

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

О. М. Храмченкова

**ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ
С ОСНОВАМИ МИКРОБИОЛОГИИ**

Практическое руководство
для студентов специальности 1 – 75 01 01 01 «Лесное хозяйство»

Гомель
2017

УДК 581.1(076):579(076)
ББК 28.57я73+28.4я73
Ф504

Рецензенты:

кандидат биологических наук Д. И. Каган
кандидат сельскохозяйственных наук М. С. Лазарева

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Храмченкова О.М.

Ф504 Физиология растений с основами микробиологии: практ. рук-во / О. М. Храмченкова; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ, 2017 – 44 с.

В практическом руководстве представлен учебный материал, вопросы для подготовки и перечень лабораторных работ по дисциплине «Физиология растений с основами микробиологии». Лабораторные занятия разделены на теоретическую часть, предназначенную для контроля усвоения студентами учебного материала; и практическую часть, нацеленную на приобретение навыков лабораторного изучения основных процессов жизнедеятельности растительного организма. Лабораторные работы нацелены на изучение особенностей физиологии древесных растений. Приводится список рекомендуемой литературы.

Предназначено для преподавателей и студентов очной и заочной форм обучения специальности «Лесное хозяйство».

УДК 581.1(076):579(076)
ББК 28.57я73+28.4я73

© Храмченкова О. М., 2017
© УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», 2017

Оглавление

Введение.....	4
Занятие 1. Основы физиологии и биохимии растительной клетки. Водный обмен растений.....	6
Занятие 2. Водный обмен растений. Фотосинтез	11
Занятие 3. Фотосинтез.....	14
Занятие 4. Дыхание. Основы микробиологии.....	17
Занятие 5. Основы микробиологии. Минеральное питание растений.....	21
Занятие 6. Минеральное питание растений.....	24
Занятие 7. Превращение и передвижение органических веществ. Рост и развитие растений	30
Занятие 8. Рост и развитие растений.....	33
Занятие 9. Устойчивость растений.....	36
Литература.....	41

Введение

Физиология растений – наука о процессах жизнедеятельности и функциях растительного организма на протяжении его онтогенеза в постоянно изменяющихся условиях внешней среды. При изучении дисциплины государственного компонента «Физиология растений с основами микробиологии» студенты получают знания о жизнедеятельности растительного организма и роли почвенных микроорганизмов в жизни растений, необходимые для профессиональной деятельности специалистов лесного хозяйства.

Данная дисциплина относится к циклу «Общепрофессиональные и специальные дисциплины» типового учебного плана. Физиология растений и микробиология тесно связаны с другими дисциплинами учебного плана, такими как «Органическая химия с основами биохимии растений», «Экология с основами метеорологии», «Ботаника», «Почвоведение с основами земледелия». Она является теоретической основой для последующего усвоения специальных технологических дисциплин, связанных с лесоводством.

Цель изучения дисциплины государственного компонента состоит в формировании у студентов представлений о сущности и механизмах жизненных процессов, протекающих в растениях и микроорганизмах, способах управления этими процессами для повышения продуктивности и устойчивости растений.

Основные задачи дисциплины – дать знания о функциях растительного организма и бактериальной клетки, изучить зависимости физиологических процессов от факторов внешней среды, познать особенности взаимоотношений высших растений и микроорганизмов почвы, а также пути оптимизации условий жизнедеятельности растений.

В соответствии с требованиями образовательного стандарта студент должен знать:

- сущность и механизмы жизненных процессов, протекающих в растениях и микроорганизмах;
- зависимость процессов жизнедеятельности от факторов среды;
- взаимоотношения высших растений и микроорганизмов почвы;
- влияние микроорганизмов на корневое питание, рост и развитие растений;

уметь:

- оценивать состояние растений в конкретных условиях среды обитания и диагностировать по внешним признакам простейшие причины нарушения жизненных процессов;

- регулировать численность и качественный состав микроорганизмов почвы путем проведения агротехнических и лесохозяйственных мероприятий;

владеть:

- методами оптимизации условий жизнедеятельности растений в конкретных условиях произрастания для повышения их продуктивности и устойчивости.

Дисциплина «Физиология растений» изучается студентами 2 курса специальности 1–75 01 01 «Лесное хозяйство». Общее количество часов для студентов очной формы обучения – 172 (4 зачетных единицы); аудиторных – 90, из них: лекции – 54, в том числе – УСП – 12, лабораторные занятия – 36. Форма отчетности – экзамен. Общее количество часов для студентов заочной формы обучения – 172 (4 зачетных единицы); аудиторных – 22, из них: лекции – 14, лабораторные занятия – 8. Форма отчетности – экзамен. Общее количество часов для студентов сокращенной заочной формы обучения – 172 (2,5 зачетных единицы); аудиторных – 12, из них: лекции – 8, лабораторные занятия – 4. Форма отчетности – экзамен.

Лабораторный практикум по дисциплине «Физиология растений с основами микробиологии» включает 36 часов аудиторных занятий, и проводится в соответствии с учебной программой. Лабораторное занятие состоит из теоретической и практической части. Теоретическая часть представляет собой устное, письменное и тестовое рассмотрение вопросов учебного материала, перечень которых выдается лектором по дисциплине. Практическая часть включает выполнение лабораторных работ, оформление отчета по ним, формулировку выводов.

К каждому лабораторному занятию студенты обязаны готовиться в соответствии с «Перечнем вопросов для рассмотрения на лабораторных занятиях», составляя при этом краткий конспект ответов на все предложенные вопросы в виде схем, рисунков, терминологических словарей и пр.

Практическое руководство подготовлено с использованием литературы, приведенной в качестве рекомендуемой.

Занятие 1. Основы физиологии и биохимии растительной клетки. Водный обмен растений

Теоретическая часть

Устный опрос:

1 Биохимический состав растительной клетки. Вода, неорганические и органические вещества. Белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды.

2 Внешний обмен и метаболизм клетки. Клеточная энергетика. АТФ, ее структура, химическая природа и роль в энергетике клетки.

3 Строение и функции ферментов. Механизм действия и свойства ферментов. Зависимость активности ферментов от внешних условий. Классификация ферментов.

4 Внутриклеточные, межклеточные и организменные системы регуляции. Регуляция процессов на уровне клетки.

5 Физико-химические свойства воды и ее значение в жизни растений. Содержание и формы воды в растении. Поглощение воды клеткой. Клетка как осмотическая система.

6 Поступление воды из почвы в корень. Особенности корневых систем древесных растений. Корневое давление и возможные механизмы его возникновения. Гуттация и «плач» растений.

Письменный опрос:

1. Изобразите схему строения биологических мембран. Перечислите основные функции мембран в растительных клетках.

2. Изобразите схему строения клеточной оболочки. Охарактеризуйте различия между первичной и вторичной клеточной оболочкой.

3. Изобразите принципиальную схему биосинтеза белка в клетке. Суть кодирования наследственной информации на ДНК и механизм ее передачи.

Практическая часть

Лабораторная работа 1 Свойства клеточных мембран, поглощение воды растительными тканями

Цель работы: изучить функциональные особенности мембран живых клеток, определить величину осмотической силы клеток клубня картофеля.

Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, стеклянная палочка, препаровальная игла,

скальпель, пинцет, пробирки – 9 шт. на рабочий стол, штатив для пробирок, держатель для пробирок, линейка на 10-20 см, фильтровальная бумага, спиртовка, 30 % раствор уксусной кислоты, 1М раствор глюкозы, 1М раствор нитрата калия, 0,7 М раствор нитрата кальция, 1М раствор карбамида (мочевины).

Растения (на 1 рабочий стол): корнеплод столовой свеклы, луковица лука репчатого (синеватые или красноватые сорта), 2 крупных клубня картофеля (без повреждений и грибковых поражений).

1.1. Сравнение проницаемости мембран живых и мертвых клеток. В вакуолях клеток корнеплода столовой свеклы содержится бетацианин – пигмент, придающий ткани корнеплода окраску. Тонoplastы живых клеток не проницаемы для молекул этого пигмента. После гибели клеток тонoplast теряет свойство полупроницаемости, становится проницаемым, молекулы пигмента выходят из клеток и окрашивают воду.

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

Во второй и третьей пробирках, где клетки были убиты кипячением или кислотой, вода окрашивается, а в первой пробирке остается не окрашенной.

Задание: зарисовать схему опыта и его результаты, выявить различия в проницаемости мембран живых и мертвых клеток и сделать вывод о причинах этих различий.

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

Избирательная проницаемость мембран обеспечивает прохождение через них молекул воды, препятствует проникновению растворенных в воде веществ и обуславливает явление *плазмолиза* при действии на клетку гипертонического раствора. Если же молекулы растворенного вещества через мембрану проходят, но медленнее, чем молекулы воды, то начавшийся плазмолиз потом исчезает. *Деплазмолиз* происходит в результате постепенного проникновения растворенного вещества в клетку, изменения водного

потенциала снаружи и внутри, а также поступления воды в клетку из наружного раствора по градиенту водного потенциала.

Ход работы. На два предметных стекла наносят по капле раствора: на одно – 1М раствор сахарозы, на другое – 1М раствор карбамида (мочевины). В каждую каплю помещают по кусочку эпидермы лука, снятой с вогнутой поверхности одной и той же чешуи луковичцы, накрывают покровным стеклом и рассматривают под микроскопом сначала при малом, потом при большом увеличении объектива. Находят участки листа, в которых хорошо видны плазмолизированные клетки. Отмечают время начала плазмолиза (начало наблюдения), зарисовывают плазмолизированные клетки и оставляют препараты на 30-60 мин, затем вновь их рассматривают. В растворе сахарозы плазмолиз в клетках сохранился, а в растворе карбамида произошел деплазмолиз. В растворе сахарозы наблюдается стойкий плазмолиз, а в растворе карбамида – временный. Причиной деплазмолиза в растворе карбамида является проницаемость клеточных мембран для его молекул. Так как проницаемость для карбамида меньше, чем для воды, то вода из клетки выходит быстрее, чем в нее входит карбамид. Это и вызывает плазмолиз, который потом исчезает при проникновении в клетку карбамида и поступлении воды.

