (аддитивность, синергизм, антогонизм).
8. Физиологическая реакция минеральных солей.
10. Механизм поглощения и радиального транспорта элементов в корневой системе.
11. Зависимость поглощения элементов от внешних и внутренних факторов (РН, влажность, температура, аэрация, концентрация почвенного раствора, фотосинтез, дыхание).

12. Метаболический и неметаболический пути поглощения и передвижения минеральных элементов. Апопласт и симпласт.
13. Реутилизация минеральных элементов в растениях.
14. Работы Д.Н.Прянишникова по азотному питанию растений.
15. Минерализация азотсодержащих органических соединений в почве.
16. Восстановление нитратов в растениях.
17. Биологическая фиксация азота растениями.
18. Физиологические основы применения удобрений.
19. Некорневые подкормки и их физиологическая роль.
20. Особенности минерального питания больного растения.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Аддитивность - действие смеси солевых растворов, которое равно сумме действия отдельных компонентов. Например, осмотическое давление питательного раствора равно сумме парциальных осмотических давлений входящих в смесь солей.

Азотобактерин (азотоген) - препарат свободноживущих азотфиксирующих бактерий, которые связывают свободный азот воздуха, делая его доступным для растений.

Азотфиксация - включение атмосферного азота в соединения с помощью свободноживущих и симбиотических бактерий.

Акропетальный градиент распределения элементов - чем старше орган, тем больше содержание элементов, неподвергающихся реутилизации (кальций, железо, бор)

Активный транспорт - транспорт растворенного вещества через мембрану против градиента концентрации, протекает с потреблением метаболической энергии.

Аммонификация - процесс разложения микроорганизмами азотсодержащих органических веществ почвы с выделением аммиака. Является важнейшим этапом круговорота азота, приводящий к обогащению почвы усвояемыми формами азота.

Антагонизм ионов - взаимодействие ионов, при котором физиологический эффект воздействия смеси солей меньше, чем действие каждой соли в отдельности. Например, чистые растворы NaCl или CaCl₂ ядовиты для растений, а раствор, содержащий обе соли, почти безвреден, так как в нем происходит взаимное уравновешивание действия одно- и двухвалентных ионов.

Базипетальный градиент распределения элементов - чем выше расположен лист, чем он моложе, тем больше в нем элементов, подвергающихся реутилизации (азот, фосфор, калий).

Биогенные элементы - химические элементы, постоянно входящие в состав организмов и необходимые им для жизнедеятельности (O, C, H, N, Ca, K, P, Mg, Cl, Na).

Ближний транспорт - передвижение ионов, метаболитов и воды между клетками и тканями внутри органа. Он включает радиальный транспорт веществ в корнях и стеблях, передвижение веществ в мезофилле листьев на небольшие расстояния. Осуществляется ближний транспорт по апопласту (совокупность межклетников и клеточных стенок) и симпласту (совокупность протопластов клеток).

Вегетационный метод - выращивание растений в контролируемых и регулируемых условиях (вегетационных домиках, оранжереях, теплицах, климатических камерах и других сооружениях).

Визуальная диагностика - определение нарушения питания по внешнему виду растений.

Водные культуры - метод выращивания растений на растворе питательных солей, приготовленном на дистиллированной воде.

Внутриклеточный транспорт - передвижение веществ внутри одной клетки. Осуществляемое в результате совместного действия циклозиса (круговое движение цитоплазмы) и направленной поперек этого движения диффузии. Во внутриклеточном транспорте веществ принимают участие также каналы эндоплазматического ретикулума и везикулы Гольджи.

Дальний транспорт - передвижение веществ между органами растения. Осуществляется по специализированной проводящей системе, включают сосуды и трахеиды ксилемы (восходящий ток) и ситовидные трубки флоэмы (нисходящий ток).

Денитрификация - микробиологический процесс восстановления окисленных соединений азота до газообразных азотистых продуктов.

Зольные вещества - минеральные элементы, содержание которых обычно определяют в тканях после сжигания органического вещества растений. В семенах содержание золы в среднем 3%, в корнях и стеблях - 4-5%, в листьях - 5-15%.

Ионофоры - органические вещества, осуществляющие перенос ионов металлов через биологические мембраны.

Кажущееся свободное пространство - та часть объема корня, где происходят процессы обменной адсорбции. Оно включает межмолекулярные пространства в толще клеточных стенок на поверхности плазмолеммы и клеточных стенок и занимает 5-10 % объема корня.

Клубеньковые бактерии - азотфиксаторы, живущие в клубеньках бобовых растений.

Коэффициент распределения - соотношение содержания элементов в листьях и корнях. Данный показатель дает более объективную информацию об обеспеченности сельскохозяйственных культур элементами минерального питания в сравнении с оценкой содержания их в листьях.

Листовая диагностика - определение потребности растений в элементах питания на основе общего химического анализа листьев или сока, а также вытяжек из тканей или по реакциям на срезах.

Макроэлементы - неорганические химические элементы, необходимые в больших количествах для роста растений (азот, фосфор, кальций, магний, сера).

Механизм ксилемного транспорта - массовый ток растворенных веществ вместе с водой, движимой транспирацией.

Минеральные удобрения - соли, содержащие необходимые для растений элементы питания. Минеральные удобрения подразделяют на азотные, фосфорные, калийные, микроудобрения, известковые удобрения и комплексные удобрения.

Микориза - симбиоз корней высших растений и мицелия гриба. При этом гриб получает от высшего растения безазотистые органические вещества, а высшее растение получает из почвы благодаря грибу, воду и минеральные соли. Различают эктотрофную (наружную) микоризу, при которой гриб своими гифами рыхло оплетает корневые окончания и проникают только в межклетники первичной коры и эндотрофную (внутреннюю), при которой гриб проникает внутрь клеток коры, образуя в них плотные клубочки.

Микроудобрения - содержат микроэлементы (бор, медь, цинк, марганец, кобальт, молибден и др.). В качестве микроудобрений применяют соли микроэлементов, отходы промышленности. Микроудобрения вносят до посева, вместе с семенами в рядки и в составе некорневых подкормок.

Микроэлементы - неорганические химические элементы, необходимые растениям в очень малых количествах (железо, хлор, медь, марганец, цинк, молибден, бор).

Морфобиометрическая диагностика - определение обеспеченности растений минеральным питанием по приросту массы, числу и размерам органов, величине и структуре урожая.

Нитратредуктаза - фермент, катализирующий восстановление нитратов до аммиака.

Нитрификация - процесс биологического превращения восстановленных соединений азота в окисленные неорганические.

Нитрофилы - растения, требующие повышенного содержания нитратов в почве (бузина, малина, тополь, крапива и др.)

Олиготрофные растения - растения, малотребовательные к содержанию питательных веществ в субстрате и встречающиеся на бедных почвах (сосна, вереск и др.)

Органогены - элементы, составляющие основную массу растительных тканей. К ним относятся С (-4,5%), О(-42%), Н(6,5%), N(1,5%), на долю которых приходится 95 % сухой массы тканей.

Питательная смесь - определенного состава смесь солей, за счет которых осуществляется питание подопытных растений в водных и песчаных культурах, а также в условиях гидропоники.

Питательные вещества - вещества, необходимые для жизни организма. Элемент считается необходимым, если его отсутствие не позволяет растению завершить свой жизненный цикл.

Почвенная диагностика - диагностика питания растений путем агрохимического анализа почвы и сопоставление полученных данных и установленными нормативами.

Реутилизация - повторное использование растениями основных элементов минерального питания. Например, перед листопадом некоторые элементы (N, P, Mg и др.) отводятся из листьев в стебель, а затем вновь используются при росте молодых частей растения.

Ризосфера - прикорневая зона, в которой сосредотачивается большое количество микроорганизмов, где питательной средой для них служат корневые выделения.

