

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра луговодства, селекции, семеноводства  
и плодовоовощеводства

## **Физиология растений**

методические указания к лабораторно-практическим занятиям  
(с элементами дидактического материала)

по направлению подготовки уровень высшего образования – бакалавриат  
35.03.07 Технология производства и переработки с/х продукции,  
профиль Технология производства и переработки продукции растениеводства

Брянская область  
2017

УДК 28.57  
ББК 581.1  
М 47

Милехина Н.В. **Физиология растений:** методические указания к лабораторно-практическим занятиям (с элементами дидактического материала) / Н. В. Милехина.- Брянск. Издательство Брянского ГАУ, 2017. - 47 с.

Учебно-методическое пособие (с элементами дидактического материала) разработано в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки уровень высшего образования – бакалавриат 35.03.07 Технология производства и переработки с/х продукции, профиль Технология производства и переработки продукции растениеводства

Учебно-методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ и включают описание основных методов исследования физиолого-биохимических показателей растений, указания по обработке и анализу экспериментальных данных, контрольные вопросы и задания в тестовой форме.

Рецензент: к.с.-х.н., доцент В.В. Мамеев

*Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института экономики и агробизнеса № 4 от 5.04.2017 года*

© Брянский ГАУ, 2017  
© Н.В. Милехина, 2017

Методические указания с элементами дидактического материала рекомендовано для работы студентов на лабораторно-практических занятиях. Дидактический материал содержит основные термины и понятия по изучаемым разделам дисциплины, что позволяет учащемуся лучше усвоить материал. В пособии представлены темы лабораторных работ, формы регистрации результатов исследований, вопросы и задания в тестовой форме для закрепления пройденного материала и подготовке к практическим занятиям.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих общепрофессиональных компетенций (ОПК), профессиональных (ПК):

готовность к оценке физиологического состояния, адаптационного потенциала и определению факторов регулирования роста и развития сельскохозяйственных культур (ОПК – 3)

**Знать:** основы физиологии и биохимии растений; анатомо-морфологическую локализацию физиолого-биохимических процессов, их взаимосвязь; ход и механизмы регуляции на всех структурных уровнях организации растительного организма; зависимость физиологических процессов от внутренних и внешних факторов среды; воздействие на растения факторов антропогенного происхождения; условий окружающей среды на рост и развитие растений; обмен и транспорт органических веществ, физиологию и биохимию формирования качества урожая для оценки физиологического состояния, адаптационного потенциала сельскохозяйственных культур.

**Уметь:** оценивать физиологическое состояние сельскохозяйственных культур их адаптационный потенциал, определять факторы улучшения роста, развития и качества продукции, определять жизнеспособность и силу роста семян, интенсивность процессов жизнедеятельности у разных видов растений, определять показатели фотосинтетической деятельности посева, устойчивость растений к действию неблагоприятных факторов и прогнозировать результаты перезимовки озимых культур, диагностировать недостаток или избыток элементов минерального питания по морфо-физиологическим показателям, обосновывать агротехнические мероприятия и оптимизировать сроки их проведения;

**Владеть:** навыками оценки физиологического состояния растений и их адаптационного потенциала, определения факторов улучшения роста, развития и качества продукции, современными методиками исследования и проведения диагностики, навыками обработки и анализа получаемых экспериментальных данных, современными методиками определения основных биохимических показателей, систематизации результатов и разработки физиологических подходов для повышения эффективности растениеводства.

готовность оценивать качество сельскохозяйственной продукции с учетом биохимических показателей и определять способ ее хранения и переработки (ОПК – 6)

**Знать:** природу и функции основных химических компонентов растительной клетки, физиологические обменные процессы, протекающие в растениях и принципы их регулирования, транспорт органических веществ, и условия их накопления в сельскохозяйственной продукции, принципы формирования величины и качества урожая основных сельскохозяйственных культур, основные

биохимические показатели для оценки качества продукции и продуктов переработки, как изменяются биохимические показатели и качество с/х продукции и продуктов переработки в результате хранения

**уметь:** определять жизнеспособность растительных тканей, степень насыщенности водой продуктивных частей растений, содержание пигментов и веществ белковой, углеводной и липидной природы и витаминов в урожае сельскохозяйственных культур, для оценки качества сельскохозяйственной продукции; применять органолептические и биохимические показатели для оценки качества продукции, определять способы ее хранения и переработки

**владеть:** современными методами исследования и получения информации о ходе физиологических процессов в растительном организме, формировании биохимического качества урожая, навыками обработки и анализа получаемых экспериментальных данных, приемами поиска новых сведений в области физиологии и биохимии растений, связанных с получением урожая с.х. культур высокого качества.

готовность определять физиологическое состояние, адаптационный потенциал и факторы регулирования роста и развития сельскохозяйственных культур (ПК – 1 )

**знать:** анатомо-морфологическую локализацию физиолого-биохимических процессов в растениях, их ход и механизмы регуляции на всех структурных уровнях организации растительного организма; зависимость хода физиологических процессов от внутренних и внешних факторов среды; воздействие на растения факторов антропогенного происхождения

**уметь:** применять знания в области физиологии и биохимии растений для определения физиологического состояния, адаптационного потенциала и факторов регулирования роста и развития сельскохозяйственных культур

**владеть:** навыками обработки и анализа экспериментальных данных, систематизации результатов и разработки физиологических подходов для повышения эффективности растениеводства.

## РАЗДЕЛ 1. БИОХИМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

### **Работа 1. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ БЕЛКОВ В СЕМЕНАХ**

В семенах злаковых и бобовых культур в качестве запасных питательных веществ содержатся белки. Качественные реакции на белки основаны на обнаружении пептидных связей, связывающих отдельные аминокислоты в молекуле белка, или отдельных аминокислот. Содержание и аминокислотный состав белка в семенах являются одними из важнейших показателей качества зерна.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** к 2 г измельченных семян (мука бобовых и злаковых растений) прибавляют 20 мл 10% раствора сернокислого аммония, переносят в центрифужную пробирку и центрифугируют 10 минут. Супернатант сливают в пробирку и используют для проведения качественных реакций.

а) обнаружение пептидных связей молекулы белка. К 1-2 мл центрифугата добавляют 2-4 мл 10 % гидроксида натрия и 2-3 капли 1% сульфата меди, содержимое пробирки взбалтывают. При наличии белка развивается фиолетовая окраска.

б) обнаружение ароматических аминокислот. К 1 мл центрифугата прибавляют 5-6 капель концентрированной  $\text{HNO}_3$  до появления мути от свернувшегося белка. При нагревании раствор окрашивается в ярко-желтый цвет. Смесь охлаждают и по каплям добавляют концентрированный раствор гидроксида аммония. При этом развивается ярко-оранжевая окраска, если в состав белка входят ароматические и гетероциклические аминокислоты (фенилаланин, тирозин, триптофан).

в) определение серосодержащих аминокислот. К 1мл центрифугата добавляют 2мл 40% гидроксида натрия и 4-5 капель уксуснокислого свинца. Смесь (осторожно!) нагревают до кипения и кипятят несколько минут. Образовавшийся белый осадок постепенно чернеет за счет сероводорода прореагировавшего со свинцом.

г) обнаружение триптофана. К 2мл центрифугата прибавляют 1 каплю 2,5% р-ра формальдегида и 6мл концентрированной  $\text{HCl}$ , содержимое перемешивают. Через 10 минут содержимое пробирки взбалтывают, прибавляют 10 капель 0,5% р-ра нитрита натрия. Смесь окрашивается в сине-фиолетовый цвет.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТА

Объект исследования	Характер реакции (+;-)			
	белки	ароматические аминокислоты	серосодержащие аминокислоты	триптофан

## ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### Контрольные вопросы

1. В зависимости от состава радикала, на какие группы делят аминокислоты (приведите примеры)?
2. Какова роль аминокислот, образующихся при распаде белков?

