

Министерство образования Республики Беларусь
УО «Полесский государственный университет»

А.Г. ЧЕРНЕЦКАЯ, Н.Н. БЕЗРУЧЕНОК, Т.В. КАЛЕНЧУК

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Часть I
Лабораторный практикум

Пинск
ПолесГУ
2014

УДК 581.1
ББК 28.57
Ч49

Рецензенты:
кандидат биологических наук Г.А. Писарчик;
кандидат сельскохозяйственных наук О.В. Нилова

Утверждено
научно-методическим советом ПолесГУ

Чернецкая, А.Г.

Ч49 Физиология растений. Часть I: лабораторный практикум /
А.Г. Чернецкая, Н.Н. Безрученко, Т.В. Каленчук. – Пинск:
ПолесГУ, 2014 – 49 с.

ISBN 978-985-516-304-7 (Ч. I)
ISBN 978-985-516-306-1

Лабораторный практикум содержит описание лабораторных работ, охватывающих разделы «Физиология растительной клетки» и «Водообмен растений» программы курса «Физиология растений». Для каждой работы приведен перечень материалов и оборудования, краткое теоретическое объяснение, описана методика выполнения опытов. В конце каждой темы помещены тестовые задания для самостоятельной работы студентов и вопросы к семинарам. Предназначен для студентов биотехнологического факультета.

УДК 581.1
ББК 28.57

ISBN 978-985-516-304-7(Ч. I)
ISBN 978-985-516-306-1

© УО «Полесский государственный
университет», 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

При подготовке специалистов-биологов среди общих биологических дисциплин важное место занимает физиология растений – наука о жизни растений. Физиология растений – наука экспериментальная, поэтому в учебном плане подготовки биологов отводится время на лабораторные занятия.

В задачи данного лабораторного практикума входят: проверка и закрепление некоторых теоретических положений, излагаемых в курсе лекций; ознакомление с доступными методами определения различных физиологических процессов у растений; привитие навыков научно-исследовательской работы (постановка цели опыта, проведение эксперимента, оформление первичной научной документации, обсуждение результатов опытов, оформление выводов).

Каждый студент ведет рабочую тетрадь, оформление которой должно отвечать требованиям, основные из которых следующие: на титульном листе указывают предмет, курс, группу, подгруппу, фамилию, имя, отчество студента; каждую работу нумеруют в соответствии с методическими указаниями; указывают дату выполнения работы; полностью записывают название работы, цель работы, кратко характеризуют ход эксперимента и объект исследования; результаты опытов фиксируют в виде рисунков с обязательными подписями к ним, а также таблиц или описывают словесно; в конце каждой работы делают вывод или заключение, которые обсуждаются при подведении итогов занятия.

В конце каждой темы помещены тестовые задания для самостоятельной работы студентов и вопросы к семинарам.

Данный лабораторный практикум включает в себя две темы: физиология растительной клетки и водообмен растений.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

В курсе ботаники студенты подробно изучают строение клетки. Перед дисциплиной «Физиология растений» стоит задача познакомить учащихся с функционированием клеток, важнейшим свойством которых является постоянный обмен веществ. Этот процесс осуществляется при непосредственном участии живой протоплазмы и зависит от ее состояния и свойств. Проникновение веществ в клетку и выход наружу – сложный физиологический процесс. Он обусловлен структурой и функцией поверхностных мембран цитоплазмы, зависит от химической природы окружающих и поступающих в клетку веществ (от размера и формы молекул, величины электрического разряда, способности к адсорбции и т. д.). Именно сложность процесса поступления веществ в клетку определила возникновение ряда теорий проницаемости, обсуждаемых в теоретической части курса.

Целью данного раздела является практическое подтверждение избирательности поступления веществ в клетку. В регуляции водообмена растительной клетки важную роль играют осмотические явления – осмотическое давление и сосущая сила.

Работа 1. Проницаемость живой и мертвой цитоплазмы для веществ клеточного сока

Материалы и оборудование: 1) корнеплод красной свеклы; 2) 30%-я уксусная кислота; 3) хлороформ в капельнице (с притертой пипеткой); 4) тарелка; 5) фарфоровая чашка; 6) скальпель; 7) пинцет; 8) штатив с пробирками (4 шт.); 9) стакан химический; 10) держатель для пробирок; 11) спиртовка; 12) спички.

Краткий теоретический материал. Растительная клетка состоит из твердой клеточной стенки и протопласта – цитоплазмы с расположенными в ней ядром и другими органоидами. В цитоплазме находятся также вакуоли, заполненные клеточным соком, причем в зрелых клетках содержится одна большая вакуоль, занимающая всю центральную часть клетки. Клеточный сок представляет собой водный раствор минеральных и органических веществ; в вакуолях некоторых клеток содержатся водорастворимые пигменты, чаще всего антоцианы.

Клеточная стенка имеет ультрамикроскопические поры диаметром до 10 нм, через которые свободно диффундируют любые растворенные вещества, тогда как цитоплазматические мембраны (наружная – плазмолемма и вакуолярная – тонопласт) по своим свойствам приближаются к полупроницаемым перепонкам, легко пропуская воду и очень медленно – большинство растворенных веществ. Полупроницаемость мембран – важное свойство живых неповрежденных клеток, позволяющее сохранять постоянство внутриклеточной среды.

Ход работы. Вырезать из начищенного корнеплода красной свеклы четыре одинаковых брусочка длиной около 2 см и шириной 0,5 см (корнеплод должен быть свежим, то есть иметь хороший тургор, так как с подвявшим материалом опыт не дает четких результатов). Положить брусочки в фарфоровую чашку и многократно промыть водопроводной водой до тех пор, пока не прекратится выделение окрашенного сока из перерезанных клеток.

Поместить брусочки в 4 пробирки. Налить в 2 пробирки воду (до $\frac{1}{2}$ объема) и прокипятить одну из них в течение 1–2 мин. В третью пробирку налить воду и 5 капель хлороформа, в четвертую – 30%-ю уксусную кислоту.

Наблюдать в течение 1–2 ч за изменением окраски жидкости в пробирках, время от времени взбалтывая их содержимое. Результаты записать в форме таблицы:

Вариант опыта	Скорость окрашивания жидкости
Вода комнатной температуры; Кипячение; Вода + хлороформ; 30% уксусная кислота.	

Сделать выводы, ответив на следующие вопросы:

1. Пропускают ли мембраны живой неповрежденной клетки вещества клеточного сока?

2. Как влияют на проницаемость мембран кипячение и ядовитые вещества?

3. Как объяснить разную скорость окрашивания жидкости в разных вариантах опыта?

Работа 2. Явления плазмолиза и деплазмолиза

Материалы и оборудование: 1) луковица синего лука или листья традесканции; 2) 1 М раствор сахарозы в капельнице; 3) лезвие бритвы; 4) скальпель; 5) пинцет; 6) препаровальная игла; 7) микроскоп; 8) предметные и покровные стекла; 9) стакан с кипяченой водопроводной водой; 10) стеклянная палочка; 11) кусочки фильтровальной бумаги; 12) спиртовка; 13) спички.

Краткий теоретический материал. Растительную клетку можно рассматривать как осмотическую систему, в которой роль раствора осмотически действующих веществ играет клеточный сок, а роль полупроницаемой перепонки – цитоплазматические мембраны. Клеточный сок, как и любой

раствор, обладает потенциальным осмотическим давлением, которое прямо пропорционально числу частиц в единице объема независимо от размеров и характера этих частиц (молекулы, ионы). Раствор, отделенный от чистой воды полупроницаемой перепонкой (пропускающей воду и непроницаемой для растворенных веществ), сосет воду с силой, численно равной его потенциальному осмотическому давлению, то есть давлению, которое нужно приложить, чтобы воспрепятствовать передвижению воды в сторону раствора.

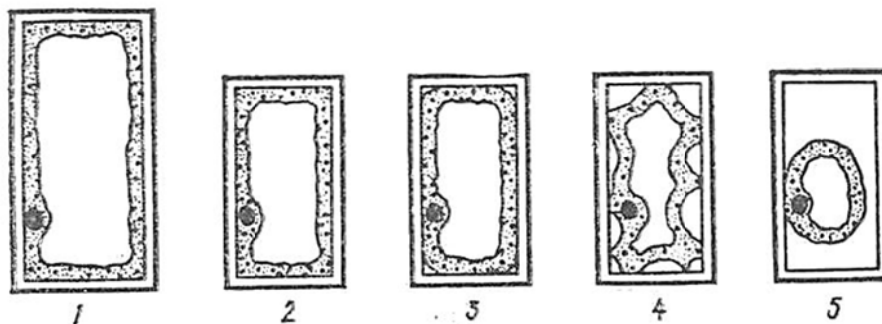
Для каждой клетки можно подобрать следующие растворы:

1. Гипотонический, осмотическое давление которого меньше осмотического давления клеточного сока;
2. Изотонический, имеющий осмотическое давление, равное осмотическому давлению клеточного сока;
3. Гипертонический, осмотическое давление которого больше, чем давление клеточного сока.

При погружении клетки в гипертонический раствор вода из нее выходит наружу до выравнивания осмотических давлений клеточного сока и внешнего раствора. При этом клетка претерпевает следующие изменения (рис. 1): сначала клетка сокращается, а после полной потери тургора протопласт отстает от клеточной стенки по углам (уголковый плазмолиз) затем во многих местах (вогнутый плазмолиз) и, наконец, протопласт округляется (выпуклый плазмолиз).

