

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

**О. М. Храмченкова**

# **ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

## **Часть 2**

Практическое руководство  
для студентов специальности 1-31 01 01-02  
«Биология (научно-педагогическая деятельность)»

Гомель  
2017

УДК 581.1(076)  
ББК 28.57я73  
Х 898

**Рецензенты:**

кандидат сельскохозяйственных наук Т. В. Арастович  
Кандидат биологических наук Н.И. Тимохина

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

**Храмченкова О.М.**

Х 898 Практикум по физиологии растений: практическое руководство. Часть 2 / О. М. Храмченкова; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ, 2017 – 46 с.

В практическом пособии представлен перечень лабораторных работ по дисциплине «Физиология растений» – разделам «Дыхание растений», «Рост и развитие растений» и «Физиология фитостресса». Лабораторные занятия нацелены на приобретение навыков лабораторного изучения основных процессов жизнедеятельности растительного организма. Для закрепления учебного материала приводится перечень тестовых заданий по курсу, а также список рекомендуемой литературы.

Предназначено для преподавателей и студентов очной и заочной форм обучения специальности «Биология (научно-педагогическая деятельность)».

**УДК 581.1(076)**  
**ББК 28.57я73**

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

## Оглавление

Введение .....	4
Занятие 10. Общие закономерности дыхания растений.....	6
Занятие 11. Ферменты дыхания.....	10
Занятие 12. Рост и развитие растений.....	14
Занятие 13. Стресс и его регуляция у растений.....	18
Тестовые задания.....	23
Литература.....	43

## Введение

Курс «Физиология растений» относится к числу фундаментальных биологических дисциплин. Физиология растений – наука о жизнедеятельности растительного организма, которая изучает основные физиологические функции растительной клетки, тканей и органов; процессы взаимодействия растительных организмов с внешней средой, механизмы устойчивости растительных организмов.

Физиология растений является наукой, которая интегрирует данные молекулярной биологии и генетики, биохимии и биофизики, экологии растений и на их основе создает целостное представление о физиологических функциях растений, их организации и управлении. Физиология растений является теоретической основой растениеводства и ряда новых направлений биотехнологии.

Целью дисциплины является овладение студентами основами современных представлений о физиологических процессах, протекающих в клетках, в отдельных тканях, органах, а также в растительном организме в целом, механизмах регуляции этих процессов и закономерностях роста, развития растений и их взаимодействия с окружающей средой.

Задачами дисциплины являются:

- ознакомление с общими принципами организации и механизмами действия регуляторных систем в клетке и в целом организме, с экологическими проблемами физиологии растений; проблемами и достижениями в области физиологии растений;

- усвоение современных представлений о природе основных физиологических процессов зеленого растения – энергообмена, ассимиляции веществ, дыхания, роста, развития и размножения, механизмах их регуляции и молекулярных основах процессов, основных закономерностях взаимоотношений растительного организма с внешней средой;

- анализ роли физиологии растений в решении задач практического земледелия и биотехнологии;

- овладение методами теоретического и экспериментального исследования в физиологии растений;

- формирование умений и навыков работы с научной, учебной и популярной литературой.

*В результате изучения дисциплины студент должен:*

**знать:**

– основные понятия, закономерности функционирования метаболических систем, механизмы их регуляции в растительном организме;

– основные физиологические процессы растительной клетки: механизмы фотосинтеза, дыхание, водообмен, рост и развитие растений, устойчивость растений к неблагоприятным факторам;

– физико-химические подходы и методы изучения растительного организма на разных уровнях организации;

– историю и методологию физиологии растений, место в системе научных знаний, вклад выдающихся ученых в становление и развитие основных научных направлений;

– проблемы, достижения в области физиологии растений и перспективы их использования для повышения продуктивности растений.

**уметь:**

– использовать основные закономерности функционирования растительных организмов в качестве научной основы земледелия, растениеводства и биотехнологии;

– использовать методы теоретического и экспериментального исследований в физиологии растений;

– проводить поиск и систематизировать научную информацию по отдельным разделам физиологии растений.

**владеть:**

– основными приемами обработки экспериментальных данных;

– методами оценки показателей физиологических процессов на разных уровнях организации.

Дисциплина «Физиология растений» изучается студентами 2 курса специальности 1–31 01 01–02 «Биология (научно–педагогическая деятельность)». Общее количество часов для студентов очной формы обучения – 210 (5 зачетных единиц); аудиторных – 112, из них: лекции – 60, в том числе – УСП – 18, лабораторные занятия – 52. Форма отчетности – экзамен. Общее количество часов для студентов заочной формы обучения – 210 (5 зачетных единиц); аудиторных – 28, из них: лекции – 16, лабораторные занятия – 12. Форма отчетности – экзамен.

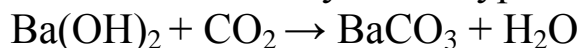
Практическое руководство подготовлено с использованием литературы, приведенной в качестве рекомендуемой.

## ЗАНЯТИЕ 10

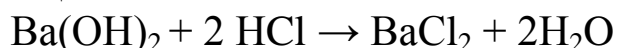
### ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЫХАНИЯ РАСТЕНИЙ

#### Лабораторная работа 10.1 Определение интенсивности дыхания в закрытом сосуде (по Бойсен-Иенсену)

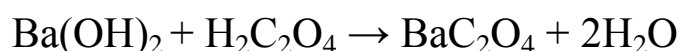
Метод заключается в учете количества  $\text{CO}_2$ , выделяемого семенами при дыхании. Процесс поглощения диоксида углерода баритом можно записать в виде следующего уравнения:



Избыток барита, не прореагировавшего с  $\text{CO}_2$ , оттитровывают раствором  $\text{HCl}$  или щавелевой кислоты:



или



*Цель работы:* доказать, что при дыхании растений выделяется  $\text{CO}_2$  и определить интенсивность дыхания у сухих и проросших семян разных растений.

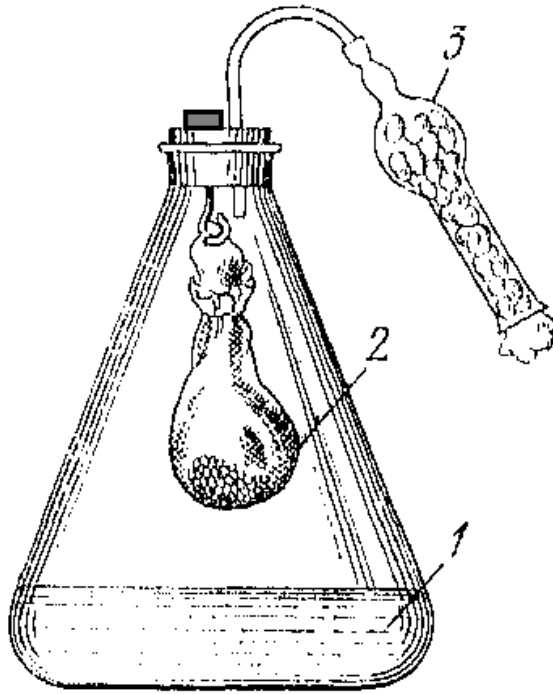
*Материалы и оборудование:* конические колбы на 250 мл, бюретка на 25 мл для титрования и на 100 мл для дозирования раствора  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , штативы для бюреток, мерная пипетка на 20 мл; резиновые пробки с небольшим отверстием, также закрытым пробкой; марля, нитки, ножницы; 0,02 н раствор  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , 0,02 н раствор  $\text{HCl}$  (готовят из стандарт-титра), 1% раствор фенофталеина; лабораторные электрические 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 (рисунок) наливают при помощи бюретки по 20 мл 0,02 н  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  (1) и закрывают колбы пробками. В опытную колбу, приоткрыв ее, быстро подвешивают на крючок пробки мешочек с семенами (2) или закрепляют нитку, которой завязан мешочек, пробкой. Другую колбу оставляют в качестве контроля. Выдерживают все колбы 40 мин при комнатной температуре (20 °C).



В течение опыта периодически осторожно покачивают колбы, чтобы разрушить пленку  $\text{BaCO}_3$ , образующуюся на поверхности барита и препятствующую полноте поглощения  $\text{CO}_2$ . Затем быстро вынимают из колбы мешочек с семенами, добавляют три капли фенолфталеина и оттитровывают избыток барита 0,02 н раствором  $\text{HCl}$  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  $\text{CO}_2$ , выделяемого 1 г семян естественной влажности за 1 ч) рассчитывают по формуле:

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

где  $a$  и  $b$  – количества 0,02 н соляной кислоты, израсходованной на титрование барита соответственно в контрольном и опытном вариантах, мл; 0,44 – количество  $\text{CO}_2$ , 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.