### **Работа 2. ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАПАСНЫХ УГЛЕВОДОВ В ПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНАХ РАСТЕНИЙ**

В сочных плодах и корнеплодах запасные питательные вещества представлены главным образом растворимыми сахарами – глюкозой, фруктозой, сахарозой и т.д.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** материал измельчают, навеску 10г помещают в стаканчик добавляют 20г воды и нагревают на водяной бане при 80<sup>0</sup>С градусах в течение 10 минут. После охлаждения вытяжку фильтруют. Фильтрат используют для проведения реакций на определение растворимых сахаров, а остаток используют для обнаружения крахмала.

а) обнаружение редуцирующих сахаров. В пробирку наливают 3мл фильтрата и добавляют 3мл реактива Фелинга (смесь растворов сульфата меди и гидроксида натрия) и кипятят. При наличии глюкозы выпадает кирпично-красный осадок закиси меди. Пробирку оставляют для сравнения с результатом реакции на обнаружение сахарозы.

б) обнаружение фруктозы. К 2-3мл фильтрата приливают 1% раствор резорцина и 2-3мл соляной кислоты, разбавленной в соотношении 1:1. Пробирку помещают на водяную баню и нагревают при температуре 80<sup>0</sup>С 10 минут. При наличии фруктозы фильтрат окрашивается в вишнево-красный цвет.

в) обнаружение сахарозы и других олигосахаридов. В пробирку вносят 3мл фильтрата и 1 каплю 10% соляной кислоты и нагревают на водяной бане 20 минут. В присутствии кислоты происходит гидролиз олигосахаридов до моно-



### **Работа 3. НАРУШЕНИЕ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ КЛЕТОК ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВРЕЖДАЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Мембранные системы клеток обладают свойством избирательной проницаемости. Благодаря этому свойству клетка способна концентрировать в своих компартментах различные вещества. Однако избирательная проницаемость свойственна только живой клетке. При воздействии на клетку различных повреждающих веществ она теряет способность удерживать накопленные вещества, которые выходят через мембраны наружу. По характеру проницаемости можно судить о физиологическом состоянии (например, степени повреждения) клетки. Удобным объектом для изучения проницаемости клетки служит ткань корнеплода столовой свеклы, в клетках которой имеется красный пигмент антоциан. Количество вышедшего из клеток антоциана можно оценивать по степени окраски (т.е. оптической плотности) раствора.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА.** Кусочки корнеплода столовой свеклы высотой 4-5 см промывают в холодной воде, помещают в пробирки с водой, этанолом, уксусной кислотой (10 мл) на 30 минут периодически встряхивая. При снятии опыта измеряют оптическую плотность растворов (зеленый светофильтр) и по этим показателям оценивают количество окрашенных веществ вышедших из клеток в окружающую среду и, следовательно, степень повреждения клеток химическими веществами.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ**

<b>Варианты опыта</b>	<b>Оптическая плотность среды</b>	<b>Степень повреждения клеток</b>

#### **ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

#### **Контрольные вопросы**

1. В чем сущность избирательной проницаемости цитоплазмы клеток?
2. Какое действие оказывают повреждающие факторы на избирательную проницаемость растительных клеток?

## **Работа 4. ДИАГНОСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КЛЕТКИ, ПОДВЕРЖЕННОЙ ВОЗДЕЙСТВИЮ ТЕПЛООВОГО СТРЕССА**

Обладая избирательной проницаемостью, растительная клетка накапливает в себе разнообразные вещества, которые не пропускает вследствие избирательной проницаемости мембран. При воздействии высокой температуры, мембраны клеток повреждаются, а при полной гибели клеток мембраны полностью утрачивают свои функции и клеточные барьеры проницаемости исчезают, растворимые вещества клеток выходят наружу. Удобным объектом для изучения проницаемости клетки служит ткань корнеплода столовой свеклы, в клетках которой имеется красный пигмент антоциан.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** кусочки корнеплода столовой свеклы промывают проточной водой, помещают в пробирки с водой (10 мл) и ставят на водяную баню. Одну пробирку оставляют при комнатной температуре (20<sup>0</sup>С). По термометру отмечают повышение температуры и через каждые 10<sup>0</sup>С пробирки вытаскивают, охлаждают в холодной воде и оставляют на 30 минут при комнатной температуре. Затем измеряют оптическую плотность (Е) содержимого пробирок (зеленый светофильтр), величина, которой, определяется количеством окрашенных пигментов, вышедших из ткани в воду. Используя полученные данные, строят график, характеризующий влияние теплового стресса на проницаемость клетки (определяемой показателем оптической плотности) и, следовательно, на степень повреждения клеток. На графике отмечают температурные точки начала повреждения и массовой гибели клеток.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ**

$T^{\circ}C$	20	30	40	50	60	70	80	90
Е								

### **ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### **Контрольные вопросы**

1. При какой температуре отмечается гибель клеток?
2. По какому показателю судят о степени повреждения клеток?

## Задания в тестовой форме по разделу

### Биохимия и физиология растительной клетки

1. Полимерами, состоящими из нескольких десятков и даже сотен остатков молекул аминокислот, соединенных цепочкой, называют:  
а) жиры б) нуклеотиды в) полисахариды г) белки
2. Окисленными производными многоатомных спиртов (альдегидами или кетонами) являются:  
а) аминокислоты б) жиры в) моносахариды г) нуклеотиды
3. Какую структуру белка характеризует особенность укладки спирализованной пептидной цепочки в трехмерном пространстве (напр. в глобулу):  
а) первичную б) вторичную в) третичную г) четвертичную
4. Водорастворимые белки:  
а) глобулины б) альбумины в) протеины г) проламины
5. Реакции типа АВС---АСВ катализируются ферментом класса:  
а) трансферазы б) оксидоредуктазы в) изомеразы г) гидролазы
6. Дыхание, т.е. окисление органических веществ и трансформирование их энергии в энергию АТФ происходит в:  
а) ядре б) митохондриях в) хлоропластах г) эндоплазматической сети
7. Мембранную систему, ограничивающую вакуоль от протоплазмы называют:  
а) симпласт б) протопласт в) тонопласт г) апопласт
8. Поддержание формы клетки и межклеточный транспорт воды и минеральных веществ осуществляет:  
а) ядро  
б) хлоропласты  
в) эндоплазматическая сеть  
г) клеточная оболочка
9. Синтез белка является функцией:  
а) вакуоли  
б) клеточной оболочки  
в) эндоплазматической сети  
г) рибосом
10. Синтез органических веществ из углекислоты и воды с помощью световой энергии является функцией:  
а) ядра б) митохондрий в) хлоропластов г) эндоплазматической сети

## РАЗДЕЛ 2. ВОДНЫЙ ОБМЕН РАСТЕНИЙ

### Работа 5. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ И СУХОГО ВЕЩЕСТВА В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ**

Содержание воды является важным показателем водного режима растений. Показатель может служить для диагностики водообеспеченности растений, условий водоснабжения. Он характеризует количество воды в объекте, выраженное в процентах от сырой массы.

СУЩНОСТЬ МЕТОДА: навеску исследуемого объекта (1-5 г) помещают в предварительно взвешенный бумажный пакет и снова взвешивают. Затем пакет с сырой навеской высушивают при  $T 105^{\circ} C$  до постоянной массы и снова взвешивают.

Расчет содержания воды в % от сырой массы навески рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{(б - в)}{б - а} * 100$$

Содержание сухого вещества в % от сырой массы навески рассчитывают по формуле:

$$Y = \frac{(в - а)}{б - а} * 100$$

а – масса пустого пакета, г

б - масса пакета с сырой навеской, г

в – масса пакета с сухой навеской, г

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты	а, г	б, г	в, г	X, %	Y, %

### ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

---

---

## Контрольные вопросы

1. В чем сущность метода определения содержания воды и сухого вещества в растениях?
2. Что характеризует показатель «содержание воды» в растительном объекте?