Образующееся пространство между протопластом и клеточной стенкой (хорошо проницаемой как для воды, так и для растворенных веществ) заполняется внешним раствором. В качестве плазмолитиков (веществ, растворы которых вызывают плазмолиз) используют неядовитые вещества, плохо проникающие или не проникающие через цитоплазму в вакуоль.

Плазмолиз – обратимый процесс. Исчезновение плазмолиза называется деплазмолизом.



*Рис. 1. Последовательные стадии плазмолиза:
1 – тургесцентная клетка; 2 – общее сокращение
клетки; 3 – угловый плазмолиз; 4 – вогнутый
плазмолиз; 5 – выпуклый плазмолиз*

Ход работы. Срезать бритвой кусочек эпидермиса, клетки которого содержат антоциан. Во избежание повреждения клеток эпидермиса желательно, чтобы срез состоял из 2 слоев клеток.

Поместить срез в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом и рассмотреть в микроскоп клетки с окрашенным клеточным соком. Заменить воду 1 М раствором сахарозы, для чего на предметное стекло рядом с покровным нанести большую каплю раствора и отсосать воду кусочком фильтровальной бумаги, прикладывая его с другой стороны покровного стекла. Повторить этот прием 2–3 раза до полной замены воды раствором. Все время следить в микроскоп за тем, что происходит в клетках.

Сделать схематические рисунки клеток в состоянии тургора, углового, вогнутого и выпуклого плазмолиза, обозначив основные составные части клеток.

Ввести под покровное стекло 2–3 капли воды, отсасывая раствор фильтровальной бумагой, и немедленно приступить к наблюдению деплазмолиза клеток (обратите внимание на скорость этого процесса по сравнению с плазмолизом).

После окончания деплазмолиза убить клетки, держа край предметного стекла пинцетом и осторожно нагревая препарат на пламени спиртовки, не допуская испарения воды. Заменить

воду на 1 М раствор сахарозы и, рассматривая препарат в микроскоп, установить, происходит ли плазмолиз.

Записать результаты наблюдений и ответить на следующие вопросы:

1. Что такое плазмолиз и каковы его причины?
2. Какие типы плазмолиза вы знаете?
3. Как происходит деплазмолиз? Какова скорость деплазмолиза по сравнению с плазмолизом?
4. Способны ли плазмолизироваться мертвые клетки?

Работа 3. Определение вязкости цитоплазмы по времени плазмолиза

Материалы и оборудование: 1) веточки элодеи; 2) луковица синего лука или листья традесканции; 3) 0,8 М раствор сахарозы в капельнице; 4) лезвие бритвы; 5) препаровальная игла; 6) пинцет; 7) микроскоп; 8) предметные и покровные стекла.

Краткий теоретический материал. Промежуток времени от момента погружения клеток в гипертонический раствор до появления выпуклого плазмолиза называют временем плазмолиза. Это время зависит от вязкости цитоплазмы: чем меньше вязкость, тем легче цитоплазма отстает от клеточной стенки и тем быстрее вогнутый плазмолиз переходит в выпуклый. Вязкость цитоплазмы зависит от степени дисперсности и гидратации коллоидов, содержания в клетке воды и от ряда других факторов. Цитоплазма растущих клеток и клеток, закончивших рост, имеет разную вязкость.

Для опыта используют молодые листочки элодеи, в которых можно различить 4 зоны: в основании расположена слабо окрашенная зона деления клеток, выше находится зона растяжения, еще выше – зона дифференцировки и, наконец, верхушка листа, которая состоит из клеток, закончивших свой рост и имеющих интенсивно зеленую окраску.

Ход работы. Взять 2–3 молодых листочка из верхушечной части побега элодеи (листья должны иметь зеленый кончик и бледно-зеленое основание), погрузить в каплю

0,8 М раствора сахарозы на предметном стекле и закрыть покровным стеклом. Для сравнения в другую каплю раствора сахарозы поместить срез эпидермиса синего лука или традесканции. Отметить время погружения исследуемых объектов в раствор. Рассматривая препараты в микроскоп через каждые 5 мин., определить время плазмолиза, причем у листа элодеи следует наблюдать за клетками различных зон.

Записать результаты и сделать вывод о зависимости вязкости цитоплазмы от возраста клетки.

Работа 4. Влияние ионов калия и кальция на вязкость цитоплазмы

Материалы и оборудование: 1) луковица синего лука; 2) растворы на бидистиллированной воде: 1 М KNO_3 , 0,7 М $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 1 М сахарозы в капельницах; 3) скальпель; 4) лезвие бритвы; 5) препаровальная игла; 6) микроскоп; 7) предметные и покровные стекла; 8) карандаш по стеклу; 9) кусочки фильтровальной бумаги.

Краткий теоретический материал. Ионы минеральных солей способны влиять на свойства коллоидов цитоплазмы, изменяя ее вязкость, причем ионы одно- и двухвалентных металлов проявляют противоположное действие. О вязкости цитоплазмы можно судить по времени плазмолиза: при большой вязкости цитоплазма с трудом отстает от клеточной стенки, сохраняя длительное время вогнутые поверхности (вогнутый плазмолиз), если же вязкость цитоплазмы мала, то вогнутый плазмолиз быстро переходит в выпуклый, а при высокой оводненности цитоплазмы она набухает, приобретая форму колпачков.

Ход работы. Нанести на чистые предметные стекла по капле растворов KNO_3 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (сделать на стеклах соответствующие надписи). В качестве контроля использовать раствор сахарозы, не влияющий на вязкость цитоплазмы. Поместить в растворы срезы эпидермиса с окрашенным клеточным соком и закрыть покровными стеклами, отметив время. Приступить к наблюдению под микроскопом, отмечая

время наступления фаз плазмолиза у большинства клеток. Следить за тем, чтобы препараты не подсыхали, вводя время от времени под покровные стекла новые капли растворов. Результаты записать в таблицу:

Плазмолитик	Время погружения в раствор	Время наступления плазмолиза	
		вогнутого	выпуклого

Зарисовать наиболее характерные клетки через 10–15 мин. после погружения срезов в растворы. Сделать вывод о влиянии катионов на вязкость цитоплазмы.

Работа 5. Накопление метиленовой синей в клетках элодеи

Материалы и оборудование: 1) побеги элодеи длиной около 10 см; 2) раствор метиленовой синей 1 : 50 000 (20 мг в 1 л водопроводной воды); 3) 1 М раствор KNO_3 в капельнице; 4) пинцет; 5) штатив с пробирками (2 шт.); 6) микроскоп; 7) предметное и покровное стекла; 8) полоски фильтровальной бумаги.

Краткий теоретический материал. В предыдущих работах было продемонстрировано важнейшее свойство цитоплазмы – полупроницаемость, то есть способность легко пропускать воду и задерживать растворенные вещества. Однако цитоплазма не обладает идеальной полупроницаемостью: она пропускает не только воду, но и многие вещества, причем некоторые из них со значительной скоростью. К числу таких веществ относится метиленовая синяя, которая довольно быстро проникает в растительные клетки. Ткани некоторых растений способны накапливать большое количество метиленовой синей вплоть до почти полного извлечения ее из наружного раствора вследствие химического связывания краски содержащимися в клетках дубильными веществами, причем нередко образуются небольшие синие кристаллы.

Ход работы. Заполнить две пробирки раствором метиленовой синей. Поместить в одну пробирку 2–3 побега элодеи, вторую оставить в качестве контроля. Через 2–3 ч (или через сутки) отметить изменение интенсивности окраски в сосуде с растениями по сравнению с контролем (рассматривать на светлом фоне). Поместить 1–2 интенсивно окрашенных листочка на предметное стекло в каплю 1 М раствора KNO_3 , накрыть покровным стеклом и через 15–20 мин. рассмотреть в микроскоп при большом увеличении. Зарисовать плазмолизированную клетку.

Сделать вывод, ответив на следующие вопросы:

1. В какой части клетки накапливается метиленовая синяя?
2. Как объяснить отсутствие обратной диффузии поглощенной краски из клеток в наружный раствор?
3. Остаются ли клетки живыми после накопления в них метиленовой синей?

Работа 6. Прижизненное окрашивание клеток нейтральным красным

Материалы и оборудование: 1) луковица обыкновенного лука, листья разных растений; 2) 0,02% раствор нейтрального красного в капельнице; 3) 1 М раствор KNO_3 в капельнице; 4) 10% раствор аммиака в капельнице с притертой пипеткой; 5) скальпель; 6) лезвие бритвы; 7) препаровальная игла; 8) микроскоп; 9) предметные и покровные стекла; 10) стеклянная палочка; 11) стаканчик с водой; 12) кусочки фильтровальной бумаги; 13) цветные карандаши.

Краткий теоретический материал. Подобно метиленовой синей краска *нейтральный красный* способна проникать в живые клетки и накапливаться в них в больших количествах. При непродолжительном пребывании клеток в растворе *нейтрального красного* цитоплазма не отмирает, в чем можно убедиться, вызвав плазмолиз окрашенных клеток (плазмолизироваться могут только живые клетки). *Нейтральный красный* – двухцветный индикатор: в кислой

среде ($\text{pH} < 6$) он имеет малиновую окраску, в щелочной – желтую.

