



Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка»

**Ж.Э. Мазец, С.В. Судейная, Е.Р. Грицкевич**

# ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ. ПРАКТИКУМ

Рекомендовано учебно-методическим объединением  
высших учебных заведений Республики Беларусь  
по педагогическому образованию в качестве пособия  
для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по специальностям: 1-02 04 01 Биология;  
1-02 04 04 Биология. Дополнительная специальность;  
1-02 04 05 География. Дополнительная специальность;  
1-02 04 05-01 География. Биология.

**В двух частях**

**Часть 2**

Минск 2010

УДК 581.1  
ББК 28.57  
М135

Печатается по решению редакционно-издательского совета БГПУ

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра физиологии и биохимии растений БГУ (заведующий кафедрой  
доктор биологических наук, профессор *М.В. Юрин*);  
кандидат биологических наук, заведующий сектором биохимии ГНУ  
«ЦБС НАН Беларуси» *Е.В. Спиридович*

**Мазец, Ж.Э.**  
М135 Физиология растений. Практикум : пособие. В 2 ч. Ч. 2 / Ж.Э. Мазец,  
С.В. Судейная, Е.Р. Грицкевич. – Минск : БГПУ, 2010. – 96 с.  
ISBN 978-985-541-011-0.

Пособие содержит лабораторные работы по четырем разделам курса «Физиология растений», позволяющие получить представления о физиологических процессах в растительном организме и методах их исследования.

Адресуется студентам педагогических вузов, обучающимся по биологическим специальностям. Может быть использовано для контроля знаний по теоретическому и лабораторному курсу «Физиология растений».

УДК 581.1  
ББК 28.57

ISBN 978-985-541-011-0 (ч. 2)  
ISBN 978-985-501-758-6

© Мазец Ж.Э., Судейная С.В.,  
Грицкевич Е.Р., 2010  
© БГПУ, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
<b>Тема 5. ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ .....</b>	<b>6</b>
Работа 1. Определение дыхательного коэффициента .....	10
Работа 2. Органические вещества растений и их превращения. Превращение веществ при прорастании семян.....	14
Работа 3. Обнаружение активности каталазы в растительном материале.....	16
Работа 4. Обнаружение активности пероксидазы .....	18
Работа 5. Определение активности полифенолоксидазы в растительных тканях (по А.Н. Бояркину).....	20
Работа 6. Обнаружение активной амилазы в растительном материале.....	24
Работа 7. Влияние температуры на активность амилазы.....	26
Работа 8. Влияние pH среды на активность амилазы.....	29
Вопросы и задачи по теме «Дыхание растений. Основные вещества растительной клетки и их превращения» .....	31
<b>Тема 6. РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ.....</b>	<b>34</b>
Работа 1. Влияние фитогормонов на рост семядолей.....	36
Работа 2. Определение содержания хлорофилла в семядолях .....	39
Работа 3. Периодичность роста древесных растений.....	41
Вопросы и задачи по теме «Рост и развитие растений».....	43
<b>Тема 7. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ УСЛОВИЯМ СРЕДЫ.....</b>	<b>48</b>
Работа 1. Определение жаростойкости растений (по Ф.Ф. Мацкову) .....	50
Работа 2. Влияние сахарозы на морозоустойчивость растительных клеток .....	51
Работа 3. Определение засухоустойчивости растений проращиванием семян на растворах сахарозы.....	54
Работа 4. Определение солеустойчивости злаков по всхожести их семян.....	55
Работа 5. Влияние засоления на степень деструкции хлорофилла .....	56
Вопросы и задачи по теме «Устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды» .....	58

<b>Тема 8. ВТОРИЧНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ РАСТЕНИЙ.....</b>	<b>62</b>
Работа 1. Определение содержания суммарной фракции флавоноидов.....	62
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>65</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>67</b>
Приложение 1. Глоссарий .....	67
Приложение 2. Статистическая обработка данных.....	91
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....</b>	<b>95</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Во второй части практикума представлены лабораторные работы по физиологии растений для студентов педагогических университетов по специальностям 1-02 04 01 «Биология с дополнительными специальностями» и 1-02 04 05-01 «География. Биология». Данное пособие является логическим продолжением лабораторного курса «Физиология растений», представленного в первой части. Практикум включает лабораторные работы по темам: «Дыхание растений», «Рост и развитие растений», «Физиологические основы устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды», «Вторичный метаболизм растений».

В соответствии с новой рабочей типовой программой курса и расширившимися техническими возможностями кафедры в данный практикум включены новые работы, а также модифицированы некоторые из ранее используемых. Кроме того, в качестве приложений представлены обширный глоссарий по всему курсу и раздел, касающийся статистической обработки результатов экспериментов.