### **Работа 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАСТЕНИЙ**

Осмотически связанная и коллоидно связанная вода удерживается в клетках и органах растений с определенной силой, поэтому при подвядании, растения в первую очередь отдают свободную воду. Поскольку содержание связанной воды определяет стойкость физиологических процессов, водоудерживающая способность растения может служить показателем устойчивости растений к неблагоприятным факторам. Водоудерживающая способность характеризует способность органов растений (побега) удерживать воду при воздействии водотнимающих факторов в процессе увядания.

Определяется данный показатель количеством воды, потерянной исследуемым объектом за период увядания, выраженной в % от исходной массы объекта.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** объект (побег) отделяют от растения, взвешивают и оставляют на 2 - 6 часов. В условиях практикума завядание моделируется путем выдерживания объекта в течение 20 минут в сушильном шкафу при температуре 50<sup>0</sup> С. После окончания времени увядания, побег снова взвешивают. Расчет водоудерживающей способности исследуемого объекта ведут по формуле:

$$X = \frac{a - б}{a} * 100$$

X – водоудерживающая способность, в %

a – исходная масса побега, г

б – масса побега после увядания, г.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты	а, г	б, г	X, %

## ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### Контрольные вопросы

1. В чем сущность метода определения водоудерживающей способности растений?
2. Почему в ходе процесса увядания водоудерживающая способность растений возрастает?

### **Работа 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ВОДНОГО ДЕФИЦИТА В ЛИСТЬЯХ**

Под водным дефицитом понимают недостающее количество воды до полного насыщения клеток тканей, выраженное в процентах от общего содержания воды при полном насыщении тканей. В природных условиях полное насыщение листьев водой практически не наблюдается.

Показатель водного дефицита может быть использован для характеристики водообеспеченности и водного режима растений.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** листья отделяют от побега, взвешивают. Затем помещают в чашки Петри с водой, закрывают и оставляют для насыщения тканей водой на 20 минут. После этого листья извлекают из воды, просушивают фильтровальной бумагой взвешивают и помещают в бумажный пакет. Высушивают в сушильном шкафу при 105<sup>0</sup>С до постоянной массы и снова взвешивают. Расчеты величины водного дефицита ведут по формуле:

$$X = \frac{б - а}{б - с} * 100$$

- X – величина водного дефицита, %  
а – исходная масса листьев, г  
б – масса листьев после их насыщения водой, г  
с – масса абсолютно сухих листьев, г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты	а, г	б, г	с, г	X, %

## ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### Контрольные вопросы

1. В чем сущность метода определения водного дефицита?
2. Что характеризует показатель «водный дефицит»?

### **Работа 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПИРАЦИИ ЛИСТЬЕВ**

Интенсивность транспирации характеризует скорость испарения воды растениями и тесно связана с состоянием водного режима растительного организма. При хорошей обеспеченности водой скорость транспирации достигает максимальной величины, а в случае водного дефицита интенсивность транспирации снижается.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** предлагаемый метод основан на учете изменения массы листа за короткий промежуток времени. Считается, что за первые 5 минут интенсивность транспирации листа сохраняется на постоянном уровне. При более длительной экспозиции происходит уменьшение содержания воды в листе и скорость транспирации снижается. Листья отделяют от побега и быстро взвешивают, через 5 минут взвешивание повторяют. Убыль массы листа между первым и вторым взвешиванием показывает, сколько воды испарилось за этот период. Расчет интенсивности транспирации ведут по формуле:

$$X = \frac{a \cdot 12}{P}$$

X – интенсивность транспирации, мг/г\*час

a – количество испарившейся воды, мг

P – начальный вес листа, г.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты	a, мг	P, г	X, мг/г*час

### ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

### Контрольные вопросы

1. Что характеризует показатель «интенсивность транспирации»?
2. В чем сущность метода определения интенсивности транспирации?

### **Работа 9. ЗАДАЧИ ПО ВОДНОМУ РЕЖИМУ РАСТЕНИЙ**

Задача 1. Определить продуктивность транспирации, если в конце вегетации масса растения составила 0,2 кг сухого вещества, а за весь вегетационный период им было израсходовано 50 л воды.

Задача 2. Рассчитать продуктивность транспирации, если транспирационный коэффициент растения был равен 125.

Задача 3. Рассчитать транспирационный коэффициент, если продуктивность транспирации равна 5.

Задача 4. Навеску листьев массой 50 г поместили в воду, после чего их масса увеличилась до 55 г. После высушивания сухая масса листьев составила 4

г. Определить содержание воды в листьях до и после насыщения и величину их водного дефицита.

Задача 5. Побег с исходной массой 120 г оставили на увядание, после чего масса побега составила 110 г. Определить показатель величины водоудерживающей способности побега.

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

Задания в тестовой форме по разделу

### **Водный обмен растений**

1. Меньше всего воды содержится в:  
а) протоплазме б) клеточной оболочке в) вакуоле
2. Диффузию молекул воды через полупроницаемую перепонку, отделяющую раствор от воды называют:  
а) плазмолизом б) осмосом в) тургором
3. Дальний транспорт воды по сосудам ксилемы осуществляется с помощью:  
а) осмотического механизма  
б) корневого давления  
в) гидростатического давления почвенного раствора
4. Частично доступны для растений следующие формы почвенной воды:  
а) капиллярная б) гравитационная в) гигроскопическая  
г) пленочная д) химически связанная
5. Выход водяных паров через устьичную щель на поверхность листа является ..... этапом устьичной транспирации:  
а) первым б) вторым в) третьим г) четвертым

6. Усилению интенсивности транспирации способствуют:

- а) низкая температура воздуха
- б) интенсивный свет
- в) высокая влажность воздуха
- г) высокое осмотическое давление раствора
- д) низкая влажность почвы

7. Показатель «.....» характеризует количество граммов воды, испаряемой растением на каждый грамм образованного сухого вещества.

8. Испарение воды, осуществляемое клетками мезофилла в межклеточное пространство листа, называют .... транспирацией.

- а) устьичной
- б) кутикулярной
- в) относительной

9. Суточный ход транспирации в условиях засухи описывается:

- а) двухвершинной кривой со спадом в полдень
- б) кривой с максимумом в полдень
- в) логарифмической кривой
- г) прямой

10. В процессе транспирации растения теряют до .... % поглощаемой воды:

- а) 15%
- б) 45%
- в) 75%
- г) 95%

### **РАЗДЕЛ 3. ФОТОСИНТЕЗ**

#### **Работа 10. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЬЯХ**

Содержание хлорофилла в листьях определяет потенциал фотосинтетической активности растения и, кроме того, служит косвенным показателем его «здоровья» и комфортности условий существования.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** хлорофилл извлекают из навески листьев спиртом или ацетоном (около 10 мл) и доводят количество экстракта до заданного объема (V) (20-25 мл). В экстракте определяют концентрацию хлорофилла (Kx) в мг/мл методом колориметрического анализа. Для этого:

- 1) Измеряют экстинкцию экстракта (Ex).
- 2) Готовят стандартные растворы хлорофилла (или его суррогат-раствор Гетри) с известной концентрацией (Kst). Растворы колориметруют (Est). Далее рассчитывают коэффициент пропорциональности (ast) между показателями концентрации и экстинкции стандартных растворов по формуле:

$$ast = \frac{Kst}{Est}$$

Затем находят среднюю величину коэффициента пропорциональности ( $a_{cp}$ ).