Для понимания результатов данной работы необходимо иметь в виду, что в растворе с $\text{pH} \approx 7$ нейтральный красный находится в форме недиссоциированных молекул, хорошо растворимых в липидах мембран, тогда как в кислой среде это вещество диссоциирует на ионы, плохо растворимые в липидах. Цитоплазма живой клетки имеет слабое сродство к красителю. Окрашивание цитоплазмы и ядра – признак повреждения клетки.

Ход работы. Приготовить 2–3 среза эпидермиса чешуи обыкновенного лука или листьев каких-либо других растений и поместить их на предметное стекло в большую каплю раствора нейтрального красного, не накрывая покровным стеклом (при хорошем доступе воздуха прокрашивание происходит быстрее). Через 10–15 мин. (не более) отсосать раствор краски фильтровальной бумагой, перенести срезы в каплю воды, накрыть покровным стеклом и рассмотреть в микроскоп. Заменить воду 1 М раствором KNO_3 и ввести каплю 10% аммиака, являющегося сильным ядом. Рассмотреть препарат под микроскопом. Заменить воду 1 М раствором KNO_3 и продолжать наблюдения при большом увеличении. Зарисовать плазмолизированную клетку, отметив, какая часть окрашена красителем (клеточная стенка, цитоплазма или вакуоль) и в какой цвет (раскрасить цветным карандашом).

Отсосать из-под покровного стекла раствор KNO_3 и ввести каплю 10% аммиака. Рассмотреть препарат под микроскопом, обратив внимание на окраску цитоплазмы и ядра в погибших клетках. Зарисовать клетку.

Сделать выводы, ответив на следующие вопросы:

1. Велика ли проницаемость клеточных мембран для нейтрального красного?
2. В какой части живой клетки накапливается краситель и как это объяснить?
3. Какова реакция pH клеточного сока?

4. Как изменяется сродство цитоплазмы к нейтральному красному при ее повреждении?

Работа 7. Влияние ионов калия и кальция на проницаемость цитоплазмы

Материалы и оборудование: 1) луковица обыкновенного лука; 2) побеги элодеи; 3) 0,02% раствор нейтрального красного в капельнице; 4) 1 М раствор KNO_3 в капельнице; 5) 0,7 М раствор $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ в капельнице; 6) 1 М раствор сахарозы в капельнице; 7) лезвие бритвы; 8) препаровальная игла; 9) микроскоп; 10) предметные и покровные стекла; 11) фарфоровые чашечки (12 шт.); 12) карандаш по стеклу; 13) кусочки фильтровальной бумаги.

Краткий теоретический материал. Задача этой работы, являющейся продолжением предыдущей, показать, что проницаемость цитоплазмы зависит от ионов минеральных солей. Ионы, повышающие степень гидратации коллоидов, увеличивают проницаемость, тогда как ионы, проявляющие коагулирующее действие, вызывают дегидратацию белков, уменьшение пор мембран и понижение скорости проникновения веществ в клетку.

Ход работы. Налить раствор нейтрального красного в 2 фарфоровые чашки, добавив в одну из них 1 / 10 объема 1 М раствора KNO_3 , а в другую – 1 / 10 объема 0,7 М $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (18 капель раствора краски и 2 капли раствора соответствующей соли). Сделать на чашках надписи карандашом по стеклу.

Поместить в растворы по 3 среза эпидермиса лука или по 3 листочка элодеи. Через 5 мин. вынуть по одному срезу (или листочку), обсушить фильтровальной бумагой, поместить на предметное стекло в каплю 1 М раствора сахарозы и накрыть покровным стеклом. То же самое сделать с объектами, пролежавшими в растворе краски в течение 10 и 15 мин. Рассмотреть плазмолизированные клетки в микроскоп и сравнить скорость проникновения нейтрального красного в вакуоли (по интенсивности окраски).

Сделать вывод о влиянии ионов разной валентности на проницаемость цитоплазмы.

Работа 8. Определение сосущей силы клеток упрощенным методом (по Уршпрунгу)

Материалы и оборудование: 1) большой клубень картофеля; 2) 1 М раствор NaCl; 3) дистиллированная вода; 4) бюретки с воронками (2 шт.); 5) тарелка; 6) нож большой (кухонный); 7) скальпель; 8) пинцет; 9) крышки чашек Петри (7 шт.); 10) кусок стекла с прямыми углами (предметное стекло); 11) фильтровальная бумага; 12) карандаш по стеклу; 13) полоски миллиметровой бумаги 1×10 см; 14) термометр комнатный.

Краткий теоретический материал. Поступление воды в клетку определяется ее сосущей силой (S), которая зависит от степени насыщения клетки водой. В состоянии полного завядания (или начинающегося плазмолиза) тургорное давление отсутствует и сосущая сила клетки равна ее осмотическому давлению ($P = 0$, $S = \pi$). При погружении клеток в воду тургорное давление достигает максимальной величины, а сосущая сила падает до нуля ($P = \pi$, $S = 0$). Клетки наземных растений, как правило не бывают насыщены водой, у таких клеток $P < \pi$, а $S = \pi - P$.

Определение сосущей силы клеток упрощенным методом Уршпрунга осуществляется путем подбора равновесного раствора, в котором не происходит ни потери, ни поглощения воды клетками. Однако данный метод основан на измерении не концентрации растворов, а размеров кусков, вырезанных из исследуемых органов растений и погруженных в растворы известной концентрации: при погружении куска ткани в раствор, S которого больше S клеток, раствор отнимает воду от клеток и их размеры уменьшаются. Если S клеток больше S раствора, то клетки всасывают воду и увеличиваются в объеме. При равенстве S клеток и раствора размеры клеток не изменяются.

Упрощенный метод Уршпрунга пригоден только для крупных паренхиматозных органов со слабо развитыми механическими тканями (клубней, корнеплодов). Достоинство данного метода – простота и возможность непосредственно наблюдать за изменениями тургора в зависимости от степени насыщения клеток водой.

Ход работы. Приготовить по 20 мл растворов NaCl концентрации (моль / л) 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и 5,0, смешивая в чашках соответствующее количество 1 М раствора и воды. В чашку налить чистую воду. Вырезать из картофельного клубня большим ножом плоскопараллельную пластинку толщиной 3–4 мм, положить пластинку на тарелку; пользуясь предметным стеклом, вырезать из пластинки прямоугольник шириной 20–30 мм и длиной 40–70 мм (чем длиннее, тем лучше). Разрезать прямоугольник вдоль на 7 одинаковых полосок шириной 2–3 мм, измерить их длину с точностью до 0,5 мм и погрузить одну полоску в воду, а остальные – в приготовленные растворы, следя за тем, чтобы погружение было полным (даже небольшая часть полоски, оказавшаяся вне раствора, будет испарять воду, что приведет к грубому искажению результатов опыта). Готовить и измерять полоски следует быстро, не допуская подвядания материала. Тарелка, на которой разрезают клубень, стекло и скальпель должны быть сухими. Вытекающий из клубня при разрезании сок удаляют фильтровальной бумагой.

Через 20–30 мин. пинцетом извлечь полоски из растворов, промокнуть фильтровальной бумагой и повторно измерить их длину. Записать результаты по форме:

Концентрация NaCl, моль / л		1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0
Сосущая сила раствора, МПа								
Длина полоски, мм	исходная							
	после пребывания в растворе							
Разность, мм								
Тургор								

Во второй строке таблицы записать сосущую силу растворов, которая численно равна их осмотическому давлению. Вычислить по уравнению Вант-Гоффа: $\pi = RTCi$, где π – осмотическое давление (Мпа), R – универсальная газовая постоянная (0,00831 кДж / град моль), T – абсолютная температура ($273 + t^{\circ}\text{C}$), C – концентрация раствора (моль / л), i – изотонический коэффициент, показывающий отношение числа частиц (молекул и ионов) в растворе к исходному количеству молекул растворенного вещества.

Для неэлектролитов, например, для сахарозы, $i = 1$. Для растворов электролитов i зависит от числа ионов, на которые распадается молекула, и степени диссоциации. Значения i для растворов NaCl следующие:

Концентрация NaCl, моль/ л	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,01
Изотонический коэффициент	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,73	1,75	1,78	1,83	1,93

Данные для разности длины полосок можно получить, вычтя из большей величины меньшую, причем увеличение длины обозначить знаком «+» а уменьшение – знаком «–». В последней строке отметит степень тургора ткани (сильный, средний, слабый) или его отсутствие; для определения этого показателя разложить полоски на тарелке так, чтобы они наполовину свисали с ее края.

Сделать выводы, объяснив причины изменения размеров полосок в растворах разной концентрации, и записать сосущую силу клеток перед погружением их в растворы.

Работа 9. Зависимость сосущей силы от степени насыщения клеток водой

Материалы и оборудование: 1) кусок миллиметровой бумаги 10×10 см; 2) линейка.

Краткий теоретический материал. Данная работа – продолжение предыдущей. На основе данных, полученных в работе 8, нужно вычертить диаграмму, показывающую, как

изменяются сосущая сила клеток (S), осмотическое давление клеточного сока (π) и тургорное давление (P) при изменении степени насыщения клеток водой.

Если до погружения в растворы все клетки имели более или менее одинаковую степень насыщения водой, а следовательно, и одинаковые S , π и P , то после пребывания клеток в растворах все эти показатели для разных полосок стали различными.