Задание: зарисовать схему опыта и его результаты: плазмолизированные и деплазмолизированные клетки и сформулировать выводы.

1.3 Влияние ионов калия и кальция на форму плазмолиза

В ходе плазмолиза форма плазмолизированного протопласта меняется. Вначале протопласт отстает от клеточной стенки лишь в отдельных местах, чаще всего в уголках. Плазмолиз такой формы называют *уголковым*. Затем протопласт продолжает отставать от клеточных стенок, сохраняя связь с ними в отдельных местах, поверхность протопласта между этими точками имеет вогнутую форму. На этом этапе плазмолиз называется *вогнутым*. Постепенно протопласт отрывается от клеточных стенок по всей поверхности и принимает округлую форму. Такой плазмолиз носит название *выпуклого*. А если у протопласта связь с клеточной стенкой в отдельных местах сохраняется, то при дальнейшем уменьшении объема в ходе плазмолиза протопласт приобретает неправильную форму. Такой плазмолиз носит название *судорожного* (рисунок 1). Время, в течение которого вогну-

тый плазмолиз переходит в выпуклый, позволяет оценивать степень вязкости цитоплазмы.

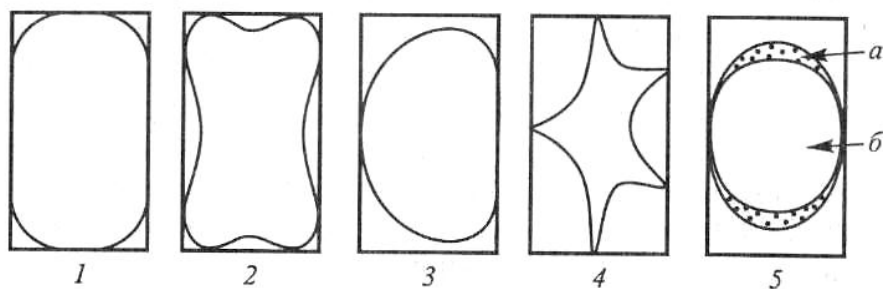


Рисунок 1 – Формы плазмолиза:

1 – угловый; 2 – вогнутый; 3 – выпуклый;
4 – судорожный; 5 – колпачковый (*a* – цитоплазма; *б* – вакуоль)

При сравнении вязкости цитоплазмы в растворах солей калия и кальция можно отметить, что ионы калия, проникая в цитоплазму, повышают ее гидрофильность, уменьшают вязкость и способствуют ее быстрому отрыву от клеточной стенки. Поэтому в растворах солей калия плазмолиз быстро принимает форму выпуклого. Ионы кальция, наоборот, повышают вязкость цитоплазмы, увеличивают силы сцепления ее с клеточной стенкой, и плазмолиз принимает форму судорожного плазмолиза.

Ход работы. На одно предметное стекло наносят каплю 1М раствора нитрата калия, на другое – 0,7 М раствора нитрата кальция. В обе капли помещают по кусочку эпидермы лука, снятой с вогнутой поверхности одной и той же чешуи луковицы, накрывают покровными стеклами. Через 5-10 мин препараты рассматривают под микроскопом.

Задание: зарисовать схему опыта и его результаты: плазмолизованные и деплазмолизованные клетки и сформулировать выводы.

1.4 Определение сосущей силы растительной ткани методом полосок (по Лилиенитерн)

Сосущая сила выражает способность растительной ткани поглощать воду в каждый конкретный момент времени. Величина ее быстро меняется и зависит от осмотического и тургорного давления клеточного сока. Определяют сосущую силу для того, чтобы знать, в каких условиях водоснабжения находится растение. С помощью этого показателя правильно выбирают время полива.

Настоящий метод основан на подборе наружного раствора такой концентрации, при погружении в который полоска растительной ткани не меняет длины. Если осмотическое давление наружного раствора больше сосущей силы, то раствор отнимает воду от клеток, объем их и длина полоски уменьшаются. Если осмотическое давление раствора меньше сосущей силы ткани, то клетка поглощает воду из раствора, увеличивается в объеме и длина полоски становится больше. В растворе, где осмотическое давление равно сосущей силе ткани, длина полоски не изменяется.

Ход работы. Приготовить в пяти пробирках по 10 мл: 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 М растворов сахарозы, в шестую пробирку приливают 10 мл дистиллированной воды. Из клубня картофеля скальпелем вырезать 12 брусочков длиной 4-6 см и сечением около 4 мм² (2 x 2 мм). Концы брусочков срезать наискось. Работать следует быстро, чтобы исключить подсыхание полосок. Миллиметровой линейкой точно измерить длину брусочков и пинцетом поместить их по два в каждую пробирку. Через 20 мин брусочки вынуть, обсушить фильтровальной бумагой и снова измерить длину. Для расчета величины сосущей силы берут концентрацию, при которой длина полосок не изменилась.

Результаты заносят в таблицу.

Сосущая сила клеток

Концентрация раствора сахарозы, М	Длина полоски, мм		Концентрация раствора, при которой длина полоски не изменилась, М	Сосущая сила, атм. (кПа)
	перед погружением в раствор	после пребывания в растворе		
0,5				
0,4				
0,3				
0,2				
0,1				
H ₂ O				

Величину осмотического давления (кПа) рассчитывают по формуле:

$$P = i \cdot R \cdot c \cdot T \cdot 101,3,$$

где 101,3 – множитель для перевода атмосфер в килоПаскали;

R – газовая постоянная (0,0821 л атм/град моль);

T – абсолютная температура (273 °К + комнатная);

c – изотоническая концентрация в молях;

i – изотонический коэффициент Вант-Гоффа (для растворов не-электролитов и, следовательно, сахарозы, равен 1) .

Задание: описать схему опыта, выполнить расчеты, заполнить таблицу и сформулировать выводы.

Занятие 2. Водный обмен растений. Фотосинтез

Теоретическая часть

Письменный опрос: ТЕСТ по теме «Физиология растительной клетки».

Устный опрос:

1 Зависимость поглощения воды растениями от внутренних и внешних условий. Связь водного обмена растений с водным режимом почвы. Представление о «физиологической сухости» почвы.

2 Устьичная и кутикулярная транспирация. Физиологическое значение транспирации. Физиология устьичных движений. Регулирование транспирации.

3 Количественные показатели транспирации. Зависимость транспирации от внешних условий и внутреннего состояния растений.

4 Группы древесных растений по интенсивности транспирации. Испарение воды различными органами древесных растений. Суточная и сезонная динамика транспирации. Эвапотранспирация.

5 Ближний и дальний транспорт воды по растению. Особенности транспорта воды по древесному растению. Водопроводимость древесины хвойных и лиственных растений.

6 Физико-химическая сущность фотосинтеза. Суммарное уравнение процесса. Планетарная роль фотосинтеза.

7 Энергетический баланс листа. Поглощение энергии света листьями. Фотосинтетически активная радиация. Коэффициент полезного действия фотосинтеза листа.

8 Пигменты фотосинтеза, их классификация, химическое строение, свойства и функции. Зависимость образования пигментов от внутреннего состояния растения и внешних условий.

Практическая часть

Лабораторная работа 2 Экология водного обмена. Пигменты фотосинтеза

2.1 Наблюдение за движением устьиц под микроскопом.

Цель работы: изучить строение устьиц и пронаблюдать за их движением.

Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, лезвие, стакан с водой, фильтровальная бумага, 5 % раствор глицерина в капельнице.

Растения: листья традесканции виргинской.

Газообмен между межклетниками листа и атмосферой регулируется устьицами. Устьице состоит из двух специализированных клеток эпидермиса, называемых замыкающими, между которыми находится устьичная щель (рисунок 2).

В отличие от клеток эпидермиса замыкающие клетки устьичного аппарата имеют бобовидную форму, содержат хлоропласты. Устьица регулируют газо- и водообмен в растении благодаря тому, что обладают способностью периодически открываться и закрываться

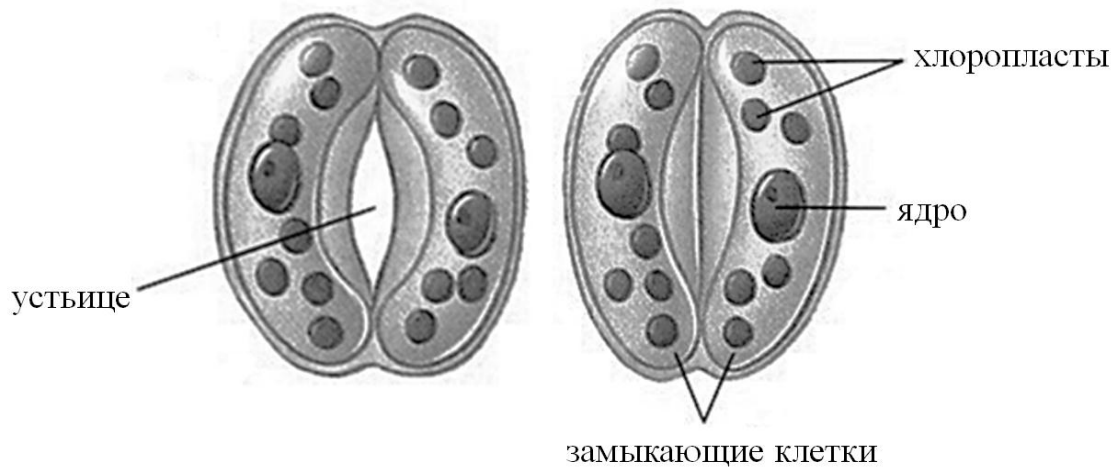


Рисунок 2 – Строение устьиц у двудольных:
слева – открытое устьице; справа – закрытое устьице

Цель работы: изучить строение устьиц и пронаблюдать за их движением.