Симбиоз - совместное существование разноименных организмов, составляющих симбионтную систему.

Симпласт – совокупность взаимосвязанных протопластов клеток и их плазмодесм.

Синергизм ионов - один из ионов усиливает действие другого. Например, катионы K, Ca, Mg оказывают стимулирующее действие на поглощение ионов NO_3 и PO_4 . Нитратные и фосфатные анионы благоприятно влияют на усвоение других элементов.

Система удобрения - это программа удобрений в севообороте с учетом предшественников, плодородия почвы, климатических условий, биологических особенностей растений и сортов, состава удобрений.

Физиологически кислые соли (удобрения) - соли, из состава которых катион поглощается быстрее и в большем количестве, чем анион; вследствие этого реакция раствора или почвы сдвигается в кислую сторону (например, KCl, K_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и др.).

Физиологически нейтральные соли (удобрения) - соли, из состава которых анионы и катионы поглощаются с одинаковой интенсивностью (например, NH_4NO_3).

Физиологически щелочные соли (удобрения) - соли, из состава которых анион поглощается быстрее и в большем количестве, чем катион; благодаря этому реакция раствора или почвы сдвигается в щелочную сторону (например, NaNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$).

Физиологически уравновешенные растворы - растворы, в которых количество и соотношение ионов исключают их вредное влияние.

Хелаты - внутрикомплексные соединения органических веществ с металлами, в которых атом металла связан с органическим соединением.

Химическая диагностика - определение обеспеченности растений минеральным питанием по результатам химического анализа растений по фазам их развития.

РАЗДЕЛ 6. РОСТ И РАЗВИТИЕ

План:

1. Понятие о росте и развитии растений, их сочетание.
2. Локализация роста. Типы роста. Периодичность роста. Зависимость роста от факторов среды. Явление покоя.
3. Движения растений. Тропизмы, настии, нутации, тургорные обратимые движения.
4. Культура клеток и тканей в решении задачи физиологии и биотехнологии.
5. Регуляторы роста, классификация. Синтетические аналоги физиологически активных веществ. Гербициды, дефолианты и десиканты.
6. Понятие об онтогенезе. Яровизация. Фотопериодизм. Гормональная теория развития растений. Органогенез, его этапы.
7. Физиология старения. Циклическое старение и омоложение растений и их органов в онтогенезе. Регуляция роста и онтогенеза.

Рекомендации по изучению:

Рост и развитие являются главнейшими характеристиками жизненного цикла растений. Необходимо определить понятия об онтогенезе, росте и развитии растений, уяснить, что основой роста являются образование и рост клеток меристематической ткани. В этой связи целесообразно рассмотреть меристемы по месту их расположения и отметить, что рост растений носит локальный характер. Рассмотрите рост на уровне клетки, органов и организма в целом.

Изучите периодичность роста, его зависимость от экологических факторов. Явление покоя, методы его прерывания и продления. Рассмотрите типы ростовых движений (тропизмы, настии, нутации), их физиологическую природу и значение.

Необходимо рассмотреть регуляторы роста (фитогормоны) как факторы, регулирующие рост и развитие целостного растения, синтетические аналоги фитогормонов, механизм их действия. Использование фитогормонов и физиологически активных веществ в сельскохозяйственной практике.

Рассматривая вопросы, связанные с развитием необходимо выяснить взаимосвязь между ростом и развитием растений, изучить периоды и этапы онтогенеза, а также морфологические, физиологические и биохимические признаки общих возрастных изменений у растений. Изучите зависимость развития от факторов среды. Яровизация. Фотопериодизм.

Следует обратить внимание на закономерности возрастной изменчивости растений. Изучите основные положения теории циклического старения и омоложения растений Н.П. Кренке, которая раскрывает сущность индивидуальных возрастных изменений.

Важно разобраться в вопросах управления генеративным развитием и старением растений путем регулирования светового, температурного и вод-

ного режимов, минерального питания, хирургическими и химическими способами. Практический интерес представляет возможность управления формирования семян, плодов и других продуктивных частей растений, а также ознакомление с условиями их хранения.

РАБОТА 23. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ РОСТА КОРНЯ С ПОМОЩЬЮ МИКРОСКОПА

Достаточно точно интенсивность роста можно определить при помощи горизонтального микроскопа, можно использовать обычный микроскоп и рассматривать препарат в отраженном свете при малом увеличении.

Ход работы. Берут проросшее семя льна, кладут на предметное стекло, заливают каплей воды (чтобы корешок не подсыхал), укрепляют на столике микроскопа и рассматривают под малым увеличением. Конец корешка ставят на определенное деление линейки, которая видна в поле зрения, и оставляют на 15–20 мин. Микроскоп устанавливают так, чтобы избежать опасности сдвинуть препарат. Наблюдают за ростом корня и через определенное время отмечают, на сколько делений увеличился корешок. Зная цену деления линейки окуляр–микрометра, можно определить интенсивность роста корня в единицу времени.

Материалы и оборудование: Проросшие семена льна; микроскопы; предметные стекла; окуляры–микрометры.

РАБОТА 24. НАБЛЮДЕНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ РОСТА ДРЕВЕСНЫХ ПОБЕГОВ

В течение вегетации растение растет не с одинаковой скоростью. Вначале рост протекает медленно, затем скорость роста увеличивается, достигает максимума, снова замедляется и наконец, рост прекращается. Такая периодичность характеризуется законом большого периода роста и зависит от условий среды и от физиологического состояния растения.

Периодичность роста можно продемонстрировать путем измерения длины междоузлий древесных побегов.

Ход работы. Берут однолетние побеги древесных или кустарниковых пород и измеряют длину каждого междоузлия. При этом учитывают очередность междоузлий и их длину. Полученные данные выражают графически, где по оси ординат откладывают длину междоузлий и длину побега, по оси абсцисс – номера междоузлий, считая от основания побега. Точки соединяют и получают график, показывающий характер роста растения. Делают вывод о периодичности роста побега, что имеет значение при определении сроков внесения удобрений и использования побегов для вегетативного размножения.

Результаты наблюдений записывают в таблицу.

| Длина, см | Номер междоузлия | | | | | | | | | |
|------------|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 и т.д. |
| Междоузлия | | | | | | | | | | |
| Побега | | | | | | | | | | |

Материалы и оборудование: Побеги древесных или кустарниковых пород; линейки.

РАБОТА 25. НАБЛЮДЕНИЕ ЯРУСНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

В зависимости от яруса побега изменяются морфологические признаки листьев. От нижних к верхним ярусам размеры листьев сначала увеличиваются, а затем после достижения определенного максимума, начинают уменьшаться. При графическом выражении ярусной изменчивости получается одновершинная кривая.

Ход работы. У растений пшеницы или ячменя в фазу колошения (цветения) определяют площадь листьев в качестве показателя метамерной изменчивости. Для этого у листа каждого яруса измеряют ширину основания пластинки и ее длину. Затем рассчитывают площадь листьев по формуле:

$$S = 2/3 R \cdot x,$$

где S – площадь листа, см²

R – ширина основания листа, см

x – длина листовой пластинки, см

Вычерчивают графики, на которых отражают изменение площади листьев в зависимости от ярусности. По оси абсцисс откладывают номер яруса, а по оси ординат – площадь листьев.

Материалы и оборудование: Растения пшеницы или ячменя; линейки.

