

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра ботаники и генетики

## **ВОДНЫЙ ОБМЕН РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК**

Методические указания к выполнению лабораторных работ  
для студентов специальностей 020201, 050102, 020308

Курган 2010

Кафедра «Ботаники и генетики»

Дисциплина: «Физиология растений»  
(специальности: 020201 – «Биология»,  
050102 – «Биология»,  
013500 – «Биоэкология»)

Составила: канд. биол. наук Т.А. Лушникова

Утверждены на заседании кафедры      «2» марта 2010 г.

Рекомендованы методическим советом университета

«22» марта 2010 г.

## Содержание

Предисловие .....	4
1. Техника лабораторных работ. Требования к помещению лаборатории и технике безопасности.....	4
2. Лабораторные работы по физиологии растительной клетки.....	5
2.1. Свойства клеточных мембран.....	5
2.1.1. Сравнение проницаемости мембран живых и мертвых клеток.....	5
2.1.2. Окрашивание живых и мертвых клеток нейтральным красным.....	6
2.2. Растительная клетка как осмотическая система.....	7
2.2.1. Явление осмоса. Перемещение воды по градиенту водного потенциала в искусственной «клеточке» Траубе.....	7
2.2.2. Явление плазмолиза и деплазмолиза.....	8
2.2.3. Сравнение проницаемости клеточных мембран для различных веществ. Стойкий и временный плазмолиз.....	9
2.2.4. Влияние ионов калия и кальция на форму плазмолиза.....	10
2.2.5. Наблюдение колпачкового плазмолиза в растворе роданида калия.....	11
2.2.6. Тургор растительной клетки. Поглощение воды и ее выход из клеток корнеплода моркови.....	11
2.3. Определение водного потенциала растительных тканей.....	12
2.3.1. Определение величины осмотического потенциала в клетках растительной ткани плазмолитическим методом.....	12
2.3.2. Определение водного потенциала растительных тканей методом Уршпрунга (по изменению длины брусочков ткани).....	13
3. Задания для контроля знаний по теме «Физиология растительной клетки».....	14
4. Лабораторные работы по теме «Водный обмен».....	25
4.1. Определение динамики поглощения воды талломом лишайника.....	25
4.2. Водообмен ветки сосны.....	26
4.3. Сравнение транспирации верхней и нижней сторон листа хлоркобальтовым методом.....	28
4.4. Наблюдение за движением устьиц.....	28
4.5. Определение интенсивности транспирации весовым методом.....	29
4.6. Определение водоудерживающей способности растений методом «завядания» (по Арланду).....	31
5. Задания для контроля знаний по водному обмену.....	32
Список использованной литературы.....	40

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Предлагаемые учебно-методические материалы представляют собой руководство для подготовки к занятиям и выполнения лабораторных работ по курсу «Физиология растений» для студентов, обучающихся по специальностям 020201 – «Биология», 050102 – «Биология», 020308 – «Биоэкология».

В предлагаемом методическом пособии даны рекомендации по выполнению лабораторных работ по физиологии водного обмена растительной клетки и растительного организма. Для каждой работы приведены краткие сведения об изучаемых процессах, помещен перечень необходимого оборудования, реактивов, материалов и объектов, даны разъяснения по их выполнению. После приведенных работ размещены контрольно-измерительные материалы для проверки уровня усвоенных знаний студентов. Помещены описания опытов, которые могут быть использованы учителями на уроках ботаники и общей биологии в средней общеобразовательной школе и в классах с углубленным изучением биологии.

При составлении методических указаний использована учебная литература, список которой помещен в конце данной работы. Настоящие методические указания, материалы которых апробированы на лабораторных занятиях со студентами, в определенной мере дополняют основную учебную литературу и способствуют оптимизации учебного процесса.

### **1. ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ. ТРЕБОВАНИЯ К ПОМЕЩЕНИЮ ЛАБОРАТОРИИ И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ**

В лаборатории должны быть средства пожаротушения и индивидуальной защиты (огнетушители, емкости с песком, асбестовое одеяло, защитные очки, респираторы, резиновые перчатки и др.), емкости из полиэтилена для слива ненужных, отработанных реактивов.

На видном месте должна находиться аптечка с набором медикаментов и препаратов, таких как мазь от ожогов, 3%-й раствор гидрокарбоната натрия (против кислотных ожогов), 1 %-й раствор уксусной кислоты (от щелочных ожогов), этиловый спирт, настойка йода, жгут, пластырь, перевязочные средства, вода, мензурка для капель, нашатырь, сердечные средства.

Перед началом цикла работ в лаборатории студентам необходимо ознакомиться с общими для всех лабораторий правилами техники безопасности и распечатать в книге инструктажа.

#### **Общие правила работы**

1. Работать тщательно, аккуратно, без спешки; соблюдать тишину.
2. Не загромождать рабочее место портфелями, свертками, сумками и т.п. Для них отведены специальные места.
3. Курение, прием пищи (и ее хранение), употребление напитков в лаборатории запрещены.
4. Желательно работать на одном и том же месте, иметь халаты.

5. Прежде чем приступить к работе по данной теме, необходимо тщательно ознакомиться с ее описанием.
6. Без указания и разрешения преподавателя не производить никаких дополнительных опытов.
7. Не брать приборы, аппараты, реактивы общего пользования на свое рабочее место.
8. Расходовать реактивы следует экономно. Если препарата приготовлено больше, чем необходимо, то его излишки надо сливать в определенную емкость, но не возвращать в склянку.
9. Пользоваться можно только маркированными реактивами.
10. Работы с вредными веществами проводить только под тягой. Концентрированные кислоты и щелочи наливать осторожно под вытяжным шкафом; не брать их на свои рабочие места.
11. Если случайно пролита кислота или щелочь, то необходимо быстро смыть раствор интенсивной струёй воды из водопроводного крана, а потом обратиться к лаборанту и по его указанию привести в надлежащий порядок свое рабочее место.
12. Не выливать в раковину отработанные концентрированные кислоты и щелочи, а пользоваться для этого банками, установленными под тягой.
13. Никакие вещества в лаборатории нельзя пробовать на вкус. Если необходимо определить запах газа или паров жидкости, хранящейся в банке или сосуде, нельзя подносить их близко к лицу, следует легкими движениями руки направить воздух от горлышка или отверстия сосуда к носу.
14. В процессе каких-либо реакций на воздухе или при нагревании нельзя держать сосуд отверстием к себе или другим работающим.
15. Горячие приборы и посуду ставить только на специальные подставки, а не на открытый стол.
16. Нельзя пользоваться при проведении опытов грязной посудой.
17. Нельзя использовать стеклянную посуду, если на ней имеются трещины, сколы, щербинки.
18. После окончания работы нужно вымыть использованную посуду, выключить воду, электричество и приведенное в порядок место сдать лаборанту.
19. Тщательно вымыть руки теплой водой с мылом.

## **2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ФИЗИОЛОГИИ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ**

### **2.1. Свойства клеточных мембран**

#### **2.1.1. Сравнение проницаемости мембран живых и мертвых клеток**

Важнейшим свойством клеточных мембран является избирательная проницаемость, благодаря которой через них проходят молекулы только некоторых веществ. Это свойство мембраны сохраняется до тех пор, пока клетка остается живой. После ее гибели мембраны становятся полностью проницаемыми.

*Цель работы: изучить функциональные особенности мембран живых клеток.*

*Материалы и оборудование: стеклянная палочка, препаровальная игла, лезвие*

*безопасной бритвы, линейка, три пробирки, штатив для пробирок, держатель, спиртовка, 30 %-й раствор уксусной кислоты, вода.*

*Объекты: корнеплод столовой свеклы.*

*Ход работы.* В вакуолях клеток корнеплода столовой свеклы содержится пигмент, придающий ткани корнеплода окраску (бетацианин). Тонoplastы живых клеток непроницаемы для молекул этого пигмента.

Корнеплод свеклы после удаления покровных тканей нарезают на кубики (сторона кубика 5 мм) и тщательно промывают водой, чтобы удалить пигмент, вышедший из поврежденных клеток. Затем по одному кусочку опускают в три пробирки. В первую и вторую наливают по 3 – 5 мл воды, в третью 3 – 5 мл 30%-го раствора уксусной кислоты. Первую пробирку оставляют для контроля. Содержимое второй кипятят 2 – 3 мин. Во второй и третьей пробирках, где клетки были убиты кипячением или кислотой, вода окрашивается, т.к. после гибели клеток тонoplast теряет свойство полупроницаемости и становится проницаемым для молекул пигмента. В первой пробирке вода остается неокрашенной.

*Задание: выявить различия в проницаемости мембран живых и мертвых клеток и сделать вывод о причинах этих различий.*

### **2.1.2. Окрашивание живых и мертвых клеток нейтральным красным**

Молекулы нейтрального красного не задерживаются в цитоплазме живой растительной клетки, а с участием аппарата Гольджи и тонoplastа активно выделяются в вакуоль. Поэтому у живых клеток краситель накапливается в вакуоли, а ядро и цитоплазма остаются неокрашенными. У мертвых клеток, наоборот, цитоплазма и особенно ядро адсорбируют краситель, а в вакуолярном соке он не задерживается. Поэтому у мертвых клеток ярко окрашивается ядро, в меньшей степени цитоплазма, а вакуоли остаются неокрашенными.

*Цель работы: ознакомиться с методами, позволяющими выявить состояние растительных клеток с помощью их окрашивания.*

*Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, фильтровальная бумага, спиртовка, пинцет, препаровальная игла, для окрашивания используют водный раствор нейтрального красного в концентрации 0,01 % с реакцией среды, близкой к нейтральной (раствор готовят непосредственно перед употреблением: 0,1%-й раствор нейтрального красного, приготовленного в дистиллированной воде, разводят водопроводной водой).*

*Объекты: луковица лука репчатого.*

*Ход работы.* На вогнутой поверхности чешуи луковицы лезвием безопасной бритвы делают надрезы в виде небольших квадратиков. Уголок квадратика надрезанной эпидермы захватывают пинцетом, легко снимают ее с чешуи и помещают в раствор красителя на предметное стекло. Выдерживают в этом растворе 3 - 5 мин. Затем, накрыв препарат стеклом, рассматривают его при малом, а потом при большом увеличении. При малом увеличении отчетливо видны розовые и розовато-оранжевые вакуоли, накопившие краситель. Интенсивность их окраски в соседних клетках может быть разной, так как клетки различаются по скорости накопления

красителя. Отсутствие окраски в цитоплазме и ядре этих клеток легко обнаружить при большом увеличении.

Окрашенные клетки «убивают», подержав предметное стекло над пламенем спиртовки до тех пор, пока под покровным стеклом не начнут появляться пузырьки. Затем снова рассматривают препарат под микроскопом.

После гибели клеток окраска их изменяется: ярко окрашивается ядро, менее ярко — цитоплазма, расположенная тонким слоем вдоль стенок, а в вакуолях окраска исчезает.

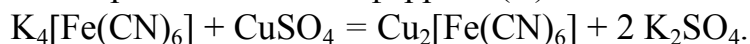
*Задание: сравнить окраску живых и мертвых клеток, сделать рисунки, сформулировать выводы о возможности использования витальных (прижизненных) красителей для выявления живых и мертвых клеток.*

## **2.2. Растительная клетка как осмотическая система**

Вода растительными клетками поглощается по законам осмоса. Перемещение молекул воды из внешней среды в клетку, а также от клетки к клетке происходит по градиенту уровня свободной энергии молекул воды. За точку отсчета уровня свободной энергии молекул воды берется ее уровень у молекул чистой воды в стандартных условиях. Химический потенциал воды в водных растворах и клетках меньше, чем у чистой воды. Эта разница, называемая водным потенциалом, отражает способность воды в данной системе совершать работу в сравнении с работой, которую при тех же условиях совершала бы чистая вода. Молекулы растворенных в воде веществ снижают уровень свободной энергии молекул воды. Это снижение измеряется осмотическим потенциалом ( $\psi_{осм}$ ). Перемещение молекул воды в системе, состоящей из двух растворов с разными концентрациями, разделенных полупроницаемой мембраной, осуществляется по градиенту концентраций (из раствора с меньшей концентрацией, обладающего более высоким  $\psi_{осм}$ , в раствор с большей концентрацией, имеющего более низкий  $\psi_{осм}$ ).