Приведенные лабораторные работы сгруппированы по разделам курса, в конце каждого раздела имеется перечень задач и вопросов для закрепления теоретического курса и результатов экспериментов. Лабораторные работы рассчитаны на 2–4 часа. Однако приводятся и более объемные работы, предусматривающие предварительную подготовку экспериментального материала. Расширенный перечень работ дает возможность выбора в соответствии с имеющимся научно-методическим обеспечением.

Порядок выполнения и оформления результатов лабораторных работ приводится в первой части практикума.

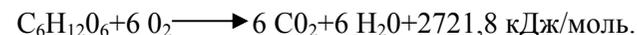
После изучения основных разделов курса проводятся контрольные по терминам и семинары.

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам: сотрудникам кафедры физиологии и биохимии растений Белорусского государственного университета, а также заведующей сектором прикладной биохимии ГНУ «ЦБС НАН Беларуси» Е.В. Спиридович.

## Тема 5. ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ

Жизнедеятельность растительных организмов связана с вовлечением кислорода в метаболический и энергетический обмен клеток. Центральное место среди процессов, связанных с поглощением кислорода, занимает дыхание.

*Дыхание* – аэробное окисление органических субстратов до диоксида углерода и воды. Субстратами окисления в клетке являются в основном углеводы, однако ими могут быть также липиды, белки и другие органические соединения. Общее уравнение дыхания при использовании в качестве субстрата глюкозы:



*Биологическое окисление глюкозы* в процессе дыхания включает ряд стадий: анаэробные (гликолиз) и аэробные реакции – цикл Кребса и электронтранспортную цепь (ЭТЦ) дыхания. Существуют и другие пути окисления субстратов в растении, например *окислительный пентозофосфатный цикл, а также альтернативный путь дыхания.*

Окисление субстратов в процессе дыхания происходит с участием *окислительных ферментов.*

Первый этап окисления осуществляется *дегидрогеназами* – ферментами, отнимающими от субстрата водород, терминальный этап – *оксидазами*, передающими восстановительный эквивалент на кислород. Кроме того, в дыхании участвуют ферменты – промежуточные переносчики электронов в ЭТЦ митохондрий.

Дыхание занимает центральное место *в энергетике* растительной клетки. В ходе дыхания происходит высвобождение энергии органических субстратов и использование ее для процессов жизнедеятельности растений. Большая часть энергии в ходе дыхания запасается в виде макроэргических связей АТФ. Однако она может быть использована организмом на стадии образования электрохимического градиента протонов ( $\Delta\mu H^+$ ), а также в виде тепла (термогенез). Количество энергии, используемое в каждой из этих форм, определяется внешними условиями и внутренними потребностями организма.

Не менее важна *метаболическая роль дыхания.* В ходе окисления органических субстратов происходит перестройка углеродных

скелетов органических веществ и образование важных промежуточных продуктов, которые используются для синтеза специфических белков, липидов, ароматических веществ и др. Через реакции дыхания в растениях осуществляется связь различных процессов обмена веществ. Восстановленные в ходе дыхания коферменты – НАДФ • Н и НАД • Н – используются в реакциях биохимического синтеза, восстановления нитратов до аммиака, восстановительного амминирования кетокислот и других восстановительных процессах.

Большую метаболическую и физиологическую нагрузку несут окислительные реакции, связанные с так называемыми альтернативными путями окисления органических субстратов. Участвующие в этих процессах терминальные оксидазы (например, полифенол-оксидаза, аскорбатоксидаза, пероксидаза), а также оксигеназы (например, липоксигеназа) контролируют реакции синтеза и распада ароматических веществ, фенолов, регуляторов роста и развития растений и др. В растениях происходит смена терминальных окислительных систем в зависимости от этапа онтогенеза, внешних условий (температуры, концентрации кислорода), поражения патогенами.

Несмотря на то, что общее уравнение дыхания обратное уравнению фотосинтеза, по физиологическому значению эти два процесса близки: дыхание, как и фотосинтез, снабжает клетки энергией и важными метаболитами. Дыхание наряду с фотосинтезом оказывает непосредственное влияние на продуктивность растений. Однако в отличие от фотосинтеза, где процесс в целом направлен против термодинамического градиента за счет поглощенной энергии света, дыхание включает реакции, идущие по термодинамическому градиенту с высвобождением энергии. Конечной формой запасания энергии при фотосинтезе являются достаточно стабильные органические соединения (углеводы, белки, липиды); *физиологический смысл дыхания* состоит в преобразовании энергии этих соединений в более доступную для растения лабильную форму – макроэргические связи АТФ. Набор промежуточных метаболитов, синтезируемых в процессе дыхания, значительно шире, чем набор метаболитов фотосинтеза.