3) Рассчитывают концентрацию хлорофилла в анализируемом экстракте ( $K_x$ ) по формуле:

$$K_x = a_{cp} * E_x, \text{ мг/мл}$$

Расчет содержания хлорофилла в анализируемых листьях ведут по формуле:

$$X = \frac{K_x * V}{p} = \frac{a_{cp} * E_x * V}{p}, \text{ мг/г,}$$

где:  $a_{cp}$ - средний показатель коэффициента пропорциональности между показателями концентрации и экстинкции стандартных растворов

$E_x$ - экстинкция анализируемого экстракта

$V$  – объем экстракта, мл

$p$ - масса навески, г.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты	$p, \text{г}$	$V, \text{мл}$	$E_x$	$a_{cp}$	$X, \text{мг/г}$

Расчет коэффициента пропорциональности между показателями концентрации и экстинкции стандартных растворов

№ раствора	$K_{st}$	$E_{st}$	$a_{st}$	$a_{cp}$
1	0,021			
2	0,042			
3	0,085			

### ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

### Контрольные вопросы

1. Какова химическая природа хлорофиллов?
2. В каких областях спектра находятся максимумы поглощения хлорофилла?
3. Какие условия необходимы для образования хлорофилла в клетке?

## **Работа 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ПИГМЕНТОВ ЛИСТА**

Фотосинтетические пигменты листа представлены хлорофиллами и каротиноидами и характеризуются избирательным поглощением света. Спектр поглощения пигментов определяется путем измерения показателя экстинкции пигментов в растворе при освещении монохроматическим светом с различной длиной волны на фотоэлектроколориметре.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** навеску листьев (около 1г) растирают в ступке с небольшим количеством этилового спирта. Полученный гомогенат фильтруют, объем фильтрата доводят до 10 мл. Измеряют экстинкцию полученного экстракта на всех участках спектра видимого света (красный светофильтр).

По полученным показателям экстинкции строят график характеризующий спектр поглощения света пигментной системой листа.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ**

Варианты	Показатели экстинкции на участках спектра						
	400 нм	440 нм	490 нм	540 нм	590 нм	670 нм	730 нм

### **ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### **Контрольные вопросы**

1. Какие участки спектра наиболее полно поглощаются хлорофиллами?
2. Какие участки спектра наиболее активно поглощаются каротиноидами?

## **Работа 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЧИСТОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА**

Показатель «чистая продуктивность фотосинтеза» (ЧПФ) характеризует эффективность работы фотосинтетического аппарата растений и выражается количеством сухого вещества, образованного растением в процессе фотосинтеза в пересчете на единицу площади листьев в единицу времени.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** ЧПФ – это расчетный показатель. Для его расчета предварительно определяют у исследуемых растений средние показатели суммарной площади листьев и сухой биомассы растений. Эти показатели определяют дважды с интервалом между определениями 10-24 дня (первое и второе определение). После этого приступают к расчету ЧПФ.

1. Определение суммарной площади листьев исследуемых растений. Отделяют листья от растения, помещают их на лист бумаги, обводят карандашом и ножницами вырезают полученные контуры. Последние складывают и взвешивают. Затем из той же бумаги вырезают четырехугольник площадью 100 см<sup>2</sup> и взвешивают. Площадь листьев исследуемого растения (равная площади вырезанных контуров) рассчитывают по формуле:

$$S = \frac{M_{\text{кон}} * 100}{M_{\text{чет}}}$$

где: S – листовая площадь, см<sup>2</sup>

M<sub>кон</sub> – масса контуров, г

M<sub>чет</sub> – масса бумажного четырехугольника, г

100 – площадь бумажного четырехугольника, см<sup>2</sup>.

2. Определение сухой биомассы исследуемых растений. Берут высушенный бумажный пакет, взвешивают. В пакет помещают исследуемые растения. Пакет с навеской высушивают до постоянной массы при температуре 105<sup>0</sup>С, после чего снова взвешивают.

Расчет величины сухой биомассы ведут по формуле:

$$M = b - a$$

где: M – сухая биомасса растения, г

a – масса пустого пакета, г

b – масса пакета с сухой навеской, г

3. Величину ЧПФ определяют как отношение прироста биомассы растения за учетный период к среднему за учетный период показателю листовой поверхности растения к продолжительности учетного периода. Расчет ведут по формуле:

$$\text{ЧПФ} = \frac{(M_2 - M_1) * 1000}{\frac{S_1 + S_2}{2} * T}$$

где: M<sub>1</sub> и M<sub>2</sub> - сухая биомасса растений соответственно при первом и втором определении, г

S<sub>1</sub> и S<sub>2</sub> - площадь листьев соответственно при первом и втором определении, см<sup>2</sup>

T – время между первым и вторым определениями, сутки

ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза, мг сухого вещества, образованного 1 см<sup>2</sup> листьев в сутки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

а) определение среднего показателя величины листовой площади растений

Дата определения	повторности	$M_{\text{кон}}, \text{ г}$	$M_{\text{чет}}, \text{ см}^2$	$S, \text{ см}^2$	Средний показатель $S, \text{ см}^2$
I	1				
	2				
	3				
II	1				
	2				
	3				

б) определение среднего показателя величины сухой биомассы растения

Дата определения	повторности	$a, \text{ г}$	$b, \text{ г}$	$M, \text{ г}$	Средний показатель $M, \text{ г}$
I	1				
	2				
	3				
II	1				
	2				
	3				

в) расчет величины чистой продуктивности фотосинтеза

Средние показатели				ЧПФ
$M_1, \text{ г}$	$M_2, \text{ г}$	$S_1, \text{ см}^2$	$S_2, \text{ см}^2$	

### ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

## Контрольные вопросы

1. Что характеризует показатель «чистая продуктивность фотосинтеза»?
2. В чем сущность метода определения ЧПФ?

Задания в тестовой форме по разделу

### Фотосинтез

1. Физиологическая роль фотосинтеза сводится к тому, что фотосинтез обеспечивает растения:

- а) водой
- б) органическими веществами
- в) минеральными веществами
- г) энергией

2. Исходными продуктами в балансовом уравнении фотосинтеза являются:

- а) кислород
- б) углекислота
- в) глюкоза
- г) вода

3. Какие структуры листа обеспечивают транспорт воды в фотосинтезирующие клетки:

- а) ксилема
- б) устьица
- в) флоэма
- г) межклетники

4. Конечными продуктами темновой реакции фотосинтеза являются:

- а) углекислота
- б) активированный водород
- в) глюкоза
- г) кислород

5. Процесс фотосинтеза локализован в следующих локусах клетки:

- а) ядро
- б) вакуоль
- в) хлоропласт
- г) эндоплазматическая сеть

6. Наиболее эффективными для фотосинтеза являются кванты света:

- а) красного
- б) синего
- в) желтого
- г) зеленого
- д) оранжевого

7. Какие участки спектра солнечного света особенно активно поглощаются хлорофиллом:

- а) сине-фиолетовый
- б) желто-зеленый
- в) красный
- г) ультрафиолетовый

8. Какие участки спектра солнечного света особенно активно поглощаются каротиноидами:

- а) фиолетовый
- б) синий
- в) красный
- г) желтый

9. Спектр видимого (белого) света включает в себя кванты света с длиной волны от ..... до ..... нанометров :

- а) 4-7
- б) 40-70
- в) 400-700
- г) 4000-7000

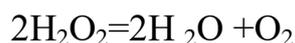
10. Вклад фотосинтеза в продукционный процесс определяется тем, что фотосинтез обеспечивает формирующиеся продуктивные органы:

- а) минеральными веществами
- б) органическими веществами
- в) углекислотой
- д) энергией

## РАЗДЕЛ 4. ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ

### Работа 13. *ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТА КАТАЛАЗЫ*

Каталаза – дыхательный фермент, катализирующий реакцию расщепления ядовитой для клетки перекиси водорода, образующейся при окислении водорода дыхательного субстрата кислородом воздуха в процессе дыхания. Расщепление перекиси водорода каталазой осуществляется по следующему уравнению:



Активность каталазы определяется газометрическим способом, путем учета количества кислорода, выделяющегося при разложении перекиси водорода в инкубационной смеси.

Учет количества кислорода проводится в специальной газометрической установке, состоящей из реакционной колбы, бюретки и делительной воронки. Все части прибора соединены резиновыми трубками и закреплены на штативе. Бюретка и делительная воронка заполнены водой до одинакового уровня и являются сообщающимися сосудами.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** навеску растительного материала (проростки злаковых растений) 1г растирают в ступке. Растертый материал переносят в реакционную колбу с 10 мл воды, затем пинцетом в колбу осторожно вносят фарфоровую чашечку с 3 мл 3% перекиси водорода. Колбу закрывают пробкой, в отверстие которой закреплена стеклянная трубочка, соединенная с верхним концом бюретки резиновой трубкой. Затем открывают зажим и перемещением воронки подводят уровень воды в бюретке на нулевую отметку. Колбу осторожно встряхивают так, чтобы чашечка опрокинулась, перекись водорода при этом перемешивается с ферментной вытяжкой и начинается выделение кислорода. Отмечают время начала реакции. Непрерывно встряхивая колбу, медленно опускают воронку, поддерживая уровень воды в ней на уровне воды в бюретке. Через 3 минуты отмечают уровень воды в бюретке и заканчивают опыт. Расчет активности каталазы ведут по формуле:

$$X = \frac{a}{RT} ,$$

где: x–активность каталазы, мл O<sub>2</sub>, образованного инкубационной смесью в пересчете на 1г навески за 1 минуту

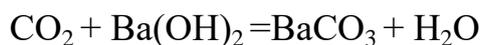
a – объем O<sub>2</sub>, выделившегося в опыте, мл

R – масса навески, г

T – время опыта, мин.



чески помешивают. Выделяемый при этом объектом углекислый газ поглощается поглотительным раствором согласно уравнению:



После окончания времени экспозиции мешочки с семенами извлекают из колб, а содержимое титруют 0,1 н раствором щавелевой кислоты в присутствии 3 капель фенолфталеина до исчезновения малиновой окраски. Так же титруют барит в контрольной колбе.

Интенсивность дыхания рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{(b-a) \cdot 2,2}{p \cdot T}$$

где: x- интенсивность дыхания, мг  $\text{CO}_2$ /1г\*1 час

a, b – количество миллилитров щавелевой кислоты, затраченной на титрование соответственно опытной и контрольной колбы

2,2 – количество мг  $\text{CO}_2$ , эквивалентное 1мл 0,1 н раствора щавелевой кислоты

p – масса навески, г

T- экспозиция опыта, час

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты	p, г	T, час	a, мл	b, мл	X, мг $\text{CO}_2$ 1г*1час

## ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

## Контрольные вопросы

1. В чем сущность газообмена растений при дыхании?
2. В чем заключается принцип метода определения интенсивности дыхания?

## Задания в тестовой форме по разделу

### Дыхание растений

1. Физиологическая роль дыхания сводится к тому, что оно обеспечивает растения:  
а) углекислотой для фотосинтеза в) энергией б) водой г) метаболитами для биосинтезов
2. Основные биохимические реакции клеточного дыхания локализованы в:  
а) цитоплазме б) вакуоле в) митохондриях г) хлоропластах
3. Исходными продуктами дыхания являются:  
а) вода б) кислород в) углекислота г) глюкоза
4. Конечными продуктами балансового уравнения дыхания являются:  
а) вода б) кислород в) углекислота г) глюкоза
5. Непосредственными субстратами дыхания являются:  
а) крахмал б) глюкоза в) жиры г) целлюлоза
6. Если субстратом дыхания являются вещества более окисленные, чем глюкоза (например, органические кислоты, то величина дыхательного коэффициента составляет:  
а) 0 б) 1 в)  $>1$  г)  $<1$
7. Дыхание, как элемент продукционного процесса:  
а) увеличивает хозяйственный урожай б) снижает хозяйственный урожай  
в) не влияет на величину урожая  
г) изменяет соотношение между хозяйственным и биологическим урожаем
8. Подготовительные реакции клеточного дыхания локализованы:  
а) в цитоплазме б) в ядре в) в митохондриях г) в вакуолях
9. В анаэробных условиях дыхание:  
а) усиливается б) снижается в) не изменяется г) прекращается
10. Величина температурного коэффициента дыхания находится в пределах:  
а) 2-3 б) 5-7 в) 10-12 г) 15-20

## **РАЗДЕЛ 5. МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ**

### **Работа 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ**

Минеральные вещества растительных тканей, остающиеся после сжигания растительного материала в золе, называют зольными элементами. Больше всего в золе содержится макроэлементов (P, K, Ca, Mg, Fe), значительно меньше микроэлементов (Zn, Mn, B и др.). Зольные элементы извлекают из золы 10% соляной кислотой. Полученную вытяжку смешивают с соответствующими растворами реактивов дающими с определенным элементом характерные для каждого элемента кристаллы солей, хорошо видимые в микроскоп. Реакции проводят непосредственно на предметном стекле.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** 1 г золы исследуемых частей растений растворяют в 5мл 10% раствора соляной кислоты в пробирке, полученный раствор фильтруют и используют для обнаружения зольных элементов. Для этого на предметное стекло помещают каплю исследуемого раствора, которую смешивают с каплей реактива на определяемый элемент. Продуктом реакции определяемого элемента с реактивом является осадок в виде кристаллов, характерных для данного элемента (или окрашивание раствора).

а) обнаружение кальция. На предметное стекло наносят одну каплю испытуемого раствора, рядом наносят каплю 1% раствора серной кислоты. Затем обе капли соединяют тонким канальцем стеклянной палочкой. По краям канальца образуются пучки игольчатых кристаллов гипса, хорошо видимые под микроскопом.

б) обнаружение магния. Каплю испытуемого раствора нейтрализуют каплей аммиака, а затем соединяют с каплей 1% раствора фосфата натрия. При наличии магния в золе по краям канальца образуются кристаллы соли, имеющие вид прямоугольников, звездочек, пластинок.

в) обнаружение фосфора. Каплю испытуемого раствора соединяют канальцем с каплей раствора молибдата аммония в азотной кислоте. При наличии фосфора образуется зеленовато-желтый осадок соли.

г) обнаружение серы. Каплю испытуемого раствора соединяют с каплей 1% раствора азотнокислого стронция. При наличии серы образуются мелкие округлые кристаллы.

д) обнаружение железа. На фарфоровую пластинку наносят несколько капель вытяжки из золы, к которой добавляют по каплям раствор железосинеродистого калия. При наличии железа развивается синяя окраска, обусловленная образованием берлинской лазури.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Объект исследования	Характер реакции (+; -)				
	кальций	магний	фосфор	железо	сера

### ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### Контрольные вопросы

1. В чем сущность метода качественного анализа золы?
2. В каких частях растений более высокое содержание зольных элементов в древесине или в листьях, в старых или в молодых растениях?

### **Работа 16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ЕМКОСТИ ОБМЕННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ ИОНОВ КОРНЯМИ**

Характеристика функциональных показателей корневой системы необходима для оценки качества корней, их способности поглощать элементы минерального питания и обеспечивать ими растение. Важнейшим из этих показателей является удельная емкость обменного поглощения ионов корнями. Этот показатель характеризует количество ионов (мкг-экв), которое может поглощаться корнями в пересчете на единицу массы корней.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** корни растений предварительно взвешивают и погружают на 5 минут в раствор метиленовой сини, где они полностью насыщаются краской. Окрашенные корни промывают в дистиллированной воде до тех пор, пока избыток краски не будет удален. Для определения адсорбированной краски, корни переносят в стаканчик с концентрированным раствором  $\text{CaCl}_2$  на 10 минут при этом корни обесцвечиваются, а раствор окрашивается в синий цвет. Далее определяют концентрацию метиленовой сини в растворе соли колориметрически. Для этого:

1. Измеряют оптическую плотность раствора ( $E_x$ )

2. Готовят стандартные растворы метиленовой сини с известной концентрацией ( $K_{st}$ ) и колориметрируют их ( $E_{st}$ ). Рассчитывают коэффициент пропорциональности между  $K_{st}$  и  $E_{st}$  по каждому из стандартных растворов.

$$a_{st} = \frac{K_{st}}{E_{st}}$$

из показателей  $a_{st}$  рассчитывают средний показатель коэффициента пропорциональности ( $a_{cp}$ ).