РАБОТА 26. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА РАЗВИТИЕМ ЗЛАКОВ ПО МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ В ТОЧКАХ РОСТА (по Ф.М. КУПЕРМАН)

Установлено, что формирование растений, как и каждого органа, проходит последовательными этапами. При всех специфических особенностях развития растений разных видов, родов и семейств, в развитии побегов всех высших покрытосеменных растений, можно выделить двенадцать основных этапов онтогенеза. На каждом из них происходит формирование характерных для данного этапа одноименных органов побега. Процесс формирования органов в индивидуальном развитии растений называется органогенезом. Для его изучения наблюдают за конусом нарастания, из которого формируется

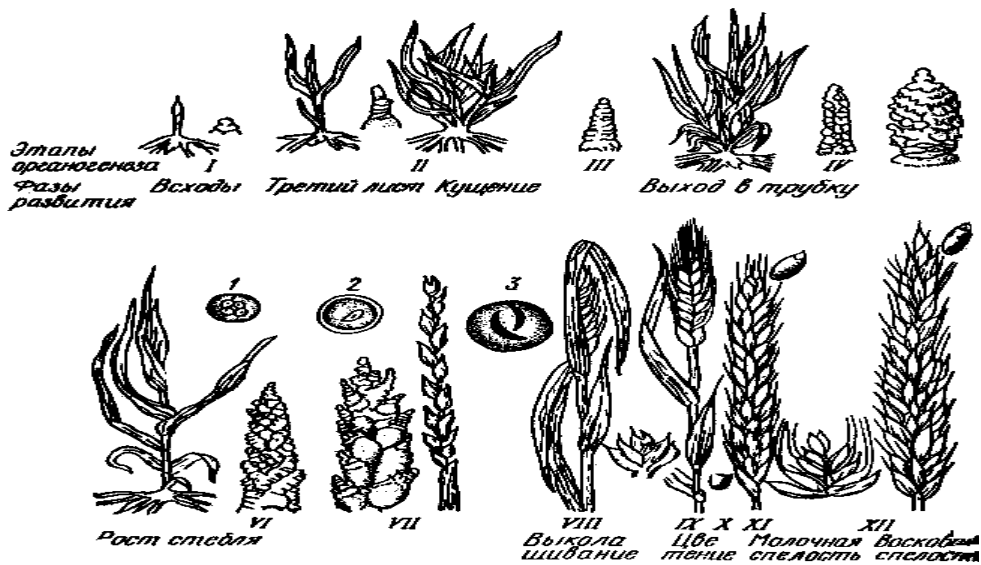


Рис. 6

Фазы развития и этапы органогенеза озимой пшеницы.

1, 2, 3 – последовательное формирование пыльцы.

Ход работы. Наблюдения за развитием и ростом конуса нарастания на ранних этапах проводят путем препарирования при помощи бинокулярной или простой лупы. На более поздних этапах, начиная с дифференциации зачаточного колоса или метелки, их можно рассматривать и описывать без лупы и поэтому наблюдения эти легко доступны. Этапы органогенеза (IX–XII), содержание которых составляет формирование и созревание семян определяют в поле.

Проведение биологического контроля складывается из следующих процессов: 1) выбора растений для анализа и взятия проб; 2) регистрации пробы; описания растений и его органов; 4) определения этапа органогенеза; 5) документации и анализа динамики органогенеза.

При наблюдениях за развитием растений ярового типа, пробы берут не реже чем через день, начиная с прорастания семян и до наступления V этапа органогенеза; на VI–IX этапах органогенеза пробы лучше брать ежедневно, на X–XII этапах интервалы могут быть в 3–5 дней.

За озимыми растениями на I–II этапах органогенеза можно наблюдать с осени один раз в 5–7 дней. В зимний период состояние конуса нарастания проверяют один раз в 15–20 дней.

При переходе растений к активной вегетации определяют фенологические фазы, подсчитывают число побегов, междоузлий на побеге или ярусов, боковых ветвей, соцветий, цветков.

В случаях необходимости измеряют общую высоту растения в фазы от начала всходов до начала колошения (выметывания).

Описания и промеры растений осуществляют систематически по мере

развития растения, от этапа к этапу органогенеза, которые характеризуются следующими органообразовательными изменениями и элементами продуктивности:

I. В набухшем от влаги семени начинается активное образование зародышевых органов. Конус нарастания (точка роста) недифференцированный. Этап завершается прорастанием семени. Элементы продуктивности – высота и число листьев, коэффициент кущения.

II. Дифференциация основания конуса нарастания на зачаточные узлы, междоузлия и стеблевые листья. Элементы продуктивности – высота и число листьев, коэффициент кущения.

III. Вытягивание и сегментация конуса нарастания – зачаточной оси колоса. С началом кущения образуются вторичные (узловые) корни. Элемент продуктивности – число члеников колосового стержня.

IV. Формирование колосковых бугорков (конуса нарастания второго порядка). Растут нижние междоузлия. Элемент продуктивности – число колосков в колосе.

V. Формирование цветков в колосках: закладка цветочных бугорков и при дальнейшей дифференциации образования генеративных бугорков (тычиночных и пестичных). Этот этап протекает в фазу выхода в трубку и окончательно определяет потенциально возможное для сорта число цветков в колосках.

VI. Формирование пыльцевых мешков и завязи пестика (образование пыльцевых зерен – микроспорогенез и зародышевого мешка – макроспорогенез). Усиленно растут средние междоузлия. Элемент продуктивности – число цветков в колосках.

VII. Завершение процесса формирования пыльцы и зародышевого мешка, образование половых клеток; усиленный рост всех частей колоса и самого колоса, а также верхних междоузлий (начало колошения). Элементы продуктивности – фертильность цветков, плотность колоса.

VIII. Завершается процесс формирования всех органов соцветия и цветка. Усиленно растет самое длинное верхнее междоузлие (выколашивание или выметывание). Элементы продуктивности – фертильность цветков, плотность колоса.

IX. Цветение, оплодотворение, образование зиготы. Рост междоузлий стебля прекращается. Элемент продуктивности – озерненность колоса.

X. Формирование зерновки. К концу этапа зерновка достигает типичных для сорта размеров по длине. Элемент продуктивности – величина зерновки.

XI. Накопление питательных веществ в зерновках (налив), идет их рост в толщину и ширину (фаза молочной спелости зерна). Элемент продуктивности – величина зерновки.

XII. Рост зерновки прекращается, превращение питательных веществ в запасные вещества, специфические для каждого вида (восковая спелость).

Элемент продуктивности – масса зерновки.

Описанные этапы органогенеза используются в практической деятельности. Систематически наблюдая за состоянием конусов нарастания можно подсказать конкретные и достаточно эффективные меры ухода за посевами.

Материалы и оборудование: Растения злаковых культур; лупа бинокулярная; микроскопы; препаровальные иглы; рисовальная призма или рисовальный аппарат.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Понятие о росте и развитии растений.
2. Типы роста. Периодичность роста.
3. Зависимость роста от внешних факторов (температура, свет, влажность воздуха и почвы, удобрений, аэрация и др.)
4. Явление - покоя. Прерывание продление покоя.
5. Культура клеток и тканей.
6. Регуляторы роста, их классификация.
7. Использование регуляторов роста в растениеводстве.
8. Онтогенез растений, его зависимость от факторов среды.
9. Органогенез, его этапы и их использование при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Абиотический - безжизненный, не связанный с живыми объектами.

Абсцизовая кислота (АБК) - природный гормон растений терпеноидной природы. Индуцирует и увеличивает период покоя, ускоряет листопад путем стимулирования образования отдельного слоя. АБК задерживает прорастание семян, распускание почек, тормозит рост отрезков стеблей и колиоптелей, вызывает закрывание устьиц.

Анабиоз - состояние покоя для преодоления неблагоприятных условий среды (засуха, мороз, и др.)

Апекс - конус нарастания, точка роста.

Апикальный тип роста - меристемы, обеспечивающие линейный рост находятся на верхушках стеблей, за счет которых происходит их линейный рост.

Ауксины - фитогормоны, преимущественно индольной природы, стимулируют рост отрезков колеоптилей, стеблей, корней, вызывающие тропические изгибы, а также стимулирующие образование корней у черенков.

Базальный тип роста - характерен для роста листьев: сначала растут все клетки, а затем лишь основание.

Биологические часы - внутренний механизм, управляющий врожденными биологическими ритмами организма.

Биос - биологически активные вещества, необходимые для нормальной жизнедеятельности растений в крайне малых концентрациях, содержат в своем составе витамины В₁ и В₆, биотин, пантотеновая кислота и другие соединения.

Большая кривая роста - кривая, описывающая рост растений и имеющая S-образную форму. Различают отдельные участки кривой: лаг-фазу (начальную), лог-фазу (ускоренного роста) или логарифмическую, фаза замедления роста и стационарную фазу.

Геотропизм - способность органов растений принимать определенное положение в ответ на воздействие земного притяжения.

Гиббереллины - фитогормоны, тетрациклические карбоновые кислоты - гибберелловая кислота и другие гиббереллины, активирующие рост стеблей, регулирующие цветение растений, покой семян, плодоношение и влияющие на метаболизм растений.

Гипоксия (аноксия) - уменьшение или прекращение обеспечения корней кислородом.

Десикация - предуборочное подсушивание растений для ускорения созревания и облегчения уборки урожая. Для десикации используют химические вещества - десиканты, которые разрушают коллоиды протоплазмы, что резко снижает водоудерживающую способность клеток, уменьшает количество связанной воды в растении и усиливает испарение.

Дефолиация - предуборочное удаление листьев с растений для облегчения уборки урожая. Применяются химические препараты, вызывающие преждевременное старение и опадение листьев.

Дифференциация - превращение эмбриональной клетки в специализированную.

Ингибиторы роста - вещества, снижающие активность фитогормонов и подавляющие рост.

Интеркалярный рост (вставочный рост) - рост растений в длину за счет растяжения междоузлий.

Кинины (цитокинины) - гормоны растений, производные 6-аминопурина. Индуцируют в присутствии ауксина деление клеток, стимулируют формирование почек и рост побегов, освобождают боковые почки от апикального доминирования, вызываемого ауксином, выводят из состояния глубокого покоя клубни и семена ряда растений, повышают аттрагирующую способность тканей и органов, задерживают старение листьев.

Корреляция - зависимость развития одних органов или частей организма от других, а также взаимосвязь физиологических процессов, протекающих в организме.

Листопад - опадение листьев у деревьев и кустарников, является нормальным физиологическим процессом старения листьев, которые живут обычно менее года. Листопад связан с появлением у основания листа отделительного слоя паренхимных клеток.

Монокарпические растения - растения, которые цветут и плодоносят раз в жизни, после чего обычно погибают (однолетние растения, а также некоторые многолетники).

Морфогенез растений - становление формы, образование морфологических структур и целостного организма в процессе развития.

Настии - движения листьев, лепестков и других органов растений, не ориентированные по отношению к действию раздражителя (свет, температура и др.).

Никтинастия - движения органа растения, вызываемые изменением дня и ночи, температуры и освещения.

Нутации - круговые или колебательные движения органов растений.

Онтогенез (жизненный цикл), или индивидуальное развитие - комплекс последовательных и необратимых изменений жизнедеятельности и структуры растений от возникновения из оплодотворенной яйцеклетки, зачаточной или вегетативной почки до естественной смерти.

Органогенез - образование зачатков органов и их дифференцировка в ходе онто - или филогенеза растений.

Партенокарпия - образование на растении плодов без оплодотворения.

Покой растений - состояние растения, которое характеризуется отсутствием ростовых явлений, крайней степенью угнетенности дыхания и снижением интенсивности превращения веществ; выражается в задержке прорастания семян, клубней, луковиц и распускания почек.

Полярность - характерное для растений различие между морфологически верхней и нижней частью их тела.

Регенерация - восстановление организмом утраченных частей тела, а также восстановление целого организма из его части (вегетативное размножение)

Регуляторы роста растений - органические соединения, вызывающие, в очень низких концентрациях, стимуляцию или подавление роста и морфогенеза растений. К природным регуляторам роста относятся фитогормоны, которые включают пять групп: ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизины, этилен. К синтетическим относятся вещества, стимулирующие рост растений (индолилмасляные, индолилуксусные кислоты) и ингибиторы (морфактины, ретарданты, дефолианты и др.).

Ремонтантные растения - растения, которые цветут и плодоносят несколько раз в году.

Ретарданты - синтетические вещества разной химической природы, которое подавляют рост стеблей и побегов и придают устойчивость растениям к полеганию (хлорхолинхлорид, тур, кампозан, гидрел и т.д.).

Сеникация - прием предуборочной обработки посевов физиологически активными веществами, ускоряющими созревание и старение растения.

Скарификация семян - механическое нарушение оболочки. Применяется для устранения твердокаменности семян (бобовых трав, некоторых древесных и кустарниковых пород) и получение дружных и полных всходов. Скарифицируют семена, пропуская их через машины - скарификаторы, обрабатывая крепкой серной кислотой и другими способами.

Стратификация - хранение семян растений, в том числе и некоторых древесных пород, во влажном песке при температуре 0-6° С, в результате которого ускоряется их прорастание.

Тотипотентность - свойства тканей или клеток дифференцироваться в любую структуру организма.

Тропизмы - ростовые движения органов растений на одностороннее направленное действие какого-либо фактора внешней среды. Тропизмы основаны на явлении раздражимости, вызывающем перераспределение в тканях растений фитогормонов. В зависимости от вызывающего внешнего фактора различают фототропизм (изгиб в сторону света), геотропизм (отклонение по отношению к земному тяготению), гидротропизм (рост по направлению к более влажной среде) и др.

Фитогормоны (гормоны растений) - вещества, вырабатываемые специализированными тканями и действующие как регуляторы и координаторы онтогенеза.

Фототропизм - способность растений переходить к цветению только при определенном соотношении длины темного и светлого периода суток.

Ювенильность у растений - возрастное состояние в период от появления проростка до начала цветения.

РАЗДЕЛ 7. УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ.

План:

1. Приспособленность онтогенеза растений к условиям среды как результат их эволюционного развития.
2. Физиологические механизмы адаптации растений. Физиология стресса. Факторы, вызывающие стресс.
3. Действие низких температур на растение. Холодоустойчивость и морозоустойчивость. Замерзание растительных тканей и происходящие при этом процессы. Закаливание растений, его фазы. Зимостойкость растений.
4. Действие на растение высоких температур. Изменение обмена веществ, роста и развития при действии максимальных температур. Засухоустойчивость растений.
5. Солеустойчивость растений. Типы галофитов. Солеустойчивость сельскохозяйственных культур и методы ее повышения.

6. Устойчивость растений к газообразным загрязнителям атмосферы. Действие радиации на растение. Аллелопатические взаимодействия в ценозе. Действие пестицидов на растение.

Рекомендации по изучению:

Приспособленность растений к различным неблагоприятным условиям среды рассматривается как результат их эволюционного развития. При воздействии этих факторов растение испытывает стресс, представляющий собой напряженное состояние, отклонение от нормы. В этой связи необходимо изучить основные группы факторов, вызывающие стресс у растений. Рассмотрите отношение растений к низким температурам, выясните такие понятия как «Холодоустойчивость» и «Морозоустойчивость» растения. Какие существуют методы повышения холодоустойчивости. Проанализируйте воздействие на растение отрицательных температур и процессы закаливания и содержание его фаз.

Рассмотрите зимостойкость растений как устойчивость к комплексу неблагоприятных факторов перезимовки (вымерзание, выпревание, вымокание, гибель под ледяной коркой, выпирание, повреждение от зимней засухи). Влияние на растение избытка влаги, причины полегания и способы его предупреждения.