### **2.2.1. Явление осмоса. Перемещение воды по градиенту водного потенциала в искусственной «клеточке» Траубе**

«Клеточка» Траубе — модель клетки, предложенная исследователем Траубе. Ее получают, помещая кристаллик гексоцианоферрата (II) калия  $K_4[Fe(CN)_6]$  в водный раствор  $CuSO_4$ . Вокруг кристаллика в результате взаимодействия солей образуется осадочная мембрана гексоцианоферрата (II) меди:



Эта мембрана проницаема только для молекул воды, но не для растворенных в ней веществ, т. е. обладает свойством полупроницаемости.

*Цель работы: получить «клеточку» Траубе и пронаблюдать явление осмоса — перемещение воды через полупроницаемую мембрану по градиенту осмотического потенциала.*

*Материалы и оборудование: 0,5 %-й водный раствор  $CuSO_4$ , кристаллы гексоцианоферрата (II) калия, пробирки или цилиндры на 10 мл.*

*Ход работы.* В небольшой цилиндр или пробирку наливают на  $\frac{3}{4}$  объема 0,5%-й раствор медного купороса и затем на дно этого сосуда опускают кристаллик

$K_4[Fe(CN)_6]$ . Мембрана образует замкнутый мешочек, который автор опыта Траубе назвал искусственной клеточкой. Полупроницаемая пленка  $Cu_2[Fe(CN)_6]$  разделяет два раствора разной концентрации: внутри мешочка находится концентрированный раствор ферроцианида калия (образующийся при растворении кристаллика соли), а снаружи — раствор сульфата меди. Возникает ток воды внутрь мешочка, объем раствора ферроцианида калия увеличивается, в результате чего мембрана растягивается. Будучи очень тонкой, мембрана в отдельных местах разрывается под действием гидростатического давления. В этих местах соли снова взаимодействуют, возникают новые участки мембраны, что приводит к неравномерному увеличению размера мешочка. Мешочек будет расти, пока весь кристаллик не растворится. Дальнейшее поступление воды в мешочек приведет к разрыву пленки, и она осядет в виде хлопьев на дно стаканчика.

*Задание: описать опыт, сделать рисунок, сформулировать вывод о механизме перемещения воды через полупроницаемую мембрану.*

### 2.2.2. Явление плазмолиза и деплазмолиза

Растительная клетка похожа на искусственную «клеточку» Траубе, так как внутри нее в вакуоли находится водный раствор различных веществ, окруженный тонопластом, плазмалеммой и слоем цитоплазмы между ними. Все вместе они образуют полупроницаемую мембрану. Вода может поступать в клетку или выходить из нее в зависимости от величин водных потенциалов в клетке и в наружной среде. Снаружи от полупроницаемой мембраны находится клеточная стенка, которая проницаема для воды и растворенных в ней веществ и не препятствует перемещению воды. Процесс выхода воды из клетки и поступления ее в клетку через полупроницаемую мембрану можно проследить, наблюдая явления плазмолиза и деплазмолиза. При помещении клетки в водный раствор какого-либо вещества происходит плазмолиз — отхождение протопласта от стенки клетки из-за уменьшения его объема вследствие выхода воды из клетки в наружный раствор. После замены наружного раствора на чистую воду, последняя начинает поступать внутрь клетки. Объем протопласта при этом увеличивается и происходит деплазмолиз. После его завершения протопласт вновь заполняет весь объем клетки.

*Цель работы: доказать на основании явлений плазмолиза и деплазмолиза, что клетка — это осмотическая система.*

*Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, фильтровальная бумага, спиртовка, пинцет, препаровальная игла, пинцет, 1 М раствор NaCl, вода.*

*Объекты: луковица лука репчатого.*

*Ход работы.* На предметное стекло наносят каплю 1 М раствора NaCl и помещают в нее срез, сделанный с выпуклой стороны чешуи луковицы. Препарат накрывают покровным стеклом и рассматривают под микроскопом. Наблюдают отхождение протопласта от клеточных стенок.

Затем, не снимая предметное стекло со столика микроскопа, удаляют раствор из-под покровного стекла, приложив к нему с одной стороны кусочек фильт-



ровальной бумаги. С другой стороны покровного стекла в непосредственной близости к нему наносят каплю чистой воды, которая проникает под стекло к рассматриваемой эпидерме. Наблюдают за изменениями, происходящими в клетках. Вода поступает в клетку, в сторону более концентрированного раствора. Это приводит к увеличению объема протопласта. В результате деплазмолиз сменяет плазмолиз сначала в клетках по краю среза, а затем и в остальных; постепенно протопласт занимает прежнее постенное положение.

Препарат нагревают на спиртовке, затем охлаждают и рассматривают под микроскопом. Меняют воду на 1 М раствор NaCl. Наблюдают за происходящими изменениями.

*Задание: описать опыт, сделать рисунки и сформулировать выводы.*

### **2.2.3. Сравнение проницаемости клеточных мембран для различных веществ.**

#### **Стойкий и временный плазмолиз**

Избирательная проницаемость мембран обеспечивает прохождение через них молекул воды, препятствует проникновению растворенных в воде веществ и обуславливает явление плазмолиза при действии на клетку гипертонического раствора. Если же молекулы растворенного вещества через мембрану проходят, но медленнее, чем молекулы воды, то начавшийся плазмолиз потом исчезает. Деплазмолиз происходит в результате постепенного проникновения растворенного вещества в клетку, выравнивания концентраций снаружи и внутри, а также поступления воды в клетку из наружного раствора по градиенту концентрации.

*Цель работы: изучить проницаемость клеточных мембран для хлорида натрия и карбамида.*

*Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, пинцет, препаровальная игла, 1 М раствор NaCl, 1 М раствор карбамида.*

*Объекты: луковица лука репчатого.*

*Ход работы.* На два предметных стекла наносят по капле раствора: на одно — 1 М раствор хлорида натрия, на другое — 1 М раствор карбамида. В каждую каплю помещают по срезу, сделанному с выпуклой стороны чешуи луковицы, накрывают покровными стеклами и рассматривают под микроскопом. Находят участки листа, в которых хорошо видны плазмолизированные клетки. Отмечают время начала плазмолиза (начало наблюдения), зарисовывают плазмолизированные клетки и оставляют препараты на 30 - 60 мин, затем вновь их рассматривают. В растворе хлорида натрия плазмолиз в клетках сохраняется, а в растворе карбамида происходит деплазмолиз. В растворе хлорида натрия наблюдается стойкий плазмолиз, а в растворе карбамида — временный. Причиной деплазмолиза в растворе карбамида является проницаемость клеточных мембран для ее молекул. Так как проницаемость для карбамида меньше, чем для воды, то вода из клетки выходит быстрее, чем в нее входит мочевины. Это и вызывает плазмолиз, который потом исчезает при увеличении в клетке концентрации карбамида и поступлении воды.

*Задание: описать работу, зарисовать плазмолизированные и деплазмолизирован-*

ные клетки и сформулировать выводы.

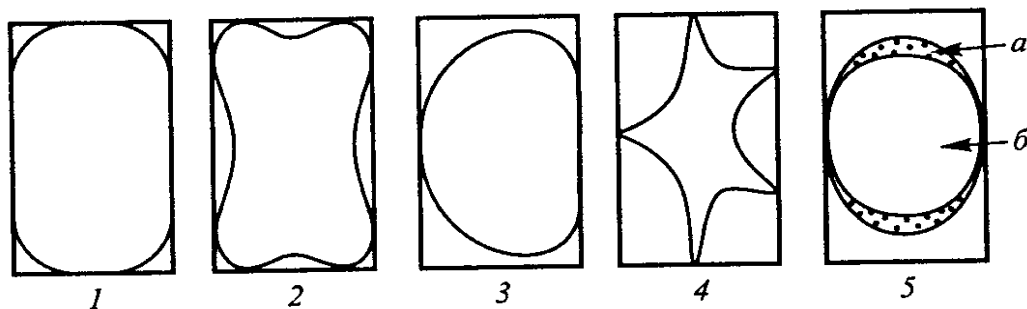
#### 2.2.4. Влияние ионов калия и кальция на форму плазмолиза

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

*Цель работы:* изучить влияние различных катионов на форму плазмолиза.

*Материалы и оборудование:* микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, пинцет, препаровальная игла, 1 М раствор  $KNO_3$ , 0,7 М раствор  $Ca(NO_3)_2$ .

*Объекты:* луковица лука репчатого.



**Рис. 1. Формы плазмолиза: 1 - угловый; 2 - вогнутый; 3 - выпуклый; 4 - судорожный; 5 - колпачковый (а - цитоплазма; б - вакуоль)**

*Ход работы.* На одно предметное стекло наносят каплю 1 М раствора нитрата калия, на другое — 0,7 М раствора нитрата кальция. В обе капли помещают по срезу, сделанному с выпуклой стороны чешуи луковицы, накрывают покровными стеклами. Через 5 - 10 мин препараты рассматривают под микроскопом. Ионы калия, проникая в цитоплазму, повышают ее гидрофильность, уменьшают вязкость и способствуют ее быстрому отрыву от клеточной стенки. Поэтому в растворах солей калия плазмолиз быстро принимает форму выпуклого. Ионы кальция, наоборот, повышают вязкость цитоплазмы, увеличивают силы сцепления ее с клеточной стенкой, и плазмолиз принимает форму судорожного плазмолиза.

*Задание:* зарисовать формы плазмолиза, описать работу и сделать выводы.

### 2.2.5. Наблюдение колпачкового плазмолиза в растворе роданида калия

При нахождении клеток в растворе роданида калия цитоплазма набухает в удлинённых клетках, и там, где протопласт не касается клеточных стенок, образуются так называемые колпачки цитоплазмы. Такой плазмолиз носит название *колпачкового* (рис. 1).

*Цель работы: пронаблюдать колпачковый плазмолиз в соли калия.*

*Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, пинцет, препаровальная игла, 1 М раствор KSCN.*

*Объекты: лист элодеи.*

*Ход работы.* На предметное стекло наносят каплю 1М раствора роданида калия, помещают в нее лист элодеи, накрывают покровным стеклом и сразу рассматривают под микроскопом. Колпачковый плазмолиз свидетельствует о разной проницаемости плазмалеммы и тонопласта для ионов калия. Ионы калия, проникая через плазмалемму в цитоплазму, вызывают ее набухание. В вакуоль через тонопласт они не проходят. Объем плазмолированной вакуоли не увеличивается и плазмолиз сохраняется.

*Задание: сделать рисунок и сформулировать вывод о причине появления колпачкового плазмолиза.*

### 2.2.6. Тургор растительной клетки. Поглощение воды и ее выход из клеток корнеплода моркови

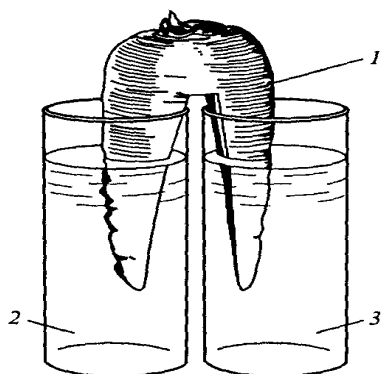
Поступление воды в растительную клетку, помещенную в чистую воду, ограничено клеточной стенкой, растяжение которой не может быть бесконечным. В клетке повышается гидростатическое (тургорное) давление. Это увеличивает свободную энергию молекул воды до уровня свободной энергии молекул чистой воды, и водный потенциал клетки становится равным нулю. Это полностью насыщенные водой клетки. Если клетки поместить не в воду, а в раствор какого-либо осмотика (поваренная соль, сахароза и др.), то вода выходит из клеток и они теряют тургор.