Интенсивность дыхания семян

Объект	Навеска семян $n$ , г	Объем барита, мл	Объем 0,02 н $\text{HCl}$ , пошедшей на титрование		$(a-b)$ , мл	Интенсивность дыхания мг $\text{CO}_2$ , выделяемого 1 г семян естественной влажности за 1 ч
			контроль $a$ , мл	опыт $b$ , мл		

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

### Лабораторная работа 10.2 Определение активности каталазы в растительных объектах

В процессе дыхания в качестве побочного продукта окисления веществ образуется пероксид водорода, оказывающий в высоких концентрациях токсичное действие на цитоплазму. Нейтрализация пероксида водорода при участии фермента каталазы идет до воды и молекулярного кислорода по уравнению:  $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{каталаза}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ . Об активности каталазы судят по объему кислорода, выделяющегося в результате разложения пероксида водорода.

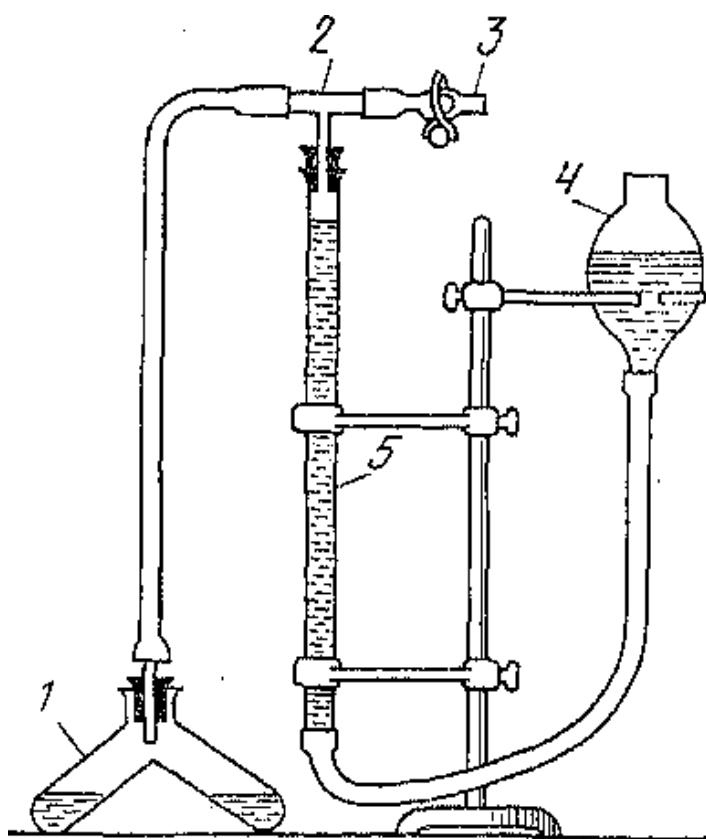
*Цель работы:* освоить методику определения активности каталазы в растительных тканях и определить активность каталазы в листьях комнатных растений.

*Материалы и оборудование:* промытый речной песок, порошок мела, 3 % раствор перекиси водорода; фарфоровая ступка с пестиком, пипетки на 5 мл, мерные цилиндры на 25 мл, прибор для определения активности каталазы, весы.

*Растения:* листья пеларгонии и гибискуса.

*Ход работы:*

Перед началом работы следует ознакомиться с прибором для определения каталазной активности. Для определения объема кислорода, выделяющегося при разложении пероксида водорода, пользуются прибором (рисунок), который состоит из каталазника 1, бюретки на 50 мл 5 и стеклянной грушевидной воронки 4, соединенных трубками и стеклянным тройником 2. Трубка на свободном конце тройника снабжена зажимом 3. Бюретка и грушевидная воронка закреплены в





штативе. Их заполняют дистиллированной водой до половины объема.

Навеску листьев 0,5 г растирают в фарфоровой ступке с кварцевым песком, добавляют 0,5 г мела для создания щелочной реакции (рН 7,7 оптимальна для работы каталазы). Во время растирания вливают небольшими порциями 20 мл воды, смесь вносят в одно колено каталазника.

Если каталазник меньшего объема, то объем добавляемой воды следует уменьшить до 10 или 5 мл. В другое колено помещают 5 мл 3 % раствора перекиси водорода. Каталазник закрывают пробкой с трубкой, не допуская смешивания жидкостей.

При открытом зажиме, то есть при атмосферном давлении, поднимая или опуская грушу, устанавливают в бюретке уровень жидкости на нулевом делении. Закрывают зажим и быстрым изменением положения каталазника смешивают жидкость в обоих коленах. Затем, все время встряхивая каталазник, по снижению уровня воды в бюретке отмечают объем кислорода (в мл), выделенного в течение 3 минут. Зажим закрыть, суспензию растительной ткани в реакторе смешать с

С этого момента начинают отсчет времени. Начнется выделение кислорода, который поступит в бюретку, и жидкость в ней опустится. Для равномерного выделения кислорода смесь в реакторе постоянно переливают из одного колена в другое. Реакция должна происходить при атмосферном давлении, для создания которого жидкости в бюретке и груше поддерживают на одном уровне.

Определяют активность каталазы отдельно в листьях испытуемых растений. Результаты определения активности фермента записывают в таблицу.

Определение активности каталазы

Растительный объект	Навеска, г	Выделилось O <sub>2</sub> за 3 мин, мл	Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> на 1 г сырого материала за 1 мин
Пеларгония			
Гибискус			

*Задание:* описать ход работы. Заполнить таблицу, сделать вывод об активности каталазы в листьях испытуемых растений

## ЗАНЯТИЕ 11

### ФЕРМЕНТЫ ДЫХАНИЯ

#### **Лабораторная работа 11.1 Обнаружение дегидрогеназ в семенах фасоли**

Дегидрогеназы – это ферменты, активирующие и отщепляющие водород от окисляемого субстрата. Обнаружение дегидрогеназ основано на их способности передавать водород какому-нибудь акцептору, который, восстанавливаясь, меняет свою окраску. В качестве акцептора водорода может быть взята метиленовая синь, переходящая в восстановленном состоянии в бесцветную лейкоформу.

*Цель работы:* обнаружить присутствие дегидрогеназ в живых семенах фасоли.

*Материалы и оборудование:* 1 % раствор метиленовой сини, электроплитка, нагретая до 25 – 30 °С водяная баня, пробирки – по 2 на стол, резиновые пробки для пробирок, химические стаканы.

*Растения:* набухшие суточные семена фасоли.

*Ход работы:*

С набухших семян фасоли снимают кожуру. Часть семян убивают кипячением в течение 10 минут (в химическом стакане на электроплитке). Затем по 3 шт. живых (опытных) и убитых (контрольных) семян помещают в две пронумерованные пробирки, заливают 1 % раствором метиленовой сини, выдерживают 10 минут. Через 10 минут раствор метиленовой сини из пробирок сливают, семена промывают водопроводной водой. После промывания все семена должны иметь темно-синюю окраску. Окрашенные семена в пробирках заливают водой, пробирки закрывают пробками и ставят на водяную баню с температурой 25 – 30 °С.

Через 1,5–2 часа можно заметить, что непрокипяченные семена теряют синюю окраску. Это происходит потому, что дегидрогеназы, участвующие в дыхании клеток, активировали и сняли водород с дыхательного материала, а затем передали его на метиленовую синь, которая восстановилась и обесцветилась. Если с обесцвеченных семян слить воду, то на воздухе они снова синеют, так как лейкоформа метиленовой сини окисляется. Семена в контрольной пробирке остаются синими, поскольку при кипячении дегидрогеназы разрушились.

*Задание:* описать схему опыта, зарисовать живые и мертвые семена, сделать вывод о работе дегидразы семян исследуемой культуры.

## **Лабораторная работа 11.2 Обнаружение пероксидазы в соке клубня картофеля**

Пероксидаза играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в растительном организме при дыхании и брожении, т.е. она является дыхательным ферментом. Она способна окислять органические соединения лишь с помощью каких-либо органических перекисей. В растениях перекись водорода образуется под действием оксидаз (полифенолоксидаза, монофенолоксидаза). Пероксидаза вместе с перекисью водорода образует комплексные соединения, в результате чего перекись активируется и приобретает способность действовать как акцептор водорода. Она может окислять полифенолы и некоторые органические амины. Например, под действием пероксидазы и перекиси водорода гидрохинон переходит в интенсивно буро окрашенный хинон.

*Цель работы:* обнаружить присутствие пероксидазы в соке клубней картофеля.

*Материалы и оборудование:* 1 % раствор гидрохинона, 3 % раствор перекиси водорода, вода. Пробирки – 5 шт. на стол, скальпель, пипетки, пластиковые тарелки, терка (желательно-пластиковая), марля.

*Растения:* клубни картофеля.

*Ход работы:*

На терке натирают очищенный клубень картофеля. Из мезги через марлю отжимают сок и собирают в коническую колбу на 50 мл.

В штативе нумеруют пять пробирок. В первую приливают 1 мл картофельного сока, 5 мл 1 % раствора гидрохинона и 1 мл 3 % раствора перекиси водорода. Во вторую – 5 мл 1 % раствора гидрохинона и 1 мл 3 % раствора перекиси водорода. В третью – 1 мл картофельного сока и 5 мл 1 % раствора гидрохинона. В четвертую – 1 мл предварительно прокипяченного в течение 1 мин картофельного сока и 1 мл перекиси водорода. В пятую – 1 мл картофельного сока.

Наблюдают изменение цвета жидкостей в пробирках. Результаты записывают в таблицу.

## Обнаружение пероксидазы в соке картофеля

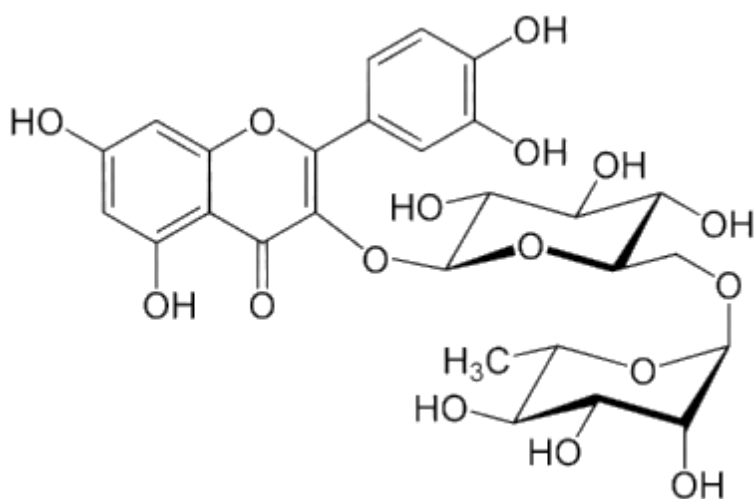
Вариант	Состав смеси в пробирке			Окраска раствора в пробирке
	картофельный сок	перекись водорода	гидрохинон	
1	+	+	+	
2	–	+	+	
3	+	–	+	
4	+	+	–	
5	+	–	–	

При окислении гидрохинона в хинон раствор бурет. Наблюдается некоторое побурение самого картофельного сока без добавления гидрохинона и пероксида водорода, что связано с действием полифенолоксидазы, окисляющей полифенолы тканей картофеля с участием молекулярного кислорода.

*Задание:* записать схему опыта, в таблицу внести результаты. Сделать вывод о проявлении активности пероксидазы в соке клубня картофеля

### Лабораторная работа 11.3 Определение содержания рутина в листьях чайного куста<sup>1</sup>

В растениях имеется группа природных соединений, принадлежащих к флавоновым пигментам (биофлавоноидам) и имеющих полифенольный тип строения. А.В. Палладиным было установлено, что в процессе дыхания растений участвуют в качестве промежуточных звеньев вещества циклического строения, способные окисляться и



восстанавливаться, являясь, таким образом, переносчиками водорода от субстрата к кислороду с образованием воды, меняя при этом свою окраску. Эти вещества А.В. Паллади назвал «дыхательные хромогены». По своему химическому строению дыхательные хромогены являются производными

<sup>1</sup> Можно предложить студентам принести разные сорта черного и зеленого чая (чайную ложку).

фенолов и были объединены под общим названием «полифенолы». К их числу относится рутин (витамин Р) - кристаллическое вещество желто-оранжевой окраски. Особенно много веществ с Р-витаминным действием в листьях чая, листьях и цветах гречихи, плодах шиповника, в коре лимона, в незрелых плодах грецкого ореха (мякоти) и др. Количественное определение рутина основано на его способности окисляться перманганатом. В качестве индикатора применяется индигокармин, который вступает в реакцию с перманганатом после того, как окислится весь рутин.

*Цель работы:* обнаружить присутствие рутина в листьях чайного куста.

*Материалы и оборудование:* колба коническая на 100 мл; 0,05 н раствор перманганата калия; индикатор индигокармин (0,25 % раствор в 50 % этаноле); коническая колба на 50 мл; пипетка на 10 мл; бюретка.

*Растения:* чай крупнолистной.

*Ход работы:*

К 100 мг листьев чая приливают 50 мл горячей дистиллированной воды и проводят экстракцию в течение 5 мин. Отбирают 10 мл экстракта чая и переносят в коническую колбу, добавляют 10 мл дистиллированной воды и 10 капель индигокармина. Пробу титруют 0,05 н раствором перманганата калия до появления устойчивой желтой окраски.

Процентное содержание рутина рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{3,2 \cdot A \cdot V_1 \cdot 100}{V_2 \cdot m \cdot 1000},$$

где:  $X$  – содержание витамина Р, мг%;  $A$  – количество 0,05н раствора перманганата калия, пошедшее на титрование, мл;  $m$  – количество сухого чая, взятого для анализа, г;  $V_1$  – объем вытяжки, взятой для титрования, мл;  $V_2$  – объем воды, добавленной к сухому чаю для экстракции, мл; 100 – коэффициент для вычисления процентного содержания; 1000 – коэффициент для перевода в мг.

*Задание:* записать схему опыта, вычислить среднее (по результатам всей подгруппы) содержание рутина в листьях чайного куста<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Если имеются разные сорта чая, то можно сравнивать их между собой.

## ЗАНЯТИЕ 12

### РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

#### **Лабораторная работа 12.1 Диагностика глубины покоя растений по химическим показателям (по П. А. Генкелю и Е.З. 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),  $\alpha$ -нафтол (2%-ный раствор в спирте), 70%-ный 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 са-

хара 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.

### **Лабораторная работа 12.2 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		Дкб черешчатый	
	длина междоузлия	длина побега	длина междоузлия	длина побега	длина междоузлия	длина побега
1						
2 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.

### **Лабораторная работа 12.3 Обнаружение белков, крахмала и жиров в тканях растений**

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

#### ***12.3.1 Экспресс-метод обнаружения белка в семенах разных видов растений.***

*Материалы и оборудование:* 30%-ный раствор NaOH; 5%-ный раствор CuSO<sub>4</sub>; стаканчики с водой; ступки и пестики; пипетки на 10 мл; пробирки.

*Растения (на 1 рабочий стол):* семена арахиса<sup>3</sup>, фасоли (или гороха), овса (или другой зерновой культуры).

*Ход работы:*

Около 0,5 г семян растереть в ступке с 2 мл 30%-ного раствора NaOH, прилить 2 мл 5%-ного CuSO<sub>4</sub> 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.

#### ***12.3.2 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.

---

<sup>3</sup> Можно предложить студентам принести для анализа любимые ими орехи и/или семечки – обязательно не жаренные.



*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 заболонной<sup>4</sup> 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.

### ***12.3.3 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)

*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.

---

<sup>4</sup> Заболонь, или подкорье – наружные молодые, физиологически активные слои древесины стволов, ветвей и корней, примыкающие к образовательной ткани – камбию. Часть клеток заболони содержит запасные вещества.

## ЗАНЯТИЕ 13

### СТРЕСС И ЕГО РЕГУЛЯЦИЯ У РАСТЕНИЙ

#### **Лабораторная работа 13.1 Действие криопротекторов на жизнеспособность клеток растительных тканей при замораживании**

При воздействии отрицательных температур на растительные ткани в межклетниках образуется лед, который, оттягивая воду из клеток, обезвоживает протоплазму. Кристаллы льда, образующиеся непосредственно в клетках, оказывают механическое воздействие, в результате чего нарушается внутренняя структура протоплазмы, резко повышается ее проницаемость, а при длительной экспозиции на морозе наступает отмирание. Скорость отмирания протоплазмы клеток зависит как от температуры и времени экспозиции, так и от вододерживающей способности самой клетки. Увеличение количества растворимых сахаров в зимующих органах растений повышает вододерживающую способность тканей.

*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 %-ный раствор глицерина, 2М растворы сахарозы, пипетки на 5-10 мл.

*Растения:* корнеплоды свеклы.

*Ход работы:*

**Вариантами опыта являются результаты, полученные каждой парой студентов.** 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 %-ного раствора глицерина;
- 5) 12%-ного раствора глицерина и 2М раствора сахарозы в соотношении 1:1 (по 2,5 мл);
- 6) 12%-ного раствора глицерина и 1М раствора сахарозы в соотношении 1:1 (по 2,5 мл);
- 7) 12 %-ного 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  $-21^{\circ}\text{C}$ ). Пробирки выдерживают в ней до полного заморзания содержимого.

После этого пробирки переносят в водяную баню с температурой  $25-30^{\circ}\text{C}$  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.

### **Лабораторная работа 13.2 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:*

**Вариантами опыта являются результаты, полученные каждой парой студентов.** 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 0,2 М раствором HCl, в котором листья приобретают бурую окраску (если у растений клеточный сок кислый, то листья бурют 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.

### **Лабораторная работа 13.3 Выявление степени солеустойчивости растений по солевым некрозам**

В зависимости от типа анионов выделяют хлоридный, сульфатный, хлоридно-сульфатный и карбонатный типы засоления почв. Плохой рост гликофитов на засоленных почвах обусловлен совместным действием на растения ряда факторов: физиологической засухи

(ввиду высокого осмотического давления почвенного раствора), неблагоприятного ионного состава почвенного раствора, щелочной реакции 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.

*Цель работы:* сравнительная оценка солеустойчивости растений по солевым некрозам листьев.

*Материалы и оборудование:* 5 % растворы солей NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, дистиллированная вода, стаканы химические на 600 мл – по 4 шт. на один рабочий стол, миллиметровая бумага.

*Растения:* листья традесканции, пеларгонии и гибискуса.

*Ход работы:*

**Вариантами опыта являются результаты, полученные каждой парой студентов.** В химические стаканы наливают по 200 мл 5 % растворов NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, а также дистиллированной воды. Срезают по одному листу растений изучаемых видов, на миллиметровой бумаге выводят их абрис для последующего определения площади листовой пластинки. Листья изучаемых растений погружают в воду (контрольный вариант) и растворы NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Через 15, 30 и 45 минут 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	Вариант опыта	Контроль, H <sub>2</sub> O	Применяемые соли		
			NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
через 15 мин					
Традесканция	1				
	2				
	3 и т.д.				
Пеларгония	1				
	2				
	3 и т.д.				
Гибискус	1				
	2				
	3 и т.д.				
через 30 мин					
Традесканция	1				
	2				
	3 и т.д.				
Пеларгония	1				
	2				
	3 и т.д.				
Гибискус	1				
	2				
	3 и т.д.				
через 45 мин					
Традесканция	1				
	2				
	3 и т.д.				
Пеларгония	1				
	2				
	3 и т.д.				
Гибискус	1				
	2				
	3 и т.д.				

*Задание:* описать ход работы. Сделать выводы о солеустойчивости изучавшихся видов растений и фитотоксичности применявшихся солей.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1 Сухое вещество цитоплазмы в основном состоит из:

а) целлюлозы; б) антоцианов; в) нуклеиновых кислот; г) белков, липидов, углеводов.

2 Основные функции клеточных мембран обеспечивают:

а) гликолипиды и воска; б) фосфолипиды и белки; в) углеводы и жирные кислоты; г) белки и нуклеиновые кислоты.

3 ДНК в растительных клетках находится:

а) в ядре; б) в ядре, хлоропластах и митохондриях; в) в митохондриях; г) в ядре и пластидах.

4 К одномембранным органоидам клетки относятся:

а) клеточный центр, комплекс Гольджи; б) эндоплазматический ретикулум, митохондрии; в) эндоплазматический ретикулум, лизосомы, комплекс Гольджи; г) пластиды, комплекс Гольджи, рибосомы.

5 Немембранными структурами клетки являются:

а) пероксисомы; б) структуры цитоскелета; в) хлоропласты; г) вакуоли.

6 Каковы функции пероксисом?

а)  $\beta$ -окисление жирных кислот, фотодыхание; б) окисление гликолевой кислоты, гидролиз белков; в) содержат ферменты пентозофосфатного цикла; г) фотодыхание, гидролиз белков.

7 Какую роль в клетке выполняет гладкий эндоплазматический ретикулум?

а) являются центром энергетической активности клеток; б) участвует в детоксикации вредных веществ и синтезе ряда веществ; в) участвует в фотодыхании; г) выполняет роль фоторецептора.

8 Как называются мембрана рибосомы?

а) тонопласт; б) плазмалемма; в) сопрягающая мембрана; г) мембрана отсутствует.

9 Ядрышко:

а) состоит из микротрубочек; б) обеспечивает синтез углеводов; в) обеспечивает синтез ядерных белков; г) двумембранный органоид.

10 Какую роль в клетке выполняет шероховатый эндоплазматический ретикулум?

а) биосинтез белков; б) криптохромная регуляция морфогенеза; в) обеспечение состояния тургора; г) синтез АТФ.

11 У каких органелл внутренняя мембрана образует кристы?

а) у хлоропластов; б) у пероксисом; в) у митохондрий; г) у структур аппарата Гольджи.

12 Какие клетки имеют единую вакуоль?

а) молодые; б) взрослые; в) мертвые; г) эпидермальные.

13 Как называются белки микротрубочек и микрофиламентов?

а) кератин и фибрин; б) тубулин и актин; в) актин и миозин; г) белки теплового шока.

14 Почему митохондрии называют энергетическими станциями клетки?

а) осуществляют синтез АТФ; б) осуществляют синтез белка; в) расщепляют АТФ; г) осуществляют синтез углеводов.

15 Инкрустирующими компонентами клеточной стенки являются:

а) целлюлоза и гемицеллюлоза; б) кутин и воска; в) лигнин и суберин; г) хитин и пектин.

16 Клеточная стенка обеспечивает:

а) избирательный транспорт веществ; б) деление клетки; в) защиту содержимого клетки; г) передвижение клетки.

17 Для получения энергии живые клетки используют процессы:

а) роста, развития и морфогенеза; б) фотосинтеза, гликолиза и дыхания; в) минерального питания, осмоса и диффузии; г) водного обмена, синтеза белка и фотодыхания.



- 18 Активный транспорт – это поступление веществ:
- а) по градиенту концентрации без затраты АТФ; б) против градиента концентрации без затраты АТФ; в) против градиента концентрации с затратой АТФ; г) по градиенту концентрации с затратой АТФ;
- 19 Движение воды в клетку осуществляется по градиенту:
- а) химического потенциала; б) водного потенциала; в) гидростатического потенциала; г) осмотического потенциала.
- 20 Движение воды от клеток ризодермы к сосудам ксилемы, проходящее по цитоплазме и плазмодесмам называется:
- а) апопластный путь; б) симпластный путь; в) трансмембранный путь; г) комбинированный путь.
- 21 Сосущая сила клетки  $S = P - T$ . Какое значение будет иметь  $S$  при насыщении клетки водой?
- а)  $S = P$ ; б)  $S = 0$ ; в)  $S > 0$ ; г)  $S = T$ .
- 22 Корень, как орган поглощения воды, обладает свойством:
- а) отрицательного гидротропизма; б) положительного фототропизма; в) положительного гидротропизма; г) отрицательного хемотропизма.
- 23 Плазмолиз это:
- а) отставание тонопласта от цитоплазмы; б) отставание цитоплазмы от плазмалеммы; в) отставание протоплазмы от клеточной стенки; г) явление, обратное тургору.
- 24 Основной поглощающей зоной корня является зона:
- а) корневого чехлика; б) деления; в) растяжения; г) корневых волосков.
- 25 Тургор – это:
- а) явление, приводящее к сжатию цитоплазмы и изгибанию клеточной оболочки;
  - б) явление, приводящее к отставанию цитоплазмы от клеточной оболочки;
  - в) явление, приводящее к потере воды цитоплазмой;
  - г) напряженное состояние клетки, связанное с ее насыщением водой.

26 Гуттация – это выделение растениями:

- а) капельно-жидкой воды; б) парообразной воды; в) олигосахаридов; г) аквапоринов.

27 Что является нижним концевым двигателем водного тока у растений?

- а) транспирация; б) гуттация; в) корневое давление; г) адгезия.

28 Какие процессы включает в себя водный обмен растения?

- а) поглощение и расходование воды;
- б) поглощение и перемещение воды по растению;
- в) перемещение воды по растению и ее расходование;
- г) поглощение воды, перемещение ее по растению и расходование.

29 Клетки, изменяющие и определяющие ширину устьичной щели, называются:

- а) клетки обкладки; б) статические; в) замыкающие; г) пограничные.

30 Какой тип движения устьиц относится к гидропассивным?

- а) движение, обусловленное содержанием воды в самих замыкающих клетках;
- б) открытие и закрытие устьиц, в зависимости от смены света и темноты;
- в) закрывание устьиц в результате механического давления соседних эпидермальных клеток, заполненных водой;
- г) открытие и закрытие устьиц, за счет изменения концентрации в замыкающих клетках устьиц.

31 Одной из функций транспирации является:

- а) выведение  $\text{CO}_2$ ; б) обеспечение гуттации; в) терморегуляция; г) выведение мочевины.

32 Если у растений транспирация превышает поступление воды, то наблюдается:

- а) ксероморфность; б) завядание; в) гуттация; г) засухоустойчивость.

33 Количество испаренной воды (в граммах) за 1ч на единицу площади ( $\text{дм}^2$ ) или на 1 г сухой массы называется:

- а) скорость транспирации; б) транспирационный коэффициент;
- в) интенсивность транспирации; г) продуктивность транспирации.

34 Критическим показателем для начала полива посевов является:

- а) отсутствие осадков; б) поливная норма; в) вид возделываемой культуры; г) подвядание растений, не исчезающее утром.

35 Какой из предложенных факторов ослабляет интенсивность транспирации?

- а) высокий уровень оводненности ткани; б) высокая влажность воздуха; в) высокая температура; г) сильный ветер.

36 Количество граммов сухих веществ, образуемых растением при расходовании каждых 1000 г воды называется:

- а) транспирационный коэффициент; б) скорость транспирации; в) интенсивность транспирации; г) продуктивность транспирации.

37 Укажите ряд элементов, включающий только макроэлементы:

- а) N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl, Na, Si, Co; б) C, H, O, N; в) C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg, Na, Cl; г) C, H, O, N, P, S, K, Cu, Zn, Ba, Ti, Li.

38 Критерием необходимости элемента минерального питания для жизни растения являются то, что при его дефиците наблюдается:

- а) нарушение функций; б) усиление транспирации; в) усиление роста; г) его выделение в корнеобитаемую среду.

39 Химические элементы, входящие в состав золы, остающейся после сжигания растительных тканей, называются:

- а) микроэлементами; б) биогенными; в) незаменимыми; г) зольными.

40 Элементы, присутствующие в тканях в концентрации до 0,01%, называют:

- а) микроэлементами; б) макроэлементами; в) органогенами; г) зольными.

41 Биологическое окисление  $\text{NH}_3(\text{NH}_4^+)$  до  $\text{NO}_3^-$  – это:  
а) нитрогенизация; б) нитрификация; в) денитрификация; г) аммонификация.

42 Восстановление нитрата до нитрита катализируется ферментом:  
а) оксидоредуктазой; б) нитритредуктазой; в) нитрогеназой; г) нитратредуктазой.

43 Фермент глутаматдегидрогеназа катализирует:  
а) восстановление нитритов до аммиака; б) восстановление нитратов до аммиака; в) окисление аммония до нитрита; г) аминирование  $\alpha$ -кетоглутарата.

44 Растения поглощают азот из почвы в виде:  
а)  $\text{NH}_4^+$ ; б)  $\text{NO}_3^-$ ; в) а + б; г)  $\text{CN}^-$ .

45 При недостатке фосфора у растений:  
а) окраска листьев темно-зеленая с голубым оттенком;  
б) окраска листьев от бледно-зеленой до желто-зеленой;  
в) «мраморность» листьев;  
г) центр листа остается зеленым, а край желтеет, буреет и засыхает («краевые ожоги», покраснение тыльной стороны листа).

46 Соль, у которой быстрее поглощается анион, называется физиологически:  
а) уравновешенной б) кислой; в) щелочной; г) нейтральной.

47 Биологическое восстановление  $\text{NO}_3^-$  до  $\text{NH}_3(\text{NH}_4^+)$  – это:  
а) нитрогенизация; б) нитрификация; в) денитрификация; г) аммонификация.

48 Признак азотного голодания растений:  
а) окраска листьев темно-зеленая с голубым оттенком;  
б) окраска листьев от бледно-зеленой до желто-зеленой;  
в) «мраморность» листьев;  
г) центр листа остается зеленым, а край желтеет, буреет и засыхает («краевые ожоги»).

49 Физиологическая роль фосфора в жизни растений:

- а) обязательный элемент хлорофилла;
- б) способствует продвижению углеводов из листовых пластинок в другие органы растения;
- в) входит в состав ядерных белков, нуклеиновых кислот, АТФ;
- г) составная часть всех аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла и ряда других органических соединений.

50 Физиологическая роль магния в жизни растений:

- а) обязательный элемент хлорофилла;
- б) способствует продвижению углеводов из листовых пластинок в другие органы растения;
- в) входит в состав ядерных белков, нуклеиновых кислот, липидов, фитина;
- г) составная часть всех аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла.

51 При дефиците калия наблюдается:

- а) сине-зеленая окраска листьев с бронзовым оттенком;
- б) уменьшается ветвление корней, листья бледно-зеленой окраски;
- в) побледнение и пожелтение листьев;
- г) пожелтение листьев снизу вверх – от старых к молодым, а также листья желтеют с краев.

52 Физиологическая роль серы в жизни растений:

- а) обязательный элемент хлорофилла; б) входит в состав коэнзима А и витаминов; в) входит в состав ядерных белков; г) незаменимая составная часть всех аминокислот.

53 При дефиците марганца у растений наблюдается:

- а) задержка роста, потеря тургора; б) сине-зеленая окраска листьев с бронзовым оттенком; в) точечный хлороз листьев; г) быстрое опадение листьев.

54 При дефиците серы наблюдается:

- а) сине-зеленая окраска листьев с бронзовым оттенком;
- б) прекращается образование боковых корней и корневых волосков, замедляется рост корней;

- в) побледнение и пожелтение молодых листьев;
- г) пожелтение листьев снизу вверх – от старых к молодым, а также листья желтеют с краев.

55 Физиологическая роль меди в жизни растений:

- а) обязательный элемент хлорофилла;
- б) способствует продвижению углеводов из листовых пластинок в другие органы растения;
- в) входит в состав пластоцианина, осуществляющего перенос электронов между фотосистемами;
- г) составная часть всех аминокислот, белков, нуклеиновых кислот и хлорофилла.

56 При дефиците цинка у растений наблюдается:

- а) задержка роста, потеря тургора;
- б) задержка роста междоузлий и листьев, появление хлороза и развитие розеточности;
- в) точечный хлороз листьев;
- г) быстрое опадение листьев.

57 Физиологическая роль молибдена в жизни растений:

- а) обязательный элемент хлорофилла;
- б) катализирует начальные этапы фотосинтеза;
- в) принимает участие в восстановлении нитратов, компонент активного центра нитрогеназы;
- г) необходим для роста клеток как кофактор РНК-полимеразы.

58 Физиологическая роль калия в жизни растений:

- а) обязательный элемент хлорофилла;
- б) способствует продвижению углеводов из листовых пластинок в другие органы растения;
- в) входит в состав ядерных белков, нуклеиновых кислот, липидов, фитина;
- г) составная часть всех аминокислот, белков, нуклеиновых кислот и хлорофилла.

59 При дефиците кальция наблюдается:

- а) сине-зеленая окраска листьев с бронзовым оттенком;
- б) прекращается образование боковых корней и корневых волосков, замедляется рост корней;
- в) побледнение и пожелтение листьев;

г) пожелтение листьев снизу вверх – от старых к молодым, а также листья желтеют с краев.

60 Физиологическая роль бора в жизни растений:

а) обязательный элемент хлорофилла; б) входит в состав ядерных белков; в) усиливает рост пыльцевых трубок, увеличивает количество цветков, плодов; г) составная часть всех аминокислот, белков, нуклеиновых кислот и хлорофилла.

61 Радиальный транспорт ионов в корне завершается:

а) загрузкой минеральных веществ в проводящие пучки листьев;  
б) загрузкой минеральных веществ в сосуды ксилемы;  
в) разгрузкой минеральных веществ и их органических производных в паренхимные клетки;  
г) разгрузкой минеральных веществ и их органических производных в ситовидные трубки флоэмы.

62 Какие элементы практически не реутилизируются растением?

а) азот и фосфор; б) магний и сера; в) кальций и бор; г) калий и железо.

63 К растениям с уклоняющимся типом питания относят:

а) эфемероиды; б) насекомоядные; в) лианы; г) кустарники.

64 Укажите происхождение кислорода, образующегося при фотосинтезе:

а) продукт фоторазложения углекислого газа; б) продукт фоторазложения воды; в) продукт фоторазложения пероксида водорода; г) продукт окисления первичных углеводов.

65 Индексом листовой поверхности называют:

а) суммарную площадь листьев растения; б) площадь листьев ( $m^2$ ), приходящуюся на  $1 m^2$  почвы; в) количество хлорофилла на  $1 m^2$  листьев; г) количество света, поглощаемого  $1 m^2$  листьев.

66 Фотосистемой называется:

а) совокупность фотосинтетической единицы и ферментов, обеспечивающих транспорт электронов; б) фоторецепторная мембрана, содер-

жающая зрительные пигменты; в) совокупность всех светочувствительных пигментов клетки растений; г) правильного ответа нет.

67 Какая особенность молекул каротиноидов и хлорофиллов является для них общей, как для пигментов, и обеспечивает их способность поглощать кванты света?

а) наличие металлоорганических связей; б) наличие пирольных колец; в) большое количество двойных сопряженных связей в молекуле; г) наличие метильных групп в молекуле.

68 Из синглетного и триплетного состояний молекула пигмента может переходить в основное с переносом энергии на другую молекулу по механизму:

а) когнитивного диссонанса; б) индуктивного резонанса; в) обменной адсорбции; г) диффузии.

69 Какая часть молекулы хлорофилла обуславливает ее липофильные свойства?

а) порфириновое ядро; б) атом магния; в) остаток фитола; г) остаток метанола.

70 Процент поглощенной световой энергии и запасенной в форме энергии химических связей при превращении диоксида углерода в углеводы называется:

а) коэффициент полезного действия фотосинтеза; б) продуктивность фотосинтеза; в) интенсивность фотосинтеза; г) транспирационный коэффициент.

71 Реакционным центром фотосистемы I является:

а) мономерная форма хлорофилла  $a_{695}$ ; б) железо-серные белки; в) димер хлорофилла  $a$  с максимумом поглощения 700 нм; г) димер хлорофилла  $a$  с максимумом поглощения 680 нм.

72 Укажите схему, которая соответствует нециклическому транспорту электронов в ЭТЦ фотосинтеза:

а)  $P_{700} \rightarrow P^*_{700} \rightarrow A_0 \rightarrow A_1 \rightarrow F_x \rightarrow F_A/F_B \rightarrow \Phi D \rightarrow \Phi NP \rightarrow НАДФ^+$  ;  
б)  $P_{700} \rightarrow P^*_{700} \rightarrow A_0 \rightarrow A_1 \rightarrow F_x \rightarrow F_A/F_B$  ;



в)  $P_{680} \rightarrow P_{680}^* \rightarrow \Phi\phi \rightarrow PQ \rightarrow Fe_2S_2 \rightarrow \text{Цит } b_6 \rightarrow \text{Цит } f \rightarrow \text{Пц} \rightarrow P_{700} \rightarrow P_{700}^* \rightarrow A_1 \rightarrow \Phi Д \rightarrow \text{НАДФ}^+$  ;  
г)  $P_{700} \rightarrow P_{700}^* \rightarrow A_1 \rightarrow \Phi Д \rightarrow PQ \rightarrow Fe_2S_2 \rightarrow \text{Цит } b_6 \rightarrow \text{Цит } f \rightarrow \text{Пц} \rightarrow P_{700}$ .

73 Какие продукты фотохимической фазы фотосинтеза используются в биохимической фазе:

а) АТФ и  $O_2$ ; б) АТФ и НАДФН; в) НАДФН и  $O_2$ ; г) АДФ и Фн.

74 При фотосинтезе через фермент АТФ-азу проходит ион, придающий этому ферменту способность синтезировать АТФ. Назовите этот ион.

а)  $Ca^{2+}$ ; б)  $OH^-$ ; в)  $H^+$ ; г)  $K^+$ .

75 Ключевым ферментом карбоксилирования в цикле Кальвина является:

а) фосфоенолпируваткарбоксилаза; б) рибулозодифосфаткарбоксилаза; в) фосфокетопентозэпимераза; г) фосфофруктокиназа.

76 Акцептором  $CO_2$  в цикле Хэтча-Слэка является:

а) фосфоенолпируват; б) рибулез-1,5-дифосфат; в) рибозофосфат; г) 3-фосфоглицериновая кислота.

77 Укажите, где правильно дано второе название путей ассимиляции углекислого газа при фотосинтезе:

а)  $C_4$ -путь – фотосинтез по типу толстянковых;  
б)  $C_3$ -путь – цикл Кальвина;  
в) САМ–фотосинтез – цикл Хэтча-Слэка;  
г)  $C_2$  путь – восстановительный пентозофосфатный цикл.

78 Укажите правильную последовательность фаз в цикле Кальвина:

а) восстановление, карбоксилирование, регенерация;  
б) регенерация, карбоксилирование, восстановление;  
в) карбоксилирование, восстановление, регенерация;  
г) восстановление, регенерация, карбоксилирование.

79 Для синтеза одной молекулы глюкозы в цикле Кальвина необходимо:

а) 2 NADPH и 18 АТФ; б) 12 NADPH и 1 АТФ; в) 12 NADPH и 18 АТФ; г) 2 NADPH и 8 АТФ.

80 Почему цикл Кальвина называют  $C_3$  – путем фотосинтеза?

а) первыми стабильными продуктами цикла являются трехуглеродные соединения; б) в цикл вступают три молекулы  $CO_2$ ; в) в результате одного оборота цикла образуется три молекулы глюкозы; г)  $C_3$  – путь фотосинтеза осуществляет  $C_3$  – группа растений.

81 Какой путь фиксации  $CO_2$  характерен для суккулентов:

а)  $C_3$ -путь; б)  $C_4$ -путь; в) САМ-путь; г)  $C_2$ -путь.

82 Количество  $CO_2$ , усвоенного единицей листовой поверхности в единицу времени, называют:

а) интенсивность фотосинтеза; б) продуктивность фотосинтеза; в) фотосинтетический потенциал; г) чистая продуктивность фотосинтеза.

83 В фотодыхании принимают участие органоиды:

а) хлоропласты, митохондрии и пероксисомы; б) хлоропласты, митохондрии и глиоксисомы; в) рибосомы, митохондрии и пероксисомы; г) хлоропласты, рибосомы и пероксисомы.

84  $C_4$ -путь фотосинтеза впервые описали в 1966 г.:

а) М.Д. Хетч и К.Р. Слэк; б) Т. Тунберг и М. Кальвин; в) М.Д. Хетч и М. Кальвин; г) Т. Тунберг и К.Р. Слэк.

85 Световое насыщение фотосинтеза у  $C_4$ -растений:

а) не достигается даже при полном солнечном свете; б) достигается при полном солнечном свете; в) уже при умеренной освещенности; г) достигается при средней освещенности.

86 Роль аэробных дегидрогеназ в процессе дыхания:

а) передают электроны только кислороду; б) передают электроны промежуточным акцепторам, но не кислороду; в) присоединяют кислород; г) осуществляют альтернативное дыхание.

87 Укажите утверждение, справедливое относительно анаэробных дегидрогеназ растительной клетки:

а) коферментом может быть НАД<sup>+</sup> и НАДФ<sup>+</sup>; б) коферментом может быть ФМН и ФАД; в) содержат железо-порфириновую простетическую группу; г) содержат железо-серную простетическую группу.

88 Укажите функции оксигеназ в дыхании растений:

- а) активируют кислород, в результате чего он может присоединяться к органическим соединениям;
- б) переносят водород (электроны) только на кислород;
- в) переносят водород (электроны) на какой-либо акцептор водорода (электронов), но не на кислород;
- г) переносят водород (электроны) на различные промежуточные акцепторы или непосредственно на молекулярный кислород.

89 Функции оксидаз в дыхании растений:

- а) активируют кислород, в результате чего он может присоединяться к органическим соединениям;
- б) переносят водород (электроны) только на кислород;
- в) переносят водород (электроны) на какой-либо акцептор водорода (электронов), но не на кислород;
- г) переносят водород (электроны) на различные промежуточные акцепторы или непосредственно на молекулярный кислород.