В южных районах на продуктивность растений существенное влияние оказывают высокие температуры, в связи с чем следует изучить такое понятие как «жароустойчивость». Следует выяснить изменения, происходящие в обмене веществ, в росте и развитии растений при воздействии на них высоких температур, и приемы, обеспечивающие повышение жароустойчивости растений.

Изучите воздействие недостатка влаги на растение. Выясните особенности водообмена у ксерофитов и мезофитов, физиологические основы засухоустойчивости сельскохозяйственных культур, определите приемы предпосевного повышения их жаро- и засухоустойчивости, критические периоды в водообмене разных растений. Физиологически обоснуйте приемы повышения засухоустойчивости культурных растений и режимы их орошения в засушливых регионах.

Народнохозяйственное значение приобрела борьба с засолением почв, в связи с чем актуальное значение приобретают вопросы солеустойчивости растений. Поэтому необходимо рассмотреть современное состояние физиологии солеустойчивости, влияние засоления на растения и выяснить механизм влияния почвенных солей и устойчивости растений к солевому воздействию. Следует рассмотреть типы галофитов, пути их приспособления к засолению, а также солеустойчивость различных сельскохозяйственных культур и сортов. Определите методы диагностики солеустойчивости растений.

Интенсивное развитие промышленности, сельскохозяйственного производства и активная деятельность человека привели к значительным изме-

нениям окружающей среды. Это определяет проблему борьбы с вредными газообразными выделениями промышленности и транспорта, остаточным действием веществ, применяемых в сельском хозяйстве для борьбы с болезнями, вредителями и сорняками. В связи этим необходимо проанализировать последствия накопления токсических веществ в продукции растениеводства, изучить физиологические основы устойчивости растений к неблагоприятному фактору и обсудить возможности повышения устойчивости. При этом необходимо знать основные показатели, которые могут характеризовать устойчивость растений к тем иным неблагоприятным факторам среды, для чего используют разнообразные методы.

РАБОТА 27. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖАРОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПО ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ПОСЛЕ ПРОГРЕВАНИЯ (по А.М. ВОЛКОВОЙ)

Ход работы. Партия семян, по 50 шт. каждого сорта, при 4–х кратной повторности, помещают в марлевые мешочки. Внутри мешочка вкладывают пергаментную этикетку написанную простым карандашом. Мешочки завязывают, нанизывают на провод и прогревают 20 минут в термостате, в воде при температуре 50, 52 и 54°C. Одновременно с опытными семенами в воду комнатной температуры погружают на 20 минут контрольные семена, не подвергавшиеся действию высокой температуры. Затем семена проращивают в термостате при температуре 20°C в течение 7 суток в чашках Петри, в которые наливают по 10 мл воды. Дно чашек выстилают фильтровальной бумагой. Чтобы поддерживать в термостате высокую относительную влажность воздуха и уменьшить испарение, на дно термостата помещают кювету с водой. На 8 сутки учитывают процент всхожих семян. У пшеницы к числу всхожих относят семена, имеющие нормально развитые корешки, из которых главный корешок размером не менее длины семени, а росток не менее половины длины семени.

$$\% \text{ всхожести семян} = \frac{\text{всхожесть прогретых семян}}{\text{всхожесть непрогретых семян}} \times 100.$$

Всхожесть испытуемых образцов сравнивают со всхожестью прогретых семян стандартных сортов, жароустойчивость которых уже известна.

У устойчивых сортов процент всхожести после прогревания семян составляет более 75% от контроля, у среднеустойчивых 45–50% и у слабоустойчивых менее 45%.

Материалы и оборудование: Семена различных сортов зерновых культур со всхожестью 85–90%; формалин (1 мл на 300 мл воды); марлевые мешочки; пергамент для этикеток; термостат; чашки Петри; фильтровальная бумага; дистиллированная вода.

РАБОТА 28. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПО СПОСОБНОСТИ СЕМЯН ПРОРАСТАТЬ НА РАСТВОРЕ САХАРОЗЫ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ (по ОЛЕЙНИКОВОЙ)

Ход работы. 50 штук семян озимой пшеницы каждого сорта протравливают в растворе формалина в течение 3 минут и затем помещают в стерильные чашки Петри на фильтровальную бумагу и проращивают в растворе сахарозы (10 мл на чашку) при температуре +20⁰С в течение 7 суток. Высокий процент проросших в сахарозе семян коррелирует с высокой степенью засухоустойчивости растений при выращивании в полевых условиях. Взятые сорта должны быть одинаковыми по скороспелости.

Материалы и оборудование: Семена различных по засухоустойчивости сортов пшеницы; чашки Петри; фильтровальная бумага; раствор сахарозы, соответствующей 16 атм. осмотического давления; формалин (1 мл на 300 мл воды).

РАБОТА 29. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПО СОСТОЯНИЮ ЛИСТОВОГО АППАРАТА (по КУМАКОВУ)

Ход работы. Для определения степени засухоустойчивости различных растений можно использовать два метода:

1) Определяется площадь или длина листьев растений пшеницы разного яруса. Так как при первом проявлении засухи наблюдается торможение ростовых процессов, то обычно у сортов незасухоустойчивых размеры листьев верхнего яруса резко сокращаются.

Отношение площади или длины последнего верхнего листа к площади или длине предпоследнего листа является надежным показателем степени засухоустойчивости растений. Измерения следует проводить у 50–100 растений и брать среднее арифметическое из полученных данных.

2) Продолжительность жизни листьев одноименных ярусов не одинаковая у засухоустойчивых и незасухоустойчивых растений. Это связано главным образом с деятельностью корневой системы. В полевых условиях проводят наблюдения за скоростью отмирания нижних листьев в период засухи.

Раннее отмирание нижних листьев при неблагоприятных условиях водного режима свидетельствует о слабой засухоустойчивости растений. Этот показатель хорошо коррелирует с урожайными данными. Для получения достоверных данных используют не менее 100 растений каждого варианта или сорта.

Материалы и оборудование: Различные по засухоустойчивости сорта пшеницы в фазе колошения; линейка; весы с разновесами.

РАБОТА 30. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНОГО ДЕФИЦИТА РАСТЕНИЙ

Ход работы. Из листьев исследуемых растений берут пробочным сверлом 12 высечек, помещают в предварительно взвешенные сухие бюксы и немедленно взвешивают. Затем высечки опускают в чашки Петри, заливают водой и оставляют на 2 часа.

Тургесцентные высечки подсушивают фильтровальной бумагой, взвешивают и снова (для контроля) помещают в воду. Если при этом вес высечек не изменяется, то это свидетельствует о полном насыщении тканей водой. Затем высечки высушивают в бюксах при 105°C до постоянного веса. Вычисляют водный дефицит и дефицит относительной тургесцентности тканей по формулам:

$$1. \text{ Водный дефицит} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{количество воды,} \\ \text{насыщающее орган} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{наличное} \\ \text{количество воды} \end{array} \right)}{\text{количество воды, насыщающее орган}} \times 100$$

$$2. \text{ Относительная тургесцентность} = \frac{\text{О т н о с и т е л ь н а я} \left(\text{вес сырой ткани} \right) - \left(\text{вес сухой ткани} \right)}{\left(\text{вес тургесцентной ткани} \right) - \left(\text{вес сухой ткани} \right)}$$

Относительная тургесцентность есть величина, показывающая какую долю в процентах составляет наличное количество воды от ее содержания, обеспечивающее полный тургор.

$$3. \text{ относительной тургесцентности} = 100 * \frac{\text{Дефицит} \left(\text{вес сырой ткани} \right) - \left(\text{вес сухой ткани} \right)}{\left(\text{вес тургесцентной ткани} \right) - \left(\text{вес сухой ткани} \right)}$$

Дефицит относительной тургесцентности показывает сколько воды необходимо для полного насыщения листьев водой.