Ход работы. Изучение строения устьиц. С нижней стороны листа традесканции виргинской снять эпидермис, поместить его на предметное стекло в каплю воды и накрыть покровным стеклом. При малом и большом увеличении микроскопа рассмотреть строение устьиц. Замыкающие клетки устьица имеют бобовидную форму, и содержат цитоплазму, ядро с ядрышком, хлоропласты, небольшие ва-

куоли. Оболочки замыкающих клеток утолщены неравномерно: оболочка внутренней стороны, обращенная к щели, толще, чем противоположная.

Наблюдение за открыванием и закрыванием устьиц. Приготовить срез эпидермиса с нижней стороны листа традесканции виргинской, поместить его в каплю 5% раствора глицерина на предметное стекло, накрыть покровным стеклом и сразу начать наблюдения плазмолиза под микроскопом, как в замыкающих клетках, так и в остальных клетках эпидермиса. Устьичные щели при этом закрываются. Заменить глицерин водой, для этого нанести рядом с покровным стеклом каплю воды, а с другой стороны покровного стекла оттянуть глицерин фильтровальной бумагой. При этом устьица открываются.

Задание: зарисовать схему опыта и его результаты: открытое и закрытое устьице, и объяснить причины устьичных движений.

2.2 Получение спиртового раствора пигментов фотосинтеза

Цель работы: ознакомиться с методами экстракции пигментов фотосинтеза.

Материалы и оборудование: весы технические, ножницы, ступка с пестиком, воронка, стеклянный фильтр, насос Камовского, колба Бунзена, воронка Бюхнера, мерная колба на 50 мл, этанол, CaCO_3 , песок.

Растения: зеленые листья любых растений.

Ход работы. Навеску листьев в 5-10 г измельчают ножницами, переносят в фарфоровую ступку, прибавляют на кончике шпателя CaCO_3 (для нейтрализации кислот клеточного сока), небольшое количество кварцевого песка (для лучшего растирания) и 1-2 мл спирта. Все это тщательно и быстро растирают в ступке постепенно добавляя (после получения гомогенной массы) спирт несколькими порциями (в целом 10-15 мл).

Гомогенат вместе с осадком аккуратно по пестику переносят на стеклянный фильтр воронки Бюхнера, установленный в колбе Бунзена. Фильтруют с помощью насоса. После окончания фильтрования пестик и стенки ступки обмывают спиртом (3-5 мл) и профильтровывают (повторить 2-3 раза). Прозрачную вытяжку пигментов количественно переносят в коническую колбу на 50 мл, обмывая стенки колбы Бунзена небольшой порцией спирта (общий расход спирта на получение вытяжки не более 50 мл). Колбу закрывают пробкой. Хранить растворы пигментов следует в темноте в холодильнике.

Задание: описать порядок извлечения пигментов фотосинтеза из растительного материала.

Занятие 3. Фотосинтез

Теоретическая часть

Устный опрос:

1 Организация пигментных комплексов на мембранах хлоропластов. Поглощение квантов света молекулами пигментов и передача энергии.

2 Фотосинтез истинный и наблюдаемый. Внутренние факторы, влияющие на фотосинтез. Ассимиляционное число.

3 Зависимость фотосинтеза от внешних факторов. Суточный и сезонный ход фотосинтеза.

4 Связь фотосинтеза с продуктивностью растений. Пути повышения биологической продуктивности растений и фитоценозов. Физиологические основы рубок ухода за лесом.

Письменный опрос:

5 Изобразите строение листа как органа фотосинтеза. Укажите роль структур листа в обеспечении фотосинтеза.

6 Изобразите строение хлоропласта высших растений. Укажите локусы, в которых протекают световая и темновая фазы фотосинтеза.

7 Нарисуйте Z-схему электрон-транспортной цепи фотосинтеза и, используя ее, дайте представление о совместном функционировании двух фотосистем, покажите назначение фотосистемы I и фотосистемы II.

8 Изобразите схему циклического фотосинтетического фосфорилирования. Укажите основные химические продукты процесса.

9 Изобразите схему нециклического фотосинтетического фосфорилирования. Укажите основные химические продукты процесса.

10 Изобразите схему C₃-пути фиксации CO₂ – цикла Кальвина. Суть участия продуктов световой фазы фотосинтеза в цикле.

11 Изобразите схему C₄-пути фиксации CO₂ – цикла Хэтча-Слэка. Суть участия продуктов световой фазы фотосинтеза в цикле.

12 Изобразите схему САМ-пути фиксации CO₂. Суть участия продуктов световой фазы фотосинтеза в цикле.

13 Изобразите схему фотодыхания растений. В чем значение фотодыхания для растения?

14 Изобразите световые кривые фотосинтеза. Укажите характер влияния внешних факторов на интенсивность фотосинтеза.

Практическая часть

Лабораторная работа 3 Изучение химических свойств пигментов фотосинтеза

Цель работы: ознакомиться с химическими свойствами пигментов фотосинтеза.

Материалы и оборудование: этиловый спирт в капельнице; бензин, или гексан, или толуол; NaOH или KOH кристаллический; 10 % HCl в капельнице; уксуснокислая медь; спиртовка; штатив с пробирками; воронки; фильтровальная бумага; стеклянные палочки.

3.1 Разделение пигментов по Краусу. Метод основан на различной растворимости пигментов в спирте и бензине. Эти растворители при сливании не смешиваются, а образуют две фазы верхнюю бензиновую и нижнюю спиртовую, благодаря чему и разделяются компоненты смеси пигментов.

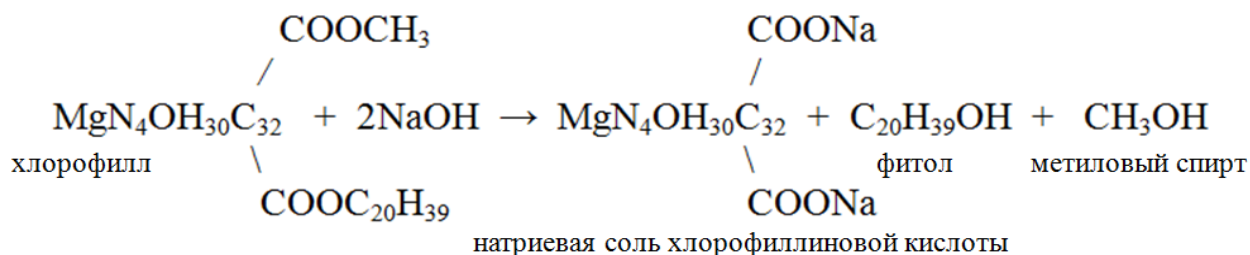
Ход работы. В пробирку налить 2-3 мл спиртового экстракта пигментов и добавить 3-4 мл бензина. Содержимое пробирки сильно встряхнуть, предварительно закрыв ее пробкой или большим пальцем, и оставить отстояться. Для лучшего разделения добавить 1-2 капли воды.

По мере расслоения эмульсии верхний бензиновый слой будет окрашиваться в зеленый цвет, из-за лучшей растворимости в нем хлорофиллов. Кроме того, в бензин переходит каротин, но его окраска маскируется хлорофиллом. Ксантофилл остается в нижнем спиртовом слое, придавая ему золотисто-желтую окраску.

Если пигменты разделяются недостаточно четко, добавить 1-2 капли воды и снова встряхнуть. При избытке воды возможно помутнение нижнего слоя, тогда следует прилить немного этилового спирта и взболтать содержимое пробирки.

Задание: описать ход работы. Зарисовать распределение пигментов в спирте и бензине, сделать выводы о различной их растворимости.

3.2 *Омыление хлорофилла щелочью.* При обработке хлорофилла щелочью происходит омыление эфирных групп, т.е. отщепление остатков метилового спирта и фитола:

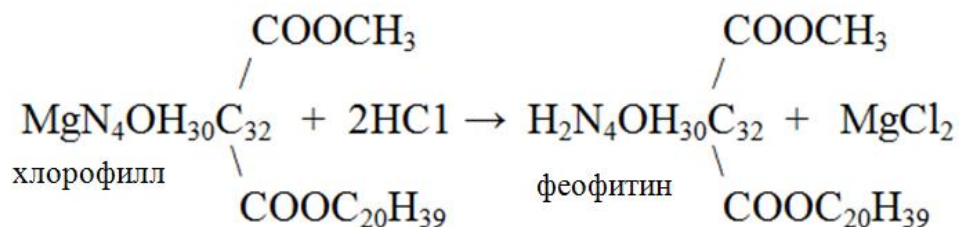


Образуется натриевая соль хлорофиллиновой кислоты, сохраняющая зеленую окраску и оптические свойства хлорофилла, но отличающаяся большей гидрофильностью, по сравнению с неизмененным пигментом.

Ход работы. В пробирку с 2-3 мл спиртового раствора пигментов поместить небольшой кристалл KOH или NaOH и взболтать. К раствору прилить равный объем бензина и несколько капель воды для лучшего разделения смеси. Затем содержимое пробирки резко встряхнуть и дать ему отстояться. В бензиновый слой перейдут каротин и ксантофилл, а в спиртовой – натриевая соль хлорофиллиновой кислоты.