90 Важнейшей функцией глиоксилатного цикла является:

- а) утилизация ацетил-КоА; б) образование моносахаридов; в) связь гликолиза и аэробного дыхания; г) образование АТФ.

91 Роль анаэробных дегидрогеназ в процессе дыхания:

- а) передают электроны только кислороду; б) передают электроны промежуточным акцепторам, но не кислороду; в) присоединяют кислород; г) осуществляют альтернативное дыхание.

92 Укажите утверждение, справедливое относительно аэробных дегидрогеназ растительной клетки:

- а) коферментом может быть НАД<sup>+</sup> и НАДФ<sup>+</sup>; б) коферментом может быть ФМН и ФАД; в) содержат железо-порфириновую простетическую группу; г) содержат железо-серную простетическую группу.

93 Электрон-транспортная цепь дыхания локализована:

а) во внутренней мембране митохондрий; б) в эндоплазматическом ретикулуме; в) в матриксе митохондрий; г) в тилакоидах хлоропластов.

94 Дыхательная цепь митохондрий включает в себя ... основных мультиэнзимных комплексов:

а) три; б) четыре; в) два; г) шесть.

95 Комплекс I дыхательной цепи митохондрий осуществляет:

а) окисление сукцината убихиноном; б) перенос электронов от НАДН к убихинону; в) перенос электронов от восстановленного убихинона к цитохрому *c*; г) перенос электронов от цитохрома *c* к кислороду.

96 Комплекс III дыхательной цепи митохондрий осуществляет:

а) окисление сукцината убихиноном; б) перенос электронов от НАДН к убихинону; в) перенос электронов от восстановленного убихинона к цитохрому *c*; г) перенос электронов от цитохрома *c* к кислороду.

97 Дыхательный коэффициент равен:

а) количеству выделившегося  $\text{CO}_2$ ; б) отношению выделившегося  $\text{CO}_2$  к поглощенному  $\text{O}_2$ ; в) количеству образовавшейся энергии, Дж; г) доле окисленных сахаров, %.

98 Какое значение будет иметь дыхательный коэффициент ( $D_k$ ), если субстратами дыхания являются углеводы?

а)  $D_k > 1$ ; б)  $D_k = 1$ ; в)  $D_k < 1$ ; г)  $D_k = 0$ .

99 Как изменится интенсивность дыхания растительных тканей при снижении содержания кислорода с 21 % до 9 %?

а) снизится; б) сначала возрастет, а затем резко снизится; в) останется без изменений; г) увеличится.

100 Резкий подъем интенсивности дыхания при созревании сочных плодов называется:

а) стрессовый; б) возрастной; в) климактерический; г) вынужденный.

101 Показателем темпов роста растений являются:

а) увеличение размеров; б) цветение; в) развитие метаморфозов; г) появление специализированных органов

102 Возникновение функциональных и структурных отличий у различных клеток и тканей в процессе развития растения называется:

а) компетенция; б) дифференциация; в) корреляция; г) дефолиация.

103 К каким способам выведения семян из состояния покоя относится скарификация:

а) химическим; б) механическим; в) физическим; г) физиологическим.

104 Вещества, вырабатываемые в одних органах и оказывающие свои действия в других органах растения, называются:

а) фитохромы; б) фотопротекторы; в) фитогормоны; г) фитоалексины.

105 Для борьбы с сорной растительностью на полях применяют синтетические препараты, которые резко тормозят рост растений. Их название:

а) инсектициды; б) дефолианты; в) гербициды; г) фунгициды.

106 Выберите движения растений, которые относятся к настиям:

а) раскрытие соцветий кульбабы осенней; б) прорастание пыльцевых трубок к семенным зачаткам; в) рост корня в направлении силы тяжести; г) колебательные движения верхушек растущих частей.

107 Фитогормон ауксин:

а) является фактором физиологического покоя, процессов старения и отторжения органов; б) первичный индуктор клеточных делений, снимает апикальное доминирование; в) обеспечивает апикальное доминирование, корнеобразование; г) ингибирует рост, регулирует длительность покоя.

108 Как передвигаются по растению цитокинины:

а) из листьев в восходящем и нисходящем направлении, как по ксилеме, так и по флоэме; б) из верхушки побега по флоэме вниз к осно-

ванию, а далее от основания корня к его окончанию; в) из корня в надземные органы по ксилеме; г) не способны к передвижению.

109 Как называется рецепторный белок растений, воспринимающий красный свет и регулирующий фотопериодическую реакцию:

а) фукоксантин; б) зеаксантин; в) фитохром; г) фикоэритрин.

110 Зависимость роста и развития одних органов, тканей или частей растений от других, их взаимное влияние называется:

а) тотипотентность; б) полярность; в) регенерация; г) ростовая корреляция.

111 Показателем темпов развития растения является:

а) увеличение размеров; б) переход к репродукции; в) нарастание массы; г) развитие метаморфозов.

112 Накопление в растительных тканях ингибиторов роста происходит:

а) при увеличении интенсивности освещения; б) перед вступлением растений в состояние покоя; в) перед выходом растений из состояния покоя; г) после помещения растений в темноту.

113 Какие фитогормоны можно отнести к ингибиторам роста?

а) ауксины и гиббереллины; б) цитокинины и гиббереллины; в) абсцизовая кислота и этилен; г) ауксины и этилен.

114 Выберите движения растений, которые относятся к хемотропизмам:

а) раскрытие соцветий кульбабы осенней; б) прорастание пыльцевых трубок к семенным зачаткам; в) рост корня в направлении силы тяжести; г) колебательные движения верхушек растущих частей.

115 Фоторецептор, участвующий в поглощении синего света, называется:

а) криптохром; б) фитохромобилин; в) фитохром; г) фикобилин.

116 Стимуляция цветения растений при действии пониженных температур называется:

а) термонастия; б) фотопериодизм; в) яровизация; г) индукция.

117 Для ускорения созревания коробочек хлопчатника и одновременно для облегчения машинной уборки растения опрыскивают раствором:

а) фузикококцина; б) ауксина; в) дефолианта; г) кумарина.

118 Выберите движения растений, которые относятся к геотропизмам:

а) раскрытие соцветий кульбабы осенней; б) прорастание пыльцевых трубок к семенным зачаткам; в) рост корня в направлении силы тяжести; г) колебательные движения верхушек растущих частей.

119 Фотопериодизм – это зависимость перехода растений к цветению от:

а) соотношения длины дня и ночи; б) температуры; в) соотношения углерода к азоту; г) накопления веществ гормонального типа.

120 Гипотетический гормон цветения флориген состоит:

а) из гиббереллина и цитокинина; б) из антезина и гиббереллина; в) из цитокинина и антезина; г) из ауксина и гиббереллина.

121 Способность растений приспосабливаться к изменяющимся условиям внешней среды, называется:

а) стресс; б) адаптация; в) иммунитет; г) устойчивость.

122 Растения наиболее устойчивы к воздействию факторов среды:

а) в период созревания; б) в начале вегетации; в) в фазу цветения; г) в состоянии покоя.

123 Способность растений переносить комплекс неблагоприятных факторов зимнего периода, называется:

а) закалка; б) холодоустойчивость; в) морозоустойчивость; г) зимостойкость.

124 Выпревание растений вызывает:

а) теплая зима с большим снежным покровом; б) холодная зима с малым снежным покровом; в) холодная зима с большим снежным покровом; г) холодная осень.

125 Как называются растения засоленных мест обитания?

а) суккуленты; б) гликофиты; в) галофиты; г) ксерофиты.

126 Общие признаки повреждения растений токсическими газами:

а) некроз и хлороз листьев, их дальнейшее отмирание, преждевременный листопад; б) образование бурых пятен на стеблях, пожелтение листьев; в) пожелтение листьев, побурение краев листьев; г) фиолетовый налет на листьях, образование бурых пятен на стеблях.

127 К первичным неспецифическим процессам в клетках растений при сильном и быстро нарастающем действии стрессора, относятся:

а) повышение проницаемости мембран;  
б) снижение проницаемости мембран, повышение вязкости протоплазмы;  
в) сдвиг рН цитоплазмы в кислую сторону, усиление поглощения  $O_2$ , ускоренная трата АТФ, активация гидролитических процессов и синтеза стрессовых белков;  
г) снижение синтеза этилена и абсцизовой кислоты.

128 Способность растений переносить низкие положительные температуры называется:

а) морозостойкость; б) холодостойкость; в) зимостойкость; г) неспецифическая устойчивость.