Материалы и оборудование: Листья кукурузы и подсолнечника; аналитические весы; бюксы стеклянные; эксикатор; пробочное сверло; кристаллизатор; фильтровальная бумага; щипцы; чашки Петри.

РАБОТА 31. ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ ТКАНЕЙ РАСТЕНИЙ ВЫНОСИТЬ ОБЕЗВОЖИВАНИЕ

Ход работы. Из листьев исследуемых растений вырезают пробочным сверлом диски размером 3–4 см², взвешивают на аналитических весах и помещают в эксикатор над серной кислотой на один час. Через час диски вы-

нимают, взвешивают повторно, делают срезы и помещают их в раствор сахарозы на 20 минут. Окрашивая срезы нейтральным красным, определяют под микроскопом количество плазмолизированных (живых) клеток. Чем больше остается живых клеток, тем выше устойчивость растений к обезвоживанию. Одновременно вычисляют процент потерянной воды на сырой вес. Обычно водоудерживающая способность тканей тем выше чем меньше теряют воды высечки из листа при выдерживании их над серной кислотой.

Материалы и оборудование: Листья подсолнечника или кукурузы; раствор сахарозы (20%); эксикатор; серная кислота (1:1); весы аналитические с разновесами; микроскоп; предметные и покровные стекла; раствор нейтрального красного (1:10000); пробочное сверло большого диаметра.

РАБОТА 32. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖАРОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ (по МАЦКОВУ)

Ход работы. Водяную баню нагревают до температуры 40°C, в воду опускают по 10 листьев испытуемых растений и оставляют на 1/2 часа. Затем берут первую пробу листьев и переносят их в кристаллизатор с холодной водой.

Температуру воды в бане поднимают еще на 10°C. Через 10 минут отбирают вторую пробу листьев и так же помещают в кристаллизатор с холодной водой. Так постепенно температуру в бане поднимают до 80°C, а отбор проб (через каждые 10 минут) производят за время опыта 5 раз.

После этого холодную воду в кристаллизаторах заменяют 0,2N HCl и через 20 минут учитывают результаты опытов, определяя процент поврежденных тканей. При отмирании клеток и коагуляции белков протоплазмы, проникающая в клетки соляная кислота выделяет магний из молекулы хлорофилла и образуется феофитин, придающий поврежденным участкам листа бурый цвет.

Материалы и оборудование: Листья различных растений (кукурузы и подсолнечника); раствор 0,2N HCl; водяная баня; чашки Петри; кристаллизаторы с холодной водой; пинцеты; пергаментные этикетки, иголки и нитки; простые карандаши.

РАБОТА 33. ЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ САХАРОЗЫ НА ЦИТОПЛАЗМУ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Ход работы. Из очищенной красной свеклы вырезают три одинаковые кусочка длиной 1,5–2 см, шириной и толщиной 0,5–0,7 см, тщательно промывают их водой и помещают по одному в 3 пробирки.

В первую пробирку наливают 5 мл дистиллированной воды, во вторую – 5 мл 0,5 м раствора сахарозы, в третью 5 мл 1 м раствора сахарозы. Пробирки помещают в охлаждающую смесь (3 части снега + 1 часть поваренной соли), имеющую температуру около – 21°C. Через 20 минут, когда жидкость в пробирках замерзнет, их вынимают из охлаждающей смеси и опускают в стакан с водой. После оттаивания отмечают окраску жидкости в каждой пробирке, зарисовывают и делают вывод о значении сахарозы как защитного вещества при замерзании растений.

Материалы и оборудование: Красная свекла; пробирки; чашка для охлаждающей смеси; бюретки; стакан; нож или лезвие; снег; поваренная соль; растворы сахарозы 0,5 м и 1 м; термометр до – 25°C.

РАБОТА 34. ТОКСИЧНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОЛЕЙ ДЛЯ РАСТЕНИЙ В ПЕРИОД ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН

Ход работы. Семена подсолнечника (или другой культуры) по 20 шт. раскладывают в чашки Петри, на дне которых находится фильтровальная бумага или марля. Опыт проводится по следующей схеме:

- 1) контроль - (вода)
- 2) р-р Na_2SO_4 - 2, 1% (7,1 атм)
- 3) р-р NaCl - 1,0% (7,1 атм)
- 4) р-р Na_2CO_3 - 1,0% (7,1 атм)

Каждый вариант опыта закладывается в 3–4 кратной повторности. Растворы солей приготавливаются с концентрациями, обуславливающими одинаковые величины осмотического давления т.к. соли оказывают как осмотическое, так и токсическое воздействие. Приготовленными, таким образом, изоосмотическими растворами натриевых солей смачивают фильтровальную бумагу в чашках Петри, на которой ведется проращивание семян. Продолжительность проращивания 5–7 дней.

Ежедневно, в определенные часы, просматривают семена, добавляют в чашки Петри воду (в контрольном варианте) и растворы солей (в опытных вариантах) по мере их поглощения прорастающими семенами и отмечают в рабочей тетради число проросших семян (проросшие семена удаляют пинцетом).

В конце опыта считают общее количество проросших семян и выражают их в процентах от исходного числа.

Учет числа проросших семян (всхожесть) как в контрольном, так и в опытных вариантах ведут по всем повторностям, результаты суммируют и выводят среднюю величину по каждому варианту.

Результаты наблюдений за ходом прорастания семян записывают в таблицу.

| Растения | Вариант | Повторность | Количество проросших семян (по дням) | | | | Энергия прорастания, % | Всхожесть, % |
|----------|---------|-------------|--------------------------------------|---|---|---|------------------------|--------------|
| | | | 1 | 3 | 5 | 7 | | |
| | | | | | | | | |

При этом снижение интенсивности прорастания семян на растворах солей по сравнению с контролем является показателем степени солеустойчивости семян. Поскольку в опытах используются растворы натриевых солей с одинаковой величиной осмотического давления, решающим фактором, воздействующим на прорастание семян является степень токсичности анионной части соли. Между токсичностью соли и интенсивностью прорастания семян существует обратная зависимость.

Полученные результаты оформляют в виде графиков и делают заключение о сравнительной токсичности изученных солей.

Материалы и оборудование: Семена подсолнечника или другой культуры; вода дистиллированная; NaCl; Na₂SO₄; Na₂CO₃; бумага фильтровальная (или марля); чашки Петри; пинцет; ножницы; бюретки.

РАБОТА 35. ДИАГНОСТИКА СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ХЛОРОФИЛЛА (по Б.П. СТРОГОНОВУ и Л.А. ОСТАПЕНКО)

Ход работы. Этот метод основан на признании наличия устойчивой системы хлорофилл белок у растений, обладающих повышенной солеустойчивостью. Техника этого метода весьма проста и заключается в следующем. Листья растений, срезанные под водой помещаются черешками в 3% растворы NaCl и Na₂SO₄ в конических колбах. Контролем служат листья, погруженные черешками в воду, свободную от солей. Для предохранения листьев от подвядания опыт проводится на рассеянном свете. Оценка степени повреждения листьев проводят через 24 часа.

Показателем солеустойчивости растений является быстрота появления солевых пятен вследствие разрушения хлорофилла под влиянием солей. У солеустойчивых растений разрушение хлорофилла начинается обычно значительно позже и идет менее интенсивно, чем у несолеустойчивых растений. При этом разрушение хлорофилла и степень повреждения листьев солями определяется по пятибалльной системе. Листья верхних ярусов характеризуются большей устойчивостью к солям по сравнению с более старыми ниже расположенными листьями. Поэтому работу можно выполнять с листьями различных ярусов одного и того же растения.