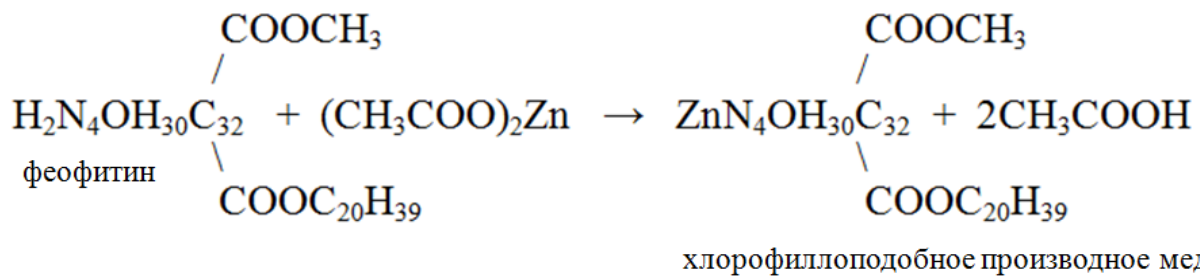
Задание: описать ход работы. Зарисовать окраску слоев, указав распределение пигментов, записать уравнение реакции омыления хлорофилла щелочью.

3.3 *Получение феофитина и обратное замещение водорода атомом металла.* Атом магния слабо удерживается в порфириновом ядре хлорофилла и при осторожном воздействии сильных кислот легко замещается двумя протонами, что приводит к образованию феофитина – вещества бурого цвета.



Если на феофитин подействовать солями меди, цинка или ртути, то вместо двух протонов в ядро входит соответствующий металл и вновь восстанавливается зеленая окраска. Однако она несколько отличается от окраски хлорофилла. Следовательно, цвет хлорофиллов

зависит от металлоорганической связи в их молекуле. Обратное введение магния в феофитин происходит с большим трудом.



Ход работы. В пробирку налить 2-3 мл спиртовой вытяжки пигментов и прибавить 1-2 капли 10%-го раствора соляной кислоты. В ходе реакции зеленый цвет меняется на бурый, при этом хлорофилл превращается в феофитин. Содержимое пробирки разлить в две пробирки.

Одну пробирку с феофитином оставить для контроля, а во вторую поместить несколько кристаллов уксуснокислой меди и нагреть раствор на спиртовке до кипения. После нагревания бурый цвет раствора меняется на зеленый в результате образования хлорофиллоподобного производного меди.

Задание: описать ход работы. Зарисовать окраску феофитина и медьпроизводного хлорофилла, записать уравнения реакций.

Занятие 4. Дыхание. Основы микробиологии

Теоретическая часть

Устный опрос:

1 Зависимость дыхания от внутренних факторов растительного организма. Интенсивность дыхания отдельных органов и тканей древесных растений.

2 Зависимость дыхания от внешних факторов Изменение интенсивности дыхания с возрастом растения. Роль дыхания в продукционном процессе.

3 Питание микроорганизмов и закономерности микробного роста. Метаболизм микроорганизмов.

Письменный опрос:

4 Изобразите схему использования углеводов, жиров и белков как субстратов дыхания. Что такое дыхательный субстрат?

5 Изобразите схему гликолиза. Произведите расчет энергетического выхода процесса.

6 Изобразите схему цикла трикарбоновых кислот. Произведите расчет энергетического выхода процесса.

7 Изобразите схему пентозофосфатного пути окисления углеводов. Произведите расчет энергетического выхода процесса.

8 Изобразите схему электрон-транспортной цепи митохондрий. Укажите пункты сопряжения процессов образования АТФ с переносом электронов.

9 Изобразите схему электрон-транспортной цепи митохондрий. Укажите место и роль в жизни растений альтернативного дыхания.

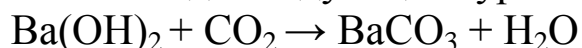
10 Изобразите схему взаимосвязи фотосинтеза и дыхания. Как используются промежуточные продукты окисления дыхательного субстрата в процессах биосинтеза?

Практическая часть

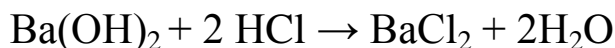
Лабораторная работа 4 Физиология дыхания растений. Методы Культивирования микроорганизмов

4.1 Определение интенсивности дыхания в закрытом сосуде (по Бойсен-Иенсену)

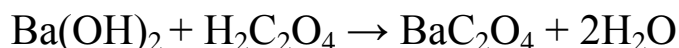
Метод заключается в учете количества CO_2 , выделяемого семенами при дыхании. Процесс поглощения диоксида углерода баритом можно записать в виде следующего уравнения:



Избыток барита, не прореагировавшего с CO_2 , оттитровывают раствором HCl или щавелевой кислоты:



или



Цель работы: доказать, что при дыхании растений выделяется CO_2 и определить интенсивность дыхания у сухих и проросших семян разных растений.

Материалы и оборудование: конические колбы на 250 мл, бюретка на 25 мл для титрования и на 100 мл для дозирования раствора Ba(OH)_2 , штативы для бюреток, мерная пипетка на 20 мл; резиновые пробки с небольшим отверстием, также закрытым пробкой; марля, нитки, ножницы; 0,02 н раствор Ba(OH)_2 , 0,02 н раствор HCl (готовят из стандарт-титра), 1 % раствор фенофталеина; лабораторные элек-

трические весы.

Растения: проросшие и сухие семена разных сельскохозяйственных культур.

Ход работы. Опыт ставится в конических колбах. Перед опытом все колбы держат открытыми в течение 15-20 минут. Количество колб должно соответствовать числу опытных объектов + контроль..

В марлевые мешочки помещают 4-5 г семян. В колбы наливают при помощи бюретки по 20 мл 0,02 н Ва(ОН)₂ и закрывают колбы пробками.

В опытную колбу, приоткрыв ее, быстро подвешивают на крючок пробки мешочек с семенами или закрепляют нитку, которой завязан мешочек, пробкой. Другую колбу оставляют в качестве контроля. Выдерживают все колбы 40 мин при комнатной температуре (20 °С).

В течение опыта периодически осторожно покачивают колбы, чтобы разрушить пленку ВаСО₃, образующуюся на поверхности барита и препятствующую полноте поглощения СО₂. Затем быстро вынимают из колбы мешочек с семенами, добавляют три капли фенолфталеина и оттитровывают избыток барита 0,02 н раствором НСl до слабо-розового окрашивания, исчезающего от одной капли кислоты. При титровании колбы закрывают пробкой, через которую проходит кончик пипетки, присоединенный к бутылке с баритом. Так же оттитровывают барит в контрольной колбе.

Интенсивность дыхания J (в мг СО₂, выделяемого 1 г семян естественной влажности за 1 ч) рассчитывают по формуле:

$$J = \frac{(a - b) \times 0,44 \times 60}{t \times n}$$

где a и b – количества 0,02 н соляной кислоты, израсходованной на титрование барита соответственно в контрольном и опытном вариантах, мл; 0,44 – количество СО₂, мг, соответствующее 1 мл 0,02 н раствора соляной кислоты; n – масса семян, г; t – время экспозиции, мин; 60 – коэффициент пересчета на 1 ч.

Результаты опыта записывают в таблицу.

Объект	Навеска семян n , г	Объем барита, мл	Объем 0,02 н НСl, пошедшей на титрование		$(a-b)$, мл	Интенсивность дыхания
			контроль a , мл	опыт b , мл		

Задание: описать ход работы. Заполнить таблицу, сделать вывод об интенсивности дыхания растительных объектов.

4.2 Выращивание культуры азотобактера на питательной среде

Из бактерий, связывающих молекулярный азот, в почве наиболее распространены аэробные бактерии из рода *Azotobacter* и анаэробные бактерии из рода *Clostridium*.

Бактерии рода *Clostridium* – грамположительные спорообразующие облигатные анаэробы, повсеместно распространены в природе, встречаются практически во всех почвах, в виде палочек или спор, но в наибольшем числе и в наиболее активном состоянии находятся в ризосфере растений.

Азотобактер – род свободноживущих аэробных азотфиксирующих бактерий. Форма овальная или кокковидная, грамотрицательные, неспорообразующие. Наиболее часто встречается на хорошо окультуренных почвах с нейтральной реакцией среды. Количество азотобактера в почве является одним из показателей степени окультуренности почвы. При достаточно большом количестве (порядка несколько тысяч клеток в 1 г почвы) этот вид бактерий осуществляет в аэробных условиях связывание до 20-100 кг/га азота в год, будучи самым активным азотфиксатором в природе.

Материалы и оборудование: электроплитка, стерилизованные чашки Петри; препаровальные иглы; электроплитка; весы; фарфоровые чашки; агар-агар; сахароза; K_2HPO_4 ; $MgSO_4$; $CaCO_3$.

Изучаемый объект: почва.

Ход работы. Для получения культуры азотобактера следует приготовить питательную среду следующего состава: 1 г агар-агара; 1 г сахарозы; 0.5 г $CaCO_3$; 25 мг K_2HPO_4 ; 25 мг $MgSO_4$.

Растворяют агар-агар, сахарозу и соль в 100 мл водопроводной воды и нагревают до кипения. Разливают горячую среду в стерилизованные чашки Петри, хорошо размешивая не растворяющийся порошок $CaCO_3$.

Когда среда застынет, рассаживают почву по ее поверхности в виде 100 комочков по возможности одинакового размера, располагая их 10 рядками (по 10 штук в рядке). Чашки, перевернутые вверх дном и обернутые бумагой, помещают в термостат при температуре 25-30 °С на 7 дней.

Задание: описать порядок приготовления питательной среды, зарисовать чашку Петри с нанесенными комочками почвы.

Занятие 5. Основы микробиологии. Минеральное питание растений

Теоретическая часть

Письменный опрос: ТЕСТ по разделу «Фотосинтез».