*Цель работы: продемонстрировать явление тургора на примере поступления и выхода воды в клетках корнеплода моркови.*

*Материалы и оборудование: 2 стакана, насыщенный раствор NaCl, вода, нож.*

*Объекты: корнеплод моркови.*

*Ход работы.* Из середины корнеплода моркови вырезают, начиная с кончика корня, продольную полосу ткани шириной 8 - 12 мм и удаляют ее. Две части корня остаются соединенными на протяжении примерно 1/5 всей его длины (рисунок 2). Обе части корнеплода помещают в два стакана, стоящие рядом, в одном — насыщенный водный раствор хлорида натрия, в другом — вода.



**Рис. 2.** Поглощение и выход воды из клеток корнеплода моркови: 1 - корнеплод моркови; 2 - стакан с водой; 3 - стакан с раствором поваренной соли

Через 1,5 - 2ч корень извлекают из стаканов, сравнивают размер и тургор тканей в его половинах и делают вывод о том, в каком из стаканов произошел выход воды из тканей корня, приведший к потере ими тургора.

*Задание: сделать рисунок корнеплода моркови и сформулировать вывод о состоянии обеих его частей.*

## **2.3. Определение водного потенциала растительных тканей**

### **2.3.1. Определение величины осмотического потенциала в клетках растительной ткани плазмолитическим методом**

Метод основан на подборе наружного раствора известной концентрации, осмотический потенциал которого равняется осмотическому потенциалу клеток. Такой раствор выбирают, наблюдая за степенью плазмолиза, вызываемого в клетках исследуемой ткани растворами разных концентраций. Чем больше осмотический потенциал наружного раствора по сравнению с осмотическим потенциалом клеток, тем сильнее выражен плазмолиз, и наоборот. Задача сводится к тому, чтобы найти два соседних по концентрации раствора, в одном из которых можно наблюдать едва заметный уголковый плазмолиз 50 % клеток, а в другом — отсутствие плазмолиза. Первый раствор будет гипертоническим по отношению к раствору внутри клеток, а второй — гипотоническим. Изотоническим по отношению к раствору внутри клеток следует признать раствор, концентрация которого будет средней между концентрациями двух указанных выше растворов. Осмотический потенциал этого раствора равен осмотическому потенциалу клеток. Тургорное давление в клетках, помещенных в этот раствор, равно нулю, поскольку они находятся в состоянии, предшествующем плазмолизу. Поэтому способность поглощать воду определяется только их осмотическим потенциалом.

*Цель работы: ознакомиться с плазмолитическим методом определения величины осмотического потенциала клеток.*

*Материалы и оборудование: 1М раствор хлорида натрия, дистиллированная вода, пробирки или стаканчики для приготовления растворов, предметные и покровные стекла, фильтровальная бумага, лезвие безопасной бритвы, пинцет, стеклянная палочка, микроскоп, бюретки.*

*Объекты: луковица лука репчатого.*

*Ход работы.* Готовят по 10 мл растворов хлорида натрия (или сахарозы) следующих концентраций: 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 1 М. Для этого исходный 1 М раствор разбавляют дистиллированной водой по схеме (табл. 1). Для отмеривания воды и раствора пользуются пипетками. Приготовленные растворы взбалтывают. Стаканчики этикетировывают и ставят в один ряд по убывающей концентрации. Против каждого из стаканчиков кладут чистые и сухие предметные стекла и переносят на них с помощью стеклянной палочки капли растворов из соответствующих стаканчиков. Перед погружением стеклянной палочки в следующий раствор ее споласкивают дистиллированной водой, тщательно вытирают фильтровальной бумагой.

Таблица 1

Схема приготовления растворов NaCl

Концентрация раствора, М	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1 М исходный раствор NaCl, мл	1	2	3	4	5	6	7	8
Дистиллированная вода, мл	9	8	7	6	5	4	3	2

В приготовленные капли помещают кусочки верхней эпидермы чешуи лука. Для этого в средней части одной и той же чешуи на ее вогнутой стороне лезвием бритвы надрезают эпидерму небольшими квадратиками. Затем пинцетом снимают находящиеся рядом кусочки эпидермы, помещают их на предметные стекла в заранее приготовленные капли разных растворов и накрывают чистыми и сухими покровными стеклами. Вся процедура приготовления препаратов эпидермы должна проходить быстро, без задержек, чтобы избежать подсыхания капель растворов и кусочков ткани, так как это может привести к изменению их водных потенциалов. Через 10 - 20 мин препараты просматривают под микроскопом, отмечая наличие или отсутствие плазмолиза. Делают рисунки клеток с типичной для каждого раствора степенью плазмолиза.

Выбирают два соседних по концентрации раствора, в которых в одном из них наблюдается уголковый плазмолиз, а в другом плазмолиза нет. Раствор со средней концентрацией между концентрациями этих двух растворов будет изотоничен раствору в клетке, т.е. его водный потенциал будет равен водному потенциалу клетки. Рассчитывают величину  $\Psi_{осм}$  этого раствора, используя уравнение Вант-Гоффа:

$$\Psi_{осм} = - R \cdot T \cdot C \cdot i,$$

где  $R$  - газовая постоянная 0,0821 (л·атм)/(град·моль);  $T$  - абсолютная температура, градусы;  $C$  - концентрация в молях;  $i$  - изотонический коэффициент, характеризующий степень гидролитической диссоциации растворенного вещества (табл. 2) и для неэлектролитов равный 1. Для перевода величины водного потенциала, рассчитанного в атмосферах, в кПа полученный результат нужно умножить на 101,3.

Таблица 2

Значение изотонического коэффициента  $i$  для растворов NaCl (20°C)

NaCl, М	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,01
$i$	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,73	1,75	1,78	1,83	1,93

*Задание: определить величину осмотического потенциала в клетках эпидермы чешуи лука плазмолитическим методом.*

### 2.3.2. Определение водного потенциала растительных тканей методом Уршпрунга (по изменению длины брусочков ткани)

Метод основан на подборе внешнего раствора известной концентрации, водный потенциал которого окажется равным величине водного потенциала клеток тканей. Водный потенциал внешнего раствора определяется его осмотическим

потенциалом. При погружении полосок исследуемой ткани в раствор,  $\Psi_{осм}$  которого меньше, длина полосок ткани уменьшается. Если меньше  $\Psi_{осм}$  раствора, то клетки поглощают воду из раствора, объем их увеличивается и длина полосок ткани тоже возрастает. Длина полосок ткани остается без изменения в том растворе, у которого  $\Psi_{осм}$  равен  $\Psi_{осм}$  клеток растительной ткани.

*Цель работы: познакомиться с методом определения водного потенциала ткани по Уршпрунгу.*

*Материалы и оборудование: 1 М раствор хлорида натрия, дистиллированная вода, бюретки, штативы для бюреток, пробирки, нож для вырезания полосок ткани, линейки или миллиметровая бумага.*

*Объекты: клубни картофеля, корнеплоды репы, моркови.*

*Ход работы.* В семи стаканчиках готовят по 10 мл растворов хлорида натрия убывающей концентрации: 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 М. Для приготовления растворов пользуются пипетками. Исходный 1 М раствор NaCl разбавляют дистиллированной водой (табл. 1).

Из органа растения нарезают пластины толщиной 5 мм и делят на одинаковые бруски шириной около 5 мм и длиной 20 мм. Длину каждого бруска точно измеряют с помощью линейки перед его погружением в раствор и после выдерживания его в растворе в течение 40 - 50 мин. Результаты измерений записывают в табл. 3.

**Таблица 3**

**Влияние концентрации раствора на длину брусочков клубня картофеля**

Концентрация растворов, М	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Первоначальная длина брусочков, мм								
Длина брусочков после пребывания в растворе, мм								
Изменение длины брусочков, мм								

Отмечают, как изменилась длина брусочка в каждом растворе. Выявляют тот раствор, в котором длина брусочка не изменилась;  $\Psi_{осм}$  этого раствора равен  $\Psi_{осм}$  клеток растительной ткани. Его величину рассчитывают, используя уравнение Вант-Гоффа.

*Задание: определить величину водного потенциала тканей растения методом Уршпрунга.*

**3. Задания для контроля знаний по теме «Физиология растительной клетки»**

**I. Дать определение**

«мерцающие кластеры»	активный транспорт	апопласт	водный потенциал
автолиз	амфипатические соединения	аппарат Гольджи	водный потенциал клетки
аквапорины	соединения антипорт	белки	вторичная клеточная стенка
		вакуоль	
		везикулы	

вторично активный транспорт	коллоидно-связанная вода	осмотическое давление	состояние насыщения
гемицеллюлоза	котранспорт	пассивный транспорт	структурные белки
гиалоплазма (цитозоль)	кутин	пектиновые вещества	суберин
гидратационная вода	лейкопласты	первичная клеточная стенка	сферосомы
гипертонический раствор	лигнин	первично активный транспорт	тонопласт
гипотонический раствор	лизис	пероксисомы	транспортные белки
гладкий ЭПР	лизосомы	пиноцитоз	тРНК
гликолипиды	липиды	плазмалемма	тубулины
глиоксисомы	малоподвижная вода	плазмодесмы	тургор
гомеостаз	матричный потенциал	плазмолиз	тургорное давление
гравитационный потенциал	мембранные белки	пластиды	тургорное натяжение
давление набухания	мембраны	плотнупакованная вода	тургорный потенциал
движение цитоплазмы	микротрубочки	подвижная вода	унипорт
диктиосомы	микрoфибриллы	полисахариды	ферментативные белки
диффузионный потенциал	микрoфиламенты	полуавтономные органоиды	фибриллы
диффузия	митохондрии	полупроницаемость	фосфолипиды
ДНК	мицеллы	пора	химический потенциал вещества
доннановский потенциал	моносахариды	принцип компарментации	хлоропласты
доннановское свободное пространство	набухание	пропластиды	хроматин
изотонические растворы	негидратационная вода	протонная помпа	хромoplastы
иммобилизованная вода	нуклеоплазма	протопласт	хромосомы
ионные насосы	облегченная диффузия	решеточно-упорядоченная вода	целлюлоза
ионофоры	органеллы	рибосомы	цитоплазма
иРНК	органoиды	рРНК	шероховатый экзосмос
кинкизомеры	осмометр	свободная вода	электрогенные насосы
клетка	осмос	связанная вода	электронейтральные насосы
клеточная стенка	осмотики	секреция	электроосмос
	осмотическая система	симпласт	эндосмос
	осмотическая ячейка	симпорт	эндоцитоз
	осмотически связанная вода	сосущая сила	ядро
	осмотический потенциал		ядрышки

## II. Ответить на вопросы

1. Клетка. Основные принципы жизнедеятельности растительной клетки.
2. Химические вещества, входящие в состав в клетки. Их физиологическая роль.
3. Строение, свойства, функции клеточной стенки. Апопласт.
4. Принципы организации протопласта. Симпласт. Плазмодесмы: строение, функции.
5. Свойства цитоплазмы. Движение цитоплазмы.
6. Наследственный аппарат растительной клетки.
7. Мембранные структуры растительной клетки.
8. Немембранные структуры растительной клетки.
9. Вакуолярная система растительной клетки.
10. Мембранный принцип организации поверхности цитоплазмы и органоидов клетки. Структура и функции мембран.
11. Проблема мембранной проницаемости. Пассивный и активный транспорт веществ через мембрану.
12. Структура, свойства, функции воды. Значение воды в жизни клетки.
13. Формы воды в растительных клетках и тканях.
14. Поступление воды в растительную клетку.
15. Растительная клетка как осмотическая система. Осмотический механизм поступления воды в клетку.