Повреждение листьев оценивают следующим образом:

балл – 0 – совсем без повреждений; балл – 1 – повреждение в пределах четверти площади листа; балл – 2 – повреждение до половины площади листа; балл – 3 – повреждение трех четвертей площади листа; балл – 4 – вся площадь пластинки листа повреждена. Каждый лист оценивается отдельно, а затем вычисляют средний балл по растению или на ярус.

Результаты наблюдений записывают в таблицу:

| Растения | Соли | Средний балл повреждения | Характер повреждения |
|----------|------|--------------------------|----------------------|
|----------|------|--------------------------|----------------------|

В заключении опытов даются общие выводы о сравнительной солеустойчивости листьев различных растений или разных ярусов, а также о вредности той или иной соли.

Материалы и оборудование: Колбы конические на 100 мл; различные культурные растения; 3% растворы NaCl и Na₂SO₄; вода дистиллированная; скальпель.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Стресс растений и факторы его вызывающие.
2. Изменение функциональных свойств растений при повреждениях.
3. Холодоустойчивость растений.
4. Морозоустойчивость растений.
5. Зимостойкость растений.
6. Жароустойчивость растений.
7. Засухоустойчивость растений.
8. Солеустойчивость растений.
9. Устойчивость растений к антропогенным токсическим веществам.
10. Аллелопатическое взаимодействие растений в ценозе.
11. Тесты устойчивости растений.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Адаптация - совокупность особенностей вида, обеспечивающая возможность его произрастания в определенных условиях внешней среды. Адаптация растения обеспечивается за счет физиологических механизмов (физиологическая адаптация), а у популяции организмов (вида) - благодаря механизмам генетической изменчивости и отбора (генетическая адаптация).

Аридный - засушливый с низким уровнем увлажнения.

Вымокание - проявляется преимущественно весной в пониженных местах в период таяния снега и во время длительных оттепелей, когда на поверхности почвы накапливается талая вода, которая может затопить растения. Причиной гибели растений служит резкий недостаток кислорода (анаэробные условия - гипоксия), в результате чего образуются токсичные вещества и растения погибают от истощения и прямого отравления организма.

Выпирание - повреждение и гибель озимых растений, обусловленное разрывами корневой системы. Наблюдается, если осенью морозы наступают при отсутствии снежного покрова или если в поверхностном слое почвы мало воды. При этом замерзание происходит на некоторой глубине (где есть влага), где прослойка льда постепенно утолщается и поднимает (выпирает) верхние слои почвы и приводит к обрыву корней растений, проникших на значительную глубину.

Выпревание - повреждение озимых растений, наблюдается при длительном снежном покрове (2-3 месяца). При оттепелях под снежным покровом у растений усиливается анаэробное дыхание, что приводит к их истощению (содержание сахаров в тканях уменьшается с 20 до 2-4%). Весной такие растения повреждаются снежной плесенью и гибнут.

Газоустойчивость - способность растений поддерживать свою жизнедеятельность в условиях загрязнения атмосферы без снижения функций, а также роста и развития.

Газочувствительность - скорость и степень проявления патологических изменений при действии газов.

Галофиты - растения засоленных мест произрастания.

Гликофиты - растения незасоленных почв и пресных водоемов. К ним относятся все культурные растения.

Гумидный климат - относящийся к районам высокого увлажнения, где количество осадков, выпадающих за год больше количества воды, которое может за этот период испариться и впитаться в грунт.

Жароустойчивость - способность растений переносить действие высоких температур, перегрев.

Жестколистный ксерофиты - растения, переносящие засуху в состоянии анабиоза. Они имеют плоские листья с малым содержанием воды (ковыль, типчак, перекасти-поле и др.), значительный осмотический потенциал. В период засухи они способны переносить длительное обезвоживание, впадая в анабиоз.

Заморозки - кратковременные или длительные понижения температуры до небольших отрицательных величин.

Засухоустойчивость - способность растений переносить длительные засушливые периоды, значительный водный дефицит, обезвоживание клеток, тканей и органов.

Зимостойкость - устойчивость растений к комплексу неблагоприятных факторов перезимовки.

Ксерофиты - растения засушливых местообитаний, способные в процессе онтогенеза приспосабливаться к атмосферной и почвенной засухе.

Морозоустойчивость - способность растений переносить температуры ниже 0° С, низкие отрицательные температуры.

Оросительная норма - количество воды, необходимо для полива определенной культуры за весь вегетационный период в расчете на 1 га.

Солеустойчивость растений - способность растений проходить полный цикл развития на засоленных почвах с содержанием хлоридов, сульфатов и карбоната натрия выше 0,2 % от массы почвы. Растения, приспособленные к существованию в условиях избыточного засоления, называют галофитами. Они подразделяются на группы: соленакапливающие (солянки), солевывделяющие (кермек, тамарикс), соленепроницаемые (полынь, кохия). Культурные растения (гликофиты) также обнаруживают определенную способность к перенесению избытка солей. Из сельскохозяйственных растений относительно солеустойчивы ячмень, сахарная свекла, хлопчатник. К среднему засолению устойчивы овес, просо, кукуруза, подсолнечник, рожь, люцерна, картофель, томат, виноград. Слабоустойчивыми являются пшеница, гречиха, фасоль, огурец и др.

Стресс - общая неспецифическая адаптационная реакция организма на действие любых неблагоприятных факторов.

Суккуленты - растения, которые имеют сочные водозапасающие листья. Развитая неглубокая корневая система, располагающуюся в верхних слоях почвы в период дождей интенсивно поглощает воду, которую расходуют медленно. Малая испаряющая поверхность с немногочисленными устьицами позволяет этим растениям произрастать на сухих песчаных почвах, в пустынях и на скалах (агава, алоэ).

Температурный минимум - температура, при которой рост растений прекращается.

Тонколистные ксерофиты - растения, имеющие развитые приспособления к добыванию воды. Они имеют тонкие нежные листья с большим количеством устьиц и сетью жилок. Корневая система уходит вглубь почвы (у верблюжьей колючки до 15-20 м), хорошо разветвленная. Им характерна интенсивная транспирация благодаря хорошо развитой проводящей системе.

Холодостойкость - способность растений переносить положительные температуры несколько выше 0⁰С. Она определяет способность растений сохранять нормальную структуру цитоплазмы, изменять обмен веществ в период охлаждения и последующего повышения температуры на достаточно высоком уровне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

а) основная литература:

1. ЭБ "Труды ученых СтГАУ" Физиология и биохимия растений [электронный полный текст] : учеб.-метод. пособие для студентов по агр. специальностям / А. А. Беловолова, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида, О. Ю. Лобанкова, Ю. И. Гречишкина, Л. С. Горбатко, С. А. Коростылев, Е. В. Голосной, Е. А. Саленко, Н. В. Громова ; СтГАУ. - Ставрополь, 2014. - 97,3 МБ. - (Гр. УМО).