Ход работы. Заполнить форму, в которую записать показатели, характеризующие состояние клеток после пребывания в растворах (см. таблицу в работе 8):

Длина полоски l , мм	
Сосущая сила S , МПа	
Осмотическое давление π , МПа	
Тургорное давление P , МПа	

1. Длина полосок (l). В 1-ю строку формы записать длину полосок после пребывания клеток в растворах, начиная с наименьшей концентрации. При совпадении длины полосок в нескольких самых крепких растворах (например, 0,6; 0,8 и 1,0 М) выбрать наиболее слабый из них (в приведенном примере 0,6 М), поскольку уже в этом растворе клеточные стенки достигли предела сокращения.

2. Сосущая сила клеток (S). Исходя из того, что полоски достаточно долго пролежали в растворах и перестали изменяться по длине (между клетками и растворами установилось равновесие), следует полагать, что сосущая сила клеток сравнялась с сосущей силой внешних растворов. Выписать величины из 2-й строки таблицы работы 8.

3. Осмотическое давление клеточного сока (π). Для самой короткой полоски (l_1) характерно полное отсутствие тургора: $P_1 = 0$, откуда (по формуле $S = \pi - P$) $\pi_1 = S_1$. Остальные полоски имеют все более разбавленный клеточный сок, причем π уменьшается обратно пропорционально объему клеток (или длине полосок): $\pi_1 l_1 = \pi_n l_n$, откуда $\pi_n = \pi_1 l_1 / l_n$.

4. Тургорное давление (P) находим по формуле $S = \pi - P$, откуда $P = \pi - S$.

Заполнив форму, вычертить диаграмму (Рис. 2). Для этого на куске миллиметровой бумаги начертить систему координат, откладывая по оси абсцисс миллиметры, а по оси ординат — мегапаскали. На оси абсцисс отложить длину полосок (l), например $1 \text{ мм} = 1 \text{ см}$, причем точку пересечения осей обозначить не нулем, а l_1 .

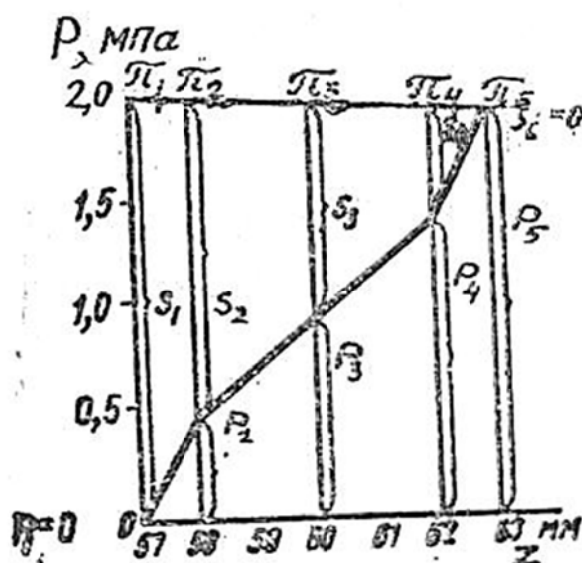


Рис. 2. Зависимость осмотических показателей от степени насыщения клеток водой

На оси ординат сначала отложить значения π , затем значения P , полученные точки соединить линиями. Получатся графики зависимости π и P от степени насыщения клеток водой. Значения для S откладывать не придется, так как эти величины будут представлены отрезками $\pi - P$.

В выводах указать, как изменяются π , P и S в зависимости от насыщения клеток водой.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ФИЗИОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ»

1. Клеточное строение впервые наблюдал у растений: Р. Гук; Н. Грю; Р. Броун; Я. Пуркине.	2. Клеточная теория сформулирована: М. Шлейденом и Т. Шванном; Т. Шванном; М. Шлейденом; Р. Вирховым.
3. Впервые термин протоплазма применил: Ф. Кон; Я. Пуркине; Э. Уилсон; Ч. Дарвин.	4. Ядро в растительной клетке описал: Р. Броун; Я. Пуркине; Н. Грю; Р. Гук.
5. Плазмолиз наблюдается при погружении клетки: в гипотонический раствор; в гипертонический раствор; в воду; в изотонический раствор.	6. Деплазмолиз наблюдается при погружении плазмолизированной клетки: в воду; в слабый раствор; в гипертонический раствор; самопроизвольно благодаря явлению анатоза из-за постепенного проникновения молекул плазмолитика в клетку.
7. Подвижность протоплазмы обусловлена изменчивостью свойств: липидов; белков; фосфатидов; липоидов и фосфатидов.	8. Органы растения увеличиваются в размерах благодаря: увеличению числа клеток; увеличению числа клеток и их росту; увеличению числа клеток и образованию межклетников.
9. Растительные клетки соединены между собой: межклетниками; особым межклеточным веществом, находящимся между оболочками соседних клеток; выростами цитоплазмы; межклеточным веществом и межклетниками.	10. Перед делением клетки происходит: удвоение хромосом; накопление питательных веществ; накопление питательных веществ и минеральных солей.

11. К одномембранным органоидам клетки относятся: клеточный центр, комплекс Гольджи; эндоплазматический ретикулум, митохондрии; ЭР, лизосомы, комплекс Гольджи; пластиды, комплекс Гольджи, рибосомы.	12. Двумембранное строение имеют: митохондрии, пластиды, ядро; лизосомы, рибосомы, митохондрии; ЭР (эндоплазматический ретикулум), комплекс Гольджи; клеточный центр, рибосомы.
13. Проницаемость мембран протоплазмы обеспечивают ионы: Ca_+ ; Na_+ , K_+ , Cl^- ; Zn_{2+} ; Mg_{2+} ; Cu_{2+} .	14. Клеточные мембраны построены из: белков и углеводов; липидов и белков; нуклеиновых кислот и липидов; углеводов.
15. В росте клеточной стенки принимает участие: аппарат Гольджи; эндоплазматический ретикулум (ЭР); микротрубочки; глиоксисомы.	16. Какие органоиды растительной клетки относятся к полуавтономным: митохондрии, хлоропласты; ядро; ядро, рибосомы, аппарат Гольджи; ЭР, микротрубочки, митохондрии; пероксисомы, сферосомы.
17. Рибосомы в клетке размещаются: свободно плавают в цитоплазме; в ядре; значительная часть лежит в гранулярном эндоплазматическом ретикулуме, а часть свободно плавает в цитоплазме; в наружной мембране ядерной оболочки.	18. Функции аппарата Гольджи состоят в: химической модификации веществ клетки; упаковке веществ в пузырьки и выведение их в виде секретов; выведении синтезированных веществ во внешнюю среду, участие в синтезе клеточной стенки; синтезе белков.
19. В каких из названных органоидов растительной клетки накапливается крахмал: в хлоропластах и ядре; в хлоропластах и лейкопластах; в вакуолях и митохондриях; в сферосомах.	20. Из чего формируются пластиды: из этиопластов; пропластид; амилопластов; протеинопластов.

21. В каких структурных компонентах клетки имеет место поглощение энергии квантов света: в рибосомах; хлоропластах; в гиалоплазме; в ЭР.	22. Набор гидролитических ферментов в клетке находится: в лизосомах; в митохондриях; в хлоропластах; в ЭР.
23. Какие органоиды в клетке с энергетическими системами и с центром дыхания: ядро; митохондрии; хлоропласты; рибосомы.	24. Почему митохондрии считают полуавтономными органоидами клетки: они с энергетическими станциями клетки, в которых происходит синтез АТФ; они образованы двумя мембранами; в них есть мощная белоксинтезирующая система; принимают участие в транспорте электронов.
25. Чем отделена цитоплазма растительной клетки от окружающей среды: плазмолеммой; тонопластом; клеточной стенкой; клеточном центром.	26. Какую функцию выполняют рибосомы: транспортную; синтез белков; синтез жиров; синтез углеводов.
27. Почему митохондрии называют энергетическими станциями клетки: осуществляют синтез АТФ; синтез белка; расщепляют АТФ; синтез углеводов.	28. Каковы функции ядра: участие в делении клетки и фотосинтезе; построение клеточной стенки; сохранение и передача наследственной информации; передача информации в цитоплазму путем синтеза и-РНК.
29. К группе органогенных химических элементов относятся: кислород, углерод, водород, железо; углерод, магний, кислород, йод; водород, кислород, углерод, азот; железо, фосфор, азот, углерод.	30. Доля минеральных веществ в сухой массе растений составляет: 50 %; 75 %; 5 %; 2 %.