## III. Отметить правильный вариант ответа

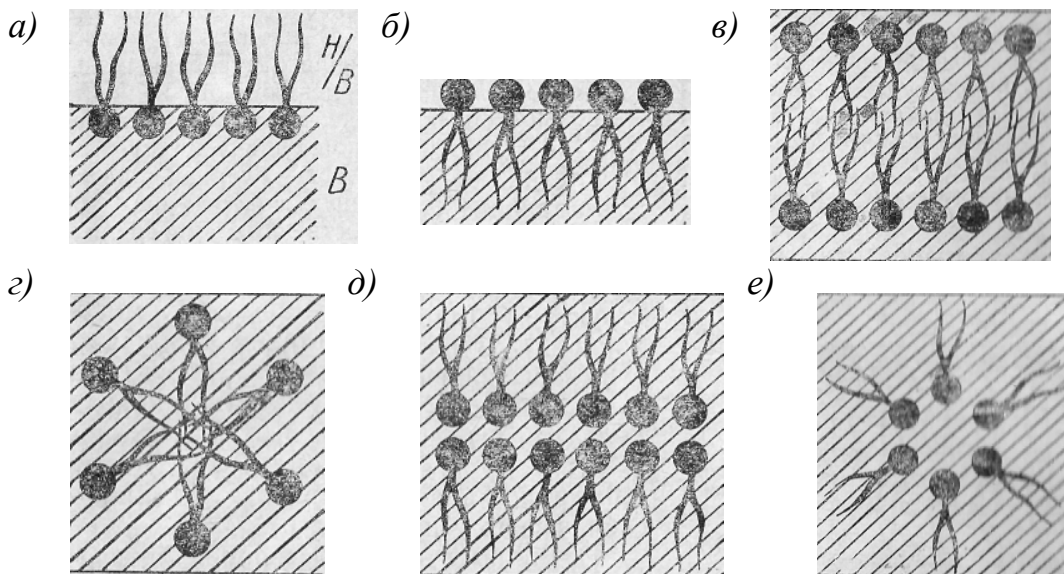
1. Какой заряд имеет молекула белка в кислой среде при избытке ионов водорода?  
*а) положительный; б) отрицательный.*
2. Какие из боковых цепей обращены внутрь глобул при образовании третичной структуры белка и стабилизируют ее?  
*а) гидрофильные; б) гидрофобные.*
3. Каким свойством обладает белковая молекула в водной среде?  
*а) она гидрофильна; б) она гидрофобна.*
4. Каковы причины гидратации белков в цитоплазме?  
*а) большая масса белковых молекул; б) наличие заряда у молекулы белка; в) гидрофильность белков; г) дипольные свойства молекул воды.*
5. Каково значение гидратации белковых мицелл в цитоплазме?  
*а) оказывает влияние на заряд белковых молекул; б) способствует стабилизации биокolloидов; в) определяет вязкость цитоплазмы; г) лежит в основе набухания цитоплазмы.*
6. Какие явления лежат в основе денатурации молекул белка?  
*а) достижение изоэлектрической точки данного белка и слипание его молекул вследствие потери ими заряда; б) развертывание белковых глобул в результате разрушения водородных или дисульфидных связей; в) обезвоживание белкового коллоида, ведущее к уменьшению или снятию гидратных оболочек его мицелл; г) изменение последовательности аминокислот в первичной структуре белка.*



7. На каком уровне структуры возможны функциональная специфичность и биологическая активность белковых молекул?

а) На уровне первичной полипептидной цепочки; б) на уровне вторичной структуры; в) на уровне третичной и четвертичной структур.

8. Укажите, какие из рисунков соответствуют возможному расположению молекул фосфолипидов А) на границе водной и неводной фазы, а также Б) в толще воды.



**Рис. 3. Модели структур, образованных молекулами фосфолипидов в водной фазе и на границе водной (В) и неводной (Н/В) фаз**

9. Которая из трех формулировок более верно характеризует оболочку как часть растительной клетки?

а) оболочка окружает растительную клетку; б) оболочка окружает снаружи протопласт растительной клетки; в) оболочка — это непротоплазматическая часть клетки.

10. Какие признаки проницаемости характерны для клеточной оболочки?

а) проницаемость связана с химической природой растворенного вещества, определяется лишь размерами растворенных частиц по отношению к размерам ультрамикропор (промежутков между мицеллами и фибриллами целлюлозы); б) в оболочке происходит метаболическое необратимое поглощение ионов; в) в ней идет неметаболическое обратимое поглощение ионов; г) в оболочке происходит накопление растворенных веществ по сравнению с их концентрацией в среде; д) в оболочке невозможно накопление веществ.

11. Какие признаки характерны для микроскопических структур?

а) видны в поле зрения оптического микроскопа; б) видны в поле зрения электронного микроскопа; в) обладают собственным генетическим материалом; г) не обладают собственным генетическим материалом; д) отделены от гиалоплазмы двумя мембранами; е) окружены одной мембраной.

**12.** Какие факты подтверждают предположение ученых о существовании единой элементарной мембраны для всех органелл клетки?

*а) неодинаковая толщина различных мембран клетки; б) толщина всех мембран одинакова; в) мембраны выполняют различные функции; г) они выполняют лишь одну функцию, связанную с регулированием проницаемости; д) многие мембраны асимметричны; е) мембраны не обладают полярностью.*

**13.** Какие свойства присущи мембранам?

*а) асимметрия внутренней и наружной поверхности; б) симметрия внутренней и наружной поверхности; в) динамичность структуры; г) стабильность структуры; д) мембраны проницаемы преимущественно в одном направлении; е) мембраны проницаемы одинаково в любом направлении.*

**14.** Какая из функций плазмалеммы определяется ее полупроницаемостью?

*а) поступление воды; б) поступление определенных ионов и молекул некоторых веществ.*

**15.** С какими свойствами плазмалеммы и тонопласта связано возникновение колпачкового плазмолиза при помещении клетки в раствор роданида калия?

*а) плазмалемма менее проницаема для ионов калия, чем тонопласт; б) плазмалемма более проницаема для этих ионов, чем тонопласт; в) плазмалемма имеет менее жесткую структуру, чем тонопласт.*

**16.** Каким образом изменяются функции вакуолей с возрастом клетки?

*а) усиливаются; б) остаются без изменений; в) ослабляются.*

**17.** При каком из трех путей передвижения веществ осуществляется наиболее жесткий контроль и наибольшая избирательность поступления веществ в клетки?

*а) при передвижении по апопласту; б) при поступлении через мембраны; в) при токе по симпласту.*

**18.** После центрифугирования листьев элодеи разного возраста наблюдали различное смещение хлоропластов внутри клеток. У старого листа (*а*) они сместились до середины клеток, тогда как у молодого (*б*) оказались расположенными возле клеточной оболочки. Какой лист обладает более высокой вязкостью?

**19.** Какие из перечисленных воздействий ведут к увеличению вязкости цитоплазмы?

*а) введение ионов калия; б) введение ионов кальция; в) увеличение осмотической концентрации цитоплазмы; г) потеря цитоплазмой воды; д) помещение растения в анаэробные условия; е) понижение температуры.*

**20.** При каком состоянии цитоплазмы растения обладают большей устойчивостью к повреждающему действию неблагоприятной температуры?

*а) с высокой вязкостью цитоплазмы; б) с низкой вязкостью цитоплазмы.*

**21.** В клетки листьев земляники, выросшей на открытом месте (*а*) и на опушке леса (*б*), микроманипулятором ввели опилки никеля, которые затем были приведены в движение воздействием магнитного поля. После его удаления крупинки никеля в клетках первого растения довольно быстро возвратились в исходное поло-

жение, тогда как в клетках второго их полного возвращения не произошло. Цитоплазма клеток какого растения обладает более высокой эластичностью?

**22.** Цитоплазма какого растения лучше противостоит действию суховея?

*а) с высокой эластичностью; б) с низкой эластичностью.*

**23.** Какие факты доказывают, что движение гиалоплазмы тесно связано с превращением веществ и энергии в клетке?

*а) утраченная под действием ультрафиолетовых лучей способность гиалоплазмы к движению восстанавливается после введения в клетки АТФ; б) прекращение движения гиалоплазмы после помещения растения в анаэробные условия; в) прекращение движения после введения в клетки дыхательных ядов; г) прекращение движения гиалоплазмы сразу же после начала плазмолиза.*

**24.** Как изменяется скорость движения гиалоплазмы при образовании на растении боковых или придаточных побегов?

*а) увеличивается; б) остается без изменений; в) тормозится.*

**25.** Какие явления происходят при возникновении потенциала действия?

*а) положительный заряд поверхности цитоплазмы уменьшается; б) положительный заряд поверхности цитоплазмы увеличивается; в) ионы хлора выделяются из цитоплазмы; г) ионы хлора поступают в цитоплазму; д) проницаемость цитоплазмы для ионов кальция увеличивается; е) проницаемость цитоплазмы для ионов кальция уменьшается.*

**26.** Какие свойства характерны для гиалоплазмы как коллоидного раствора?

*а) некоторая мутность; б) полная прозрачность; в) способность давать конус Тиндаля; г) неспособность образовывать конус Тиндаля; д) набухание; е) отсутствие набухания.*

**27.** По каким признакам можно судить о жидком состоянии цитоплазмы?

*а) она движется в клетках; б) находится в состоянии покоя; в) при разрезании клетки протопласт принимает в воде шаровидную форму; г) округлая форма вакуолей в клетках; д) слияний вакуолей в клетках; е) несмешиваемость цитоплазмы с водой.*

**28.** Какие свойства мембран определяют ее полупроницаемость?

*а) определенная упорядоченность расположения молекул; б) неупорядоченное расположение молекул в мезоплазме; в) возможное наличие временных или постоянных полярных пор; г) высокая общая оводненность структуры мембран.*

**29.** Какова причина поступления воды в осмометр, наполненного раствором сахарозы?

*а) действие менисковых сил в капиллярах керамического сосуда осмометра; б) диффузия молекул воды по градиенту водного потенциала; в) наличие пор в керамическом сосуде; г) полупроницаемые перепонки из гексацианоферрата меди в порах керамического сосуда.*

**30.** В каком случае можно обнаружить осмотическое давление раствора?

*а) в растворе сахарозы в колбе; б) в системе: раствор — стекло — растворитель; в) в системе: раствор — перепонка из гексацианоферрата меди — раство-*

ритель; г) в системе: вакуолярный сок в клетках корневого волоска — цитоплазма — почвенный раствор; д) в системе: раствор — стенка мочевого пузыря — растворитель.

**31.** В каком растворе будет наблюдаться более значительная степень плазмолиза?

а) в 1 М растворе сахарозы; б) в 1 М растворе глюкозы; в) в 1 М растворе хлорида натрия.

**32.** Какой раствор обладает более высоким потенциальным осмотическим давлением?

а) 5%-й раствор мальтозы; б) 5%-й раствор глюкозы.

**33.** Какой раствор обладает более высоким потенциальным осмотическим давлением?

а) 0,5 М раствор хлорида натрия; б) 0,5 М раствор глюкозы.

**34.** В клетках каких растений осмотическое давление клеточного сока наибольшее?

а) у гигрофитов; б) у луговых растений; в) у степных растений; г) у галофитов.

**35.** В клетках каких растений осмотическое давление клеточного сока наибольшее?

а) у березы; б) у шиповника; в) у рябины; г) у крапивы.

**36.** В клетках каких растений осмотическое давление клеточного сока наименьшее?

а) у молодых; б) у старых.

**37.** В клетках каких органов растения осмотическое давление клеточного сока наименьшее?

а) корня; б) стебля; в) листьев.

**38.** Какие из перечисленных условий ведут к увеличению показателя осмотического давления?

а) высокая активность фермента амилазы, вызывающего осахаривание крахмала; б) низкая активность амилазы; в) высокая активность протеиназ; г) низкая активность протеиназ; д) накопление в клеточном соке органических кислот; е) нейтрализация органических кислот клеточного сока с переводом их в нерастворимое состояние.

**39.** В каких случаях возрастает величина сосущей силы клеток?

а) при повышении концентрации клеточного сока; б) при насыщении клеток водой; в) при переходе клетки в состояние плазмолиза; г) при переходе клетки в состояние циторриза; д) при превращении сахара в крахмал; е) при накоплении в клеточном соке органических кислот.

**40.** Какие явления имеют место при насыщении клеток водой?

а)  $\Psi_{\text{в}} < 0$ ; б)  $\Psi_{\text{в}} = 0$ ; в)  $\Psi_{\text{в}} > 0$ ; г)  $\Psi_{\text{осм}} = 0$ ; д)  $\Psi_{\text{давл}} = 0$ ; е)  $\Psi_{\text{осм}} = \Psi_{\text{давл}}$ ; ж)  $\Psi_{\text{осм}} = \Psi_{\text{в}}$ .

**41.** Какие явления имеют место при плазмолизе клеток?

а)  $\Psi_{\text{в}} < 0$ ; б)  $\Psi_{\text{в}} = 0$ ; в)  $\Psi_{\text{в}} > 0$ ; г)  $\Psi_{\text{осм}} = 0$ ; д)  $\Psi_{\text{давл}} = 0$ ; е)  $\Psi_{\text{осм}} = \Psi_{\text{давл}}$ ; ж)  $\Psi_{\text{осм}} = \Psi_{\text{в}}$ .

- 42.** При каком состоянии клетки ее водный потенциал равен нулю?  
*а) в состоянии плазмолиза; б) при насыщении клетки водой.*
- 43.** При каком состоянии клетки ее водный потенциал меньше нуля?  
*а) в состоянии плазмолиза; б) при насыщении клетки водой.*
- 44.** В клетках каких органов растения водный потенциал максимален?  
*а) корня; б) стебля; в) листьев.*
- 45.** В клетках каких растений водный потенциал максимален?  
*а) у гигрофитов; б) у гидрофитов; в) у мезофитов; г) у ксерофитов.*
- 46.** В клетках каких растений водный потенциал клеточного сока наименьший?  
*а) у типчака; б) у ламинарии; в) у соляроса; г) у крапивы.*
- 47.** В клетках, каких растений водный потенциал наименьший?  
*а) у водорослей пресных водоемов; б) у морских водорослей.*
- 48.** Какие факты свидетельствуют о существовании активного механизма поступления ионов в растительную клетку?  
*а) уменьшение поглощения ионов в отсутствие кислорода; б) выход солей из клетки в результате действия ядов, прекращающих дыхание; в) движение ионов по градиенту концентрации; г) движение ионов против градиента концентрации; д) ускорение движения ионов после введения в клетки АТФ; е) торможение поглощения ионов после введения в клетки ингибитора белкового синтеза хлорамфеникола.*
- 49.** Какой механизм лежит в основе процесса поступления солей в свободное водное пространство?  
*1) ионы поступают диффузно и накапливаются в свободном пространстве вследствие поверхностной и электростатической адсорбции; б) ионы поступают и накапливаются в свободном пространстве при участии активных механизмов, связанных с обменом веществ; в) в свободном водном пространстве ионы передвигаются против электрохимического потенциала; г) ионы передвигаются в направлении градиента электрохимического потенциала.*
- 50.** Какими свойствами обладают переносчики?  
*а) их количество в мембранах ограничено; б) число переносчиков в мембранах не ограничено; в) переносчики специфичны по отношению к определенным ионам; г) не обладают специфичностью; д) при взаимодействии с АТФ претерпевают конформационные изменения; е) не претерпевают конформационных изменений.*
- 51.** Какие явления наблюдаются при облегченной диффузии?  
*а) транспорт ионов идет с помощью переносчиков; б) поступление ионов осуществляется без их участия; в) перенос ионов идет по электрохимическому градиенту; г) транспорт ионов протекает против электрохимического градиента; д) перемещение ионов требует затраты метаболической энергии; е) поступление ионов происходит без затраты метаболической энергии.*
- 52.** Какие факты подтверждают участие АТФаз в транспорте ионов?  
*а) обнаружение АТФаз в мембранах различных клеток; б) их участие в сейсмонастических движениях стыдливой мимозы; в) наличие прямой пропорциональной*

зависимости между активностью ферментов и поступлением ионов; г) зависимость активного транспорта ионов от энергии АТФ.

**53.** Какова роль дыхания в поглощении ионов растительной клеткой?

а) в ходе дыхания образуются ионы  $H^+$  и  $HCO_3^-$ , участвующие в процессе обменной адсорбции; б) в результате дыхания образуется вода, которая разжижает цитоплазму, делая ее более проницаемой для ионов; в) при дыхании образуется АТФ, необходимая для функционирования переносчиков ионов; г) в процессе дыхания возникают ионы водорода (протоны), которые скапливаются на наружной поверхности мембраны; при этом внутренняя поверхность мембраны заряжается отрицательно; катионы, притягиваясь к отрицательному заряду, преодолевают мембрану.

**54.** Какие ионы попадают в основном в вакуоль?

а) присутствующие в цитоплазме в низких концентрациях; б) насыщающие цитоплазму; в) активно используемые в метаболизме; г) не используемые в метаболизме клетки.

**55.** Плазмалемма (1) и тонопласт (2) обладают механизмами активного транспорта ионов через мембрану. Какой из этих механизмов функционирует лишь при высоких концентрациях ионов?

**56.** Как сказывается на поглощении ионов быстрое использование их в метаболизме?

а) ускоряет; б) не оказывает влияния; в) тормозит.

#### **IV. Решить задачи**

**1.** Рассчитайте и сравните, какой из растворов обладает более высоким потенциальным осмотическим давлением: 10 % раствор глюкозы или 10 % раствор сахарозы.

**2.** Рассчитайте и сравните, какой из растворов обладает более высоким потенциальным осмотическим давлением: 1 М раствор хлорида натрия или 1 М раствор сахарозы. В каком из этих растворов при погружении кусочков эпидермиса лука в клетках будет наблюдаться более значительная степень плазмолиза.

**3.** Рассчитайте и сравните, какой из растворов обладает более высоким потенциальным осмотическим давлением: 1 М раствор сахарозы или 1 М раствор мочевины. В каком из этих растворов при погружении кусочков эпидермиса лука в клетках будет более длительное время наблюдаться плазмолиз и почему? Сделайте схематические рисунки.

**4.** Рассчитайте и сравните, какой из растворов обладает более высоким потенциальным осмотическим давлением: 1 М раствор нитрата калия или 0,7 М раствор нитрата кальция. Какие формы плазмолиза и почему будут наблюдаться в кусочках эпидермиса лука при погружении их в эти растворы? Сделайте схематические рисунки. Изотонический коэффициент 1 М раствора нитрата калия равен 1,89, а 0,7 М раствора нитрата кальция – 1,58.

**5.** Рассчитайте значение осмотического потенциала клеток растительной ткани, если при погружении кусочков этой ткани в 0,4 М раствор хлорида натрия на-

блюдается едва заметный уголковоый плазмолиз у 50 % клеток, а в 0,3 М раствор этой же соли плазмолиз в клетках отсутствует. Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в химически чистую воду.

**6.** Рассчитайте значение осмотического потенциала клеток кожицы листа, если при погружении кусочков кожицы в 0,6 М раствор хлорида натрия наблюдается едва заметный уголковоый плазмолиз у 50 % клеток, а в 0,5 М раствор плазмолиз в клетках отсутствует. Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в 0,6 М раствор сахарозы?

**7.** Рассчитайте значение осмотического потенциала клеток эпидермиса лука, если при погружении кусочков эпидермиса в 0,6 М раствор глюкозы наблюдается едва заметный уголковоый плазмолиз у 50 % клеток, а в 0,5 М раствор плазмолиз в клетках отсутствует. Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в 0,8 М раствор хлорида натрия?

**8.** Рассчитайте значение осмотического потенциала клеток растительной ткани, если при погружении кусочков эпидермиса лука в 0,5 М раствор хлорида натрия наблюдается едва заметный уголковоый плазмолиз у 50 % клеток, а в 0,4 М раствор этой же соли плазмолиз в клетках отсутствует. Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в 0,7 М раствор глюкозы?

**9.** Рассчитайте значение осмотического потенциала клеток эпидермиса листа свеклы, если при погружении кусочков эпидермиса в 0,5 М раствор сахарозы наблюдается едва заметный уголковоый плазмолиз у 50 % клеток, а в 0,4 М раствор плазмолиз в клетках отсутствует. Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в 0,8 М раствор мочевины?

**10.** Рассчитайте значение осмотического потенциала клеток растительной ткани, если при погружении кусочков эпидермиса лука в 0,5 М раствор хлорида натрия наблюдается едва заметный уголковоый плазмолиз у 50 % клеток, а в 0,4 М раствор этой же соли плазмолиз в клетках отсутствует. Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в 0,7 М раствор глюкозы?

**11.** Опишите какие осмотические явления будут происходить, если кусочек растительной ткани, водный потенциал клеток которой при температуре 22°C равен -16 атм, погрузили вначале в 0,8 М раствор сахарозы, а затем в химически чистую воду. Рассчитайте значение осмотического потенциала раствора сахарозы. Сделайте схематические рисунки.

**12.** Опишите какие осмотические явления будут происходить, если кусочек эпидермиса лука, водный потенциал клеток которого при температуре 20°C равен -8 атм, погрузили вначале в химически чистую воду, а затем в 0,7 М раствор хлорида натрия. Рассчитайте значение осмотического потенциала раствора соли. Сделайте схематические рисунки.

**13.** Опишите какие осмотические явления будут происходить, если кусочек растительной ткани, водный потенциал клеток которой при температуре 25°C равен

-10 атм, погрузили вначале в 0,7 М раствор сахарозы, а затем в 0,01 М раствор хлорида натрия. Рассчитайте значения осмотических потенциалов растворов сахарозы и соли. Сделайте схематические рисунки.

**14.** Опишите какие осмотические явления будут происходить, если кусочек эпидермиса лука, водный потенциал клеток которого при температуре 20°C равен -12 атм, погрузили вначале в 0,1 М раствор хлорида натрия, а затем в 0,8 М раствор соли. Рассчитайте значения осмотических потенциалов этих растворов соли. Сделайте схематические рисунки.

**15.** На основании данных табл. 4 определите значение водного потенциала клеток коры корнеплода моркови.

**Таблица 4**

**Влияние концентрации раствора хлорида натрия на длину брусочков из коры корнеплода моркови**

Концентрация растворов, М	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Первоначальная длина брусочков, мм	30	30	30	30	30	30	30	30
Длина брусочков после пребывания в растворе, мм	33	32	31	30	29	28	27	26
Изменение длины брусочков, мм								

Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в химически чистую воду? Сделайте схематические рисунки.

**16.** На основании данных табл. 5 определите значение водного потенциала клеток корнеплода свеклы. Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в 1 М раствор сахарозы?

**Таблица 5**

**Влияние концентрации раствора хлорида натрия на длину брусочков из корнеплода свеклы**

Концентрация растворов, М	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Первоначальная длина брусочков, мм	20	20	20	20	20	20	20	20
Длина брусочков после пребывания в растворе, мм	25	24	23	22	21	20	19	18
Изменение длины брусочков, мм								

**17.** На основании данных табл. 6 определите значение водного потенциала клеток клубня топинамбура. Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в 0,8 М раствор мочевины?



**Таблица 6****Влияние концентрации раствора хлорида натрия на длину брусочков из клубня топинамбура**

Концентрация растворов, М	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Первоначальная длина брусочков, мм	20	20	20	20	20	20	20	20
Длина брусочков после пребывания в растворе, мм	24	23	22	21	20	19	18	17
Изменение длины брусочков, мм								

**18.** На основании данных табл. 7 определите значение водного потенциала клеток клубня топинамбура. Какие явления будут происходить, если кусочки этой ткани погрузить в 0,8 М раствор мочевины?