2. ЭБС «Лань»: Рогожин В.В. Биохимия растений: учебника для студентов, обучающихся по специальности 110305 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».- СПб.: ГИОРД, 2012.- 432 с.- (Гр.)
 3. ЭБС "Znanium" : Амбросьева Е. Д. Димитриев, А. Д. Биохимия : Учебное пособие / А. Д. Димитриев, Е. Д. Амбросьева. - М. : «Дашков и К», 2012. - 168 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=415230>
 4. ЭБС "Znanium" : Ауэрман Т. Л. Основы биохимии: Учебное пособие / Т.Л. Ауэрман, Т.Г. Генералова, Г.М. Сусянок. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 400 с. - (Высшее образование:Бакалавриат) — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=363737>
 5. ЭБС "Znanium" : Барковский Е. В. Современные проблемы биохимии. Методы исследований : учеб. пособие / Е.В. Барковский [и др.]; под ред. проф. А.А. Чиркина. – Минск: Выш. шк., 2013. – 491 с.: ил. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=508822>
- б) дополнительная литература:**
1. ЭБС "Znanium" : Хелдт, Г.-В. Биохимия растений [Электронный ресурс] / Г.-В. Хелдт; пер. с англ. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 471 с.: ил. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=477773>
 2. ЭБС «Znanium»: Плакунов, В. К. Основы динамической биохимии [Электронный ресурс] : учебник / В. К. Плакунов, Ю. А. Николаев. – М.: Логос, 2010. – 216 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=469367>
 3. ЭБС «Лань»: Дымина, Е.В. Практические занятия по физиологии и биохимии растений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.В. Дымина, И.И. Баяндина. — Электрон. дан. — Новосибирск : НГАУ, 2010. — 136 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4560>. — Загл. с экрана.
 4. ЭБС «Znanium»: Павлович С. А. Андреев, В.П. Биологический словарь [Электронный ресурс] / В.П. Андреев, С.А. Павлович, Н.В. Павлович. – Минск: Выш. шк., 2011. – 336 с.: ил. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=507190>
 5. ЭБ " Труды ученых СтГАУ": Физиология и биохимия растений [электронный полный текст] : рабочая тетрадь для студентов вузов / сост. А. А. Беловолова, С. А. Коростылев, Е. В. Голосной, Е. А. Устименко ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2014. - 718 КБ.
 6. Асалиев, А. И. Физиология и биохимия растений : учеб. пособие для студентов по агр. специальностям / СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2006. - 136 с. - (Гр. УМО).
 7. Асалиев, А. И. Практикум по физиологии и биохимии растений : учеб. пособие по агр. специальностям / СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2003. - 136 с. - (Гр. УМО).
 8. Шумакова, Е. В. Ботаника и физиология растений : учебник для студентов СПО / Е. В. Шумакова. - Москва : Академия, 2013. - 208 с. : ил. - (Гр.).

9. Физиология растений : учебник для студентов по биол. специальности и направлению 510600 "Биология" / под ред. И. П. Ермакова. - 2-е изд., испр. - М. : Академия, 2007. - 640 с. - (Высшее профессиональное образование. Гр.).
10. Физиология и биохимия с.-х. растений : Учебник для вузов по агр. спец. / Под ред. Н.Н. Третьякова.- М.: Колос, 2000.- 640с.- (Учебники и учеб. пособия для студ. вузов) [и предыдущие издан.]
11. Биохимия : учебник для вузов по специальностям: "Технология продуктов питания", "Пр-во продуктов питания из растительного сырья", "Технология продовольственных продуктов специального назначения и общественного питания" / под ред. В. Г. Щербакова. - 2-е изд., перераб., доп. - СПб. : ГИОРД, 2003. - 440 с.
12. Сельскохозяйственная биология (периодическое издание).

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|-------------------|--|----|
| | Введение | 3 |
| РАЗДЕЛ 1. | ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ | 4 |
| РАБОТА 1. | Определение осмотического давления клеточного сока плазмолитическим методом | 5 |
| РАБОТА 2. | Определение жизнеспособности семян по окрашиванию цитоплазмы | 6 |
| РАБОТА 3. | Проницаемость живой и мертвой протоплазмы для клеточного сока | 7 |
| РАБОТА 4. | Определение сосущей силы растительной ткани методом полосок | 8 |
| РАБОТА 5. | Определение сосущей силы ткани методом струек (по Шардакову) | 9 |
| | Вопросы для самоконтроля | 10 |
| | Основные термины | 11 |
| РАЗДЕЛ 2. | ВОДООБМЕН РАСТЕНИЙ | 14 |
| РАБОТА 6. | Формы воды в растениях | 15 |
| РАБОТА 7. | Скорость передвижения воды по растению | 17 |
| РАБОТА 8. | Изучение интенсивности транспирации у срезанных листьев при помощи торзионных весов (по Иванову) | 18 |
| РАБОТА 9. | Определение интенсивности транспирации и относительной транспирации с помощью технических весов | 19 |
| РАБОТА 10. | Диагностика потребности растений в поливе по концентрации клеточного сока листьев | 20 |
| | Вопросы для самоконтроля | 21 |
| | Основные термины | 22 |
| РАЗДЕЛ 3. | ФОТОСИНТЕЗ | 25 |
| РАБОТА 11. | Химические свойства пигментов листа | 26 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| РАБОТА 12. | Оптические свойства пигментов | 29 |
| РАБОТА 13. | Определение интенсивности фотосинтеза по поглощению CO ₂ в токе воздуха | 31 |
| РАБОТА 14. | Обнаружение фотосинтеза методом крахмальной пробы | 33 |
| РАБОТА 15. | Определение площади листьев | 34 |
| | Вопросы для самоконтроля | 35 |
| | Основные термины | 35 |
| РАЗДЕЛ 4. | ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ. | 37 |
| РАБОТА 16. | Определение интенсивности дыхания прорастающих семян | 38 |
| РАБОТА 17. | Определение интенсивности дыхания семян в закрытом сосуде при различных температурах | 40 |
| РАБОТА 18. | Определение интенсивности дыхания сухих и проросших семян | 41 |
| РАБОТА 19. | Определение интенсивности дыхания прорастающих семян в токе воздуха | 42 |
| | Вопросы для самоконтроля | 44 |
| | Основные термины | 44 |
| РАЗДЕЛ 5. | МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ | 45 |
| РАБОТА 20. | Выращивание плесневого гриба на полной питательной смеси и с исключением элементов | 47 |
| РАБОТА 21 | Определение объема корневой системы методом Сабинина и Колосова | 49 |
| РАБОТА 22. | Определение потребности растений в элементах минерального питания методом листовой и тканевой диагностики (по В.В. Церлинг) | 50 |
| | Вопросы для самоконтроля | 53 |
| | Основные термины | 54 |
| РАЗДЕЛ 6. | РОСТ И РАЗВИТИЕ | 58 |
| РАБОТА 23. | Определение интенсивности роста корня с помощью микроскопа | 59 |
| РАБОТА 24. | Наблюдение периодичности роста древесных побегов | 59 |
| РАБОТА 25 | Наблюдение ярусной изменчивости морфологических признаков | 60 |
| РАБОТА 26. | Наблюдение за развитием злаков по морфологическим изменениям в точках роста (по Ф.М. Куперман) | 60 |
| | Вопросы для самоконтроля | 63 |
| | Основные термины | 63 |
| РАЗДЕЛ 7. | УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРЯТНЫМ ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ. | 66 |
| РАБОТА 27. | Определение жароустойчивости сортов зерновых культур по всхожести семян после прогревания (по А.М. Волковой) | 68 |
| РАБОТА 28 | Определение степени засухоустойчивости растений по | |

| | | |
|-------------------|--|----|
| | способности семян прорасти на растворе сахарозы различной концентрации (по Олейниковой) | 69 |
| РАБОТА 29. | Определение степени засухоустойчивости растений по состоянию листового аппарата (по Кумакову) | 69 |
| РАБОТА 30. | Определение водного дефицита растений | 70 |
| РАБОТА 31 | Оценка способностей тканей растений выносить обезвоживание | 70 |
| РАБОТА 32. | Определение жароустойчивости растений (по Мацкову) | 71 |
| РАБОТА 33. | Защитное действие сахарозы на цитоплазму при отрицательных температурах | 71 |
| РАБОТА 34 | Токсичность различных солей для растений в период первоначального прорастания семян | 71 |
| РАБОТА 35 | Диагностика солеустойчивости листьев растений по интенсивности разрушения хлорофилла (по Б.П. Строгонову и Л.А. Остапенко) | 73 |
| | Вопросы для самоконтроля | 74 |
| | Основные термины | 74 |
| | Список использованной литературы | 76 |