31. Полисахаридами растений являются: глюкоза и фруктоза; крахмал, целлюлоза, пектин; сахароза и гликоген; ксилоза и арабиноза.	32. ДНК в растительной клетке можно обнаружить в: цитоплазме и ядре; ядре, хлоропластах, митохондриях; ЭР, аппарате Гольджи, рибосомах; клеточной стенке.
33. Основной функцией сахарозы является: транспортная; структурная; запасающая; защитная.	34. Пептидная связь образуется при взаимодействии групп: ОН и COOH; NH ₂ и OH; COOH и NH ₂ ; CO и OH.
35. Каталитическая функция присуща следующей группе органических веществ: нуклеиновым кислотам; белкам; фосфолипидам; липидам.	36. В образовании кутикулы у растений принимают участие: целлюлоза и суберин; кутин и воск; лигнин и крахмал; гликоген.
37. Какие функции выполняют липиды: регуляторную, антибиотиков; транспортную, каталитическую; энергетическую, строительную; каталитическую, регуляторную.	38. Какие запасные вещества откладываются у растений на зиму: белки; углеводы; жиры; углеводы, белки, жиры.
39. Какое значение для растений имеют жиры: структурные компоненты мембран; запас энергии; терморегуляция; источник H ₂ O.	40. Чем отличаются ферменты от других белков: синтезируются на рибосомах; являются катализаторами химических реакций; в их состав входят металлы, витамины.
41. В какой части клетки находится наибольшая часть свободной воды: в клеточной оболочке; в вакуолях; в цитоплазме; в хлоропласте.	42. Внутриклеточные системы регуляции: регуляция на уровне ферментов; генетическая и мембранная регуляция; рецепторно-конформационная регуляция; аллостерическая регуляция.

ВОПРОСЫ К СЕМИНАРУ ПО ТЕМЕ «ФИЗИОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ»

1. Каковы структурные особенности растительной клетки? Чем клетки животных отличаются от растительных клеток?
2. Какие химические связи участвуют в создании надмолекулярных структур в клетке?
3. Каковы основные функции клеточной оболочки? Какие органеллы участвуют в её образовании?
4. Охарактеризуйте главные компоненты, входящие в состав клеточной оболочки, их химическую структуру, характер связей, возникающих между ними.
5. Охарактеризуйте основные видоизменения клеточной оболочки, их причины и свойства.
6. Какова структурная модель клеточной оболочки?
7. Охарактеризуйте межклеточные связи: плазмодесмы, поры. Дайте понятие симпласту и апопласту.
8. Объясните, что такое эластическая и пластическая растяжимость.
9. Охарактеризуйте ультраструктуру и функции гиалоплазмы и цитоскелета.
10. Охарактеризуйте ультраструктуру и функции рибосом
11. Отметьте особенности жидкостно-мозаичной модели структуры мембран. Почему она имеет такое название? Как особенности структуры мембраны связаны с выполняемыми функциями?
12. Охарактеризуйте ультраструктуру и функции эндоплазматического ретикулума.
13. Охарактеризуйте ультраструктуру и функции аппарата Гольджи.
14. Охарактеризуйте строение и функции вакуоли.
15. Охарактеризуйте структуру и функции лизосом и митохондрий.
16. Охарактеризуйте ультраструктуру и функции митохондрий.
17. Охарактеризуйте ультраструктуру и функции пластид.
18. Опишите физиологические процессы и структуру ядра.

19. Каковы особенности химических процессов клетки и особенности ферментов.
20. Раскройте химический состав и структуру ферментов.
21. Опишите три фазы действия фермента.
22. Охарактеризуйте 6 классов ферментов. Дайте понятие изоферментам.
23. Каким образом ферменты ускоряют химические реакции? От чего зависит скорость и направленность ферментативных реакций?
24. Каковы условия влияющие на регуляцию активности белков-ферментов?
25. Каковы пути регуляции биосинтеза белков ферментов?
26. Дайте определения понятиям «диффузия» и «осмос». Чем определяется направление диффузии? Что такое химический потенциал?
27. От чего зависит поступление воды в клетку? Что такое водный потенциал клетки? Каковы его составляющие?
28. Что является движущей силой пассивного транспорта ионов?
29. Каковы критерии активного транспорта ионов?
30. Охарактеризуйте 1-й этап поступления веществ в растительную клетку – этап поступления веществ в клеточную стенку.
31. Охарактеризуйте 2-й этап поступления веществ в растительную клетку – этап поступления веществ через мембрану.
32. Назовите три типа транспортных белков.
33. Охарактеризуйте каналы как транспортные белки.
34. Охарактеризуйте переносчики как транспортные белки.
35. Охарактеризуйте насосы как транспортные белки.
36. Какой тип транспорта веществ в клетку мы называем первично-активным? вторично-активным?
37. Дайте определение понятиям «антипорт», «симпорт».
38. Охарактеризуйте явление пиноцитоза в растительной клетке.
39. Охарактеризуйте транспорт веществ в цитоплазме (3-й этап) и поступление в вакуоль (4-й этап).

ВОДООБМЕН РАСТЕНИЙ

Вода – обязательная составная часть живой материи. Роль воды в жизни растений проявляется во всех аспектах их жизнедеятельности. В тканях растений содержание ее колеблется в широких пределах: от 5 до 95 % от сырой массы тканей. Для процессов жизнедеятельности важным условием является не только общее содержание воды, но и ее состояние. Вода является и средой, и непосредственным участником большинства биохимических реакций.

Водный режим растений состоит из 3 элементов: поглощение воды, ее передвижение и расходование (главным образом – в процессе транспирации). Нормальная обеспеченность клеток водой необходима для поддержания их оболочек в упругом состоянии, в состоянии тургора. Благодаря этому поддерживается форма органов растений со слабо развитой механической тканью. С изменением тургорного давления связаны и некоторые движения частей растений.

Вода способна переносить по растению как минеральные, так и органические соединения. Испарение воды (транспирация) служит основным средством терморегуляции у растений, так как удельная теплота испарения воды очень велика. Высокое поверхностное натяжение способствует передвижению воды по капиллярам.

Метаболизм и продуктивность растений в сильной степени зависят от состояния воды и ее баланса в тканях. Поэтому различные показатели водообмена часто служат предметом исследования. Настоящий раздел включает некоторые из них.

Работа 10. Зависимость набухания семян от характера запасных веществ

Материалы и оборудование: 1) семена пшеницы, гороха и других растений; 2) технические весы с разновесами; 3) химические стаканы на 100–200 мл (2 шт.); 4) марлевые салфетки 12 × 12 см; 5) фильтровальная бумага.

Краткий теоретический материал. При соприкосновении с влажным субстратом сухие семена быстро поглощают воду и увеличиваются в объеме благодаря набуханию белков, крахмала и других гидрофильных коллоидов, причем у некоторых семян возникает большое давление (до 100 МПа). В основе набухания лежит гидратация коллоидов – взаимодействие веществ с водой, приводящее к уменьшению ее подвижности. Главную роль в процессе набухания семян играют белки – наиболее гидрофильные вещества. Гидратация белков включает 3 процесса:

1. Электронеутральная гидратация путем образования водородных связей между атомами О и N полярных групп (карбоксильной, спиртовой, аминной, амидной и др.) и водородом воды (наиболее важный процесс, приводящий к значительному увеличению объема и повышению температуры);

2. Ионная гидратация – притяжение диполей воды ионизированными группами белка $-\text{COO}^-$ и $-\text{NH}_3^+$;

3. Иммобилизация молекул воды, попадающих в замкнутые полости белковых глобул. Набухание белков имеет большое значение для биохимической активности клетки.

Задача данной работы – сравнение процесса набухания семян, отличающихся разным содержанием основных запасных веществ – крахмала и белка (в семенах пшеницы содержится в среднем около 16 % белка и 70 % крахмала, в семенах гороха – до 34 % белка и 48 % крахмала).

Ход работы. Навески (2–5 г) семян пшеницы, гороха или других растений завернуть в марлевые салфетки и погрузить в водопроводную воду, налитую в стаканчики. Через 3 ч (или через сутки) извлечь семена из марлевых мешочков,

быстро обсушить фильтровальной бумагой и взвесить. Увеличение массы семян выразить в процентах от исходной.

Результаты записать в таблицу:

Растение	Масса семян, г		Увеличение массы семян	
	исходная	после набухания	г	% исходной
Пшеница				
Горох				

Сделайте вывод, ответив на вопросы:

1. Как происходит набухание семян?
2. Какова зависимость этого процесса от содержания основных запасных веществ?

Работа 11. Влияние концентрации раствора на прорастание семян

Материалы и оборудование: 1) семена пшеницы или других растений; 2) 1,0, 0,1 и 0,01 М растворы NaCl; 3) бюретки с воронками (4 шт.); 4) весы технические с разновесами; 5) разборная доска; 6) пинцет; 7) чашки Петри (4 шт.); 8) чистый сухой песок; 9) бумага; 10) клей; 11) пинцет; 12) миллиметровая линейка.

Краткий теоретический материал. Первый этап поступления воды в сухие семена обусловлен набуханием гидрофильных коллоидов, особенно белков, притягивающих воду с силой до 100 МПа. По мере увеличения количества воды в клетках эта сила быстро уменьшается и у вполне насыщенных водой семян падает почти до нуля. Дальнейшее поступление воды в семена происходит осмотически. На прорастание семян и рост проростков большое влияние оказывает концентрация растворимых солей в почве, точнее, разность между осмотическим давлением клеточного содержимого и почвенного раствора: чем больше эта разность, тем легче поступает вода в клетки.

Для понимания результатов данного опыта нужно иметь в виду, что осмотическое давление клеточного сока у молодых проростков обычно не превышает 1 МПа.

Ход работы. Насыпать в 4 чашки Петри по 50 г песка, снабдить чашки этикетками и смочить песок в 1-й чашке 10 мл 1 М раствора NaCl, во 2-й – 10 мл 0,1 М раствора NaCl, в 3-й – 10 мл 0,01 М раствора NaCl, в 4-й – 10 мл воды. Отобрать на разборной доске 4 порции по 20 шт. неповрежденных и по возможности одинаковых семян. Поместить семена в чашки, разложив их равномерно по поверхности песка, закрыть чашки крышками и поставить в темное место.