**Таблица 7****Влияние концентрации раствора хлорида натрия на длину брусочков из клубня картофеля**

Концентрация растворов, М	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Первоначальная длина брусочков, мм	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Длина брусочков после пребывания в растворе, мм	22,0	21,0	20,0	19,0	18,5	17,0	17,5	16,0
Изменение длины брусочков, мм								

**4. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ВОДНОМУ ОБМЕНУ****4.1. Определение динамики поглощения воды талломом лишайника**

Приспособления растений к недостатку воды весьма разнообразны. В частности, чрезвычайно высокую устойчивость к условиям дефицита влаги проявляют лишайники. Именно способность лишайников адаптироваться к неблагоприятным условиям, в том числе к засухе, определила их широкое географическое распространение. Эта выработанная эволюционно адаптация носит комплексный характер. При неблагоприятных условиях все процессы замедляются, становятся латентными, в то время как при благоприятных они быстро восстанавливаются. Одним из путей физиологической адаптации лишайников к ксеротическим условиям является быстрая потеря воды и отсутствие специальных приспособлений для предохранения от испарения. Способность быстро высыхать позволяет лишайникам без повреждений переносить нагревание солнечными лучами, что было бы опасно для влажного таллома. В засушливый период некоторые виды лишайников содержат лишь 2 – 10 % воды. Лишайники способны жить без воды более года. При увлажнении физиологические функции лишайников быстро восстанавливаются.

*Цель работ: определить динамику поглощения воды воздушно-сухими талломами лишайников при увлажнении.*

*Материалы и оборудование: чашки с увлажненной фильтровальной бумагой; часы с секундомером; торсионные весы со шкалой до 1 г.*

*Объекты: талломы лишайников, хранившиеся в лабораторных условиях в воздушно-сухом состоянии при слабом освещении.*

*Ход работы.* Три таллома лишайника взвесить на торсионных весах и поместить во влажную камеру. В качестве камеры можно использовать чашку Петри, чашки с увлажненной фильтровальной бумагой, в которой установился определенный режим влажности. Последующие взвешивания производят с интервалами 1, 3, 5, 10, 30, 40, 50 мин.

**Таблица 8**

**Динамика поглощения талломом лишайника воды**

Время, мин	Масса таллома, мг			Масса поглощенной воды, мг									
				всего			на 1 г сухого таллома			средняя			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3				

*Задание: определите количество воды, поглощенной лишайником за определенные интервалы времени, вычитанием исходной (сухой) массы таллома из очередного результата взвешивания, показывающего массу увлажненного таллома. Проведите расчет поглощения воды на 1 г сухого таллома. Результаты занесите в табл. 8. В окончательном виде результаты представьте в форме графика, где по горизонтали отложено время, а по вертикали - масса поглощенной воды на 1 г сухого таллома (каждая точка представляет собой среднюю величину для трех определений).*

#### **4.2. Водообмен ветки сосны**

Водообмен растения складывается из поступления воды в растение, передвижения воды по проводящим тканям и транспирации. Для этого растение помещают в банку с определенным количеством воды, принимают меры против испарения воды непосредственно из банки и взвешивают всю установку. Через несколько дней вторично взвешивают установку, учитывают количество оставшейся в банке воды и на основе полученных данных вычисляют количество поглощенной растением воды (по убыли воды в банке) и количество транспирированной воды (по уменьшению веса всей установки). Для получения ответа на вопрос, по какой части стебля идет восходящий ток, к воде добавляют небольшое количество краски, а также ставят второй опыт с окольцованным стеблем.

*Цель работы: провести количественный учет и изучить особенности трех основных процессов, из которых складывается водообмен веток сосны.*

*Материалы и оборудование: 0,003 % раствор эозина, весы технические, разновесы, стеклянные банки на 300 - 500 мл с пробками (2 шт.), бритва, скальпель, пробочные сверла, кристаллизатор большой, вода кипяченая, парафин, электроплитка, вата, бумага, клей, цветные карандаши.*

*Объект: ветки сосны.*

*Ход работы.* Налить в банку примерно на  $\frac{3}{4}$  воду, подкрашенную эозином, наклеить этикетку и взвесить банку с водой. Взять 2-летнюю ветку сосны, очистить нижнюю часть стебля (до мутовки побегов) от хвои и вставить стебель в отверстие пробки. Если имеется резиновая пробка, то можно очень плотно зажать в ней ветку, для чего нужно просверлить в пробке отверстие немного меньше толщины стебля, вставить в отверстие с нижней стороны более крупное сверло, опустить в сверло с верхней стороны пробки стебель и, придерживая пробку и стебель пальцами, вытащить сверло из пробки. Если пробка корковая, то приходится делать отверстие немного больше толщины ветки, а затем закрыть ватой щели между веткой и пробкой. Вставив ветку в пробку, следует обновить срез стебля под водой: погрузить нижний конец стебля в кристаллизатор с кипяченой водой и отрезать наискось острой бритвой кусок стебля длиной 6 - 8 см. Продержав свежесрезанный конец стебля под водой не менее  $\frac{1}{2}$  мин, вставить пробку с веткой в банку так, чтобы нижний конец стебля не доходил до дна банки на 1-2 см. Залить пробку парафином (если пробка резиновая и плотно закрывает банку, то можно этого не делать) и взвесить всю установку с точностью до 0,1 г.

Поставить таким же способом опыт с другой веткой, у которой после закрепления ее в отверстии пробки окольцевать стебель. Для этого ниже пробки, но выше уровня жидкости сделать два круговых надреза коры на расстоянии 1 см один от другого и снять кольцо коры (до белой древесины).

Через неделю сделать второе взвешивание всей установки, вынуть пробку с веткой и взвесить банку с оставшейся в ней водой. Если пробку заливали парафином, то перед взвешиванием необходимо тщательно удалить весь оставшийся на стенках банки парафин. Оборвать всю хвою и взвесить.

Сделать бритвой продольные или поперечные разрезы стеблей и зарисовать, обозначив красным карандашом части, окрашенные эозином.

**Таблица 9**

**Водный обмен ветки сосны**

Вариант	Вес банки с водой, г		Вес всей установки, г		Количество воды, г		Вес хвои, г	Поверхность, г	Интенсивность транспирации, г/м <sup>2</sup> ч
	исходный	через 7 дней	исходный	через 7 дней	поглощенной	испаренной			
Неокольцованная ветка									
Окольцованная ветка									

*Задание: запишите результаты в табл. 9. Испаряющую поверхность вычислить исходя из того, что 1 г сырой хвои сосны соответствует поверхность в 33 см<sup>2</sup> (поверхностью стебля можно пренебречь). Интенсивность транспирации вычислить, деля количество испаренной воды на поверхность хвои и продолжительность опыта.*

#### **4.3. Сравнение транспирации верхней и нижней сторон листа хлоркобальтовым методом**

Если прижать к листу предварительно высушенный кусок фильтровальной бумаги, пропитанной раствором хлорида кобальта, то бумага, поглощая выделяющиеся в процессе транспирации водяные пары, будет менять свою окраску из голубой (цвет сухого  $\text{CoCl}_2$ ) в розовый (цвет  $\text{CoCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). По быстроте порозовения можно приблизительно судить об интенсивности транспирации.

*Цель работы: сравнить интенсивность транспирации верхней и нижней сторон листа.*

*Материалы и оборудование: куски хлоркобальтовой бумаги, одинаковые стеклянные пластинки, резиновые кольца для перевязывания стеклянных пластинок, пинцет, плитка, лезвие бритвы, предметные и покровные стекла, препаративные иглы, стакан с водой.*

*Объекты: листья любых растений.*

*Ход работы.* Просушите над электроплиткой сложенный пополам кусок хлоркобальтовой бумаги до появления ярко голубого цвета и немедленно приложите его к двум сторонам листа. Хлоркобальтовые бумажки следует держать пинцетом, не дотрагиваться до них пальцами, от которых могут остаться розовые пятна. Для устранения действия атмосферной влаги осторожно зажмите лист вместе с наложенной на него бумагой между двумя стеклянными пластинками и перевяжите их резиновыми кольцами. Пронаблюдайте за изменением окраски хлоркобальтовой бумаги и запишите результат.

Сделайте срезы верхнего и нижнего эпидермиса исследуемого листа, рассмотрите их в микроскоп, зарисуйте.

*Задание: сравните интенсивность транспирации верхней и нижней сторон листа. Сделайте выводы о причинах разной интенсивности транспирации верхней и нижней сторон листа и о соотношении между устьичной и кутикулярной транспирацией.*

#### **4.4. Наблюдение за движением устьиц**

У замыкающих клеток устьиц стенки, прилегающие к устьичной щели, утолщены, а наружные стенки тоньше. Неодинаковая толщина стенок замыкающих клеток приводит к тому, что при изменении тургора замыкающие клетки способны менять форму, открывая или закрывая при этом устьичную щель. Следовательно, степень насыщения клеток водой оказывает очень большое влияние на движение устьиц. Различают три типа устьичных движений: гидропассивные, гидроактивные, фотоактивные.

*Гидропассивные движения* закрывания связаны с насыщением водой клеток,

которые окружают устьица. *Гидроактивное закрывание* устьиц связано с увеличением в самих клетках устьиц водного дефицита и с повышением в них содержания абсцизовой кислоты, которая подавляет работу  $H^+$ -насосов на мембранах замыкающих клеток. Это приводит к снижению тургора замыкающих клеток и, следовательно, к закрыванию устьиц. *Фотоактивное открывание* устьиц состоит в увеличении ширины устьичной щели при повышении интенсивности.

*Цель работы: наблюдать за устьичными движениями в воде и в растворе глицерина.*

*Материалы и оборудование: растворы глицерина (5 %-й и 20%-й), 1М раствор сахарозы, микроскопы, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, фильтровальная бумага, бюксы.*

*Объекты: листья любых растений.*

*Ход работы.* Приготавливают несколько срезов нижней эпидермы листа и помещают их в 5%-й раствор глицерина на предметное стекло. Наблюдают процесс плазмолиза. Глицерин проникает в вакуоли замыкающих клеток, понижает их водный потенциал и, следовательно, повышает их способность всасывать воду. Устьичные щели при этом закрываются.

Через некоторое время (минут через 15) наступает деплазмолиз и устьица открываются вследствие того, что глицерин начинает проникать через цитоплазму в клеточный сок.

Затем глицерин меняют на воду, оттягивая его из-под стекла фильтровальной бумагой. При этом наблюдается еще больше открывание устьичных щелей, т.к. вследствие проникновения глицерина в клеточный сок осмотическое давление в замыкающих клетках повышается.

После этого воду заменяют сильным осмотиком — 20%-м раствором глицерина или 1 М раствором сахарозы. Наблюдают закрывание устьиц.

*Задание: зарисовать устьица в воде и в растворах 5%-го глицерина. Объяснить причину устьичных движений.*

#### **4.5. Определение интенсивности транспирации весовым методом**

Транспирация – это процесс испарения воды в атмосферу надземными органами растений. Интенсивность транспирации – это количество воды, испаренной с единицы листовой поверхности в единицу времени (например, с  $1\text{ м}^2$  за 1 ч). Относительная транспирация – отношение интенсивности транспирации к интенсивности испарения со свободной водной поверхности при тех же условиях; этот показатель характеризует способность растений регулировать транспирацию и выражается в виде десятичной дроби или в процентах.

Весовой метод учета транспирации основан на определении количества испаренной воды по уменьшению веса целого растения или срезанного побега (или даже отдельного листа). Побег (лист) срезают и дважды взвешивают, причем интервал между взвешиваниями не должен быть больше 5 мин, так как при более длительной экспозиции может начаться завядание листьев, приводящее к уменьшению интенсивности транспирации. Для взвешивания используют торсионные весы.

*Цель работы:* сравнить интенсивность транспирации листьев растений, относящихся к разным экологическим группам.

*Материалы и оборудование:* весы торсионные, ножницы, скальпель, крышка чашки Петри, миллиметровая бумага, фильтровальная бумага, вода комнатной температуры.

*Объекты:* комнатные растения или свежесрезанные ветки древесных пород.

*Ход работы.* Установите весы. Срежьте лист с растения и быстро взвесьте. Через 3 – 5 мин взвесьте лист повторно.