3. Рассчитывают концентрацию метиленовой сини в анализируемом растворе ( $K_x$ ) по формуле:

$$K_x = a_{cp} * E_x$$

Расчет удельной емкости обменного поглощения ионов ведут по формуле:

$$X = \frac{K_x * V * 1000}{P * 320} = \frac{E_x * a_{cp} * V * 1000}{P * 320}$$

где:  $X$  – емкость удельного поглощения, мкг-экв ионов на 1г корней

$E_x$  – экстинкция анализируемого раствора

$a_{cp}$  – средний коэффициент пропорциональности

$V$  - объем раствора, мл

$P$  – масса корней, г

1000 – коэффициент для перевода мг сини в мкг

320 – молекулярная масса метиленовой сини.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты	P, г	V, мл	$E_x$	X, мкг-экв/г

Расчет среднего показателя коэффициента пропорциональности

№ раствора	$K_{st}$ , мг/мл	$E_{st}$	$a_{st}$	$a_{cp}$
1.	0,016			
2.	0,032			
3.	0,064			

## ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----

-----

-----

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### Контрольные вопросы

1. Почему при помещении корней в раствор хлорида кальция он окрашивается в синий цвет. С чем это связано?
2. В чем сущность обменной адсорбции ионов корнями?

### **Работа 17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ОБЩЕЙ АДСОРБИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ**

Адсорбирующая поверхность корней характеризует суммарную площадь поверхности всей корневой системы, включая поверхность корневых волосков. Этот показатель рассчитывают по количеству метиленовой сини, адсорбируемой корнями в растворе этой краски, при этом учитывают, что 1 мг метиленовой сини при мономолекулярной адсорбции занимают площадь  $1,1\text{ м}^2$ .

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** исследуемые корни погружают на 2 минуты в стакан с 10-50 мл метиленовой сини с исходной концентрацией 0,064 мг/мл. При этом поверхность корней покрывается мономолекулярным слоем молекул метиленовой сини, вследствие чего концентрация краски в растворе уменьшается. Далее определяют конечную концентрацию метиленовой сини в растворе методом колориметрического анализа, для чего:

1. Измеряют оптическую плотность раствора (желтый светофильтр) при этом 1 мл раствора разбавляют в 10 раз дистиллированной водой.
2. Готовят стандартные растворы метиленовой сини с известной концентрацией ( $K_{st}$ ) путем разбавления рабочего раствора в 10 раз, подготовленные растворы колориметруют ( $E_{st}$ ). Затем рассчитывают коэффициенты пропорциональности между показателями  $K_{st}$  и  $E_{st}$  для каждого из стандартных растворов ( $a_{st}$ ) по формуле:

$$a_{st} = \frac{K_{st}}{E_{st}}$$

Из показателей  $a_{st}$  рассчитывают средний показатель коэффициента пропорциональности ( $a_{cp}$ ).

3. Рассчитывают концентрацию метиленовой сини в растворе по формуле:

$$K_{\text{кон}} = E_x * a_{\text{ср}}$$

где:  $K_{\text{кон}}$  – конечная концентрация сини, мг/мл  
 $E_x$  – экстинкция раствора  
 $a_{\text{ср}}$  – средний коэффициент пропорциональности.

Зная исходную и конечную концентрацию метиленовой сини в растворе, рассчитывают количество краски, адсорбированной поверхностью корней, оно будет численно равно убыли сини из раствора.

$$Y = (K_{\text{исх}} - K_{\text{кон}}) * V$$

$Y$  – убыль сини в растворе, мг  
 $V$  – объем раствора сини, мл  
 $K_{\text{исх}}$ ,  $K_{\text{кон}}$  – соответственно исходная и конечная концентрации сини в растворе, мг/мл.

Расчет площади адсорбирующей поверхности корней ведут по формуле:

$$X = Y * 1,1 \text{ м}^2$$

где:  $X$  – адсорбирующая поверхность корней,  $\text{м}^2$   
 $Y$  – убыль метиленовой сини из раствора, мг  
 $1,1 \text{ м}^2$  – площадь, занимаемая 1 мг метиленовой сини при мономолекулярной адсорбции.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

а) протокол опыта

Варианты	V, мл	$E_x$	$K_{\text{кон}}$ , мг/мл	Y, мг	X, $\text{м}^2$

б) расчет среднего коэффициента пропорциональности

№ раствора	$K_{\text{ст}}$ , мг/мл	$E_{\text{ст}}$	$a_{\text{ст}}$	$a_{\text{ср}}$
1.	0,016			
2.	0,032			
3.	0,064			



4. К зольным элементам относят:

- а) К б) Н в) С г) Fe д) S

5. Доступными для растений являются элементы минерального питания :

- а) находящиеся в почвенном растворе  
б) поглощенные почвой обменным путем  
в) поглощенные почвой химическим путем  
г) поглощенные почвой биологическим путем

6. Элементы минерального питания поглощаются клеткой:

- а) в виде ионов  
б) в виде недиссоциированных солей  
в) вместе с поглощаемой водой  
г) независимо от поглощения воды  
д) совместно с другими ЭМП  
е) не зависимо от других ЭМП

7. Транспорт ионов по ксилеме от корней к листьям осуществляется:

- а) активно с помощью переносчиков  
б) активно с помощью электрических сил  
в) пассивно, за счет диффузии  
г) пассивно с током воды

8. Ассимилируются в растениях следующие элементы минерального питания:

- а) N б) P в) K г) Ca д) Mg е) S

9. Ассимиляцией элементов минерального питания называют процесс:

- а) поглощение ЭМП из раствора  
б) перемещение ЭМП в растениях  
в) накопление ЭМП в листьях, плодах, семенах  
г) включение ЭМП в органические вещества растений

10. Микроэлементы в растительных тканях обнаруживаются в форме:

- а) органических соединений  
б) оксидов  
в) ионов  
г) солей

## РАЗДЕЛ 6. ОБМЕН И ТРАНСПОРТ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ

### **Работа 18. ПРЕВРАЩЕНИЕ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОРАСТАНИИ СЕМЯН**

При прорастании семян запасные питательные вещества (белки, жиры, крахмал) при участии ферментов превращаются в более простые соединения, которые транспортируются к точкам роста проростка и используются для обеспечения его жизнедеятельности. Для того, чтобы установить каким превращениям подвергаются запасные вещества при прорастании, следует сопоставить химический состав не проросших и проросших семян.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** проросшие и сухие семена пшеницы и подсолнечника растирают в четырех ступках. Затем материал помещают в пробирки и заливают водой, нагревают на водяной бане. Вытяжку сливают в чистые пробирки, приливают равный объем фелинговой жидкости и доводят до кипения. По количеству образовавшегося осадка дают оценку содержания редуцирующих сахаров. К оставшемуся осадку в пробирках приливают раствор йода и по интенсивности окраски дают оценку содержания крахмала.

Делают срезы на не проросших и проросших семенах подсолнечника, помещают на предметное стекло в капли раствора краски судан, накрывают покровным стеклом. Через 5 минут промывают срезы водой, рассматривают под микроскопом и дают оценку содержания жира по количеству и размерам капель, окрашенных в красный или оранжевый цвет. Для микроскопирования крахмальных зерен пшеницы препаровальной иглой из разрезанной вдоль зерновки пшеницы берут крупинку эндосперма вблизи зародыша, растирают в капле воды на предметном стекле, рассматривают на большом увеличении.

Результаты заносят в таблицу, оценивая содержание крахмала, жира и сахара по пятибальной системе.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты	Крахмал	Редуцирующие сахара	Жиры
Семена пшеницы (сухие)			
Семена пшеницы (проросшие)			
Семена подсолнечника (сухие)			
Семена подсолнечника (проросшие)			

### ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----  
-----

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### Контрольные вопросы

1. Где локализованы запасные питательные вещества?
2. Каковы особенности превращения запасных питательных веществ (белков, углеводов, жиров) в прорастающих семенах?

### **Работа 19. ОБНАРУЖЕНИЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОГО ФЕРМЕНТА АМИЛАЗЫ В ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЕНАХ**

При прорастании семян происходит индукция гидролитических ферментов катализирующих распад сложных запасных питательных веществ (белков, жиров и углеводов). Об активности фермента можно судить по накоплению конечных продуктов распада или исчезновения исходных продуктов, подвергаемых превращениям.

Амилаза – гидролитический фермент, катализирующий гидролиз крахмала до мальтозы. Активность амилазы оценивают по скорости распада крахмала в инкубационной смеси, состоящей из ферментной вытяжки и раствора крахмала.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** 10г проросших измельченных семян пшеницы смешивают с 50мл воды. Полученную суспензию выдерживают на водяной бане при  $T\ 35^{\circ}C$  в течении 30 минут для извлечения амилазы, после чего фильтруют. Далее берут две пробирки с 10мл 2% раствора крахмала, в одну из них приливают 1мл ферментной вытяжки (опыт), а во вторую 1мл воды (контроль). Пробирки помещают на водяную баню при  $T\ 60^{\circ}C$  на 10 минут. При этом в опытной пробирке вследствие работы амилазы часть крахмала разрушается. После окончания инкубации оценивают количество крахмала в пробирках калориметрически. Для этого отбирают 5 капель раствора крахмала и переносят в пробирку с 10мл воды и 3 каплями йода. Аналогичные опыты проводят с не проросшими семенами пшеницы. Затем измеряют оптическую плотность окрашенных растворов (желтый светофильтр) и рассчитывают активность амилазы по формуле:



2. Совокупность всех биохимических реакций, связанных с распадом сложных веществ до более простых, называют:

- а) обменом веществ
- б) метаболизмом
- в) диссимиляцией
- г) ассимиляцией

3. Органические вещества, из которых построены клеточные структуры, называют:

- а) запасными    б) конституционными    в) метаболитами

4. Ассимиляты из листьев перемещаются в другие органы по:

- а) ксилеме    б) флоэме    в) межклетникам    г) апопласту

5. Какие соединения являются основными запасными веществами сочных плодов и корнеплодов:

- а) глюкоза    б) сахароза    в) крахмал    г) белки    д) жиры

6. Органические вещества, образующиеся при диссимиляционных процессах в прорастающих семенах, называют:

- а) запасными    б) конституционными    в) метаболитами

7. Гидролиз жиров осуществляет фермент:

- а) мальтаза    б) амилаза    в) липаза    г) протеаза

8. Транспортной формой флоэмного транспорта органических веществ являются:

- а) белки
- б) аминокислоты
- в) сахароза
- г) крахмал
- д) амиды
- е) нуклеотиды

9. Как распределяются ассимиляты в старых (закончивших рост) листьях:

- а) транспортируются в другие органы
- б) используются на синтез конституционных веществ в листьях
- в) используются на дыхание
- г) запасаются в листьях

10. Какие обменные процессы обнаруживаются в прорастающих семенах:

- а) дыхание
- б) синтез конституционных веществ
- в) синтез запасных веществ
- г) первичная ассимиляция ЭМП
- д) диссимиляция запасных веществ

## РАЗДЕЛ 7. РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

### **Работа 20. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАБУХАНИЯ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ СЕМЯН**

Поступление воды в сухие семена обусловлено способностью коллоидных гидрофильных систем семян поглощать воду, при этом коллоиды увеличиваются в размерах (набухают). Особую роль в процессе набухания семян отводят белковым коллоидам.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** навеску сухих семян массой 5–15г заливают водой и оставляют на сутки, при этом семена поглощают воду. Набухшие семена взвешивают и рассчитывают показатели набухания семян:

1. Относительный прирост массы семян при набухании рассчитывают по формуле:

$$Пм = \frac{Мн * 100}{Мс}$$

где: Пм – относительный прирост массы семян при набухании, %  
Мс и Мн – масса соответственно сухих и набухших семян, г.

2. Удельный потенциал набухания семян рассчитывают по формуле:

$$Руд = \frac{Мн - Мс}{Мс}$$

где: Руд – удельный потенциал набухания, условных единиц  
Мс и Мн – масса соответственно сухих и набухших семян, г.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Объект исследования	Мс, г	Мн, г	Пм, %	Руд.

### ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

## **Работа 21. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АВТОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЕНАХ**

В процессе прорастания семян происходит активизация гидролитических процессов: при этом гидролитические ферменты расщепляют собственные запасные вещества семени (автолиз), продукты гидролиза этих веществ используются для питания развивающегося проростка. Автолитическая активность семян оценивается по количеству водорастворимых продуктов, образованных в семенах в процессе гидролиза запасных питательных веществ.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** 1 г измельченных семян, проращиваемых 1-5 суток, помещают в стакан с 10мл воды и выдерживают на водяной бане при температуре 57°С в течении 1 часа. В процессе инкубации происходит ферментативный распад запасных белков, крахмала и других полимерных веществ в водорастворимые продукты гидролиза, которые накапливаются в экстракте. Концентрация водорастворимых веществ в экстракте определяют рефрактометрически. Для этого 2-3 капли отфильтрованного экстракта помещают на призму рефрактометра и по шкале прибора считывают показатель преломления света экстрактом. Затем по номограмме находят процентное содержание водорастворимых веществ, соответствующее показателю величины преломления света экстрактом.

Расчет автолитической активности ведут по формуле:

$$X = a \cdot 10$$

где: X- автолитическая активность семян, в г водорастворимых веществ в пересчете на 100 г семян

a - процент водорастворимых веществ в экстракте, найденный по показателю преломления света (r), измеренного рефрактометром.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ**

Объект исследования	r	a, %	X, г/100г

### **ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

**Работа 22. ПЕРИОДИЧНОСТЬ РОСТА ПОБЕГОВ У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ**

Однолетний побег у древесных растений развивается из почки: весной почка распускается и дает начало побегу – стеблю с листьями и почками. Побег растет неравномерно: вначале наблюдается медленный рост, затем скорость роста увеличивается и достигает максимума, после чего начинает снижаться. Периодичность роста приводит к тому, что междоузлия, образующиеся по мере нарастания побега, имеют неодинаковую длину: их размеры увеличиваются от основания побега к середине и снова уменьшаются к верхушке. Об интенсивности роста стебля в тот или иной период роста можно судить по длине междоузлий, формируемых побегом к тому времени.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** берут однолетний побег, измеряют длину каждого междоузлия, начиная от основания побега. Далее измеряют длину стебля – от основания до очередного узла. Первые измерения используют для характеристики динамики прироста, а вторые – для характеристики динамики увеличения длины стебля в онтогенезе. По результатам измерения строят графики, характеризующие динамику определяемых показателей ростовой функции стебля в онтогенезе побега. При этом для графической характеристики динамики изменения показателей прироста стебля используют величины линейных размеров междоузлий, а для характеристики динамики линейных размеров стебля в онтогенезе побега – показатели длины стебля от его основания до каждого очередного узла.

Строят кривую роста междоузлий (динамика изменения длины междоузлий в онтогенезе побега) и побега в целом (динамика увеличения длины стебля в онтогенезе побега).

Используя построенные графики, определяют временные параметры максимальных показателей прироста стебля от его основания до каждого очередного узла.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

№ междоузлия (узла)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина междоузлия										
Длина стебля, см										

## ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

### Контрольные вопросы

1. В чем сущность периодичности роста растений?
2. Чем обусловлена периодичность роста?

### ***Работа 23. ЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ САХАРОВ НА ПРОТОПЛАЗМУ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР***

Повреждающее действие отрицательных температур на растительные ткани связано с обезвоживанием клеток, вода из которых оттягивается образующимися в межклетниках кристаллами льда. Устойчивость коллоидов протоплазмы может быть повышена сахарами, наличие которых повышает вододерживающую способность клеток и их стойкость к низким температурам.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** из корнеплода столовой свеклы высекают цилиндры, промывают их проточной водой. Берут 4 пробирки и помещают в них высежки. В первую и во вторую пробирки наливают по 5мл дистиллированной воды, в третью – 5мл 0,5м раствора сахарозы, в четвертую – 5мл 1м раствора сахарозы. Первую пробирку оставляют в качестве контроля, а остальные помещают на 20 минут в охлажденную смесь, состоящую из трех частей льда и

одной части поваренной соли (температура данной смеси снижается до  $-20^{\circ}\text{C}$ ). Через 20 минут пробирки переносят в стакан воды комнатной температуры для размораживания. При этом в зависимости от степени повреждения клеток жидкость в пробирках в большей или в меньшей степени будет окрашена клеточным соком. Для оценки степени проницаемости клеток, как показателя их повреждения низкими температурами, измеряют на фотоэлектроколориметре показатели оптической плотности жидкости в пробирках.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты опыта	Показатель оптической плотности	Проницаемость тканей в опытных вариантах, в % от контроля
Контроль ( $\text{H}_2\text{O}$ )		
( $\text{H}_2\text{O}$ )		
0,5 м сахарозы		
1 м сахарозы		

### ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

### Контрольные вопросы

1. Почему при замораживании проницаемость клеток свеклы увеличивается (сравните 1 и 2 варианты)?
2. Почему в вариантах, где свекла подвергалась замораживанию в растворе сахарозы, проницаемость увеличивалась в меньшей степени, чем в чистой воде (сравнить варианты 3 и 4 с вариантом 2)?

## **Работа 24. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖАРОСТОЙКОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ**

Метод основан на определении температуры коагуляции белков цитоплазмы, извлеченных из тканей. У жаростойких растений коагуляция белков происходит при более высоких температурах, чем у жарочувствительных.

**СУЩНОСТЬ МЕТОДА:** около 5г листьев растирают в ступке с 20 мл воды, суспензию центрифугируют в течении 10 минут (4 тыс. оборотов). Центрифугат делят на две пробирки: одну помещают на водяную баню при температуре 20°C, вторую оставляют для сравнения. Температуру водяной бани постепенно повышают. При каждом подъеме температуры на 5°C сравнивают состояние растворов белка в пробирках. С появлением помутнения в опытной пробирке (коагуляция белков) опыт заканчивают, отмечая температуру, при которой началась коагуляция белков.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ**

<b>Варианты</b>	<b>T °C коагуляции белков</b>	<b>Степень жароустойчивости тест - растений</b>

### **ЗАПИСИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

### **Контрольные вопросы**

1. В чем сущность повреждающего действия высоких температур на растения?
2. В чем сущность метода оценки жаростойкости растений, использованного при выполнении данной работы?

Задания в тестовой форме по разделу  
**Рост и развитие растений**

1. Какие органы растений характеризуются апикальным ростом:

- а) стебель   б) лист   в) корень   г) плод

2. График, характеризующий динамику линейных размеров органа на протяжении периода его роста, имеет вид:

- а) кривой с максимумом  
б) двухвершинной кривой  
в) S – образной кривой

3. Повышенная засухоустойчивость растений обеспечивается:

- а) развитием мощной корневой системы  
б) низкой водоудерживающей способностью тканей  
в) высоким осмотическим давлением клеточного сока в корнях  
г) высокой скоростью транспирации  
д) относительно высоким содержанием связанной воды

4. Повышенная жаростойкость растений обеспечивается:

- а) высокой скоростью транспирации  
б) высоким содержанием сахаров в клетке  
в) устойчивостью белков к тепловой коагуляции  
г) высокой водоудерживающей способностью листьев

5. На второй фазе закаливания растений к отрицательным температурам происходит:

- а) увеличение доли свободной воды в клетках  
б) увеличение содержания сахаров в тканях  
в) частичная потеря внутриклеточной воды  
г) усиление скорости обмена веществ в тканях

6. Физиологический возраст однолетнего побега увеличивается при передвижении:

- а) от нижнего яруса дерева к верхнему  
б) от центра к периферии кроны  
в) от периферии кроны к центру  
г) от верхнего яруса к нижнему

7. Замедляют генеративное развитие и старение растений (т.е. созревание урожая) следующие факторы:

- а) ограниченное минеральное питание  
б) ограниченная водообеспеченность  
в) удаление молодых побегов

- г) усиленное минеральное питание
- д) оптимальная водообеспеченность
- е) удаление стареющих побегов

8. Для прорастания семян обязательны следующие факторы:

- а) тепло
- б) свет
- в) вода
- г) кислород
- д) минеральное питание
- е) жизнеспособный зародыш

9. Период онтогенеза завершающий развитие растений и характеризующийся прогрессирующим снижением их жизненных функций, составляет:

- а) ювенильный этап
- б) эмбриональный этап
- в) этап старения
- г) этап зрелости
- д) этап размножения

10. Каким превращениям подвергаются запасные вещества в прорастающих семенах:

- а) синтез
- б) окисление
- в) гидролиз
- г) гидратация
- д) гидрирование.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Раздел 1. Биохимия и физиология растительной клетки.....</b>	<b>3</b>
Работа 1. Качественный анализ белков в семенах.....	3
Работа 2. Обнаружение запасных углеводов в продуктивных органах растений.....	4
Работа 3. Нарушение избирательной проницаемости клеток при воздействии повреждающих веществ.....	6
Работа 4. Диагностика функционального состояния клетки, подверженной воздействию теплового стресса.....	7
<b>Раздел 2. Водный обмен растений.....</b>	<b>9</b>
Работа 5. Определение содержания воды и сухого вещества в растительных объектах.....	9
Работа 6. Определение водоудерживающей способности растений.....	10
Работа 7. Определение величины водного дефицита в листьях.....	11
Работа 8. Определение интенсивности транспирации листьев.....	12
Работа 9. Задачи по водному режиму растений.....	13
<b>Раздел 3. Фотосинтез.....</b>	<b>15</b>
Работа 10. Количественное определение хлорофилла в листьях.....	15
Работа 11. Определение спектров поглощения пигментов листа.....	17
Работа 12. Определение величины чистой продуктивности фотосинтеза.....	18
<b>Раздел 4. Дыхание растений.....</b>	<b>21</b>
Работа 13. Определение активности фермента каталазы.....	21
Работа 14. Определение интенсивности дыхания прорастающих семян.....	23
<b>Раздел 5. Минеральное питание растений.....</b>	<b>25</b>
Работа 15. Определение некоторых зольных элементов в растениях.....	25
Работа 16. Определение удельной емкости обменного поглощения ионов корнями.....	26
Работа 17. Определение площади общей адсорбирующей поверхности корневой системы растений.....	28
<b>Раздел 6. Обмен и транспорт органических веществ в растениях.....</b>	<b>32</b>
Работа 18. Превращение веществ при прорастании семян.....	32
Работа 19. Обнаружение гидролитического фермента амилазы в прорастающих семенах.....	33
<b>Раздел 7. Рост и развитие растений.....</b>	<b>36</b>
Работа 20. Определение показателей набухания коллоидных систем семян.....	36
Работа 21. Определение автолитической активности в прорастающих семенах.....	37
Работа 22. Периодичность роста побегов у древесных растений.....	38
Работа 23. Защитное действие сахаров на протоплазму при воздействии отрицательных температур.....	40
Работа 24. Определение жаростойкости растительных тканей.....	41

Учебное издание

Наталья Витальевна Милехина

## **Физиология растений**

методические указания к лабораторно-практическим занятиям  
(с элементами дидактического материала)

по направлению подготовки уровень высшего образования – бакалавриат  
35.03.07 Технология производства и переработки с/х продукции,  
профиль Технология производства и переработки продукции растениеводства

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 28.03.2018 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,73. Тираж 25 экз. Изд. № 5641.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