Держать чашки закрытыми 2–3 дня, затем открыть крышки и ежедневно поливать соответствующими растворами. Через неделю определить размеры проростков, для чего взять из каждой чашки 10 проростков (подряд, не выбирая), измерить длину надземных частей и корешков (если у одного проростка несколько корешков, измерить один самый длинный) и найти среднее арифметическое из всех 10 измерений.

Вычислить осмотическое давление растворов по формуле:

$$\pi = RTCi$$

Изотонические коэффициенты приведены в работе 8. Результаты записать в таблицу:

Растение	Концентрация раствора, моль / л	Осмотическое давление раствора, МПа	Длина, мм	
			надземных частей	корешков
	1,0			
	0,1			
	0,01			
	0			

Сделать выводы о причинах неодинакового прорастания семян в растворах разной концентрации.

Работа 12. Определение интенсивности кутикулярной транспирации

Материалы и оборудование: 1) свежие листья плюща, фуксии, цикламена, сирени или других растений с гипостоматическими листьями; 2) вазелин в фарфоровой чашке; 3) аналитические или технические весы; 4) скальпель; 5) пробирки (2 шт.); 6) водяная баня.

Краткий теоретический материал. Различают транспирацию устьичную (диффузию водяного пара, образовавшегося в межклетниках листа) и кутикулярную (испарение воды клетками эпидермиса). При открытых устьичных щелях одновременно осуществляются обе формы транспирации, при закрытых – только кутикулярная. Если у гипостоматического листа, имеющего устьица только на нижней стороне, замазать эту сторону вазелином, то можно определить интенсивность кутикулярной транспирации. С амфистоматическими листьями (имеющими устьица на 2 сторонах) таких растений, как подсолнечник, бобы, кукуруза, этот опыт провести нельзя.

Ход работы. Срезать 2 одинаковых гипостоматических листа и смазать нижнюю сторону одного из них тонким слоем вазелина, слегка разогретого на водяной бане. Взвесить листья на аналитических или технических весах, отметив время, и поставить их черешками в пустые пробирки. Через 10–15 мин. повторить взвешивание. Уменьшение массы необработанного листа (*a*) характеризует общую транспирацию (устьичную + кутикулярную). Для определения доли кутикулярной транспирации следует потерю воды листом со смазанной нижней поверхностью (*b*) умножить на 2, так как у первого листа испаряют оба эпидермиса (верхний и нижний), и выразить в процентах от общей транспирации по формуле:

$$x = (2b/a) 100 \ %.$$

Результаты исследования разных объектов записать в таблицу:

Растение	Вариант опыта	Масса листа, г		Испарено воды, г	Транспирация, % общей	
		исходная	в конце опыта		кутикулярная	устьичная
	Без вазелина					
	С вазелином					

В выводах сопоставить интенсивность кутикулярной транспирации листьев разных растений, а также молодых и старых листьев одного и того же растения.

Работа 13. Наблюдение за устьичными движениями под микроскопом

Материалы и оборудование: 1) свежие листья гортензии, амариллиса, тюльпана или традесканции; 2) 1 М раствор сахарозы в капельнице; 3) 5 % раствор глицерина в капельнице; 4) лезвие бритвы; 5) препаровальная игла; 6) микроскоп; 7) предметные и покровные стекла; 8) стакан с водой; 9) стеклянная палочка; 10) кусочки фильтровальной бумаги.

Краткий теоретический материал. Газообмен между межклетниками листа и наружной атмосферой регулируется устьицами. Каждое устьице состоит из двух замыкающих клеток, у которых стенки, примыкающие к устьичной щели, сильно утолщены, тогда как наружные части оболочки остаются тонкими. Неодинаковая толщина наружных и внутренних стенок замыкающих клеток приводит к тому, что при изменении тургора замыкающие клетки способны искривляться или распрямляться, открывая или закрывая при этом устьичную щель.

Ход работы.

Опыт 1. Срез нижнего эпидермиса листа какого-либо растения рассмотреть в капле воды при большом увеличении в микроскоп. Зарисовать одно устьице, отметив утолщения клеточных стенок замыкающих клеток. Нанести рядом с по-

кровным стеклом 2–3 капли 1 М раствора сахарозы, приложив с другой стороны кусочек фильтровальной бумаги, и сразу приступить к наблюдению за изменением ширины устьичных щелей. Зарисовать устьице в закрытом состоянии. Снова заменить раствор водой и наблюдать постепенное открывание устьиц.

Опыт 2. Приготовить срез эпидермиса листа какого-либо растения, поместить в каплю 5 % раствора глицерина на предметное стекло, накрыть покровным стеклом и сразу начать наблюдения плазмолиза под микроскопом как в замыкающих клетках, так и в остальных клетках эпидермиса. Устьичные щели при этом закрываются.

Через некоторое время, вследствие того, что глицерин начинает проникать через цитоплазму в клеточный сок, наступает деплазмолиз, и устьица открываются.

Заменить глицерин водой, для чего нанести рядом с покровным стеклом каплю воды, а с другой стороны оттянуть глицерин фильтровальной бумагой. При этом устьица откроются еще шире, чем это было в начале опыта, так как вследствие проникновения глицерина в клеточный сок осмотическое давление в замыкающих клетках повысилось.

Записать результаты наблюдений и в выводе объяснить причины устьичных движений.

Работа 14. Определение состояния устьиц методом отпечатков

Материалы и оборудование: 1) комнатные растения (некоторые растения или отдельные листья за 2–3 ч до занятия поместить в темноту); 2) коллодий (аптечный), разведенный смесью спирта с эфиром (1 : 7) до сиропообразной консистенции, или бесцветный маникюрный лак, в склянке с притертой пробкой; 3) тонкая стеклянная палочка; 4) пинцет; 5) микроскоп; 6) окулярный микрометр; 7) объективный микрометр; 8) предметные стекла.

Краткий теоретический материал. На поверхность листа наносят тонкий мазок раствора коллодия. После испа-

рения растворителя образуется пленка, на которой отпечатывается эпидермис с устьицами. Рассматривая полученные отпечатки в микроскоп, можно определить количество и размер устьиц, а также измерить ширину устьичных щелей. Данный метод можно использовать не только для лабораторных, но и для полевых исследований (в последнем случае отпечатки хранят до определения в пробирках с водой). Для исследования листьев, устьица которых расположены в углублениях эпидермиса (например, у олеандра), этот метод неприменим, так как у таких листьев отпечатки не получаются.

Ход работы. Нанести на нижнюю сторону листа стеклянной палочкой каплю раствора коллодия и быстро размазать тонким слоем. После полного высыхания снять пленку пинцетом, поместить на предметное стекло и рассмотреть при большом увеличении без покровного стекла. Вставить в микроскоп окулярный микрометр и измерить ширину и длину устьичной щели не менее чем у десяти устьиц, вычислить средние величины.

Определить цену деления окулярного микрометра. Для этого поместить на предметный столик микроскопа объективный микрометр, каждое деление которого равно 0,01 мм, т. е. 10 мкм. Поворачивая окуляр, совместить обе шкалы так, чтобы нуль окулярного микрометра совпал с какой-либо линией объективного микрометра. На другом конце поля зрения также найти совпадающие линии и определить, сколько делений окулярного микрометра (A) соответствует делениям объективного микрометра (B), находящимся между совмещенными точками. Цена деления окулярного микрометра определяется по формуле:

$$B \times 10 / A \text{ мкм}$$

Умножив длину и ширину устьичных отверстий, выраженных в делениях окулярного микрометра, на цену 1 деления, найти абсолютные размеры устьичных щелей. Вычислить

площадь устьичной щели, с некоторым приближением принимая ее форму за ромб, по формуле:

$$s = 0,7 ab,$$

где a – ширина, b – длина щели.

Исследовать листья разных ярусов одного и того же растения, а также хорошо освещенные и затемненные листья.

Результаты записать в таблицу:

Рас- тение	Лист	Условия	Цена деления оку- лярного микро- метра, мкм	Размеры устьичных отверстий				Пло- щадь усть- ичных отвер- стий, мкм ²
				в делениях окулярного микрометра		в мкм		
				ширина	длина	ширина	длина	
	Нижний Верхний	Свет Темнота						

Сделать выводы о влиянии ярусности и условий освещения на размеры устьичных отверстий.

Работа 15. Значение пробки для защиты растения от потери воды

Материалы и оборудование: 1) безлистные побеги древесных растений; 2) скальпель; 3) технические весы с разновесами; 4) чашка с парафином; 5) электроплитка.

Краткий теоретический материал. На стеблях древесных растений в конце первого лета возникает вторичная покровная ткань – пробка, толщина которой с каждым годом увеличивается. В клеточных стенках пробковой ткани откладывается суберин – жироподобное вещество, непроницаемое для воды и газов, вследствие чего протопласты опробковевших клеток отмирают. После формирования пробковой ткани газообмен стебля осуществляется через чечевички.