Для определения поверхности листьев разложите листья на бумаге (лучше всего миллиметровой), тщательно обведите листья карандашом, вырежьте и взвесьте полученные бумажные фигуры. Кроме того, взвесьте вырезанный из той же бумаги квадрат известной площади (например, 1 см<sup>2</sup>) и найдите площадь листовых пластинок по пропорции:

$$a/b = c/S,$$

где  $a$  - вес квадрата;  $b$  - вес бумажных фигур;  $c$  - площадь квадрата;  $S$  - площадь листьев.

Интенсивность транспирации вычислите по формуле:

$I_{mp} = n \cdot 60 \cdot 10000 / S \cdot t$ , где  $I_{mp}$  - интенсивность транспирации, г/м<sup>2</sup>·ч;  $n$  - количество воды, испаренной пробегом за время опыта, г.;  $S$  - площадь листьев, см<sup>2</sup>;  $t$  - продолжительность опыта, мин; 60 - коэффициент перевода минут в часы; 10000 - коэффициент перевода см<sup>2</sup> в м<sup>2</sup>.

**Таблица 10**

**Определение показателей транспирации**

Объект	Время		Продолжительность опыта, мин	Вес, г		Убыль в весе, г	Площадь, см <sup>2</sup>	Интенсивность испарения воды, г/м <sup>2</sup> ·ч	Относительная транспирация
	начало	конец		исходный	конечный				
сосуд									
растение									

Чтобы убедиться в том, что транспирация не является простым физическим процессом испарения, поставьте одновременно с определением транспирации опыт по учету свободного испарения. Для этого взвесьте чашку, наполненную почти до краёв водой комнатной температуры (наружная поверхность чашки должна быть совершенно сухой), и через определенное время, например, через 30 мин, сделайте второе взвешивание. Между взвешиваниями сосуд с водой должен находиться в тех же условиях, при которых учитывалась транспирация. Определите испаряющую поверхность, измеряя внутренний диаметр чашки линейкой, и вычислите интенсивность испарения со свободной водной поверхности ( $E$ ), поль-

зуюсь той же формулой, по которой вычислялась интенсивность транспирации. Доля интенсивность транспирации на интенсивность свободного испарения, можно найти относительную транспирацию.

*Задание: определите интенсивность транспирации растений, интенсивность свободного испарения и относительную транспирацию. Результаты запишите в табл. 10.*

#### 4.6. Определение водоудерживающей способности растений методом «завядания» (по Арланду)

В регулировании водообмена растений значительную роль играют водоудерживающие силы, обусловленные в основном содержанием в клетках осмотически активных веществ и способностью коллоидов к набуханию.

Водоудерживающая способность клеток зависит от условий выращивания растений. В частности, большое влияние оказывают условия питания. При оптимальных условиях водоудерживающая способность возрастает, водоотдача за 30 мин составляет лишь 4 – 6 % от исходной величины. Определение водоудерживающей способности по Арланду основано на учете потери воды завядающими растениями.

*Цель работы: сравнить водоудерживающую способность листьев растений разных экологических групп.*

*Материалы и оборудование: штативы, технические весы, ножницы, парафин, подкрашенный Суданом III.*

*Объекты: листья растений разных экологических групп.*

*Ход работы.* Листья растений осторожно отделяют от стеблей. Затем основание листа покрывают парафином, чтобы исключить его участие в испарении воды. Для этого основание листа опускают в расплавленный парафин, подкрашенный Суданом III, с температурой не выше 50°C.

**Таблица 11**

#### Определение водоудерживающей способности листьев растений

Объект	Масса листа, г					Масса испарившейся H <sub>2</sub> O, г				Потеря H <sub>2</sub> O, % к исходной массе			
	исходная	через 20 мин	через 40 мин	через 60 мин	через 80 мин	через 20 мин	через 40 мин	через 60 мин	через 80 мин	через 20 мин	через 40 мин	через 60 мин	через 80 мин

Листья взвешивают на весах, аккуратно расставляют их в штативы и через 20 мин, 40 мин, 60 мин и 80 мин взвешивают повторно. Убыль в массе показывает абсолютное количество воды, потерянной испытуемыми растениями за 20-

минутные интервалы.

Используя полученные данные, вычисляют количество испарившейся воды в процентах к испаряющейся массе за последовательные 30-минутные интервалы.

*Задание: изобразить графически динамику водоотдачи, сделать заключение о вододерживающей способности листьев растений разных экологических групп. Результаты записать по форме табл. 11.*

## 5. Задания для контроля знаний по теме «Водный обмен»

### I. Дать определение

верхний концевой двигатель	гипертонический раствор	кутикулярная транспирация	пояски Каспари продуктивность транспирации
водный баланс	гипотонический раствор	летняя транспирация	стипаксерофиты
водный дефицит	раствор	мезофиты	суккуленты
водный обмен	гомойогидрические растения	нижний концевой двигатель	транспирационный коэффициент
водный потенциал	гутта	относительная транспирация	устычная транспирация
вторичные гидрофиты	гуттация	транспирация пасока	фотоактивная реакция
второй физиологический барьер	интермицелярная вода	первичные гидрофиты	циторриз
гемиксерофиты	интенсивность транспирации	первый физиологический барьер	эвксерофиты
гигрофиты	интрамицелярная вода	перидермальная транспирация	экономность транспирации
гидатоды	вода	плач	эпинема
гидратофиты	корневое давление	пойкилогидрические растения	эфемеры
гидроактивные движения	ксерофиты		
гидропассивные движения			

### II. Ответить на вопросы

1. Структура, свойства, функции воды. Значение воды в растительном организме.
2. Водный обмен и водный баланс растительного организма. Влияние факторов внешней среды на водный обмен растений.
3. Поглощение воды растением. Морфологические и анатомические особенности корневой системы как органа поглощения воды. Работа нижнего концевой двигателя. Радиальный транспорт воды по корню.
4. Передвижение воды по растению. Пути ближнего и дальнего восходящего транспорта. Движущие силы тока воды в растении.
5. Транспирация. Работа верхнего концевой двигателя. Физиологическое значение транспирации. Виды транспирации. Количественные показатели транспирации: интенсивность, продуктивность, транспирационный коэффициент, относительная транспирация.



6. Методы измерения интенсивности транспирации. Способы снижения транспирации.
7. Лист как орган транспирации.
8. Физиология устьичных движений.
9. Суточный ход транспирации. Регуляция устьичной транспирации.
10. Влияние внешних и внутренних факторов на процесс транспирации.
11. Проблема водного дефицита. Водный стресс. Изменение физиологических процессов в тканях растений в условиях обезвоживания.
12. Ксероморфная структура. Правило В.Р. Заленского.
13. Особенности водного обмена у растений разных экологических групп и пути адаптации растений к водному дефициту.

### III. Отметить правильный вариант ответа

1. Какие свойства воды определяются дипольным характером ее молекулы?  
*а) вода обладает исключительно высокой растворяющей способностью, благодаря чему является средой, в которой происходит передвижение веществ и химические процессы; б) вода включается в структуру цитоплазмы и определяет ее устойчивость к внешним воздействиям, поддерживая определенную конформацию белковых молекул и упорядоченность расположения мембранных компонентов; в) вода непосредственно участвует во многих биохимических процессах; г) обеспечивает тургорное состояние клеток и тканей; д) благодаря высокой теплоемкости вода регулирует температуру тела растения.*
2. В каком состоянии молекулы воды имеют наиболее упорядоченную структуру?  
*а) в газообразном; б) в жидком; в) в твердом.*
3. Все ли водородные связи разрываются при плавлении льда?  
*а) все; б) большая часть; в) меньшая часть.*
4. Какая форма воды участвует в различных биохимических реакциях, испаряется в процессе транспирации, легко передвигается по растению, замерзает при низкой отрицательной температуре?  
*а) свободная; б) коллоидно-связанная; в) осмотически связанная.*
5. Как изменится интенсивность обмена веществ в клетке при возрастании доли связанной воды?  
*а) увеличится; б) останется без изменений; в) понизится.*
6. Как скажется на устойчивости растений к неблагоприятным условиям увеличение доли связанной воды?  
*а) понизится; б) останется без изменений; в) повысится.*
7. В каких из структур преобладает парообразная вода?  
*а) в живых клетках; б) в мертвых элементах ксилемы; в) в межклетниках.*
8. Какая часть клетки наиболее богата слабо связанной водой?  
*а) клеточная стенка; б) вакуоли; в) цитоплазма.*
9. Какие свойства растений препятствуют развитию водного дефицита?  
*а) регулирование транспирации с помощью устьиц; б) слабое развитие кутикулы; в) способность клеток регулировать величину осмотического давления; г) опуше-*

ние на эпидерме; д) мощная и глубокая корневая система; е) слабо развитая корневая система; ж) восковой налет на листьях.

**10.** Какие анатомо-морфологические признаки строения листа, связанные с функцией фотосинтеза, стали причиной возникновения транспирации?

*а) прозрачность эпидермиса; б) наличие устьиц; в) присутствие хлоропластов; г) большая площадь внутренней и наружной поверхности.*

**11.** Какие из следствий транспирации превратили ее, по словам К. А. Тимирязева, из «неизбежного зла» в необходимую физиологическую функцию наземных растений?

*а) завядание растений; б) отведение до 95% энергии солнечного света, поглощенного листом, на превращение воды в пар; в) предотвращение перегрева листьев; г) наличие градиента водного потенциала, направленного от почвенного раствора через ткани растения к атмосферному воздуху; д) создание градиента величины сосущей силы между паренхимными тканями листа и раствором, содержащимся в сосудах ксилемы.*

**12.** На какой фазе транспирации затрачивается до 95% солнечной энергии, поглощаемой листом?

*а) при испарении воды из оболочки в межклетники; б) при диффузии пара из межклетников через устьичные щели; в) при распространении паров воды от поверхности листа в более далекие слои атмосферы; г) при передвижении воды по градиенту водного потенциала из вакуоли через протопласт к оболочке.*

**13.** В каком листе интенсивность кутикулярной транспирации будет наивысшей?

*а) в молодом; б) в зрелом; в) в старом.*

**14.** Какой тип движений устьиц относится к гидропассивным?

*а) связанные с закрыванием устьиц в результате механического давления соседних эпидермальных клеток, заполненных водой; б) открывание и закрывание устьичных щелей, обусловленные изменением содержания воды в самих замыкающих клетках; в) зависящие от смены света и темноты.*

**15.** Функционирование устьичного аппарата (закрывание и открывание устьичной щели) связано с обратимым превращением сахара в крахмал (1) и с включением активного механизма транспорта ионов калия из цитоплазмы в вакуоль за счет энергии АТФ (2). Какой из этих механизмов действует путем изменения величины осмотического давления в замыкающих клетках устьиц?

*а) первый; б) второй; в) первый и второй; г) ни тот, ни другой.*

**16.** Как изменится состояние устьиц у растений после опрыскивания их раствором абсцизовой кислоты?

*а) закроются; б) останутся без изменений; в) откроются.*

**17.** У какого растения будет наблюдаться более интенсивная транспирация, если диаметр устьичных щелей в микронах был равен:

*а) 10; б) 4; в) 2?*

**18.** При определении устьичной и кутикулярной транспирации у листа березы оказалось, что их соотношение составляет приблизительно 1:1. Что можно сказать о возрасте листа березы?

*а) лист молодой; б) среднего возраста; в) лист старый.*

**19.** При образовании органического вещества массой 1 г растение в процессе транспирации испарило воду массой 730 г. Какая единица транспирации соответствует этому показателю?

*а) интенсивность транспирации; б) транспирационный коэффициент; в) продуктивность транспирации; г) относительная транспирация; д) экономность транспирации.*

**20.** Первый этап поступления воды в корень — осмотический ток воды в корневой волосок из почвенного раствора. Достаточно ли этого процесса для обеспечения растения водой?

*а) да; б) нет.*

**21.** Какие клетки обладают наименьшей величиной водного потенциала?

*а) корневых волосков; б) паренхимы коры корня; в) клетки листа, прилегающие к устьицам; г) клетки листа, примыкающие к жилкам.*

**22.** Какой из механизмов функционирует у деревьев весной до распускания листьев?

*а) верхний; б) нижний.*

**23.** В каком направлении изменится интенсивность гуттации, если на корни растения подействовать наркотиками (эфиром, хлороформом) или веществами, ингибирующими дыхание?

*а) возрастет; б) останется без изменений; в) затормозится.*

**24.** Какие из факторов непосредственно ослабляют интенсивность процесса транспирации?

*а) высокая влажность воздуха; б) достаточно высокая положительная температура; в) активное функционирование корневой системы; г) закрывание устьиц; д) высокий уровень оводненности тканей; е) присутствие в почве определенного количества кислорода.*

**25.** Что можно сказать о гуттации полностью погруженных водных растений?

*а) она отсутствует; б) протекает, но исключительно слабо; в) идет непрерывно.*

**26.** Ветка для прекращения транспирации. Будет ли у ветки тополя, срезанной с дерева и поставленной в банку с водой, закрытой стеклянным колпаком, наблюдаться гуттация?

*а) да; б) нет.*

**27.** Какие факты свидетельствуют о том, что плач растений является результатом метаболической деятельности корней?

*а) плач прекращается после умерщвления клеток корня; б) интенсивность плача ослабевает под действием наркотиков (хлороформ, эфир); в) плач подавляется ингибиторами дыхательного процесса; г) плач прекращается после помещения корневой системы в гипертонический раствор; д) интенсивность плача тормозится при понижении температуры; е) плач замедляется при отсутствии кислорода в окружающей растению среде.*

**28.** Какая жидкость содержит больше минеральных веществ?

*а) ксилемный сок (сок плача); б) гуттационная жидкость.*

**29.** Как изменяется толщина дерева в жаркий полдень?

*а) увеличивается; б) остается без изменений; в) уменьшается.*

**30.** Какие из явлений следует отнести не к патологическим, а к активным приспособительным реакциям на обезвоживание клеток?

*а) повышение активности гидролаз; б) увеличение концентрации клеточного сока; в) падение уровня белка и возрастание содержания небелкового компонента; г) депрессия фотосинтеза; д) подвядание тканей; е) усиление интенсивности дыхания.*

**31.** Какое свойство цитоплазмы способствует успешному перенесению обезвоживания?

*а) большая вязкость; б) высокая эластичность.*

**32.** Время, необходимое для разрыва цитоплазмы при центрифугировании, составляет у алоэ (*а*) 3 мин, у подорожника (*б*) 10 мин, у вероники сизой (*в*) 25 мин. Какое из этих растений более устойчиво к обезвоживанию?

**33.** Листья ячменя, пшеницы и проса выдержали в водяной бане при температуре 60°C, а затем перенесли в 0,2 н раствор хлороводородной кислоты. Какое растение обладает большей жаростойкостью, если у ячменя (*а*) при этом появились бурые пятна на 60% площади, у пшеницы (*б*) - на 50% площади, а у проса (*в*) - на 30% площади?

**34.** Срезы листьев овса, ржи и сорго были выдержаны в течение 10 мин в водяной бане при температуре +54°C. Затем их перенесли в 0,7 М раствор хлорида натрия и рассмотрели под микроскопом. Какое растение обладает большей жаростойкостью, если клетки листа овса (*а*) не плазмолизировали, клетки листа ржи (*б*) дали около 10% плазмолизированных клеток, а препарат листа сорго (*в*) - около 60%?

**35.** Какие из признаков являются показателем пониженной устойчивости растений к запалу, связанному с их перегревом?

*а) небольшая вязкость цитоплазмы; б) низкая ее эластичность; в) высокая интенсивность обменных процессов; г) высокие темпы ростовых процессов; д) наличие воды в слабо связанном состоянии; е) лабильность хлорофилл-белкового комплекса.*

**36.** Какие из ксерофитов имеют очень вязкую и эластичную цитоплазму?

*а) эфемеры; б) суккуленты; в) гемиксерофиты; г) пойкилоксерофиты; д) эвксерофиты.*

**37.** Какие из признаков обеспечивают гемиксерофитам высокую интенсивность транспирации?

*а) наличие глубокой и сильно разветвленной корневой системы; б) клетки обладают высоким осмотическим давлением; в) имеют эффективную проводящую систему; г) листья тонкие, с густой сетью жилок; д) устьица открыты даже в жаркие дни; е) обладают высокой интенсивностью процесса фотосинтеза.*

**38.** Какие из этих признаков позволяют эвксерофитам успешно противостоять обезвоживанию?

*а) пониженная интенсивность транспирации; б) высокая эффективность работы устьичного аппарата; в) сильно развитое опушение листьев; г) высокая*

вязкость цитоплазмы; д) высокая эластичность цитоплазмы; е) неглубокая, но достаточно разветвленная корневая система.

39. Какие листья более устойчивы к засухе?

а) верхние; в) среднего яруса; г) нижние.

40. Как изменится величина транспирационного коэффициента при внесении удобрений?

а) увеличится; б) понизится; в) не изменится.

#### IV. Решить задачи

1. Чем можно объяснить то, что у растений, живущих в пресной воде, осмотический потенциал составляет около  $-0,1$  МПа, а у морских водорослей – от  $-3,6$  до  $-5,5$  МПа?
2. Чем можно объяснить то, что у растений, живущих в условиях нормального водоснабжения, осмотический потенциал составляет от  $-0,5$  до  $-3,0$  МПа, а у живущих на засоленных почвах – от  $-6,0$  до  $-10,0$  МПа?
3. Объясните, какое значение имеет следующая закономерность: величина осмотического потенциала у корней от  $-0,5$  до  $-1,0$  МПа, у верхних листьев  $-4,0$  МПа.
4. Какое значение для жизнедеятельности растения имеет следующее изменение величины водного потенциала: почвенный раствор  $-0,05$ , корневой волосок  $-0,09$ , первичная кора корня  $-0,2$ , стебель  $-0,5$ , лист  $-1,5$ , воздух  $-14$  МПа (при относительной влажности 90%)?
5. Дерево за 4 часа испарило воду массой 2560 г, а корневая система за это же время поглотила воду массой 3600 г. Определите водный баланс растения. К каким последствиям такой баланс может привести? Какие условия внешней среды способствуют указанному выше несовпадению?
6. Дерево за 2 часа испарило воду массой 1,5 кг, а корневая система за это же время поглотила воду массой 1,2 кг. Определите водный баланс растения. К каким последствиям такой баланс может привести? Какие условия внешней среды способствуют указанному выше несовпадению?
7. Исходя из данных табл. 12 определите содержание воды и водоудерживающую способность листьев растений. Какие выводы вы можете сделать?

Таблица 12

Условия водоснабжения растений	Масса листьев, г					
	исходная	после выдерживания на воздухе через				после высушивания
		30 мин	60 мин	90 мин	120 мин	
Избыточное	22	21	19,5	18	16	2
Нормальное	25	23	21	19	17	5
Недостаточное	20	18	15	12	10	5

8. Исходя из данных табл. 13 определите содержание воды и водоудерживающую способность листьев растений. Какие выводы вы можете сделать?

Таблица 13

Температурный режим культивирования растений	Масса листьев, г					
	исходная	после выдерживания на воздухе через				после высушивания
		30 мин	60 мин	90 мин	120 мин	
15°C	10	9	8	7	6	2
22°C	15	13	11	9	7	4
30°C	12	10	8	6	4	3

9. Исходя из данных табл. 14 определите содержание воды и водоудерживающую способность листьев растений. Какие выводы вы можете сделать?

Таблица 14

Объект	Масса листьев, г					
	исходная	после выдерживания на воздухе через				после высушивания
		30 мин	60 мин	90 мин	120 мин	
Толстянка	10	9	8	7	6	2
Калужница	15	11	9	8	7	2
Пшеница	8	7,5	7	6	5	2

10. Дерево за 3 часа испарило воду массой 2150 г, а корневая система за это же время поглотила воду массой 1720 г. Кустарник за 1 час испарил воду массой 900 г, а корневая система за это же время поглотила воду массой 750 г. Сравните водный баланс растений. К каким последствиям такой баланс может привести? Какие условия внешней среды способствуют указанному выше несовпадению?
11. Береза за 5 часов испарила воду массой 4,5 кг, а корневая система за это же время поглотила воду массой 3,6 кг. Сосна за 2 часа испарила воду массой 950 г, а корневая система за это же время поглотила воду массой 1200 г. Определите водный баланс растений. К каким последствиям такой баланс может привести? Какие условия внешней среды способствуют указанному выше несовпадению?
12. Дерево яблони за 12 часов испарило воду массой 9 кг, а корневая система за это же время поглотила воду массой 7,8 кг. Дерево клена за 2 часа испарило воду массой 1,5 кг, а корневая система за это же время поглотила воду массой 1,2 кг. Сравните водный баланс растений. К каким последствиям такой баланс может привести? Какие условия внешней среды способствуют указанному выше несовпадению?
13. Лист растения массой 5 г поместили на 2 часа в воду, после чего взвесили. Масса листа составила 5,5 г. После высушивания масса листа оказалась 3,8 г. Рассчитайте показатели водообеспеченности листа растения: водный дефицит,

относительную тургесцентность, дефицит относительной тургесцентности и содержание воды в ткани. Дайте характеристику этим показателям.

14. На основании данных табл. 15 определите содержание воды, продуктивность транспирации, транспирационный коэффициент листьев растений. Какие выводы вы можете сделать?

**Таблица 15**

Содержание элементов минерального питания в среде культивирования растений	Масса листьев, г				Масса израсходованной воды за время опыта, г
	в начале опыта		в конце опыта		
	исходная	после высушивания	исходная	после высушивания	
Избыток	13,2	6,8	15,1	8,5	550
Оптimum	12,4	6,5	14,3	7,2	300
Недостаток	10,1	4,1	11,9	4,3	110

15. На основании данных табл. 16 определите содержание воды, продуктивность транспирации, транспирационный коэффициент листьев растений. Какие выводы вы можете сделать?

**Таблица 16**

Объект	Масса листьев, г				Масса израсходованной воды за время опыта, г
	в начале опыта		в конце опыта		
	исходная	после высушивания	исходная	после высушивания	
Пшеница	12,5	8,4	16,3	10,6	1200
Сахарный тростник	54,3	32,8	72,5	45,5	3500
Агава	6,2	3,2	7,9	4,1	50

16. На основании данных табл. 16 определите содержание воды, продуктивность транспирации, транспирационный коэффициент листьев растений. Какие выводы вы можете сделать?

**Таблица 16**

Условия водоснабжения растений	Масса листьев, г				Масса израсходованной воды за время опыта, г
	в начале опыта		в конце опыта		
	исходная	после высушивания	исходная	после высушивания	
Избыточное	13,4	9,8	14,8	11,2	1500
Нормальное	15,8	10,4	18,2	15,6	800
Недостаточное	12,4	7,5	13,1	8,4	560

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева З.В., Кириллова Г.А., Строчкова А.В. Учебно-методическое пособие по физиологии растений. – М.: Просвещение, 1977. – 96 с.
2. Практикум по физиологии растений /Под ред. В.Б. Иванова. – М.: Издательский центр «Академия», 2001. – 144 с.
3. Практикум по физиологии растений /Под ред. Н.Н. Третьякова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1982. – 271 с.
4. Федорова А.И, Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.



Татьяна Александровна Лушникова

## **ВОДНЫЙ ОБМЕН РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК**

Методические указания к выполнению лабораторных работ  
для студентов специальностей 020201, 050102, 020308

Редактор Н.Л. Попова

---

Подписано к печати	Формат 60*841/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл.печ.л. 2,75	Уч. - изд.л.2,75
Заказ	Тираж 100	Цена свободная

---

РИЦ Курганского государственного университета.  
640669 г. Курган, ул. Гоголя, 25.  
Курганский государственный университет.