Устный опрос:

- 1 Строение клетки бактерий. Как происходит рост и размножение бактерий?
- 2 Питание микроорганизмов и закономерности микробного роста. Метаболизм микроорганизмов.
- 3 Влияние внешних условий на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. Распространение и роль микроорганизмов в природе. Микрофлора почвы.
- 4 Участие микроорганизмов в биологическом круговороте углерода. Какова роль микрофлоры почвы в этом процессе?
- 5 Участие микроорганизмов в биологическом круговороте азота. Какова роль микрофлоры почвы в этом процессе?
- 6 Взаимоотношения между почвенными микроорганизмами, между микроорганизмами и высшими растениями.
- 7 Необходимые макро- и микроэлементы, их содержание в растениях. Физиологическая роль и усвояемые соединения минеральных элементов. Доступные для растений формы основных элементов питания.
- 8 Методы определения необходимых для растений элементов. Нарушения в растениях при недостатке отдельных элементов. Диагностика недостаточности элементов питания.
- 9 Поглощение элементов питания растениями. Поступление ионов в апопласт корня. Адсорбция веществ клеточными оболочками. Мембранный транспорт веществ в клетку с помощью переносчиков.
- 10 Ближний и дальний транспорт ионов в растениях. Радиальное перемещение минеральных веществ в корне. Метаболическая роль корня.

Практическая часть

*Лабораторная работа 5 Свойства культур микроорганизмов.
Минеральный состав растительных тканей.*

*5.1 Изучение культуры бактерий рода *Azotobacter**

При наличии азотобактера в почве на питательной среде через неделю вокруг комочков почвы появляются колонии бактерий в виде слизи светло- или темно-коричневого цвета. В подзолистых почвах преобладают светлоокрашенные расы азотобактера, в черноземах – темноокрашенные.

Материалы и оборудование: чашки Петри с питательной средой и посаженными на нее комочками почвы; микроскопы; предметные и покровные стекла; стаканчики с водой; пипетки, стеклянные палочки; фильтровальная бумага.

Ход работы. Просматривают чашку Петри с выращенной на ней культурой азотобактера и зарисовывают. Подсчитывают число комочков почвы, содержащих азотобактер, рассчитывают количество его клеток в 1 г почвы исходя из предположения, что каждый обросший комочек содержал по крайней мере одну клетку азотобактера.

На основании количества комочков, обросших азотобактером, делают заключение о степени окультуренности исследованной почвы.

Готовят временный препарат, внося небольшое количество слизи с помощью препаровальной иглы в каплю воды на предметном стекле. Закрыв объект покровным стеклом, просматривают препарат при увеличении $\times 600$, изучив особенности клеток азотобактера. Мелкие овальные клетки азотобактера, расположенные парами, окружены слабо различимыми (без специальной окраски) слизистыми капсулами.

Задание: описать ход работы. Оценить степень окультуренности исследованной почвы. Зарисовывают клетки азотобактера.

5.2 Экспресс-метод определения макро- и микроэлементов в древесной золе

Изучение химического состава золы позволяет ознакомиться с содержанием в растениях элементов минерального питания и судить о потребности растения в тех или иных элементах. Для подобного анализа можно использовать золу древесины хвойной или лиственной породы.

Материалы и оборудование: древесная зола сосны и березы; штативы с пробирками; пипетки на 5 мл; колбы на 100 мл; электрическая плитка; технические весы с разновесами; фильтры; воронки стеклянные; универсальная индикаторная бумага; дистиллированная вода;

концентрированная HNO_3 ; 5 % раствор NaOH ; 2 % раствор HCl ; 5 % раствор щавелевой кислоты; 10 % раствор $(\text{NH}_4)_2 \text{MoO}_4$; 1 % раствор уксусной кислоты; 10 % раствор BaCl_2 ; 10 % раствор HNO_3 ; 5 % раствор NH_4CNS ; этиловый спирт; кобальт-нитрит натрия в порошке; надсерноокислый аммоний (или перекись свинца) в порошке; азотно-кислый аммоний в порошке.

Ход работы. Сделать навеску древесной золы в фарфоровый тигель в количестве 1 г, добавить 1 мл концентрированной HNO_3 , перемешать, прилить 15 мл воды, нагреть до кипения, быстро отфильтровать горячий раствор от нерастворимых частиц угля и кремнезема. Фильтрат разделить на две части. Одну часть разлить в пробирки по 2-3 мл для открытия макроэлементов (калия, фосфора и серы). Другую часть фильтрата довести 5 % раствором NaOH (приливая его по каплям) до слабо щелочной реакции и отфильтровать выпавший студенистый осадок. Осадок сохранить для определения микроэлементов, а щелочной раствор после его нейтрализации 2 % HCl и слабого подкисления несколькими каплями уксусной кислоты использовать для открытия кальция.

Для открытия макроэлементов проделать с растворами следующие реакции (таблица).

Открытие макроэлементов в древесной золе

Ион	Проведение реакции	Результат
K^+	Прибавить на кончике смоченной стеклянной палочки сухого кобальт-нитрита и 1-2 мл этилового спирта. Оставить на 30 мин.	Желтый осадок
Ca^{2+}	Прибавить 0.5 – 1 мл 5%-ного раствора щавелевой кислоты	Белая муть или белый осадок
PO_4^{3-}	Внести небольшой кристалл $\text{NH}_4 \text{NO}_3$, нагреть до кипения и прибавить 1 мл 10%-ного $(\text{NH}_4)_2 \text{MoO}_4$	Золотисто-желтый осадок
SO_4^{2-}	Прибавить 1 мл 10%-ного раствора BaCl_2	Белая муть или белый осадок

Облить осадок, оставшийся на фильтре, 10 мл 10 % раствора HNO_3 и разлить раствор по 2-3 мл в 2 пробирки. Затем для открытия железа прибавить 2-3 капли 5 % раствора NH_4CNS - при наличии железа появляется красное окрашивание раствора.

Для открытия марганца прибавить к осадку 0.5 мл концентрированной HNO_3 и около 0,1 г надсерноокислого аммония (или 0,5 г перекиси свинца), нагреть в течение 4-5 мин. в кипящей воде.

При наличии марганца раствор окрашивается в фиолетовый цвет.

Задание: описать ход работы. По результату проделанной работы сделать вывод о химическом составе золы.

Занятие 6. Минеральное питание растений

Теоретическая часть

Письменный опрос: ТЕСТ по разделу «Дыхание растений»

Устный опрос:

1 Пути использования минеральных веществ в растении. Перераспределение и реутилизация минеральных веществ.

2 Ассимиляция нитратного азота и аммиака. Синтез аминокислот. Усвоение фосфора, серы и других элементов. Синтетическая деятельность корня.

3 Влияние внешних условий на поглощение и усвоение растением питательных веществ. Роль влажности, аэрации, температуры и кислотности почвы.

4 Физиологически кислые, щелочные и нейтральные соли в минеральном питании растений. Микориза и ее роль в минеральном питании древесных растений.

5 Физиологические основы применения удобрений в лесном и садово-парковом хозяйствах. Критические и максимальные периоды потребления минеральных элементов растениями.

6 Потребность растений в минеральных элементах. Условия эффективного применения удобрений. Органические, минеральные и бактериальные удобрения.

Практическая часть

Лабораторная работа 6 Минеральное питание растений

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

Важным и наиболее убедительным показателем для характеристики развития корневой системы является ее величина и поглощающая поверхность.

Общая адсорбирующая поверхность корней складывается из величины деятельной (рабочей), поглощающей и недейтельной поверхностей. Под *рабочей* поверхностью корней понимается та часть ее

поверхности, которая адсорбирует вещества из окружающей среды, а затем десорбирует их внутрь клеток корня.

Не рабочей поверхностью считается та часть поверхности корня, которая поглощает вещества, но не передает их внутрь. Эта поверхность адсорбирует вещества, которые распределяется мономерным слоем на поверхности корня, в результате очень быстро наступает предел поглощения веществ из раствора. В качестве адсорбирующих веществ следует брать такие вещества, которые легко адсорбируются на поверхности корня и являются безвредными для жизни растений.

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

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

Материалы и оборудование: спектрофотометр, 4 кюветы к нему, раствор метиленовой сини (64 мг в 1 л дистиллированной воды); дистиллированная вода; фильтровальная бумага; 4 стакана; 0,2н раствор CaCl_2 ; мерный цилиндр, пинцет.

Растения (на 1 рабочий стол): проростки любых сельскохозяйственных культур с развитыми корнями.

Ход работы.

Определяют объем корневой системы. Корневую систему исследуемого растения пинцетом погружают в мерный цилиндр с известным количеством воды. После погружения корня объем воды в цилиндре увеличится. Увеличение количества воды и будет составлять объем корня (в мл).

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

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

Далее при помощи спектрофотометра устанавливают концентрацию метиленовой сини во всех стаканах, начиная со стандартного раствора, при длине волны 668 нм. В качестве стандартного раствора берут исходный раствор метиленовой сини.

Концентрацию метиленовой сини в стаканах определяют по формуле:

$$C_x = C_1 \cdot D_1 / D_x,$$

где C_x – концентрация метиленовой сини, соответственно в 1, 2, 3-м стаканах;

C_1 – концентрация метиленовой синей в стандартном растворе;

D_1 – оптическая плотность стандартного раствора;

D_x – оптическая плотность исследуемого раствора соответственно 1, 2, 3-го стаканов.

При поглощении метиленовой сини из первого и второго стаканов происходит адсорбционное насыщение всей поверхности корней. Из третьего стакана краска поглощается только рабочей адсорбирующей поверхностью. Следовательно, умножая $1,1 \text{ м}^2$ на число миллиграммов метиленовой сини, поглощенной из первого и второго стаканов вместе, получают величину общей адсорбирующей поверхности корня. Величину *рабочей адсорбирующей* поверхности находят, умножая $1,1 \text{ м}^2$ на количество миллиграммов краски, поглощенной из третьего стакана.

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

Окрашенные корни после извлечения их из третьего стакана промывают водой и помещают в стакан с раствором CaCl_2 . Наблюдается выделение метиленовой сини в обмен на адсорбированные катионы кальция. Это доказывает наличие обменной адсорбции поглощающей поверхностью корней.

Результаты опыта записывают в таблицы. Вариантами опыта являются результаты, полученные студентами на всех рабочих столах, и усредненные по видам растений.

Определение объема корней и концентрации метиленовой сини

Вариант	Объем раствора метиленовой сини в стакане, мл	Начальное содержание метиленовой сини в стакане, мг	Осталось метиленовой сини в растворе после погружения корней, мг		
			стаканы		
			1	2	3

Определение адсорбирующей поверхности корней

Вариант	Поглощение корнями, мг				Поверхность корней, м ²			Удельная поверхность, м ²	
	стаканы				общая	рабочая	не рабочая	общая	рабочая
	1	2	1 + 2	3					

Задание: описать схему опыта, произвести расчеты, на основании полученных данных сделать вывод о величине общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы.

6.2 Диагностика заболеваний растений при голодании по элементам минерального питания

Распознавание признаков голодания растений, вызываемых недостатком элементов минерального питания крайне важно для устранения признаков заболевания путем своевременной подкормки. Симптомы недостаточности минерального питания растений можно разделить на две группы:

Первую группу составляют главным образом симптомы, проявляющиеся на старых листьях растения. К ним относятся симптомы недостатка *азота, фосфора, калия, цинка и магния*. Очевидно, при недостатке в почве указанных элементов они перемещаются в растении из более старых частей в молодые растущие части, на которых не развиваются признаки голодания.

Вторую группу составляют симптомы, проявляющиеся в точках роста и на молодых листьях. Симптомы этой группы характерны для недостатка *кальция, бора, серы, железа, меди и марганца*.

Приступая к определению причины нарушения питания растений, следует прежде всего обратить внимание на то, в какой части растения проявляются аномалии, определяя, таким образом, группу симптомов. Симптомы *первой группы*, которые обнаруживаются главным образом на старых листьях, могут быть разбиты на *две подгруппы*:

- 1) в большей или меньшей степени общие (недостаток азота и фосфора);
- 2) локальные – носят местный характер (недостаток магния, цинка и калия).

Вторая группа симптомов, проявляющихся на молодых листочках или точках роста растения, может быть разбита на *три подгруппы*, которые характеризуются:

1) появлением хлороза, или потерей молодыми листьями зеленой окраски без последующей гибели верхушечной почки, что указывает на недостаток железа, серы либо марганца;

2) гибелью верхушечной почки, сопровождающейся потерей ее листьями зеленой окраски, что указывает на недостаток кальция либо бора;

3) постоянным увяданием верхних листьев, что указывает на недостаток меди.

Цель работы: диагностика заболеваний растений при голодании по элементам минерального питания

Материалы и оборудование: атласы и книги с иллюстрациями признаков голодания, препаровальная игла, лупа, бинокляр.

Растения: гербарные листья больных растений, спиртовые препараты органов больных растений.

Ход работы. Заранее собирают больные листья и поврежденные побеги различных растений. При помощи преподавателя и с использованием имеющихся атласов, пособий и таблицы ставят диагноз заболевания растений.

Признаки заболеваний растений при голодании по элементам питания

Элемент	Симптомы недостаточности
Азот	Слабый рост, карликовость, склероморфизм. Отношение побеги / корни сдвинуто в пользу корней. Преждевременное пожелтение более старых листьев, их некротические концы
Фосфор	Задержка цветения, отсутствие роста, фиолетовая окраска листьев и стеблей, тенденция к скручиванию и перевертыванию листьев
Калий	Белые и бурые пятна, рваный край листа, дырки, отверстия в листе, краевой ожог листьев (запал). По мере возрастания дефицита элемента повреждения увеличиваются
Сера	Сходны с симптомами азотной недостаточности. Отставание в росте растений. Листья от бледно-зеленой до кремовой и желтой окраски. При голодании по сере отсутствует характерный признак азотистого голодания - общее пожелтение всего растения
Магний	Белые или желтые пятна на листьях сливаются, лист буреет и отмирает. При глубоком дефиците листья узкие, по цвету - красные, оранжевые, пурпурные. Наблюдается слабый рост и межжилковый хлороз старых листьев

Элемент	Симптомы недостаточности
Кальций	Гофрированные, сморщенные листья с некротическими зонами. Отсутствие верхушечных почек. Нарушение роста связанного с делением и растяжением клеток
Железо	Бледно-желтая окраска ткани листьев между жилками у молодых листьев, жилки остаются зелеными. Хлороз. Малая мощность растения, неурожай. Старые листья поражаются позже сходным образом
Марганец	Однородная желтизна старых и молодых листьев, а также верхушечной почки. Межжилкового хлороза на поздних стадиях нет. На ранних - имеется угнетение роста и межжилковый хлороз
Бор	Отмирание верхушечных почек, закрученные, деформированные листья; черная гниль у корнеплодов свеклы, моркови; полые кочерыжки капусты
Цинк	Ярко-желтая окраска всей поверхности листьев и зеленый цвет жилок. желтые полосы на листьях злаков. Мелколистность верхушечных побегов. «Розеточность», «желтуха», «мелколистность», «пятнистость листьев» - так называется дефицит Zn
Медь	Бледно-желтая окраска листьев или полосатые закрученные листья. Вдоль краев листьев хлороз с последующим некрозом
Молибден	Узкие, длинные, скрученные листья, выемки на листовой пластинке, хлороз сложных листьев, включая черешок
Натрий	Растения не испытывают недостатка. Избыток проявляется в виде неоднородной пестроты, некроза верхушек листьев, краев и тканей между жилками
Хлор	Из видимых симптомов - увядание растений, остальные симптомы специфичны для отдельных видов растений. Дефицит встречается редко

Данные вносят в таблицу.

Установление диагноза заболевания по признакам голодания растений

Вид растения и место обитания	Орган (побег, лист: верхний, нижний)	Описание признаков голодания	Рисунок	Диагноз	Способы устранения заболевания

Задание: Заполнить таблицу, сделать рисунки; сделать выводы о типичных видах голодания у растений леса данного района.

Занятие 7. Превращение и передвижение органических веществ. Рост и развитие растений

Теоретическая часть

Устный опрос:

1 Образование и взаимные превращения углеводов в растениях. Сезонная динамика превращения и накопления углеводов в древесных растениях.

2 Синтез и распад жиров в растениях. Взаимопревращения жиров и углеводов. Сезонная динамика превращения и накопления жиров в древесных растениях.

3 Внутриклеточный транспорт ассимилятов. Ближний транспорт ассимилятов в листе. Дальний транспорт ассимилятов.

4 Понятие об онтогенезе, росте и развитии растений. Моно- и поликарпичность растений. Периодизация онтогенеза.

5 Фитогормоны и их функции. Использование фитогормонов и других физиологически активных веществ в растениеводстве.

6 Клеточные основы роста. Деление и растяжение клетки. Дифференцировка. Тотипотентность и детерминация. Дедифференцировка.

7 Особенности роста органов растений. Локализация роста. Ростовые корреляции.

Практическая часть

Лабораторная работа 7 Превращение и передвижение органических веществ. Рост растений.

7.1 Обнаружение белков, крахмала и жиров в тканях растений

Цель работы: экспресс-определение белков, крахмала и жиров в тканях растений

7.1.1 Экспресс-метод обнаружения белка в семенах разных видов растений.

Материалы и оборудование: 30 % раствор NaOH; 5 % раствор CuSO₄; стаканчики с водой; ступки и пестики; пипетки на 10 мл; пробирки.

Растения (на 1 рабочий стол): семена арахиса¹, фасоли (или гороха), овса (или другой зерновой культуры).

¹ Можно предложить студентам принести для анализа любимые ими орехи и/или семечки – обязательно не жаренные.

Ход работы. Около 0,5 г семян растереть в ступке с 2 мл 30 % раствора NaOH, прилить 2 мл 5 % CuSO₄ и продолжить растирание. Смыть кашицу 10 мл воды в пробирку и оставить отстаиваться на 20-30 минут. Раствор над осадком окрашивается в фиолетовый цвет, пропорциональный по интенсивности содержанию белков (биуретовая реакция на белки).

Задание: описать схему опыта. По интенсивности фиолетовой окраски смесей в пробирках сделать вывод о содержании белка в семенах изучаемых видов растений.

7.1.2 Экспресс-метод обнаружения крахмала в семенах и древесине.

Материалы и оборудование: ступки и пестики; выпарительные чашки; электроплитка; пипетки на 10 мл; йодная спиртовая настойка; нож.

Растения (на 1 рабочий стол): семена арахиса, фасоли (или гороха), овса (или другой зерновой культуры), свежесрезанные ветки деревьев диаметром не менее 0,5 см.

Ход работы. Около 0,2 г семян растереть в ступке с 2 мл воды, перенести в выпарительную чашку, прилить еще 2 мл воды, довести до кипения, охладить, добавить каплю йодной настойки. Определить по окрашиванию, имеется ли крахмал в семенах.

Снять с веток кору и приготовить 1,1 – 1,2 г стружек заболонной² древесины ветвей изучаемых видов деревьев. Стружки поместить в выпарительную чашку, прилить 5 мл воды, прокипятить для извлечения крахмала. Слить раствор в другую чашку и упарить до 0,5 – 1,0 мл, затем охладить. Прибавить каплю разбавленной спиртом йодной настойки. При наличии крахмала раствор окрашивается в синий или черный цвет.

Задание: описать схему опыта. По наличию окраски и ее интенсивности сделать вывод о содержании крахмала в семенах и древесине изучаемых видов растений.

7.1.3 Экспресс-метод открытия масел в семенах.

Материалы и оборудование: писчая бумага размером 10 x10 см; пестик.

Растения (на 1 рабочий стол): семена арахиса, фасоли (или гороха), овса (или другой зерновой культуры)

² Заболонь, или подкорье – наружные молодые, физиологически активные слои древесины стволов, ветвей и корней, примыкающие к камбию. Часть клеток заболони содержит запасные вещества.

Ход работы. Поместить на листке бумаги несколько семян. Пестиком раздавить каждое семя, выдавливая из него масло. Просмотреть бумагу на свет. Подсчитать количество пятен масла, окрашенных в буроватый цвет, и рассчитать процент семян, давших эти пятна. В бурый цвет окрашено масло семян, утративших всхожесть.

Задание: описать схему опыта. Сделать вывод о содержании жира в семенах изучаемых видов растений и их всхожести.

7.2 Экспресс-метод проведения реакции Меуле для различения древесины хвойных и лиственных пород

Наряду с анатомическими исследованиями древесины (древесина хвойных распознается по наличию трахеид с окаймленными порами; древесина лиственных - по наличию сосудов), возможно быстрое различение древесины этих двух групп древесных пород на основании различий их вторичных веществ.

Материалы и оборудование: 10 % раствор KMnO_4 ; фильтры; концентрированная HCl ; 25 % раствор NH_3 .

Растения (на 1 рабочий стол): свежие спилы лиственных (береза, липа) и хвойных (сосна, ель) пород.

Ход работы.

Реакцию следует проводить на свежих спилах. Нанести на исследуемые куски древесины по капле 10 % раствора KMnO_4 и через минуту удалить их куском фильтровальной бумаги. Смочить те же участки древесины каплей концентрированной HCl и убрать каплю. В заключение смочить каплей 25 % раствора аммиака. Эта реакция носит название реакции Меуле. Древесина лиственных пород окрашивается в красный цвет. Древесина хвойных – не окрашивается.

Задание: описать схему опыта. Установить принадлежность спила с хвойным или лиственным породам.

7.3 Химическая диагностика степени вызревания побега (по И.М. Рядновой)

При созревании побега в его клетках увеличивается количество лигнина, обуславливающего одревеснение тканей.

Материалы и оборудование: бритва; предметное стекло; 10 % флороглюцин в концентрированной HCl ; стеклянные палочки.

Растения (на 1 рабочий стол): побеги горшечных культур.

Ход работы. Сделать поперечные срезы травянистых и одревесневших побегов одной породы или срезы из разных зон одного побега, не закончившего созревание. Смочить срезы на предметном стек-

ле 10 % раствором флороглюцина в концентрированной HCl. Одревесневшие ткани окрашиваются в интенсивный красный цвет, неодревесневшие не окрашиваются.

Задание: описать схему опыта, сделать вывод.

Занятие 8. Рост и развитие растений

Теоретическая часть

Устный опрос:

1 Роль света как источника энергии для роста и как регулятора морфогенеза. Регуляторное действие красного и синего света. Фото-рецепторы.

2 Влияние на рост растений тепла, влажности почвы и воздуха, аэрации, почвенного питания.

3 Ростовые движения растений. Тропизмы и настии. Механизмы фото- и геотропизмов.

4 Покой семян. Факторы нарушения покоя семян. Приемы ускорения прорастания семян и регулирования роста растений.

5 Физиология прорастания семян. Внешние условия, необходимые для прорастания семян. Физиологические основы хранения семян.

6 Влияние внешних условий на зацветание. Гормоны цветения. Цветение, опыление и оплодотворение.

7 Развитие и созревание плодов и семян. Влияние внешних условий на цветение и плодоношение древесных растений.

8 Физиология старения растений. Причины и механизм старения. Смерть растений.

Письменный опрос:

9 Изобразите схему онтогенеза растения. Охарактеризуйте фазы онтогенеза.

10 Изобразите схему взаимодействия фитогормонов. Охарактеризуйте спектр действия стимуляторов и ингибиторов роста.

Практическая часть

Лабораторная работа 8 Развитие растений

8.1 Диагностика глубины покоя растений по химическим показателям (по Генкелю и Окниной)

При переходе древесных и кустарниковых растений в состояние покоя происходит превращение запасов крахмала, накопленных в течение лета, в масла, дающие окраску с таким реактивом, как Судан-3 (красно-оранжевое окрашивание). В весеннее время и к моменту сокодвижения происходит образование сахаров. Поэтому, исследуя химизм древесины или почек, можно диагностировать состояние покоя растений (предварительный, глубокий и вынужденный). Так как в разные периоды покоя неодинакова и морозоустойчивость растений (наивысшая морозоустойчивость приходится на период глубокого покоя), то одновременно это и метод диагностики морозоустойчивости растений.

Цель работы: определить глубину покоя древесных растений.

Материалы и оборудование: бритвы; предметное стекло; концентрированная H_2SO_4 ; глицерин; растворы: йода в KI, Судан-3 (10 мг судана в 5 мл спирта и 5 мл глицерина), α -нафтол (2 % раствор в спирте), 70 % этанол.

Растения: свежесрезанные ветки деревьев диаметром не менее 0,5 см.

Ход работы. Сделать поперечные срезы однолетних зимующих ветвей древесных растений и продольные срезы их почек. Поместить срезы на предметные стекла и нанести (раздельно) капли следующих реактивов.

1.Йод-калий-йод: почернение с крахмалом.

2.Судан-3. Через 5-10 минут промыть срезы 70%-ным спиртом: оранжево-красное окрашивание с маслами.

3.Альфа-нафтол и далее 1-2 капли концентрированной серной кислоты: темно-малиновое окрашивание в присутствии сахаров.

При проведении этих проб в осенний период в древесине и почках обнаруживается крахмал, а масла, как правило, отсутствуют. В период глубокого покоя, наоборот, отсутствует крахмал, но получается интенсивная реакция на масла и сахара. Ближе к весне реакция на сахара усиливается, а на масла ослабевает. Отметить особенности реакции у разных пород, сравниваемых одновременно.

Чем более морозоустойчиво растение, тем более яркое окрашивание получается при использовании реактива Судан-3. При этом у почек следует обращать внимание на интенсивность окрашивания клеток зачаточных листьев и зоны под меристемой. Чем интенсивнее окрашивание этих тканей и чем больше клеток дает это окрашивание,

тем более устойчиво растение к действию низких температур.

Задание: описать схему опыта. Сделать вывод о глубине покоя ветвей и почек древесных растений.

8.2 Наблюдение периодичности роста древесных побегов

Побег растет неравномерно. Вначале наблюдается медленный рост, затем скорость роста увеличивается, достигает максимума, снова замедляется, и, наконец, рост прекращается. Таким образом, наблюдается периодичность роста побега, которая характеризуется законом большого периода роста.

Периодичность роста проявляется в том, что междоузлия, образующиеся по мере нарастания побега, имеют неодинаковую длину. В большинстве случаев она увеличивается от основания к середине побега, где достигает максимума, а к верхушке побега опять уменьшается.

Цель работы: оценить периодичность роста побегов древесных растений.

Материалы и оборудование: линейка, миллиметровая бумага.

Растения: ветки 3-4 видов деревьев (береза повислая, клен американский, дуб черешчатый или красный) длиной не менее 1,0 м.

Ход работы. Измерить линейкой длину междоузлий побегов древесных растений. Результаты измерения занести в таблицу.

Ход роста древесных побегов

Номер междоузлия от основания побега	Береза повислая		Клен американский		Дуб черешчатый	
	длина междоузлия	длина побега	длина междоузлия	длина побега	длина междоузлия	длина побега
1						
2						
3 и т.д.						

На листах миллиметровой бумаги построить графики прироста междоузлий и побега каждого вида деревьев. По оси абсцисс откладывают номера междоузлий, считая от основания побега, по оси ординат – длину междоузлий и длину побега.

Задание: описать ход работы. Сделать вывод о периодичности роста побегов разных видов деревьев.

Занятие 9. Устойчивость растений

Теоретическая часть

Устный опрос:

1 Понятие об устойчивости и иммунитете растений. Устойчивость как результат приспособления к условиям среды в процессе эволюционного развития.

2 Стресс у растений, его физиологические основы. Факторы, вызывающие стресс у растений.

3 Холодоустойчивость растений. Физиолого-биохимические изменения в клетках теплолюбивых растений при низких положительных температурах.

4 Морозоустойчивость растений. Повреждения клеток и тканей растений при замерзании. Приспособления растений к низким положительным и отрицательным температурам.

5 Устойчивость растений к низким температурам на разных этапах развития. Зимостойкость как устойчивость к комплексу неблагоприятных факторов зимы.

6 Приспособления растений к жаре и засухе. Устойчивость к засухе древесных растений. Способы повышения жаро- и засухоустойчивости. Тепловые повреждения древесных растений при лесных пожарах.

7 Устойчивость древесных растений к избытку воды в почве. Неблагоприятные факторы переувлажненных почв. Адаптация растений к избыточному увлажнению.

8 Солеустойчивость растений. Типы засоления почв. Влияние засоления на растения и механизмы устойчивости. Солеустойчивость древесных и кустарниковых пород.

9 Устойчивость растений к действию промышленных газов. Газоустойчивость разных видов и форм древесных и кустарниковых растений.

10 Радиационная устойчивость растений. Действие на растения ионизирующих излучений. Радиочувствительность растений и ее зависимость от факторов среды и состояния организмов.

11 Устойчивость растений к патогенным микроорганизмам. Возбудители болезней. Воздействие патогенов на растения. Механизмы устойчивости растений.

Практическая часть

Лабораторная работ 9 Устойчивость растений

9.1 Определение устойчивости тканей листьев растений к высоким температурам

При экстремальных воздействиях на растительные ткани, например при повышении температуры, мембраны клетки, в том числе и мембраны хлоропластов, теряют свойство полупроницаемости. Вследствие этого ионы водорода, присутствующие в клетке, замещают атом Mg в молекуле хлорофилла, который превращается в феофитин, имеющий бурый цвет. Чем больше хлорофиллоносных клеток повреждено, тем большая площадь листа буреет.