Ход работы. Вырезать из побега исследуемого растения два одинаковых отрезка длиной 12–15 см и осторожно соскоблить у одного из них пробку до зеленой паренхимы (феллодермы). Залить концы отрезков расплавленным парафином (для предотвращения испарения с поверхности срезов), после чего взвесить их с точностью до 0,01 г. Через 2 ч повторить взвешивание. Записать полученные данные в таблицу:

Растение	Вариант опыта	Масса, г		Уменьшение массы	
		исходная	через 2 ч	г	% исходной
	С пробкой				
	Без пробки				

Сделать вывод о значении пробки, указав, во сколько раз изменяется потеря воды побегом после удаления пробковой ткани.

Работа 16. Определение водопроводимости древесины

Материалы и оборудование: 1) облиственные побеги лиственных древесных растений (липа, тополь, бузина, зимой – гибискус или распустившиеся в лаборатории ветки тополя) и хвойных (сосна, ель); 2) раствор эозина 30 мг / л; 3) банки емкостью 1 л с пробками и этикетками (2 шт.); 4) мерный цилиндр; 5) кристаллизатор; 6) чашка с парафином; 7) скальпель; 8) электроплитка; 9) пробочные сверла; 10) лупа; 11) миллиметровая линейка; 12) кипяченая охлажденная вода.

Краткий теоретический материал. Вода и растворенные в ней вещества передвигаются от корней к испаряющей поверхности листьев (восходящий ток) по древесине, основными элементами которой являются сильно вытянутые в продольном направлении мертвые одревесневшие клетки. У голосеменных они представлены трахеидами длиной 1–5 мм. Покрытосеменные, кроме того, имеют сосуды, длина которых составляет от 10 см до нескольких метров.

Водопроводимостью называют количество миллилитров воды, прошедшей через единицу поперечного сечения водопроводящих элементов древесины в единицу времени (час или сутки). У молодых стеблей воду проводят все сосуды и трахеиды, тогда как у многолетних стеблей древесных растений внутренние годичные кольца древесины водопроводимость теряют.

Ход работы. Взять два побега: один лиственной, другой – хвойной породы (диаметр стебля должен быть около 1 см), очистить нижние части стеблей от листьев и закрепить побеги в отверстиях пробок. Обновить срезы стеблей под водой и вставить в банки с точно отмеренным объемом воды, подкрашенной эозином.

Записать объем налитой жидкости и время начала опыта на этикетке. Залить пробки расплавленным парафином. Поставить банки с побегами в хорошо освещенное место.

Через 1–2 недели вынуть из банок пробки с побегами и измерить мерным цилиндром объем оставшейся воды. Вычислить количество поглощенной побегами воды (m). Для определения площади поперечного сечения древесины сделать поперечный срез участка стебля, который был расположен немного выше уровня воды в банке, и, пользуясь лупой, измерить радиус (R) древесины и сердцевины (от центра стебля до камбия) и неокрашенной средней части стебля (r), представленной сердцевиной. Вычислить площадь поперечного сечения древесины (S) по формуле $S = \pi (R^2 - r^2)$.

Результаты записать в таблицу:

Растение	Количество воды, мл			Экспозиция (T), сут.	Радиус, мм		Площадь поперечного сечения древесины (S), мм ²	Водопроводимость древесины, мл/см ² , сут.
	исходное	оставшееся в банке	поглощенное побегом (m)		древесины и сердцевины (R)	сердцевины (r)		

Рассчитать водопроводимость древесины (W) по формуле:

$$W = m \cdot 100 / ST.$$

В выводах сопоставить водопроводимость древесины разных растений и объяснить причины различий.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ВОДООБМЕН РАСТЕНИЙ»

<p>1. В каком случае можно выявить осмотическое давление раствора: в системе: раствор – стекло – растворитель; в растворе сахарозы в колбе; в системе: вакуолярный сок – цитоплазма клеток корня – почвенный раствор; в системе: вакуоль – цитоплазма.</p>	<p>2. В клетках каких растений осмотическое давление клеточного сока наибольшее: у степных растений; у гигрофитов; у галофитов – растений, которые произрастают на засоленных почвах; у мезофитов.</p>
<p>3. В каких случаях величина со- сущей силы (S) возрастает: при повышении концентрации клеточного сока; при превращении сахара в крах- мал; при насыщении клеток водой; при снижении оводненности кле- ток.</p>	<p>4. Сосущая сила $S = \pi - P$. Какое значение будет иметь S при насыщении клеток водой: $S = \pi$; $S = 0$; $S > 0$; $S < \pi$.</p>
<p>5. Как изменится интенсивность обмена веществ в клетке при увеличении части связанной воды: увеличится; уменьшится; останется без изменения; трудно ответить.</p>	<p>6. Дерево за один час испарило 650 г, а корневая система погло- тила за тоже время 520 г воды. Какие условия внешней среды способствовали этому несоответ- ствию: выпадение дождя; снижение температуры воздуха; уменьшение влажности воздуха; уменьшение влажности воздуха и повышение температуры воздуха.</p>
<p>7. Как изменится осмотическое давление у клетки, помещенной в гипертонический раствор? возрастет; снизится; станет равным 0.</p>	<p>8. В каком случае тургорное дав- ление равно 0? у тургесцентной клетки; при циторризе; у плазмолизированной клетки; трудно ответить.</p>

<p>9. Клетка находится в состоянии полного насыщения водой. Осмотическое давление клеточного сока 0,8 МПа. Чему равняется со- сущая сила и тургорное давление этой клетки: $P = 0,8 \text{ МПа}, S = 0;$ $P = 0, S = 0,8 \text{ МПа};$ $P = 0, S = 0;$ $P = S, S = P.$</p>	<p>10. Растворы с осмотическим давлением 0,8 и 1,0 МПа вызывали плазмолиз клеток исследуемой ткани, а в растворах, осмотическое давление которых 0,4 и 0,6 МПа, не обнаруживалось. Чему равняется осмотическое давление клеточного сока: 0,8 МПа; 0,7 МПа; 0,6 МПа; 0,9 МПа.</p>
<p>11. Что произойдет, если клетку в состоянии начального плазмолиза с осмотическим давлением 2000 кПа поместить в раствор с осмотическим давлением 1200 кПа: не изменится; перейдет в состояние выпуклого плазмолиза; перейдет в тургесцентное состояние; перейдет в состояние судорожного плазмолиза.</p>	<p>12. В какую сторону изменится длина кусочка растительной ткани при погружении ее в раствор с осмотическим давлением 1 МПа, если видно, что этот же кусочек в растворе с осмотическим давлением 0,8 МПа не изменил своих размеров: не изменится; увеличится; уменьшится; трудно ответить.</p>
<p>13. Чему равняется сосущая сила клеток, если видно, что при погружении их в 0,2 М раствор сахарозы размеры клеток увеличились, а в 0,4 М остались без изменений? Опыт проводился при t 22 °С: 9,6 атм.; 4,8 атм.; 2,4 атм.; 3,9 атм.</p>	<p>14. В растворе с каким химическим потенциалом более высокий водный потенциал: -3000 кПа; -2000 кПа; -1000 кПа; 0 кПа.</p>

<p>15. Чему равняется сосущая сила клетки, если известно, что при погружении в 0,3 М раствор сахарозы размеры клеток увеличились, а в 0,4 М растворе остались без изменений: 9,84 атм; 19,68 атм; 7,38 атм; 8,68 атм.</p>	<p>16. Скорость передвижения воды по ксилеме: для лиственных пород – $20 \text{ см}^3 / \text{ч}$ на 1 см^2 поперечного сечения древесины (ПСД); $30 \text{ см}^3 \cdot \text{час}$ на 1 см^2 ПСД; $45 \text{ см}^3 \cdot \text{час}$ на 1 см^2 ПСД; для хвойных – $5 \text{ см}^3 / \text{ч}$.</p>
<p>17. Какой тип движения устьиц относится к гидропассивным: закрывание устьиц в результате механического давления соседних эпидермальных клеток, заполненных водой; открытие и закрытие устьиц, в зависимости от смены света и темноты; движение, обусловленное содержанием воды в самих замыкающих клетках; открытие и закрытие устьиц за счет изменения концентрации в замыкающих клетках устьиц.</p>	<p>18. При создании органического вещества массой 1 г растение в процессе транспирации испарило воду массой 730 г. Какая единица транспирации соответствует этому показателю: транспирационный коэффициент; экономичность транспирации; продуктивность транспирации; интенсивность транспирации.</p>
<p>19. Какие клетки имеют наименьший водный потенциал ($\psi \text{ H}_2\text{O}$): клетки паренхимы коры корня; клетки листа; корневые волоски; клетки проводящей системы.</p>	<p>20. Относительная транспирация – это: количество граммов воды, затраченной на накопление сухого вещества; количество граммов испаренной воды за единицу времени с единицы испаряющей поверхности; отношение количества воды, испаренной с поверхности листа, к количеству воды, которая испарилась со свободной водной поверхности той же площади за то же время; число граммов воды, израсходованной при накоплении 1 г сухих веществ.</p>

<p>21. Гидростабильные виды – это: виды, которые способны переносить резкие смены содержания воды; виды, которые при сильном обезвоживании входят в состояние анабиоза; виды с совершенной регуляцией транспирации, что приводит к незначительным изменениям содержания в них воды; пойкилогидрические растения.</p>	<p>22. В какое время суток транспирация у суккулентов достигает максимума: ночью; в полдень; утром; вечером.</p>
<p>23. Какие органы растений служат концевыми двигателями водного тока: корень, стебель; стебель, листья; корень, листья; все органы.</p>	<p>24. Какие особенности строения замыкающих клеток устьиц определяют изменение просвета устьичной щели при изменении величины тургорного давления: наличие хлоропластов; неравномерная толщина клеточных стенок; наличие центральной вакуоли; гидропассивные факторы.</p>
<p>25. Ветка ивы с листьями была срезана с дерева, поставлена в банку с водой и накрыта стеклянным колпаком. Будет ли наблюдаться гуттация у этой ветки: да; нет; зависит от температуры воды; зависит от возраста растений.</p>	<p>26. Какое явление можно наблюдать, если накрыть растение стеклянным колпаком: поступление воды резко замедлится; останется на прежнем уровне; усилится; трудно предположить, что произойдет.</p>
<p>27. Известно, что в период весеннего сокодвижения в пасоке древесных растений находится много различных сахаров. Каково их происхождение: поглощаются корнями из почвы; синтезируются в корнях; образуются при гидролизе полисахаридов, отложенных в корневой системе; поступают из распускающихся листьев по ситовидным трубкам флоэмы.</p>	<p>28. При определении устьичной и кутикулярной транспирации у листа березы выявлено, что их соотношение составляет приблизительно 9 : 1. Что можно сказать о возрасте этого листа: молодой; старый; среднего возраста; не зависит от возраста.</p>

<p>29. Ток воды по клеткам корня в радиальном направлении обусловлен наличием градиента водного потенциала. Какие клетки имеют наименьшую величину водного потенциала: корневые волоски; клетки коры корня; клетки, которые окружают сосуды; клетки ксилемы.</p>	<p>30. Какие из названных факторов снижают интенсивность транспирации: высокий уровень оводненности тканей; высокая влажность воздуха; высокая температура; низкая температура.</p>
<p>31. Какие факторы свидетельствуют о том, что «плач» растений является результатом метаболической деятельности корней: «плач» прекращается после помещения корневой системы в гипертоничный раствор; интенсивность «плача» уменьшается низкой температурой; «плач» прекращается после омертвления клеток корня; интенсивность «плача» не меняется.</p>	<p>32. Какая жидкость содержит больше минеральных веществ: гуттационная; пасока; ксилемный сок в листьях; зависит от вида растений и периода вегетации.</p>
<p>33. Какие из особенностей истинных ксерофитов (эвксерофитов) позволяют им противостоять обезвоживанию: высокая интенсивность работы устьичного аппарата; неглубоко разветвленная корневая система; сильно выраженная опушенность листьев; глубокая корневая система.</p>	<p>34. Какая форма почвенной влаги является полностью недоступной для растений: гравитационная; гигроскопическая; капиллярная; свободная вода.</p>
<p>35. За вегетационный период растение накопило 3,2 кг органических веществ и испарило 640 кг воды. Определите продуктивность транспирации: 0,05; 5,0; 200; 3,0.</p>	<p>36. Что обуславливает поглощение воды корнями растений при интенсивной транспирации: корневое давление; градиент водного потенциала; силы когезии и адгезии; сила адгезии (прилипания).</p>

<p>37. Какие формы почвенной воды являются доступными для растений:</p> <p>капиллярная и гравитационная; гравитационная и гигроскопическая; пленочная и капиллярная; гигроскопическая.</p>	<p>38. Какие формы воды создают «мертвый запас» влаги:</p> <p>гравитационная и пленочная; гигроскопическая и пленочная; капиллярная и гравитационная; пленочная.</p>
<p>39. Масса листа в состоянии полного насыщения была равна 1,02 г, а после утраты тургора уменьшилась до 0,9 г. Определите величину водного дефицита клеток листа (в %), если известно, что абсолютно сухая масса листа равна 0,42 г:</p> <p>5 %; 10 %; 20 %; 11 %.</p>	<p>40. Какие свойства клеток препятствуют развитию водного дефицита:</p> <p>слабое развитие кутикулы; регулирование транспирации с помощью устьиц; слабо развитая корневая система; опушение на эпидермисе; восковой налет на листьях.</p>

ВОПРОСЫ К СЕМИНАРУ ПО ТЕМЕ «ВОДООБМЕН РАСТЕНИЙ»

1. Какие особенности структуры молекул воды определяют ее физические и химические свойства?
2. Охарактеризуйте гетерогенную систему воды в клетке. Дайте характеристику свободной и связанной воде.
3. Как распределяется вода в клетках и в организме растения? Раскройте понятие «водный баланс растений».
4. Раскройте понятие «транспирация» и значение транспирации для растений. Объясните, почему К.А. Тимирязев называл транспирацию «необходимым физиологическим злом»?
5. Почему устьица считаются одним из замечательных приспособлений зеленого растения, выработанных в процессе эволюции?
6. Охарактеризуйте основные типы транспирации.
7. Какие типы реакций устьичного аппарата вам известны? Каков их механизм?
8. Какие выводы важно сделать об изменении интенсивности транспирации в различных условиях среды, исходя из формулы Дальтона? Назовите основные внешние условия влияющие на процесс транспирации.
9. Почему ветер усиливает транспирацию, а опушенность листьев уменьшает транспирацию?
10. Какие внутренние процессы в растении влияют на интенсивность транспирации?
11. Раскройте следующие понятия: интенсивность транспирации, транспирационный коэффициент, продуктивность транспирации, относительная транспирация, экономность транспирации.
12. Каковы особенности строения корневой системы как органа поглощения воды? Как влияют внешние условия на рост и развитие корневой системы?
13. Охарактеризуйте основные силы, вызывающие поступление воды в клетки корня. Раскройте 2 основные точки зрения на этот процесс.

14. Что такое гуттация и плач растений? Каковы механизмы этих процессов?
15. Опишите путь воды от корня через ткани стебля, листа до ее потери в атмосфере. Объясните сущность работы сил сцепления.
16. Охарактеризуйте формулу, отражающую скорость передвижения воды и влияние различных условий на этот процесс.
17. Как влияют внешние условия на поступление воды в растение?
18. Охарактеризуйте различные формы почвенной влаги.
19. Объясните следующие термины: «полевая влагоемкость», «влажность завядания», «мертвый запас».

ЛИТЕРАТУРА

1. Викторов, Д.П. Практикум по физиологии растений / Д.П. Викторов. – Воронеж: изд-во ВГУ, 1991. – 160 с.
2. Жолкевич, В.Н. Водный обмен растений / В.Н. Жолкевич [и др.] – М.: Наука, 1989. – 234 с.
3. Малый практикум по физиологии растений / под ред. А.Т. Мокроносова. – 9-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 202 с.
4. Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. – М.: Высшая школа, 1989. – 465 с.
5. Шабельская, Э.Ф. Лабораторные занятия по физиологии растений / Э.Ф. Шабельская. – Минск: БГПИ, 1981. – 142 с.
6. Якушкина, Н.И. Физиология растений: учебное пособие / Н.И. Якушкина. – М.: ВЛАДОС, 2005. – 464 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ФИЗИОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ.....	4
РАБОТА 1. Проницаемость живой и мертвой цитоплазмы для веществ клеточного сока.....	5
РАБОТА 2. Явления плазмолиза и деплазмолиза.....	6
РАБОТА 3. Определение вязкости цитоплазмы по вре- мени плазмолиза.....	9
РАБОТА 4. Влияние ионов калия и кальция на вязкость цитоплазмы.....	10
РАБОТА 5. Накопление метиленовой синей в клетках элодеи.....	11
РАБОТА 6. Прижизненное окрашивание клеток нейтральным красным.....	12
РАБОТА 7. Влияние ионов калия и кальция на проница- емость цитоплазмы.....	14
РАБОТА 8. Определение сосущей силы клеток упро- щенным методом (по Уршпрунгу).....	15
РАБОТА 9. Зависимость сосущей силы от степени насыщения клеток водой.....	17
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ФИЗИОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ».....	20
ВОПРОСЫ К СЕМИНАРУ ПО ТЕМЕ «ФИЗИОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ».....	24
ВОДООБМЕН РАСТЕНИЙ.....	26
РАБОТА 10. Зависимость набухания семян от характера запасных веществ	27
РАБОТА 11. Влияние концентрации раствора на прорас- тание семян	28
РАБОТА 12. Определение интенсивности кутикулярной транспирации	30
РАБОТА 13. Наблюдение за устьичными движениями под микроскопом	31
РАБОТА 14. Определение состояния устьиц методом от- печатков.....	32

РАБОТА 15. Значение пробки для защиты растения от потери воды.....	34
РАБОТА 16. Определение водопроводимости древеси- ны.....	35
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ВОДООБМЕН РАСТЕНИЙ».....	38
ВОПРОСЫ К СЕМИНАРУ ПО ТЕМЕ «ВОДООБМЕН РАСТЕНИЙ».....	44
ЛИТЕРАТУРА.....	46

Учебное издание

Чернецкая Алла Георгиевна
Безрученко Николай Николаевич
Каленчук Татьяна Владимировна

Физиология растений

Лабораторный практикум
Часть I

Ответственный за выпуск *П.Б. Пигаль*

Редактор *Т.И. Сакович*

Подписано в печать 30.06.2014 г. Формат 60х84/16.
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Ризография.
Усл. печ. л. 2,85. Уч.-изд. л. 1,67.
Тираж. 65 экз. Заказ № 269.

Отпечатано в редакционно-издательском отделе
Полесского государственного университета
225710, г. Пинск, ул. Днепровской флотилии, 23.