129 Основная масса токсических газов поступает в лист через:

а) кутикулу; б) межклетники; в) устьица; г) эпидермис.

130 Способ защиты от недостатка влаги у эфемеров:

а) перенесение высыхания путем морфологической адаптации; б) избежание периода засухи; в) предупреждение излишней траты воды; г) развитие мощной корневой системы.

131 Значение сахаров, которые накапливаются в ходе закаливания растений до наступления морозов:



а) снижают температуру замерзания клеточного сока, предупреждая льдообразование; б) увеличивают оводненность клеток; в) повышают интенсивность дыхания; г) снижают активность ферментов.

132 Наиболее чувствительны к радиации:

а) семена в состоянии покоя; б) активные меристемы; в) растения в состоянии гипобиоза; г) двудольные растения.

133 Способность растений поддерживать свою жизнедеятельность в условиях загрязнения атмосферы без заметного снижения функций называется:

а) стабильностью; б) газоустойчивостью; в) газочувствительностью; г) солеустойчивостью.

134 Факторы, вызывающие повреждение растений от зимней засухи:

а) сильные морозы после оттепели; б) бесснежные зимы; в) слабые морозы в течение зимы; г) постоянные и сильные ветры.

135 К действию радиации проявляют наибольшую степень устойчивости:

а) всходы; б) семена; в) вегетативные органы; г) плоды.

### Таблица правильных ответов

1	<b>Г</b>	28	<b>Г</b>	55	<b>В</b>	82	<b>а</b>	109	<b>В</b>
2	<b>б</b>	29	<b>В</b>	56	<b>б</b>	83	<b>а</b>	110	<b>Г</b>
3	<b>б</b>	30	<b>В</b>	57	<b>В</b>	84	<b>а</b>	111	<b>Г</b>
4	<b>В</b>	31	<b>В</b>	58	<b>б</b>	85	<b>а</b>	112	<b>б</b>
5	<b>б</b>	32	<b>б</b>	59	<b>б</b>	86	<b>а</b>	113	<b>В</b>
6	<b>а</b>	33	<b>б</b>	60	<b>В</b>	87	<b>а</b>	114	<b>б</b>
7	<b>б</b>	34	<b>Г</b>	61	<b>б</b>	88	<b>а</b>	115	<b>а</b>
8	<b>Г</b>	35	<b>б</b>	62	<b>В</b>	89	<b>б</b>	116	<b>В</b>
9	<b>В</b>	36	<b>Г</b>	63	<b>б</b>	90	<b>а</b>	117	<b>В</b>
10	<b>а</b>	37	<b>В</b>	64	<b>б</b>	91	<b>б</b>	118	<b>В</b>
11	<b>В</b>	38	<b>а</b>	65	<b>б</b>	92	<b>б</b>	119	<b>а</b>
12	<b>б</b>	39	<b>Г</b>	66	<b>а</b>	93	<b>а</b>	120	<b>б</b>
13	<b>б</b>	40	<b>б</b>	67	<b>В</b>	94	<b>б</b>	121	<b>б</b>
14	<b>а</b>	41	<b>б</b>	68	<b>б</b>	95	<b>б</b>	122	<b>Г</b>
15	<b>В</b>	42	<b>Г</b>	69	<b>В</b>	96	<b>В</b>	123	<b>Г</b>
16	<b>В</b>	43	<b>Г</b>	70	<b>а</b>	97	<b>б</b>	124	<b>а</b>
17	<b>б</b>	44	<b>В</b>	71	<b>В</b>	98	<b>б</b>	125	<b>В</b>
18	<b>В</b>	45	<b>Г</b>	72	<b>В</b>	99	<b>В</b>	126	<b>а</b>
19	<b>б</b>	46	<b>В</b>	73	<b>б</b>	100	<b>В</b>	127	<b>В</b>
20	<b>б</b>	47	<b>Г</b>	74	<b>В</b>	101	<b>а</b>	128	<b>б</b>
21	<b>б</b>	48	<b>б</b>	75	<b>б</b>	102	<b>б</b>	129	<b>В</b>
22	<b>В</b>	49	<b>В</b>	76	<b>а</b>	103	<b>б</b>	130	<b>б</b>
23	<b>В</b>	50	<b>а</b>	77	<b>б</b>	104	<b>В</b>	131	<b>а</b>
24	<b>Г</b>	51	<b>Г</b>	78	<b>В</b>	105	<b>В</b>	132	<b>б</b>
25	<b>Г</b>	52	<b>б</b>	79	<b>В</b>	106	<b>а</b>	133	<b>б</b>
26	<b>а</b>	53	<b>В</b>	80	<b>а</b>	107	<b>В</b>	134	<b>Г</b>
27	<b>В</b>	54	<b>В</b>	81	<b>В</b>	108	<b>В</b>	135	<b>б</b>

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Физиология растений: учеб. пособие / В.М. Юрин. – Мн., 2010. – 455 с.
- 2 Физиология растений: учебник / Вл.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М., 2006. – 742 с.
- 3 Физиология растений: учебник / под ред. И.П. Ермакова. – М., 2005. – 640 с.
- 4 Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений: учебник / под ред. Н.Н. Третьякова. – М., 2005. – 655 с.
- 5 Физиология растений / В.В. Полевой. – М.: Высшая школа, 2006. - 464 с.
- 6 Физиология растений: учеб. пособие / Н.И. Якушкина. – М., 2005. – 464 с.
- 7 Физиология растений: учебник / С.С. Медведев. – СПб.: СПб. ун-т, 2004. – 336 с.
- 8 Физиология растений: учебник для вузов по направлению «Лесное дело» / А. В. Веретенников. – М., 2006. – 479 с.
- 9 Физиология растений с основами микробиологии / Н.В. Пильщикова. – М.: Мир, 2004. – 184 с.
- 10 Физиология древесных растений / П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 464 с.
- 11 Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польстер, Г.И. Фидлер. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 424 с.
- 12 Биохимия растений: учебник / В.В. Рогожин. – СПб.: ГИОРД, 2012. - 432 с.
- 13 Биохимия растений / Б. Хельд. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с.
- 14 Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П. Плешков. – М.: Агропромиздат, 2007. - 494 с.
- 15 Практикум по физиологии древесных растений: учебное пособие / В.А. Крючков, И.К. Булатова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2006. – 248 с.
- 16 Малый практикум по физиологии растений: учебное пособие для биол. спец. вузов / Д.П. Викторов. – М.: Высшая школа, 1983. – 135 с.

17 Практикум по физиологии растений: учебное пособие для студ. высших пед. учеб. заведений / В.Б. Иванов, [и др.]. – М.: Академия, 2004. – 144 с.

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

19 Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухов, Л.А. Паничкин [и др.] ; под общ. ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.

20 Фотосинтез: методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов / Л.В. Кахнович. – Мн.: БГУ, 2003. – 88 с.

21 Практикум по физиологии растений: учебно-методическое пособие / В.Н. Воробьев [и др.]. – Казань: Казанский университет, 2013. – 80 с.

22 Физиология растений: учебное пособие / О.Л. Воскресенская, Н.П. Грошева, Е.А. Скочилова. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2008. – 148 с.

23 Большой практикум по фотосинтезу / В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова. – М.: Академия, 2006. – 256 с.

24 Физиология дыхания растений: учебное пособие / О.А. Семихатова, Т.В. Чиркова. – СПб: СПб ун-т, 2001. – 220 с.

25 Биохимия растений: метод. рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самост. работы студентов / Г.Г. Филипцова, И.И. Смолич.– Мн.: БГУ, 2004.– 60 с.

26 Минеральное питание растений: метод. рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самост. работы студентов / С.Н. Найдун, В.М. Юрин.– Мн.: БГУ, 2004.– 47 с.

27 Фитофизиология стресса: Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов / О.Г. Яковец.– Мн.: БГУ, 2011.– 50 с.

28 Физиологические и биохимические методы анализа растений: практикум / Г.Н. Чупахина.– Калининград: Калинингр. ун-т, 2000. – 59 с.

29 Физиология и биохимия растений: методические указания по изучению дисциплины и задания контрольных тестов. Для студентов заочной формы обучения по специальности «Агрономия» / С.А. Тарасенко, Е.И. Дорошкевич, Н.И. Тара-сенко, С.В. Брилева. – Гродно: ГГАУ, 2011 – 46 с.

*Учебное издание*

**Храмченкова Ольга Михайловна**

# **ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

## **Часть 2**

Практическое руководство  
для студентов специальности 1-31 01 01-02  
«Биология (научно-педагогическая деятельность)»