Цель работы: сравнить устойчивость к высоким температурам листьев разных видов растений.

Материалы и оборудование: нитки, плотная бумага для этикеток, ножницы, водяная баня, электроплитка, термометр, кристаллизаторы, листы белой бумаги, 0,2 М раствор HCl.

Растения: хвоя туи западной, листья комнатных растений – пеларгонии, гибискуса и др.

Ход работы. Из плотной бумаги вырезают этикетки, на них записывают значение максимальной температуры, при которой будут выдерживаться хвоя и листья – 40, 45, 50, 55 и 60 °С. Этикетки нитками привязывают к черешкам листьев, или кончикам веточек туи, так.

В водяной бане поддерживают температуру 40 °С. В воду опускают хвою и листья растений, взятых для опыта. Первую пробу извлекают из бани через 20 мин и временно переносят в кристаллизатор с водой комнатной температуры. Затем температуру в бане поднимают на 5 °С. Через 5 мин из нее извлекают вторую пробу листьев, их также переносят в кристаллизатор с водой. Постепенно температуру воды в бане доводят до 60 °С, забирая пробы каждые 5 мин после увеличения температуры в бане на каждые 5 °С.

Затем листья извлекают из воды комнатной температуры и заливают 0,2М раствором HCl, в котором листья приобретают бурую окраску (если у растений клеточный сок кислый, то листья буреют уже в воде). Время пребывания в кислоте должно быть одинаковым для всех листьев.

Через 10 мин листья извлекают из раствора соляной кислоты, переносят в воду, промывают и раскладывают на листах белой бумаги в порядке увеличения площади бурой окраски.

Задание: описать ход работы. Сравнить степень повреждения листьев при разной температуре у разных растений. Листья зарисовать и раскрасить поврежденные участки. Сделать выводы.

9.2 Действие криопротекторов на жизнеспособность клеток растительных тканей при замораживании

Цель работы: показать, что защитное действие смеси глицерина и сахарозы, используемых в качестве криопротекторов, выше, чем действие их чистых растворов.

Материалы и оборудование: кристаллизатор, скальпели, лезвия, термометр со шкалой от -50 до $+50$ °С, водяная баня, электроплитка, пробирки, штатив для пробирок, химические стаканы, линейки, пробочное сверло большого диаметра (8-10 мм), поваренная соль, снег или кубики льда, 12 % раствор глицерина, 2М растворы сахарозы, пипетки на 5-10 мл.

Растения: корнеплоды свеклы.

Ход работы. Из корнеплода столовой свеклы пробочным сверлом диаметром 8-10 мм вырезают цилиндр и разрезают его на диски толщиной 2-3 мм. Все диски (общее их число 105) должны быть одинаковыми. Затем их помещают в химический стакан и тщательно промывают водой, чтобы удалить клеточный сок, вытекающий из поврежденных клеток.

Отмытые диски по 5 штук помещают в 7 пробирок, в каждой из которых находится по 5 мл следующих жидкостей:

- 1) дистиллированной воды;
- 2) 2М раствора сахарозы;
- 3) 1М раствора сахарозы;
- 4) 12 % раствора глицерина;
- 5) 12 % раствора глицерина и 2М раствора сахарозы в соотношении 1:1 (по 2,5 мл);
- 6) 12% раствора глицерина и 1М раствора сахарозы в соотношении 1:1 (по 2,5 мл);
- 7) 12 раствора глицерина и 0,5М раствора сахарозы в соотношении 1:1 (по 2,5 мл).

Все пробирки помещают в охлаждающую смесь, состоящую из трех частей снега или льда и одной части сухой поваренной соли (температура -21 °С). Пробирки выдерживают в ней до полного замерзания содержимого.

После этого пробирки переносят в водяную баню с температурой 25-30 °С для размораживания. После оттаивания растворы тщательно перемешивают и сравнивают интенсивность их окрашивания.

Задание: описать ход работы. Расположить пробирки в ряд по мере увеличения интенсивности окрашивания растворов. Установить связь между интенсивностью окрашивания растворов и составом смесей, находящихся в этих пробирках. Сделать выводы о роли криопротекторов (сахарозы и глицерина) и их смесей в сохранении жизнеспособности клеток растительных тканей при их замораживании.

9.3 Выявление степени солеустойчивости растений по солевым некрозам

В зависимости от типа анионов выделяют хлоридный, сульфатный, хлоридно-сульфатный и карбонатный типы засоления почв. Растения, приспособленные к существованию в условиях избыточного засоления, называют галофитами.

Плохой рост большинства древесных пород на засоленных почвах обусловлен совместным действием на растения ряда факторов: физиологической засухи (ввиду высокого осмотического давления почвенного раствора), неблагоприятного ионного состава почвенного раствора, щелочной реакцией почвенного раствора, конкурентных взаимоотношений ионов при поглощении растением (в результате чего происходит поглощение избыточного количества балластных элементов) и т. д.

Для сравнительной оценки степени солеустойчивости растений можно использовать особенности состояния листьев после их выдерживания в достаточно концентрированных растворах солей, с которыми обычно бывает связано засоление почвы.

Материалы и оборудование: 5 % растворы солей NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃; стакан с водой.

Растения: листья различных растений (плющ, традесканция, гибискус, бегония древовидная и др.

Ход работы. Листья каждого вида изучаемых растений погружают в воду (контрольный вариант) и растворы NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃.

Через 15, 30 и 45 мин. проводят наблюдения за состоянием листьев, отмечая такие признаки повреждений, как потеря тургора, появление инфильтрационных пятен, появление участков отмерших тканей листа и его подсыхание, скручивание краев листьев и т.д.

Определяют степень повреждения листьев солями, измеряя каждый раз площадь, занятую некрозами, и выражая ее в процентах от всей площади листьев, участвующих в данном опыте.

Результаты опыта записывают в таблицу.

Влияние солей на степень повреждения листьев

№	Растение	Контроль	Применяемые соли		
			NaCl	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃
через 15 мин					
1					
2					
3					
через 30 мин					
1					
2					
3					
через 45 мин					
1					
2					
3					

Задание: провести сравнительную оценку солеустойчивости изучавшихся видов растений, оценить токсичность применяемых солей.

Литература

- 1 Физиология растений: учебник для вузов по направлению «Лесное дело» / А. В. Веретенников. – М., 2006. – 479 с.
- 2 Пильщикова, Н.В. Физиология растений с основами микробиологии / Н.В. Пильщикова. – М.: Мир, 2004. – 184 с.
- 3 Физиология растений: учеб. пособие / В. М. Юрин. – Мн., 2010. – 455 с.
- 4 Физиология растений: учебник / Вл. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. – М., 2006. – 742 с.
- 5 Физиология растений: учебник / под ред. И. П. Ермакова. – М., 2005. – 640 с.
- 6 Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений: учебник / под ред. Н. Н. Третьякова. – М., 2005. – 655 с.
- 7 Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. – М.: Высшая школа, 2006. - 464 с.
- 8 Физиология древесных растений / П. Д. Крамер, Т. Т. Козловский. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 464 с.
- 9 Физиология растений: учеб. пособие / Н. И. Якушкина. – М., 2005. – 464 с.
- 10 Физиология растений: учебник / С. С. Медведев. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. – 336 с.
- 11 Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польстер, Г.И. Фидлер. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 424 с.
- 12 Рейва П. Современная ботаника: В 2-х т. , П. Рейва, Р. Эверт, С. Айкхорв. – Т. 2. – М.: Мир, 1990. – 344 с.
- 13 Лотова, Л. И. Морфология и анатомия высших растений / Л. И. Лотова. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 528 с.
- 14 Ботаника: Морфология и анатомия растений / Васильев А.Е. [и др.]. – М.: Просвещение», 1988. – 480 с.
- 15 Кретович, В.В. Биохимия растений. – М.: Высш. школа, 1980. – 445 с.
- 16 Рогожин, В.В. Биохимия растений: Учебник / В.В. Рогожин.. - СПб.: ГИОРД, 2012. - 432 с.
- 17 Хельд, Б. Биохимия растений / Б. Хельд. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с.
- 18 Плешков, Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков. – М.: Агропромиздат, 2007. - 494 с.

19 Гэлстон, А. Жизнь зеленого растения/ А. Гэлстон, П. Девис, Р. Сэттер. – М.: Мир, 1983. – 552 с.

20 Емцев В.Т. Микробиология: Учебник для вузов / Емцев В.Т Мишустин Е.Н. – 5-е изд.; перераб. и доп. - М.Дрофа.2008. – 448 с.

21 Белясова, Н.А. Микробиология: Учебник / Н.А. Белясова. - Мн.: Вышэйшая шк., 2012. - 443 с.

22 Нетрусов, А.И. Микробиология. Университетский курс: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 384 с.

23 Крючков, В. А. Практикум по физиологии древесных растений: учебное пособие / В. А. Крючков, И. К. Булатова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2006. – 248 с.

24 Викторов, Д.П. Малый практикум по физиологии растений: учебное пособие для биол. спец. вузов / Д.П. Викторов. – М.:Высшая школа, 1983. – 135 с.

25 Иванов, В.Б. Практикум по физиологии растений: учебное пособие для студ. высших пед. учеб. заведений / В.Б. Иванов, И.В. Плотникова, Е.А. Живухина и др.; под ред. В.Б. Иванова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 144 с.

26 Малый практикум по физиологии растений: учебное пособие / под ред. А.Т. Мокроносова. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 184 с.

27 Практикум по физиологии растений / под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Колос, 1982. – 271 с.

Учебное издание

Храмченкова Ольга Михайловна

**ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ
С ОСНОВАМИ МИКРОБИОЛОГИИ**

Практическое руководство
для студентов специальности 1 – 75 01 01 01
«Лесное хозяйство»