Общая интенсивность дыхательного процесса у растений может быть охарактеризована по скорости поглощения кислорода и выделения углекислого газа, интенсивности расходования органических веществ. Важными физиологическими показателями дыхатель-

ного метаболизма являются также величина дыхательного коэффициента, соотношение гликолитического и пентозофосфатного путей распада сахаров, активность окислительно-восстановительных ферментов. Об энергетической эффективности дыхания можно судить по интенсивности окислительного фосфорилирования в митохондриях.

*Дыхание* как физиологическая функция включает:

1. Газообмен – совокупность процессов, обеспечивающих поступление  $O_2$  в организм, использование его в окислительно-восстановительных процессах и удаление продуктов окисления (через устьица, клеточные стенки, покровные ткани).

2. Темновое дыхание – совокупность окислительно-восстановительных процессов разного типа и назначения, в ходе которых сложные органические вещества распадаются на более простые, а высвобождаемая энергия в сопряженных реакциях аккумулируется в лабильных фосфатных связях (АТФ) и используется во всех энергетических процессах клетки и растительного организма в целом. Различают следующие виды клеточного дыхания:

а) сопряженное с запасанием энергии в форме АТФ и НАДН;

б) свободное окисление – перенос электронов, присоединение  $O_2$ , не связанные с энергетической функцией (терморегуляция, конструктивная и деструктивная функции, детоксикация ксенобиотиков, косвенное запасание энергии).

3. Фотодыхание (выделение  $CO_2$  на свету в процессах, связанных с фотосинтезом).

**Главными функциями** дыхания являются:

а) мобилизация *энергетических ресурсов* дыхательного субстрата путем трансформации энергии стабильных соединений в *активную* форму ( $\Delta\mu H^+$ , АТФ) и использование ее в различных видах биологически полезной работы;

б) мобилизация *пластических резервов* дыхательного субстрата путем образования многочисленных промежуточных соединений;

в) терморегуляционная (теплопродукция) – рассеяние энергии в виде тепла;

г) защитная – расщепление (детоксикация) вредных веществ.

Компонентами дыхания в обеспечении энергетической и пластической функций являются:

1) дыхание роста ( $D_p$ ) – затраты на процессы роста и развитие организма;

2) дыхание поддержания ( $D_m$ ):

а) ресинтез веществ, претерпевающих обновление в процессе метаболизма (ферментные белки, РНК, липиды мембран и др.);

б) поддержание в клетке необходимой концентрации ионов  $H^+$  (рН) и др.;

г) поддержание уровня метаболитов;

д) поддержание функционально-активного состояния структур.

Перечисленные показатели могут быть использованы для характеристики физиологических свойств и состояний растений.

## Работа 1. Определение дыхательного коэффициента

**Цель:** определить преобладающие запасные вещества прорастающих семян различных растений по величине дыхательного коэффициента.

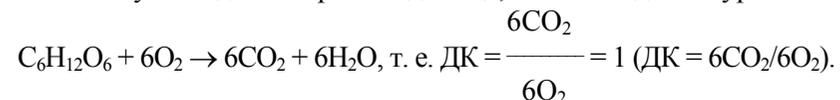
**Объекты, реактивы, оборудование:** наклюнувшиеся семена бобовых, масличных культур, злаков; концентрированный раствор КОН или NaOH; стеклянные пробирки с каучуковыми пробками, в которые вставлены капиллярные трубки, изогнутые под прямым углом, полоски фильтровальной и миллиметровой бумаги, резиновые колечки, пинцеты, пипетки с оттянутым носиком, шприцы.

### Краткие сведения

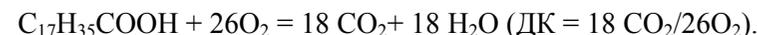
Дыхательным коэффициентом (ДК) называется отношение выделенного при дыхании количества углекислого газа к количеству поглощенного кислорода:

$$ДК = \frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}}.$$

Величина ДК в значительной мере зависит от природы окисляемого субстрата, а именно от степени его окисленности. При окислении углеводов она равна единице, что очевидно из уравнения



Если же вещества окислены меньше углеводов (жиры, жирные кислоты, некоторые белки и аминокислоты), ДК будет меньше единицы. Перечисленные соединения, более восстановленные, эффективнее углеводов и органических кислот в энергетическом отношении:



Если дыхательным материалом служат вещества, более окисленные, чем углеводы, например органические кислоты, то кислорода поглотится меньше, чем выделится углекислого газа, и ДК будет больше единицы:

