

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет»
Географо-биологический факультет
Кафедра биологии, экологии и методики их преподавания

**Исследовательская деятельность обучающихся по изучению
водного режима растений**

Выпускная квалификационная работа

Квалификационная работа
допущена к защите
зав. кафедрой
Н.Л. Абрамова

Исполнитель:
Решетникова Юлия Сергеевна,
обучающийся ББ-41 группы

дата

подпись

подпись

Руководитель ОПОП
Е.А. Дьяченко

Научный руководитель:
А.П. Дьяченко,
профессор, д-р биол. Наук

подпись

подпись

Екатеринбург 2017

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ПОНЯТИЕ ОБ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ	5
1.1. Цель и задачи исследовательской деятельности	5
1.2. Этапы организации исследовательской деятельности обучающихся	8
1.3. Алгоритм выполнения исследовательской работы	12
ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ВОДНОГО РЕЖИМА РАСТЕНИЙ	17
2.1. Общая характеристика водного обмена растительного организма	17
2.2. Поступление и передвижение воды по растению	22
2.3. Физиологические основы устойчивости растений к засухе	36
ГЛАВА 3. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ, ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОДНОГО РЕЖИМА РАСТЕНИЙ ДЛЯ 6 КЛАССОВ.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	67
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	68
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	72

ВВЕДЕНИЕ

Вода является существенным фактором, определяющим жизнедеятельность растений. Воду, поступающую в растительный организм, К. А. Тимирязев подразделял на организованную (которая связывается организмом) и расхожую (испаряемую листовой поверхностью). Из 1000 г воды, поглощенной растением, около 990 г испаряется, а 10 г задерживается в растении. Тело растений на 50-98% состоит из воды. В процессе эволюции у растений и животных выработались многочисленные сложные приспособления, позволяющие поддерживать водный баланс и обеспечивать экономное расходование воды. Эти приспособления-адаптации группируются в анатомо-морфологические и физиологические.

Эволюционный процесс подразумевает постоянные обновления, возникновения полезных признаков, их закрепление в организмах живых существ. И эти изменения не обязательно проявляются на генетическом уровне. Очень важны идиоадаптации - приспособления растений к конкретным условиям обитания, факторам среды и физическим характеристикам ареала. Механизм возникновения приспособлений - эволюционный процесс, отбирающий нужные признаки с течением времени, закрепляющий необходимые характеристики в геноме живых существ для проявления в будущих поколениях. Приспособления у растений являются неотъемлемой частью их жизни.

История человечества неразрывно связана с историей природы. Биологические понятия разнообразны и постоянно совершенствуются. Это связано, прежде всего, с развитием биологической науки. Биология влияет на многие стороны жизни общества. Объем знаний и опыта, накопленных биологической наукой, велик и постоянно расширяется. Но для содержания школьного образования отбирается только тот материал, который ученики обязательно должны знать и уметь применять на практике в своей жизни. Ученикам интересно узнать, как зарождалась жизнь на планете и как она продолжает суще-

ствование. Биология один из самых интересных предметов. Знакомясь с ним, ученики узнают, как они устроены сами и из чего состоят живые существа на планете. На занятиях по биологии учащиеся знакомятся с особенностями, структурой, развитием и видами растений, с их механизмами приспособления к окружающей среде.

Объект: Процесс обучения биологии.

Предмет: Исследовательская деятельность обучающихся.

Цель выпускной квалификационной работы: изучить особенности исследовательской деятельности обучающихся по изучению водного режима растений.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие **задачи**:

- проанализировать научно-методическую литературу по данному вопросу;
- изучить особенности водного режима и механизмы адаптации растений к дефициту воды;
- изучить возможности школьного курса биологии для рассмотрения темы водного режима растений;
- разработать методическое обеспечение исследовательской деятельности по теме водного режима растений для школьников.

Апробация работы: Материалы выпускной квалификационной работы были апробированы на базе общеобразовательной школы № 81 г. Екатеринбурга.

Структура и объем выпускной квалификационной работы: Выпускная квалификационная работа изложена на 72 страницах и состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованной литературы включающая 35 источников, а так же приложение с рисунками и апробируемым материалом.

ГЛАВА 1. ПОНЯТИЕ ОБ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1.1. Цель и задачи исследовательской деятельности

Исследовательская деятельность - это деятельность обучающихся под руководством учителя, связанная с решением творческой исследовательской задачи с заранее неизвестным решением и предполагающая наличие основных этапов, характерных для исследования в научной сфере. Организация исследовательской деятельности обучающихся позволяет формировать и развивать у них познавательные интересы, самостоятельность, культуру учебного труда, систематизировать, обобщать, углублять знания в определённой области учебного предмета, учит применять полученные знания и навыки на практике.

В современную эпоху быстрого обновления знаний важное место в формировании творческих способностей школьников занимает исследовательский метод обучения. Он предполагает три вида взаимодействия обучающегося и преподавателя [5].

- 1-й уровень — преподаватель ставит перед учеником проблему и подсказывает пути её решения;
- 2-й уровень — учитель ставит только проблему, а ученик самостоятельно выбирает метод исследования;
- 3-й уровень — и постановку проблемы, и выбор метода, и решение осуществляет сам ученик [5].

Формирование навыков выполнения исследовательской работы целесообразно вести в трёх направлениях:

- проведение учеником небольшого исследования с подготовкой сообщения, доклада или реферата;
- изучение специального учебного курса «Введение в научно-исследовательскую деятельность»;
- развитие познавательных, исследовательских навыков непосредственно при изучении школьных предметов (на уроках и во внеурочное время).

Отличительная черта детей, способных участвовать в исследовательской работе, — наличие потребности узнавать новое [5].

Исследовательская деятельность обучающихся может представлять собой:

- урочную учебно-исследовательскую деятельность;
- внеурочную учебно-исследовательскую деятельность, которая является логическим продолжением урочной [26].

Цель организации исследовательской работы обучающихся — воспитание образованной, гармонично развитой, творческой личности; выявление и поддержка одарённых детей.

Основные задачи исследовательской деятельности обучающихся:

- развитие самостоятельности при работе со специальной и научной литературой при выполнении наблюдений и опытов;

- развитие абстрактного мышления, способности формулировать своё мнение и умения его отстаивать, а также общаться с аудиторией, выступая на конференциях, в кружках;
- формирование чувства ответственности за порученное дело;
- воспитание уверенности в себе и осознание значимости выполненной работы;
- привитие желания заниматься исследовательской работой в дальнейшем [26].

Привлекая обучающихся к исследовательской работе, необходимо так организовать последовательность овладения ими навыками творчества, чтобы, с одной стороны, не «парализовать» эту способность сложными задачами, а с другой — не «приземлить» слишком простыми. Важно также, ориентируясь на средний уровень знаний, дать лучшим ученикам возможность полнее использовать и развивать свои способности [26].

Занимаясь исследовательской деятельностью, обучающиеся самостоятельно выбирают тематическое направление, готовятся теоретически, изучают методику исследовательской работы, составляют доклад по теме. Выполняя экспериментальное задание, обучающихся ведут журнал наблюдений, анализируют результаты, готовят доклад на научную конференцию.

Исследовательская деятельность помогает обучающимся научиться:

- работать с литературой;
- обобщать выводы различных авторов;
- выступать перед аудиторией, вести дискуссию с оппонентом;
- формулировать результаты наблюдений и кратко их описывать;

- делать выводы и излагать их в форме докладов, рефератов, тезисов [26].

1.2 Этапы организации исследовательской деятельности обучающихся.

Рассмотрим основные этапы организации исследовательской деятельности обучающихся.

Этап 1. Мотивация исследовательской деятельности.

Приобщение учащихся к исследовательской деятельности начинается с мотивации. Именно на этой стадии у каждого ученика должен формироваться интерес к данной деятельности. Обучающиеся впервые сталкиваются с научными исследованиями, и абстрактные обещания здесь неуместны [26].

Этап 2. Выбор направлений исследований.

Это наиболее сложный этап. Здесь всё определяется специализацией, кругозором и компетенцией научной работы. Основные требования — новизна (желательно на мировом уровне), практическая значимость ожидаемых результатов и логическая завершенность будущей работы. Объем исследований должен быть такой, чтобы детский творческий коллектив завершил их в сроки, ограниченные одним, максимум двумя годами. Конечно, на конференции могут быть представлены и промежуточные результаты работы, однако их ценность значительно ниже [34].

Этап 3. Постановка задачи.

Если на первом этапе работает в основном только научный руководитель, а на втором участие потенциальных исполнителей ограничивается простым обсуждением, то на третьем идет непосредственная работа с будущими авторами. На этом этапе научный руководитель сначала фиксирует настоящий уровень знаний: состояние вопроса (в терминах предположительно

«есть») и желаемую конкретную цель («требуется» или «надо»). Под «есть» скрываются конкретные факты и теории о современном «культурном слое», обращением к которому в форме реферата учащиеся фиксируют достигнутый уровень в конкретной области человеческих знаний [34].

Это обеспечивает поступательный переход к следующему этапу. Особенно важно, чтобы дети самостоятельно ознакомились и составили обзор литературных источников и сформировали подробную и цельную картину состояния предмета и будущих исследований. Список литературы не должен превышать 5—7 источников и может быть предоставлен научным руководителем. Этап заканчивается обсуждением в детском творческом коллективе полученной информации и формулировкой целей предстоящей работы в самой лаконичной форме, а если возможно, то и в формализованном (математическом) виде [25].

Этап 4. Фиксация и предварительная обработка данных.

На этой стадии учащиеся проводят непосредственные наблюдения (если они возможны) и фиксируют их результаты.

Этап 5. Обсуждение результатов исследований, выдвижение и проверка гипотез.

Обсуждение необходимо для того, чтобы предположения и догадки облечь в форму гипотез, подлежащих проверке. Для этого лучше всего использовать дискуссию, которая не должна быть экспромтом, а готовится заранее и продолжается с перерывами от одной до нескольких недель. При этом каждый участник должен высказать свою точку зрения. В этом случае особенно наглядно проявляются преимущества работы в творческой группе перед исследователем-одиночкой. Дух соревнования в детском коллективе — мощный стимул для творчества, а результаты дискуссии бывают самыми неожиданными.

данными. Итак, гипотезы сопоставляются с данными экспериментов или фактами, подтверждаются или опровергаются, становятся утверждениями, которые формулируются как результат исследований и далее требуют теоретического обоснования, т. е. объяснения механизма обнаруженных закономерностей. Особо следует остановиться на случае, когда все выдвинутые гипотезы не подтверждаются и сформулированных на третьем этапе целей достичь не удалось. Тогда результат исследований является отрицательным. Но отрицательный результат — тоже результат и заслуживает представления на конференции, хотя рассчитывать на призовые места в этом случае не приходится.[10]

Этап 6. Оформление результатов работы.

Продуктом исследовательской деятельности обучающихся являются творческие исследовательские работы. Выделяют пять их видов:

- реферативные — в их основу входят сбор и представление информации по выбранной теме. Их суть заключается в выборе материала из первоисточников, наиболее полно освещающих проблему. Специфика реферата в том, что в нём нет развёрнутых доказательств, сравнений, рассуждений. Он отвечает на вопрос о том, какие новые сведения появились по этой проблеме;[10]
- экспериментальные — пишутся на основе выполненного эксперимента, описанного в научной литературе и имеющего известный результат. Такие работы носят скорее иллюстративный характер, предполагают самостоятельную трактовку особенностей результата в зависимости от изменения исходных условий;
- проектные — в их основу входят достижение и описание заранее спланированного результата по решению какой-либо проблемы, значимой для участников проекта;

- описательные — направлены на наблюдение и качественное описание какого-либо явления. Эти работы могут иметь элемент научной новизны. Отличительной особенностью является отсутствие количественной методики исследования;

- исследовательские — выполняются с помощью корректной, с научной точки зрения, методики, имеют полученный с помощью этой методики собственный экспериментальный материал, на основании которого делается анализ и выводы о характере исследуемого явления. Особенностью таких работ является не predeterminedность результата, который могут дать исследования. Все творческие работы имеют общие элементы: при их выполнении используются литературные источники, но в рефератах анализ литературы является основным его содержанием, а в проектных, экспериментальных, описательных, исследовательских работах анализ литературных источников выступает в качестве литературного обзора данных об исследуемом явлении.

В методическом плане все виды работ структурированы следующим образом: постановка проблемы, собственно материал и выводы [10].

Этап 7. Представление исследовательской работы.

Некоторые научные руководители считают, что достаточно выучить подготовленный текст доклада и успех на конференции обеспечен. Но это не так. Часто приходится наблюдать, как серьёзные по содержанию работы не попадают в пятёрку лучших из-за того, что не представляются должным образом. Основная причина, на наш взгляд, в том, что обучающихся оказываются психологически не готовы к борьбе и победе. Очень полезно предварительно изложить результаты исследовательской работы сначала в узком творческом коллективе, а затем в расширенной аудитории, например на школьной научно-практической конференции. Этот этап — не просто тренировка, а своего рода рекламная кампания, «программирование» авторов ра-

боты на успех: они должны быть уверены в предстоящей победе на конференции.

Обязательным условием развития творческих способностей обучающихся является устранение доминирующей роли педагога. Самое сложное для учителя — научиться быть просто консультантом, отвечая только на возникающие у обучающихся вопросы [10].

1.3 Алгоритм выполнения исследовательской работы.

Существует определённый алгоритм выполнения исследовательской работы, так называемая технологическая цепочка, которая включает четыре звена [26].

1. Диагностика.

Цель диагностического звена технологической цепочки по выполнению исследовательской работы — используя наблюдение на уроках и внеклассных мероприятиях, собеседования, психолого-педагогическую диагностику, «найти» ученика, у которого было бы желание, интерес, способности к выполнению исследовательской работы. При диагностике целесообразно провести исследование релевантных условий образовательной среды ребёнка («релевантность» — уместность), которые создаются в той образовательной среде, где учитель работает, и интенсивно используются им для организации исследовательской деятельности ученика [26].

Прежде чем приступить к выполнению творческой работы, нужно изучить уровень соматического, психологического и социального здоровья обучающихся, чтобы исследовательская деятельность не навредила здоровью. Изучение релевантных условий можно провести через медицинскую (выявить уровень физического здоровья, наличие хронических заболеваний и т. д.), психологическую (тип темперамента, изучение уровня

тревожности, особенностей адаптации к новым условиям и т. д.), педагогическую диагностику (уровень интеллектуального развития, качество полученных знаний, умений и навыков). Роль учителя является доминирующей [26].

2. Теоретическая проработка материала.

Важнейшими задачами этого этапа является анализ проблемы, определение источников информации, постановка задач, составление плана работы по теме исследования. Он включает следующие направления деятельности:

- определение области исследования: нужно чётко определить границы предметной области, в рамках которой выполняется исследовательская работа. Область исследования — это сфера науки и практики, в которой находится объект исследования [26];
- определение проблемы и темы исследования. Проблема исследования — это противоречивая ситуация, требующая своего разрешения. Её решение самым непосредственным образом связано с практической необходимостью.

Правильная постановка и ясная формулировка проблемы исследования очень важна, так как она определяет стратегию исследования, направление научного поиска. Тема исследования — более узкая сфера исследования в рамках предмета. Она должна быть ёмкой, краткой и конкретной;

- выбор объекта и предмета исследования. Объект исследования — это процесс или явление, выявляющие проблемную ситуацию. Предмет исследования — это часть объекта, которую можно преобразовать, чтобы объект изменился;
- гипотеза исследования (основание, предположение) — научно обоснованное предположение о непосредственно наблюдаемом явлении. Она должна быть проверяемой, содержать предположение;

- формулировка цели и задач исследования. Цель исследования — это конечный результат, которого бы хотел достичь исследователь при завершении своей работы [26].

Обычно цель формулируют из слов: доказать, обосновать, разработать, объяснить, определить, установить. Из поставленной цели вытекают задачи исследования — выбор путей и средств для достижения цели. Задачи формулируют из слов: провести анализ (мониторинг, социологический опрос, интервью и т. д.), выявить, определить, установить, изучить ;

- отбор методов исследования — способов достижения цели. Они делятся на теоретические (сравнение, моделирование, классификация, систематизация) и эмпирические (изучение и анализ литературы, наблюдение, социологический опрос, тестирование, мониторинг, анкетирование, интервью) [6];
- составление плана исследования;
- поиск и отбор информации по теме исследования.

Роль учителя не является доминирующей.

3. Практическая часть.

На этом этапе ребята, согласно плану исследования, выполняют и оформляют исследовательскую работу. Учитель на данном этапе выступает в роли консультанта и помощника [26].

4. Рефлексия.

Учащиеся под руководством педагога готовят доклады по теме исследования, презентации для их защиты. Последние могут быть выполнены на бумажных (в виде диаграмм, схем, таблиц, фотографий) и электронных носи-

телях (компьютерная презентация). Ученик и учитель — равноправные партнёры [23].

Организация учебно-исследовательской работы с учащимися предъявляет особые требования к педагогу. Он должен:

- положительно относиться к ребёнку;
- проявлять уважение к его личности и поддерживать чувство собственного достоинства в каждом школьнике;
- признавать право личности быть непохожей на других;
- предоставлять обучающимся право на свободу выбора;
- оценивать не личность обучающегося, а его деятельность, поступки;
- учитывать индивидуально-психологические особенности обучающихся.

Педагогу следует совершенствовать технологию обучения и помнить, что, если позволить ученику самостоятельно что-то изобрести или открыть, развивается его творческая активность [26].

Важным условием для успешного ученического проектирования является профессионализм учителя и его самообразование в рамках поставленной цели.

Для эффективной организации исследовательской деятельности в школе необходимо тесное сотрудничество между учеником и учителем с использованием различных методов и приёмов организации научно-исследовательского процесса. Его цель — воспитание образованной, гармонично развитой, творческой личности, выявление и поддержка одарённых обучающихся — достигается только в том случае, если сочетаются урочная и внеурочная виды учебно-исследовательской деятельности.

В формировании мотивации обучающихся большую роль играет преподаватель, способный заинтересовать и увлечь исследовательской деятельностью. Её результатами являются творческие научно-исследовательские работы обучающихся, которые могут носить реферативный, экспериментальный, проектный, описательный или исследовательский характер [26].

В результате выполненной работы обучающиеся ещё раз убеждаются в том, что получаемые в школе знания необходимы и могут быть использованы в реальной жизни для решения важных практических задач. У них формируются представления о существовании тесной связи между различными предметами, преподаваемыми в школе. Обучающиеся приобретают опыт работы с различными источниками информации, навыки написания курсовых проектов и самостоятельной подготовки докладов, отчётов, коммуникативные умения. Такое обучение приносит удовлетворение школьникам, видящим результаты своего труда, и позволяет учиться на собственном опыте и опыте других в конкретном деле [26].

ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ВОДНОГО РЕЖИМА РАСТЕНИЙ

2.1. Общая характеристика водного обмена растительного организма

Вода является основной составной частью растительных организмов. Ее содержание доходит до 95% от массы организма, и она участвует прямо или косвенно во всех жизненных проявлениях. Вода – это та среда, в которой протекают все процессы обмена веществ. Она составляет основную часть цитоплазмы, поддерживает ее структуру, устойчивость входящих в состав цитоплазмы коллоидов, обеспечивает определенную конформацию молекул белка. Высокое содержание воды придает содержимому клетки (цитоплазме) подвижный характер [35]. Вода – непосредственный участник многих химических реакций. Все реакции гидролиза, многочисленные окислительно-восстановительные реакции идут с участием воды. Водный ток обеспечивает связь между отдельными органами растений. Питательные вещества передвигаются по растению в растворенном виде. Насыщенность водой (тургор) обеспечивает прочность тканей, сохранение структуры травянистых растений, определенную ориентировку органов растений в пространстве. Рост клеток в фазе растяжения идет главным образом за счет накопления воды в вакуоли. Из этого следует, что вода обеспечивает протекание процессов обмена, находящихся во взаимной зависимости между отдельными органами и так же связь организма со средой. Для нормальной жизнедеятельности клетка должна быть насыщена водой [20].

Вода играет очень важную роль в жизнедеятельности организма благодаря своим уникальным физическим и химическим свойствам. Молекула воды состоит из двух атомов водорода, присоединённых к одному атому кислорода. Атом кислорода оттягивает электроны от водорода, поэтому заряды в молекулах воды распределены неравномерно. Один из полюсов оказывает-

ся заряженным положительно, а другой, соответственно, отрицательно. По другому говоря, вода представляет собой диполь. Вследствие этого молекулы воды могут ассоциировать друг с другом. Положительный заряд атома водорода одной молекулы притягивается к отрицательному заряду другой молекулы, и это приводит к возникновению водородных связей. Из-за присутствия водородных связей вода имеет определённую упорядоченную структуру. Каждая молекула воды притягивает к себе еще 4 молекулы. В твердом состоянии (лед) все молекулы воды соединены водородными связями в правильные гексагональные структуры. При нагреве лед плавится и эти связи разрушаются. При 0°C разрушается примерно 15 % водородных связей, а при нагревании до 20 °C остается ненарушенными 80% водородных связей. В жидкой воде упорядоченные участки чередуются с неупорядоченными молекулами. Поэтому плотность воды больше плотности льда. Помимо того, при плавлении льда плотность увеличивается. Сцепление молекул воды между собой (когезия), а также с другими веществами (адгезия) имеет большое значение в процессе передвижения воды по растению. Высокая скрытая теплота испарения воды (при 20°C она составляет 586 кал/град) также обуславливается наличием водородных связей. Для того чтобы в процессе испарения произошел отрыв молекул от водной поверхности, следует затратить дополнительное количество энергии для разрыва водородных связей, из-за этого испарение воды растением (транспирация) сопровождается охлаждением транспирирующих органов. Понижение температуры листьев при транспирации имеет важное физиологическое значение. Вода обладает очень высокой теплоемкостью — 1 кал/град. Поглощение или потеря значительного количества тепла тканями растений сопровождается сравнительно небольшими колебаниями их температуры. Это позволяет растительному организму воспринимать колебания температуры окружающей среды как бы в «смягченном виде» [16].

Вода также обладает высокой растворяющей способностью. В воде анионы и катионы той или иной соли оказываются разьединенными. Гидратные оболочки, окружающие ионы, ограничивают их взаимодействие. Положительно заряженные ионы притягивают полюс молекулы воды с отрицательно заряженными атомами кислорода, тогда как ионы, несущие отрицательный заряд, притягивают полюс с положительно заряженными атомами водорода. Одновременно нарушается и структура самой воды. При этом чем крупнее ион, тем это нарушение сильнее [16]. Согласно современным представлениям, вода в клетке представляет собой сложную гетерогенную систему, состоящую из:

- 1) жидкой фазы;
- 2) гидратно-связанной;
- 3) гидрофобно-стабилизированной (главным образом в мембранах);
- 4) пространственно стабилизированной (в капиллярных промежутках).

Что касается гидратной воды, то различают два типа гидратации:

- 1) притяжение диполей воды к заряженным частицам (как к ионам минеральных солей, так и к заряженным группам белка COO^- и NH_2^+);
- 2) образование водородных связей с полярными группами органических веществ — между атомом водорода воды и атомами О или N [24].

Вода в растении находится как в свободном, так и в связанном состоянии. Свободной называют воду, сохранившую все или почти все свойства чистой воды. Свободная вода легко передвигается, вступает в различные биохимические реакции, испаряется в процессе транспирации и замерзает при низких температурах. Воду, гидратирующую коллоидные частицы (прежде всего белки), называют коллоидно-связанной, а воду растворов (мине-

ральные соли, сахара, органические кислоты и др.) — осмотически-связанной. Некоторые исследователи считают, что вся вода в клетке в той или иной степени связана. Физиологи условно понимают под связанной водой ту, которая не замерзает при понижении температуры до -10°C . Важно отметить, что всякое связывание молекул воды (добавление растворенных веществ, гидрофобные взаимодействия и др.) уменьшает их энергию. Именно это лежит в основе снижения водного потенциала клетки по сравнению с чистой водой [26].

Содержание воды в различных органах растений колеблется в довольно широких пределах. Оно изменяется в зависимости от условий внешней среды, возраста и вида растений. Так, содержание воды в листьях салата составляет 93—95%, кукурузы — 75—77%. Количество воды неодинаково в разных органах растений: в листьях подсолнечника воды содержится 80—83%, в стеблях — 87—89%, в корнях — 73—75%. Содержание воды, равное 6—11%, характерно главным образом для воздушно-сухих семян, в которых процессы жизнедеятельности заторможены. Вода содержится в живых клетках, в мертвых элементах ксилемы и в межклетниках. В межклетниках вода находится в парообразном состоянии. Основными испаряющими органами растения являются листья. В связи с этим естественно, что наибольшее количество воды заполняет межклетники листьев. В жидком состоянии вода находится в различных частях клетки: клеточной оболочке, вакуоли, цитоплазме. Вакуоли — наиболее богатая водой часть клетки, где содержание ее достигает 98%. При наибольшей оводненности содержание воды в цитоплазме составляет 95%. Наименьшее содержание воды характерно для клеточных оболочек. Количественное определение содержания воды в клеточных оболочках затруднено; по-видимому, оно колеблется от 30 до 50%. Формы воды в разных частях растительной клетки также различны [32].

В вакуолярном клеточном соке преобладает вода, удерживаемая сравнительно низкомолекулярными соединениями (осмотически-связанная) и свободная вода. В оболочке растительной клетки вода связана, главным образом, высокополимерными соединениями (целлюлозой, гемицеллюлозой, пектиновыми веществами), т. е. коллоидно-связанная вода. В самой цитоплазме имеется вода свободная, коллоидно- и осмотически-связанная. Вода, находящаяся на расстоянии до 1 нм от поверхности белковой молекулы, связана прочно и не имеет правильной гексагональной структуры (коллоидно-связанная вода). Кроме того, в цитоплазме имеется определенное количество ионов, а, следовательно, часть воды осмотически связана. Физиологическое значение свободной и связанной воды различно. Как считает большинство исследователей, интенсивность физиологических процессов, в том числе и темпов роста, зависит в первую очередь от содержания свободной воды. Имеется прямая корреляция между содержанием связанной воды и устойчивостью растений против неблагоприятных внешних условий. Указанные физиологические корреляции наблюдаются не всегда [22].

Для своего нормального существования клетки и растительный организм в целом должны содержать определенное количество воды. Однако это легко осуществимо лишь для растений, произрастающих в воде. Для сухопутных растений эта задача осложняется тем, что вода в растительном организме непрерывно теряется в процессе испарения. Испарение воды растением достигает огромных размеров. Можно привести такой пример: одно растение кукурузы испаряет за вегетационный период до 180 кг воды, а 1 га леса в Южной Америке испаряет в среднем за сутки 75 тыс. кг воды. Огромный расход воды связан с тем, что большинство растений обладает значительной листовой поверхностью, находящейся в атмосфере, не насыщенной парами воды. Вместе с тем развитие обширной поверхности листьев необходимо и выработалось в процессе длительной эволюции для обеспечения нормального питания углекислым газом, содержащимся в воздухе в ничтожной концен-

трации (0,03%). В своей знаменитой книге «Борьба растений с засухой» К.А. Тимирязев указывал, что противоречие между необходимостью улавливать углекислый газ и сокращать расходование воды наложило отпечаток на строение всего растительного организма. Для того чтобы возместить потери воды при испарении, в растение должно непрерывно поступать большое ее количество. Непрерывно идущие в растении два процесса — поступление и испарение воды — называют водным балансом растений. Для нормального роста и развития растений необходимо, чтобы расход воды примерно соответствовал приходу, или, иначе говоря, чтобы растение сводило свой водный баланс без большого дефицита. Для этого в растении в процессе естественного отбора выработались приспособления к поглощению воды (колоссально развитая корневая система), к передвижению воды (специальная проводящая система), к сокращению испарения (система покровных тканей и система автоматически закрывающихся устьичных отверстий). Несмотря на все указанные приспособления, в растении часто наблюдается водный дефицит, т. е. поступление воды не уравнивается ее расходом в процессе транспирации. Физиологические нарушения наступают у разных растений при разной степени водного дефицита. Есть растения, выработавшие в процессе эволюции разнообразные приспособления к перенесению обезвоживания (засухоустойчивые растения). Выяснение физиологических особенностей, определяющих устойчивость растений к недостатку воды,— важнейшая задача, разрешение которой имеет большое не только теоретическое, но и сельскохозяйственное практическое значение. Вместе с тем, для того чтобы ее решить, необходимо знание всех сторон водообмена растительного организма [22].

2.2 Поступление и передвижение воды по растению

У вышедших на сушу растений должны были выработаться приспособления, позволяющие им обеспечить насыщенность клеток водой, восполнить ее потерю, названную испарением. Это было достигнуто различными путями.

Такие растения, как лишайники, сохранили способность поглощать воду всей своей поверхностью, а при недостатке влаги впадать в состояние анабиоза. У высших растений в процессе эволюции появились специальные приспособления к поглощению воды. Наземные растения в основном поглощают воду из почвы. Однако некоторое количество воды может поступать из атмосферы. Есть даже растения, для которых атмосферная влага является основным источником. Таким растениям относят, прежде всего, эпифиты, живущие на поверхности других растений, но не являющиеся паразитами. Эпифиты принадлежат к различным семействам, особенно много их в тропической флоре. Они обладают воздушными корнями, в которых имеется многослойная ткань, состоящая из полых клеток с тонкими стенками. Такое строение позволяет им поглощать как парообразную влагу, так и воду осадков, подобно губке. У некоторых эпифитов дождевая вода собирается листьями и затем поглощается с помощью волосков. Приспособления к сбору дождевой воды листьями имеются и у ряда других растений. Например, у некоторых представителей сем. зонтичных вода собирается в листовых влагалищах. Сбор воды листьями имеет большое значение для растений засоленных почв, когда поступление воды из почвы затруднено [16]. Так, у солянок на листьях имеются волоски, а стенки клеток листовой паренхимы очень тонкие — все это помогает поглощать влагу атмосферы. В определенных условиях способность использовать парообразную влагу проявляется у листьев всех растений. Так, в опытах с томатами было показано, что если корневая система растений находится в сухой почве, а листья соприкасаются с атмосферой, насыщенной парами воды, то вода будет поступать через листья, передвигаться по направлению к клеткам корня и даже выделяться в почву [1].

Основной источник влаги для растений — вода, находящаяся в почве, и основным органом поглощения воды является корневая система. Роль этого органа, прежде всего, заключается в том, что благодаря огромной поверхности обеспечивается поступление воды в растение из почвы. Сформировав-

шаяся корневая система представляет собой сложный орган с хорошо дифференцированной внешней и внутренней структурой. Определение размеров корневых систем требует специальных методов. Очень много в этом отношении достигнуто благодаря работам русских физиологов В.Г. Ротмистрова, А.П. Модестова, И.В. Красовской [35]. Оказалось, что общая поверхность корней обычно превышает поверхность надземных органов в 140—150 раз. Подсчитано, что число корней у однолетних сеянцев яблони достигает 45 тыс. Корневые системы даже однолетних хлебных злаков проникают в почву на глубину 1,5—2,0 м. При выращивании одиночного растения ржи было установлено, что общая длина его корней может достигать 600 км, при этом на них образуется 15 млрд. корневых волосков. Эти данные говорят об огромной потенциальной способности к росту корневых систем. Однако при росте растений в фитоценозах, размеры их корневых систем заметно уменьшаются [35].

Рост корня, его ветвление продолжают в течение всей жизни растительного организма, т. е. практически он не ограничен. Меристемы — образовательные ткани — расположены на верхушке каждого корня. Доля меристематических клеток сравнительно велика (10% по массе против 1% у стебля). В зависимости от типа растений распределение корневой системы в почве различно. У некоторых растений корневая система проникает на большую глубину, у других, главным образом, распространяется в ширину. Рост корней отличается большой скоростью. Считается, что одно растение риса в благоприятных условиях может образовать до 5 км новых корней в сутки. За счет этого прироста корневой системы в растение может дополнительно поступать 1,5 л воды. Только благодаря такому интенсивному росту корневые системы растений могут использовать скудно рассеянную в почве воду, поскольку скорость передвижения воды в почве за счет диффузии крайне мала — 1 см/сут. Важное значение имеет явление гидротропизма, при котором рост корневой системы как бы идет из более иссушенных слоев почвы к более влажным [35]. С фи-

зиологической точки зрения корневая система неоднородна. Далеко не вся поверхность корня участвует в поглощении воды. В каждом корне различают несколько зон, правда, не всегда все зоны выражены одинаково четко. Окончание корня снаружи защищено корневым чехликом, напоминающим округлый колпачок, состоящий из живых тонкостенных продолговатых клеток. Корневой чехлик служит защитой для точки роста. Клетки корневого чехлика сдуваются, что уменьшает трение и способствует проникновению корня вглубь почвы. Под корневым чехликом расположена меристематическая зона. Меристема состоит из многочисленных мелких, усиленно делящихся, плотно упакованных клеток, почти целиком заполненных цитоплазмой. Следующая зона — зона растяжения. Здесь клетки увеличиваются в объеме (растягиваются). Затем следует зона корневых волосков. При дальнейшем увеличении возраста клеток, а также расстояния от кончика корня, корневые волоски исчезают, начинается кутинизация и опробкование клеточных оболочек. Поглощение воды происходит главным образом клетками зоны растяжения и зоны корневых волосков. Некоторое количество воды может поступать и через опробковевшую зону корня. Это главным образом наблюдается у деревьев. В этом случае вода проникает через чечевички. Рассмотрим несколько подробнее поперечное строение корня в зоне корневых волосков. Поверхность корня в этой зоне покрыта ризодермой. Это однослойная ткань с двумя видами клеток, формирующими и не формирующими корневые волоски. В настоящее время показано, что клетки, формирующие корневые волоски, отличаются особым типом обмена веществ [24]. Корневые волоски растут путем растяжения клеточной оболочки, которое происходит с большой скоростью (0,1 мм/ч). Для их роста очень важно присутствие кальция. У большинства растений клетки ризодермы обладают тонкими стенками. Вслед за ризодермой до перицикла идут клетки коры. Кора состоит из нескольких слоев паренхимных клеток. Важной особенностью коры является развитие системы крупных межклетников [22].

На границе коры и централь-

ного цилиндра развивается один слой плотно прилегающих друг к другу клеток — эндодерма, для которой характерно наличие поясков Каспари. Цитоплазма в клетках эндодермы плотно прилегает к клеточным оболочкам. По мере старения вся внутренняя поверхность клеток эндодермы, за исключением пропускных клеток, пропитывается суберином, что не позволяет передвигаться воде и растворенным в ней веществам. При дальнейшем старении сверху могут накладываться еще слои. По-видимому, именно клетки эндодермы служат основным физиологическим барьером для передвижения, как воды, так и питательных веществ по свободному пространству (межклетникам и клеточным оболочкам). В центральном цилиндре расположены проводящие ткани корня. При рассмотрении структуры корня в продольном направлении важно отметить, что начало роста корневых волосков, появление поясков Каспари в стенках эндодермы и дифференциация сосудов ксилемы происходят на одном и том же расстоянии от апикальной меристемы. Именно эта зона является зоной снабжения растений питательными веществами. Обычно поглощающая зона составляет около 5 см в длину. Величина ее зависит от скорости роста корня в целом. Чем медленнее растет корень, тем зона поглощения короче [35].

Надо отметить, что в целом корневые системы значительно менее разнообразны по сравнению с надземными органами, в связи с тем, что среда их обитания более однородна. Это не исключает того, что корневые системы изменяются под влиянием тех или иных условий. Хорошо показано влияние температуры на формирование корневых систем. Как правило, оптимальная температура для роста корневых систем несколько ниже по сравнению с ростом надземных органов того же растения. Все же сильное понижение температуры заметно тормозит рост корней и способствует образованию толстых, мясистых, мало ветвящихся корневых систем. Большое значение для формирования корневых систем имеет влажность почвы. Распределение корней по горизонтам почвы часто определяется распределением воды в почве. Обычно в первый период жизни растительно-

го организма корневая система растет чрезвычайно интенсивно и, как следствие, скорее достигает более влажных слоев почвы. Некоторые растения развивают поверхностную корневую систему. Располагаясь близко к поверхности, сильно ветвящиеся корни перехватывают атмосферные осадки. В засушливых районах часто глубоко и мелко укореняющиеся виды растений растут рядом. Первые обеспечивают себя влагой за счет глубоких слоев почвы, вторые за счет усвоения выпадающих осадков. Развитие корневых систем зависит от аэрации. Именно недостаток кислорода является причиной плохого развития корневых систем на заболоченных почвах. Растения, приспособленные к росту на плохо аэрируемых почвах, имеют в корнях систему межклетников, которые вместе с межклетниками в стеблях и листьях составляют единую вентиляционную систему. Значение имеют и условия питания. Показано, что внесение фосфорных удобрений способствует углублению корневых систем, а внесение азотных удобрений — их усиленному ветвлению [9].

Основной силой, вызывающей поступление и передвижение воды в растении, является процесс транспирации, в результате которого возникает градиент водного потенциала. Как уже упоминалось, водный потенциал — это мера энергии, используемой водой для передвижения. Чем меньше насыщенность водой данной системы, тем меньше (более отрицателен) ее водный потенциал. При потере воды растением в процессе транспирации создается ненасыщенность клеток листа водой, как следствие, водный потенциал становится более отрицательным. Поступление воды идет в сторону более отрицательного водного потенциала [35].

Так называемый верхний концевой двигатель водного тока в растении — это транспирация листьев. Однако опыты показали, что вода может поступать в побеги и через мертвую корневую систему, причем в этом случае поглощение воды даже ускоряется. Кроме верхнего концевой двигателя водного тока, в растениях существует нижний концевой двигатель. Это хорошо доказывается на примере таких явлений, как гуттация и плач. Листья

растений, клетки которых насыщены водой, в условиях высокой влажности воздуха, препятствующей испарению, выделяют капельно-жидкую воду с небольшим количеством растворенных веществ — гуттирует. Выделение жидкости идет через специальные водные устья — гидатоды. Таким образом, процесс гуттации является результатом одностороннего тока воды, происходящего в отсутствие транспирации, и, следовательно, вызывается какой-то иной причиной. К такому же выводу можно прийти и при рассмотрении явления плача растений. Если срезать побеги растения и к срезанному концу присоединить стеклянную трубку, то по ней будет подниматься жидкость. Анализ показывает, что это — вода с растворенными веществами, получившая название пасоки. В некоторых случаях, особенно в весенний период, плач наблюдается и при надрезе веток растений. Именно на этом основано вытекание сока при надрезе ствола березы весной. Определения показали, что объем выделяющейся жидкости (пасоки) во много раз превышает объем корневой системы. Таким образом, плач — это не просто вытекание жидкости в результате пореза. Это приводит к выводу, что плач, как и гуттация, связан с наличием одностороннего тока воды через корневые системы, не зависящего от транспирации. Силу, вызывающую в растении односторонний ток воды с растворенными веществами, не зависящую от процесса транспирации, называют корневым давлением [35]. Наличие корневого давления позволяет говорить о нижнем концевом двигателе водного тока. Корневое давление можно измерить, присоединив манометр к концу, оставшемуся после срезания надземных органов растения, или поместив корневую систему в серию растворов различной концентрации и подобрав такую, при которой плач прекращается. Оказалось, что величина корневого давления равна примерно 1,0—1,5 бара [29]. Было показано также, что плач осуществляется только в тех условиях, в которых нормально протекают все процессы жизнедеятельности клеток корня. Не только умерщвление клеток корня, но и снижение интенсивности их жизнедеятельности, в первую очередь интенсивности ды-

хания, прекращает плач. В отсутствие кислорода, под влиянием дыхательных ядов, при пониженной температуре плач приостанавливается. Все сказанное позволило Д. А. Сабину дать следующее определение: плач растений — это прижизненный односторонний ток воды и питательных веществ, связанный с затратой энергии. Однако механизм этого явления до настоящего времени не получил достаточного объяснения [35]. Существуют две основные точки зрения. Ряд исследователей (А. Крафтс, Т. Бройер и др.) полагают, что вода передвигается пассивно, осмотическим путем по градиенту водного потенциала. Согласно этой гипотезе низкий (более отрицательный) водный потенциал создается в сосудах ксилемы благодаря поступлению туда из почвы растворимых солей, а также из-за слабого противодействия малоэластичных стенок сосудов. Соли поступают активно, для чего и требуется затрата энергии. Таким образом, поступление воды связано в этом случае с энергетическими затратами и с активной жизнедеятельностью клеток корня не прямо, а косвенно. В этой связи корневое давление можно определить как давление, развивающееся в проводящих элементах ксилемы благодаря метаболической активности корней. Поскольку активное поступление зависит от энергии, выделяемой при дыхании, работа нижнего концевое двигателя — корневого давления зависит от присутствия кислорода, ингибиторов и активаторов дыхательного обмена. Вместе с тем существует и другая точка зрения (В.Н. Жолкевич, Л.В. Можяева, Н.В. Пильщиков), согласно которой корневое давление складывается из двух составляющих: осмотической и метаболической. Работа последней требует непосредственной затраты энергии АТФ. Высказывается предположение, что при этом большая роль принадлежит сократительным актиноподобным белкам, энергозависимое сокращение и расслабление которых вызывает изменения гидростатического давления в клетках. В результате на пути водного тока в направлении сосудов ксилемы создаются локальные градиенты водного потенциала, что и способствует проталкиванию воды в сосуды. Вопрос этот требует дальнейшей экспериментальной

разработки. Сила, развиваемая нижним концевым двигателем водного тока, во много раз меньше той, которая обуславливается транспирацией. Это проявляется и в том, что скорость вытекания воды из ксилемы значительно уступает скорости транспирации, поэтому в обычных условиях вода в сосудах находится не под положительным, а под отрицательным давлением. Однако все же нижний концевой двигатель способствует подаче воды. Большинство исследователей считает, что прекращение работы нижнего концевого двигателя является показателем начала страдания растений от недостатка воды (засухи). Особенное значение этот двигатель водного тока приобретает в отсутствие транспирации. Так, это может иметь место ранней весной, когда воздух насыщен водой и транспирация ослаблена. У некоторых многолетних растений в зимний период сосуды ксилемы заполнены воздухом и весной поступление воды идет за счет работы только нижнего концевого двигателя [35].

Вода, поступившая в клетки корня под влиянием разности водных потенциалов, которые возникают благодаря транспирации и корневого давления, передвигается до проводящих элементов ксилемы. Согласно современным представлениям, вода в корневой системе может перемещаться в радиальном направлении тремя путями: апопластическим, симпластическим, трансмембранным. Еще в 1932 г. немецкий физиолог Э. Мюнх высказал мнение о существовании в корневой системе двух относительно независимых друг от друга объемов, по которым передвигается вода,— апопласта и симпласта. При транспорте по апопласту вода передвигается по клеточным стенкам, не проходя через мембраны. При симпластном транспорте вода проникает в клетку через полупроницаемую мембрану и далее перемещается по протопластам клеток, которые соединены между собой многочисленными плазмодесмами. При трансмембранном транспорте вода перетекает через клетки и при этом проходит, по крайней мере, две плазматические мембраны [32]. Уже обсуждалось, что в последнее время много внимания уделяется аквапоринам — мембранным

белкам, образующим в мембранах специализированные водные каналы и определяющим проницаемость для воды. Эксперименты показали, что передвижение воды по коре корня идет главным образом по апопласту, где она встречает меньшее сопротивление, и лишь частично по симпласту. Апопластный путь прерывается в эндодерме в связи с наличием поясков Каспари. Вместе с тем в апикальной части суберинизация отсутствует, поэтому вода легко проникает через эндодерму. Кроме того, в суберинизированных частях корня вода может проходить через пропускные клетки. Сказанное показывает, что для транспорта в сосуды ксилемы, вода должна пройти через полупроницаемую мембрану клеток эндодермы [35].

Таким образом, мы имеем дело с осмометром, у которого полупроницаемая мембрана расположена в клетках эндодермы. Вода устремляется через эту мембрану в сторону меньшего (более отрицательного) водного потенциала. Далее вода поступает в сосуды ксилемы. По вопросу о причинах, вызывающих секрецию воды в сосуды ксилемы, имеются различные суждения. Согласно гипотезе Крафтса, это следствие выброса солей в сосуды ксилемы, в результате чего там создается повышенная их концентрация, и водный потенциал становится более отрицательным [35]. Предполагается, что в результате активного поступления соли накапливаются в клетках корня. Однако интенсивность дыхания в клетках, окружающих сосуды ксилемы (перицикл), очень низкая, и они не удерживают соли, которые благодаря этому десорбируются в сосуды. Транспорт воды в корне зависит от интенсивности процесса дыхания. При помещении растений в условия, тормозящие дыхание корней (низкая температура, анаэробноз или наличие дыхательных ядов), они транспортируют меньше воды. Предполагают, что это может быть связано с инактивированием аквапоринов. Торможение транспорта воды в корнях в аэробных условиях, возможно, объясняет факт завядания растений в переувлажненной почве. Дальнейшее передвижение воды идет по сосудистой системе корня, стебля и листа. Проводящие элементы ксилемы состоят из сосудов и трахеид.

Опыты с кольцеванием показали, что восходящий ток воды по растению движется в основном по ксилеме. В проводящих элементах ксилемы вода встречает незначительное сопротивление, что, естественно, облегчает передвижение воды на большие расстояния. Правда, некоторое количество воды передвигается и вне сосудистой системы. Однако по сравнению с ксилемой сопротивление движению воды других тканей значительно больше. Это приводит к тому, что вне ксилемы движется всего от 1 до 10% общего потока воды. Из сосудов стебля вода попадает в сосуды листа. Вода движется из стебля через черешок или листовое влагалище в лист. В листовой пластинке водопроводящие сосуды расположены в жилках. Жилки, постепенно разветвляясь, становятся все более мелкими. Чем гуще сеть жилок, тем меньшее сопротивление встречает вода при передвижении к клеткам мезофилла листа. Именно поэтому густота жилкования листа считается одним из важнейших признаков ксероморфной структуры — отличительной чертой растений, устойчивых к засухе [35].

Ино-

гда мелких ответвлений жилок листа так много, что они подводят воду почти к каждой клетке. Вся вода в клетке находится в равновесном состоянии. Иначе говоря, в смысле насыщенности водой имеется равновесие между вакуолью, цитоплазмой и клеточной оболочкой, их водные потенциалы равны. В связи с этим, как только в силу процесса транспирации возникает ненасыщенность водой клеточных стенок паренхимных клеток, она сейчас же передается внутрь клетки, водный потенциал которой падает. Вода передвигается от клетки к клетке благодаря градиенту водного потенциала. По-видимому, передвижение воды от клетки к клетке в листовой паренхиме идет не по симпласту, а в основном по клеточным стенкам, где сопротивление значительно меньше. По сосудам вода движется благодаря создающемуся в силу транспирации градиенту водного потенциала, градиенту свободной энергии (от системы с большей свободой энергии к системе с меньшей). Можно привести примерное распределение водных потенциалов, которое и вызывает пере-

движение воды: водный потенциал почвы (— 0,5 бар), корня (— 2 бар), стебля (— 5 бар), листьев (— 15 бар), воздуха при относительной влажности 50% (-1000 бар) [29].

Однако получены экспериментальные данные, которые не позволяют рассматривать силу транспирации как единственную, обуславливающую восходящий ток воды по растению. Так, показано, что восходящий ток воды может осуществляться и при отсутствии транспирации. К этому же выводу приводят опыты, показывающие ритмическое секретирование устьичными клетками жидкой воды, а также зависимость передвижения воды от эндогенной энергии, поставляемой процессом дыхания. Это позволяет считать, что движущая сила транспорта воды в растении является суммой двух весьма различных по своей природе составляющих, условно названных метаболической и осмотической. Об этом уже упоминалось при рассмотрении вопроса о корневом давлении. Осмотическая составляющая представлена в корнях сугубо осмотическими явлениями, в стебле и листьях — гидростатической тягой, создаваемой градиентом водного потенциала в системе почва — растение — атмосфера. Температурный коэффициент Q_{10} этой составляющей близок к единице. Именно такая величина Q_{10} характерна для простых физических процессов. В то же время Q_{10} процесса транспорта воды значительно выше. Столь высокий температурный коэффициент свойственен сложным процессам цепного характера. Очевидно, транспорт воды за счет метаболической составляющей относится к разряду именно таких процессов. Согласно имеющимся экспериментальным данным, в формировании метаболической составляющей непосредственное участие принимают контракильные системы паренхимных клеток (т. е. белки цитоскелета). Они могут играть роль сфинктеров, регулирующих просветы водных каналов (открывание—закрывание) в плазмодесмах. Благодаря их работе индуцируются ритмические микроколебания внутриклеточного (внутрисимпластного) гидростатического давления, которые внешне выражаются в короткопериодных (1—3 мин) автоколебаниях посту-

пления воды в клетку (симпласт, ткань, орган) и водоотдачи (т. е. микропульсациях). Принципиально важное значение имеет факт противофазное автоколебаний водопоглощения и водоотдачи. Это свидетельствует о том, что процесс транспорта воды состоит из двух последовательных, ритмично чередующихся, относительно самостоятельных, хотя и тесно взаимосвязанных фаз: фазы сокращения, во время которой вода выделяется (выталкивается, секретировается) и последующей фазы расслабления, во время которой вода поглощается [21].

Выделение воды вызывает падение тургора и водного потенциала в целом, создавая предпосылку для поглощения следующей порции воды, вновь приводящего к возрастанию водного потенциала вплоть до того, что он из отрицательного становится положительным. После этого происходит новое сокращение. Именно фаза сокращения происходит с участием контрактивных систем и требует затраты энергии. Таким образом, вода поглощается и выделяется по градиенту водного потенциала, а не против него, т. е. согласно данной схеме, транспорт воды в термодинамическом понимании является пассивным. Возникающие за счет ритмической деятельности внутриклеточного сократительного аппарата микроколебания гидростатического давления паренхимных клеток являются механизмом, создающим локальные градиенты водного потенциала на пути водного тока и тем самым регулирующим скорость этого тока. Именно благодаря этому формируется метаболическая составляющая движущей силы транспорта воды в растении, играющая решающую роль в общей системе эндогенной регуляции. Под влиянием ингибиторов контрактивных систем или окислительного фосфорилирования (т. е. при нарушении энергоснабжения) противофазность исчезает, автоколебания затухают, и транспорт воды тормозится [35].

Необходимо также отметить роль сил сцепления для обеспечения поднятия воды в растении на высоту более 100 м. Теория сцепления была вы-

двинута русским ученым Е.Ф. Вотчалом и английским физиологом Е. Диксоном. Для лучшего понимания рассмотрим следующий опыт. В чашку с ртутью помещают заполненную водой трубку, которая заканчивается воронкой из пористого фарфора. Вся система лишена пузырьков воздуха. По мере испарения воды ртуть поднимается по трубке. При этом высота подъема ртути превышает 760 мм. Это объясняется наличием сил сцепления между молекулами воды и ртути, которые в полной мере проявляются при отсутствии воздуха. Сходное положение, только еще более ярко выраженное, имеется в сосудах у растений. Вся вода в растении представляет единую взаимосвязанную систему. Поскольку между молекулами воды имеются силы сцепления (когезия), вода поднимается на высоту, значительно большую 10 м [29]. Расчеты показали, что благодаря наличию сродства между молекулами воды силы сцепления достигают величины -30 бар. Это такая сила, которая позволяет поднять воду на высоту, равную 120 м, без разрыва водных нитей, что примерно составляет максимальную высоту деревьев. Силы сцепления существуют и между водой и стенками сосудов — адгезия. Стенки проводящих элементов ксилемы эластичны. В силу этих двух обстоятельств даже при недостатке воды связь между молекулами воды и стенками сосудов не нарушается. Это подтверждается исследованиями по изменению толщины стебля травянистых растений. Определения показали, что в полуденные часы толщина стебля растений уменьшается. Если перерезать стебель, то сосуды сразу расширяются и воздух поступает в них. Из этого опыта видно, что при сильном испарении сосуды сужаются и это приводит к появлению отрицательного давления [35].

Степень натяжения водных нитей в сосудах зависит от соотношения процессов поглощения и испарения воды. Все это позволяет растительному организму поддерживать единую водную систему и не обязательно восполнять каждую каплю испаряемой воды. Таким образом, при нормальном водоснабжении создается непрерывность воды в системе почва — растение —

атмосфера. В том случае, если в отдельные членики сосудов попадает воздух (эмболия), они, по-видимому, выключаются из общего тока проведения воды. Таков путь воды по растению и его основные движущие силы. Современные методы исследования позволяют определить скорость передвижения воды по растению. Скорость передвижения воды определяется разностью водных потенциалов в начале и конце пути, а также сопротивлением, которое она встречает. Скорость движения воды в течение суток изменяется и в дневные часы она значительно больше. При этом разные виды растений отличаются по скорости передвижения воды. Если скорость передвижения у хвойных пород обычно 0,5—1,2 м/ч, то у лиственных она значительно выше. У дуба, например, скорость передвижения составляет 27—40 м/ч [32]. Скорость передвижения воды мало зависит от напряженности обмена веществ. Изменение температуры, введение метаболических ингибиторов не влияют на передвижение воды. Вместе с тем этот процесс, как и следовало ожидать, очень сильно зависит от скорости транспирации и от диаметра водопроводящих сосудов. В более широких сосудах вода встречает меньшее сопротивление. Однако надо учитывать, что в более широкие сосуды скорее могут попасть пузырьки воздуха или произойти какие-либо иные нарушения тока воды [32].

2.3 Физиологические основы устойчивости растений к засухе

Вопрос об устойчивости растений к засухе имеет большое не только теоретическое, но и практическое значение. На территории нашей страны имеются зоны избыточного увлажнения с годовым количеством осадков более 500 мм, области неустойчивого увлажнения с годовым количеством осадков 250—500 мм и области с недостаточным увлажнением (засушливые), где количество осадков менее 250 мм в год. Необходимо также учитывать, что для растений важно не только и даже не столько общее годовое количе-

ство осадков, сколько их распределение по месяцам [27]. Для большинства сельскохозяйственных растений особенно важны дожди в первую половину лета (май, июнь), но чаще всего именно этот период бывает резко засушливым. Понятие засуха включает комплекс метеорологических условий. *Засуха* — это длительный период без дождя, сопровождаемый непрерывным падением относительной влажности воздуха и повышением температуры. Различают засуху атмосферную и почвенную. Атмосферная засуха характеризуется низкой относительной влажностью воздуха, почвенная — отсутствием доступной для растений воды в почве. Чаще всего эти виды засухи сопровождают друг друга. К очень тяжелым последствиям приводят также такие явления, как мгла и суховей. Мгла — это атмосферная засуха, сопровождаемая появлением в воздухе во взвешенном состоянии твердых частиц. Суховей — это атмосферная засуха, сопровождаемая сильным ветром, при котором перемещаются большие массы горячего воздуха [27].

Водный баланс остается уравновешенным в том случае, если поглощение воды, ее проведение и расходование гармонично согласованы друг с другом. Нарушения его могут быть кратковременными или длительными. По приспособлениям наземных растений к кратковременным колебаниям условий водоснабжения и испарения различают пойкилогидридные и гомойогидридные виды [27].

У *пойкилогидридных* растений содержание воды в тканях непостоянно и сильно зависит от степени увлажнения окружающей среды. Они не могут регулировать транспирацию и легко и быстро теряют и поглощают воду, используя влагу росы, туманов, кратковременных дождей, в сухом состоянии находятся в анабиозе. Способны обитать там, где короткие периоды увлажнения чередуются с длительными периодами сухости.

Пойкилогидридность свойственна сине-зеленым водорослям, зеленым водорослям из порядка протококковых, некоторым грибам, лишайникам, а

также ряду высших растений: многим мхам, некоторым папоротникам и даже отдельным цветковым, по-видимому, вторично перешедшим к пойкилогидрическому образу жизни. Таков, например, южноафриканский кустарник *Myrothamnus flabellifolia* (миротамновые).

В мелких клетках таллома большинства низших растений нет центральной вакуоли, поэтому при высыхании они равномерно сжимаются без необратимых изменений ультраструктуры протопласта. Сине-зеленые водоросли, вегетирующие на поверхности почвы в пустыне, высыхая, превращаются в темную корочку. От редких дождей их слизистая масса набухает и нитчатые тела начинают вегетировать. Мхи, растущие на сухих скалах, стволах деревьев или на поверхности почвы лугов и степей (роды *Abietinella*, *Tortula* и др.), также могут высыхать, не теряя жизнеспособности [15].

Гомойогидридные растения способны поддерживать относительное постоянство оводненности тканей. К ним относят большинство высших наземных растений. Для них характерна крупная центральная вакуоль в клетках. Благодаря этому клетка всегда имеет запас воды и не так сильно зависит от изменчивых внешних условий. Кроме того, побеги покрыты с поверхности эпидермисом с малопроницаемой для воды кутикулой, транспирация регулируется устьичным аппаратом, а хорошо развитая корневая система во время вегетации может непрерывно поглощать влагу из почвы. Однако способности гомойогидридных растений регулировать свой водный обмен различны. По приуроченности к местообитаниям с разными условиями увлажнения и по выработке соответствующих приспособлений среди наземных растений различают три основные экологические группы: гигрофиты, мезофиты и ксерофиты. Условия водоснабжения существенно влияют на их внешний облик и внутреннюю структуру [35].

Гидатофиты— это водные растения, целиком или почти целиком погруженные в воду. Среди них — цветковые, которые вторично перешли к

водному образу жизни (элодея, рдесты, водяные лютики, уруть и др.). Вынутые из воды, эти растения быстро высыхают и погибают. У них редуцированы устьица и нет кутикулы.

Листовые пластинки у гидатофитов, как правило, тонкие, без дифференцировки мезофилла, часто рассеченные, что способствует более полному использованию ослабленного в воде солнечного света и усвоению CO₂. Нередко выражена разнолистность— гетерофиллия; у многих видов есть плавающие листья, имеющие световую структуру. Поддерживаемые водой побеги часто не имеют механических тканей, в них хорошо развита аэренхима.

Корневая система цветковых гидатофитов сильно редуцирована, иногда отсутствует совсем или утратила свои основные функции (у рясок). Поглощение воды и минеральных солей происходит всей поверхностью тела. Цветоносные побеги, как правило, выносят цветки над водой (реже опыление совершается в воде), а после опыления побеги снова могут погружаться, и созревание плодов происходит под водой (валлиснерия, элодея, рдесты и др.). Транспирация у таких растений отсутствует, а вода выделяется через особые клетки – гидатоды [11] .(см. прил.1, Рис. 1)

Гигрофиты — растения избыточно увлажненных местообитаний с высокой влажностью воздуха и почвы. Для них характерно отсутствие приспособлений, ограничивающих расход воды, и неспособность переносить даже незначительную ее потерю. Наиболее типичные гигрофиты — травянистые растения и эпифиты влажных тропических лесов и нижних ярусов сырых лесов в разных климатических зонах (чистотел большой, недотрога обыкновенная, кислица обыкновенная и др.), прибрежные виды (калужница болотная, плакун-трава, рогоз, камыш, тростник), растения сырых и влажных лугов, болот (белокрыльник болотный, сабельник болотный, вахта трехлистная, осоки), некоторые культурные растения [11].

Характерные структурные черты гигрофитов — тонкие листовые пла-

стинки с небольшим числом широко открытых устьиц, рыхлое сложение тканей листа с крупными межклетниками, слабое развитие водопроводящей системы (ксилемы), тонкие слаборазветвленные корни, часто без корневых волосков. К физиологическим адаптациям гигрофитов следует отнести низкое осмотическое давление клеточного сока, незначительную водоудерживающую способность и, как следствие, высокую интенсивность транспирации, которая мало отличается от физического испарения. Избыточная влага удаляется также путем гуттации — выделения воды через специальные выделительные клетки, расположенные по краю листа [29].

Избыточная влага затрудняет аэрацию, а, следовательно, дыхание и всасывающую деятельность корней, поэтому удаление излишков влаги представляет собой борьбу растений за доступ воздуха. Теневые гигрофиты — это растения нижних ярусов сырых лесов в разных климатических зонах (недотрога, цирцея альпийская, бодяк огородный, многие тропические травы и т. п.) При наступлении даже непродолжительной и несильной засухи в тканях создается отрицательный водный баланс, растения завядают и могут погибнуть. К световым гигрофитам относятся и виды открытых местообитаний умеренной полосы, растущие на постоянно влажных почвах и во влажном воздухе (папирус, рис, сердечники, подмаренник болотный, росянка и др.) [21].

Ксерофиты подразделяются на два основных типа: суккуленты и склерофиты. Кроме названных экологических групп растений, выделяют еще целый ряд смешанных или промежуточных типов [21].

Ксерофиты - растения сухих местообитаний, способные переносить продолжительную засуху, оставаясь физиологически активными. Это растения пустынь, сухих степей, саванн, сухих субтропиков, песчаных дюн и сухих, сильно нагреваемых склонов. Структурные и физиологические особенности ксерофитов нацелены на преодоление постоянного или временного недостатка

влаги в почве или воздухе. Решение данной проблемы осуществляется тремя способами:

- 1) эффективным добыванием (всасыванием) воды;
- 2) экономным ее расходом;
- 3) способностью переносить большие потери воды.

Интенсивное добывание воды из почвы достигается ксерофитами благодаря хорошо развитой корневой системе. По общей массе корневые системы ксерофитов примерно в 10 раз, а иногда и в 300—400 раз превышают надземные части. Длина корней может достигать 10—15 м, а у саксаула черного — 30 – 40 м, что позволяет растениям использовать влагу глубоких почвенных горизонтов, а в отдельных случаях и грунтовых вод. Встречаются и поверхностные, хорошо развитые корневые системы, приспособленные к поглощению скудных атмосферных осадков, орошающих лишь верхние горизонты почвы [21,29]. (см. прил.1, Рис. 2)

Экономное расходование влаги ксерофитами обеспечивается тем, что листья у них мелкие, узкие, жесткие, с толстой кутикулой, с многослойным толстостенным эпидермисом, с большим количеством механических тканей, поэтому даже при большой потере воды листья не теряют упругости и тургора. Клетки листа мелкие, плотно упакованы, благодаря чему сильно сокращается внутренняя испаряющая поверхность. Кроме того, у ксерофитов повышенное осмотическое давление клеточного сока, благодаря чему они могут всасывать воду даже при больших водоотнимающих силах почвы [29].

К физиологическим адаптациям относится и высокая водоудерживающая способность клеток и тканей, обусловленная большой вязкостью и эластичностью цитоплазмы, значительной долей связанной воды в общем водном запасе и т. д. Это позволяет ксерофитам переносить глубокое обезвоживание тканей (до 75% всего водного запаса) без потери жизнеспособности.

Кроме того, одной из биохимических основ засухоустойчивости растений является сохранение активности ферментов при глубоком обезвоживании [28].

Эксерофиты (настоящие ксерофиты) — растения, обладающие способностью резко сокращать транспирацию в условиях недостатка воды. Для этой группы растений характерен ряд приспособлений к сокращению потери воды: высокая эластичность цитоплазмы, низкая оводненность, высокая водоудерживающая способность и вязкость. Низкий осмотический потенциал клеточного сока позволяет поглощать воду из почвы, обделенной водой. В ряде случаев подземные органы этих растений, особенно в верхних частях, покрыты толстым слоем пробки. Иногда пробкой покрываются и стебли. Листья покрыты толстым слоем кутикулы, многие имеют волоски. Некоторые представители этой группы растений имеют различные типы дополнительной защиты устьиц. К ним можно отнести расположение устьиц в ямках, закупоривание устьичных щелей восковыми и смолистыми пробочками. Соприкосновение устьичных щелей с окружающей средой уменьшается также у некоторых растений путем свертывания листьев в трубку. Вместе с тем для этой группы растений характерна в высокой степени способность переносить обезвоживание, состояние длительного завядания. Особенно хорошо переносят потерю воды растения с жесткими листьями (склерофиты), которые и в состоянии тургора имеют сравнительно мало воды. Эти растения характеризуются большим развитием механических тканей. Листья у них жесткие, что позволяет при потере тургора избежать механических повреждений. К этой группе растений относится саксаул, песчаная акация, аристида, некоторые полыни и др [29].

Гемиксерофиты (полуксерофиты) — это растения, у которых сильно развиты приспособления к добыванию воды. У них глубоко идущая, сильно разветвленная корневая система. Клетки корня обладают, как правило, высокой концентрацией клеточного сока, низким (очень отрицательным) водным

потенциалом. Благодаря указанным особенностям эти растения могут использовать для сбора воды очень большие объемы почвы. Их корневые системы достигают даже грунтовых вод, если последние лежат не слишком глубоко. Растения данного типа обладают хорошо развитой проводящей системой. Листья у них тонкие, с очень густой сетью жилок, что сокращает путь передвижения воды к живым клеткам листа до минимума. Это растения с очень высокой интенсивностью транспирации. Даже в очень жаркие, сухие дни они держат устьица открытыми. Благодаря высокой интенсивности транспирации температура листьев значительно понижается, что позволяет осуществлять процесс фотосинтеза при высоких дневных температурах. К таким тонколиственным, высоко транспирирующим ксерофитам принадлежат степная люцерна, дикий арбуз, шалфей, резак. Листья некоторых из них покрыты волосками. Волоски создают как бы экран, который дополнительно защищает листья от перегрева [27].

Псевдоксерофиты (растения, избегающие засуху). Эти растения не обладают признаками засухоустойчивости, но имеют короткий вегетационный период, приурочивая весь жизненный цикл к периоду дождей. Эфемеры переносят засуху в виде семян (маки), а эфемероиды — в виде луковиц, корневищ, клубней (нарцисс, ревень и др.) [27].

Пойкилоксерофиты — растения, не регулирующие своего водного режима. В период засухи эти растения впадают в состояние анабиоза (согласно П.А. Генкелю — криптобиоза). Криптобиоз — это состояние, при котором обмен веществ либо прекращается, либо резко тормозится, однако вся организация жизни сохраняется. К этой группе растений относится большинство лишайников, некоторые водоросли, папоротники и небольшое число покрытосеменных. Отличительной особенностью пойкилоксерофитов является способность протопласта при сильном обезвоживании переходить в гель. Эта группа растений может, не теряя жизнеспособности, доходить до воздушно-

сухого состояния и в таком виде переносить периоды засух. После дождей растения этого типа быстро переходят к нормальной жизнедеятельности. Таким образом, обезвоживание для них является не патологией, а нормальным физиологическим состоянием [22]. (см. прил.2, Рис. 1)

Ксерофиты с наиболее ярко выраженными ксероморфными чертами строения листьев, перечисленными выше, имеют своеобразный внешний облик, за что получили название склерофиты.

К группе ксерофитов относятся и *суккуленты*- растения с сочными мясистыми листьями или стеблями, содержащими сильно развитую водоносную ткань. Суккулентные растения обладают общим свойством накапливать воду и экономно ее расходовать в течение продолжительного засушливого периода. Вода накапливается в различных органах: стеблях, листьях, луковицах и т.д., причем не редко в двух и более одновременно. Тем не менее, суккуленты обычно делят на 2 большие группы: листовые и стеблевые. У листовых суккулентов основныеместилища влаги находятся в листьях. Листья чаще всего круглые, мясистые и сочные, с плотной кутикулой. У многих листовых суккулентов листья собраны в розетки, а стебли достаточно жесткие, часто укороченные - это также способствует экономии воды (агавы, алоэ, гастерии) [28].

У стеблевых суккулентов, напротив, листья в той или иной степени редуцированы, превращены в колючки и чешуи, а функцию фотосинтеза выполняют в основном периферические ткани стебля (кактусы, стапелии и многие молочаи).

Среди стеблевых, особую группу составляют весьма популярные в настоящее время каудексные суккуленты, у которых влага запасается в сильно разросшейся нижней части ствола. Слово «каудекс» происходит от лат. caudex – ствол, колода. Каудексные формы высоко ценятся в коллекциях, а специализированные собрания этих видов впечатляют своим разнообразием и прихотливостью каудексных образований. В природных условиях насчи-

тывается более 20 родов с прикорневыми каудексами, большинство из которых имеет африканское происхождение. К ним относятся «бутылочные деревья» из рода адениум, цифостемма и др [28].

Также выделяют группу корневых суккулентов, так как вода часто запасается и в тканях корня (пеларгония, фюкея и др.) Виды корневых суккулентов обычно встречаются в пустынях, где они не только приспособились переживать засуху, но и противостоят сильным ветрам и животным - любителям полакомиться сочными растениями. Корневая система таких суккулентов обычно клубневидная или реповидная. Корни развиваются вблизи поверхности земли для того, чтобы до последней капли впитать даже самое малое количество попавшей на них влаги. Стебли и листья корневых суккулентов обычно недолговечны и засыхают при наступлении более засушливого сезона, тогда как их защищенные слоем почвы корни способны выжить и сохранить упругость тканей на протяжении длительного времени. Чтобы расти в условиях, который на первый взгляд кажется совершенно непригодными для любого проявления растительной жизни, суккуленты располагают некоторыми дополнительными приспособлениями, позволяющими им накапливать большое количество влаги (когда это возможно) или сводить к минимуму ее потери. Так, поверхность листьев у многих этих растений кожистая. Она достаточно упругая и блестящая, так как ее покрывает защитный восковой слой. Или же, наоборот, листья могут быть покрыты шелковистыми и густыми ворсинками, которые обладают способностью задерживать то малое количество влаги, которое содержится в атмосфере в ночные часы или во время туманов. Мощные шипы и колючки не только защищают растения от травоядных животных, но и собирают, а также транспортируют атмосферную влагу к их стеблям. Тонкие и гибкие колючки, скорее похожие на волоски, создают дополнительный заслон от солнечной радиации. Многие особенности анатомического строения суккулентов являются приспособлениями к действию комплекса неблагоприятных абиотических факторов, действующих в арид-

ных условиях: недостаток воды, избыточное освещение и высокие температуры. К числу таких адаптационных признаков относятся:

1. Толстая кутикула.
2. Восковой налет на поверхности кутикулы.
3. Относительно крупные клетки с большими вакуолями и незначительными межклетниками.
4. Устьица расположены в углублениях, мелкие, немногочисленные.
5. Слабое развитие проводящих тканей (ксилемы и флоэмы).
6. Хорошее развитие палисадной ткани и слабое-губчатой. (см. прил.2, Рис. 2)

Одна из основных анатомических особенностей суккулентов – наличие в вегетативных органах особой водоносной паренхимы. Благодаря именно этой ткани суккуленты запасают подчас весьма значительное количество воды [28].(см. прил.2, Рис. 3)

По оценке американского ботаника Мак Дугала, крупные шаровидные экземпляры кактуса *Ferocactus* содержат до 1000 л., а столбовидные *Carnegiea gigantea* высотой 10 метров – до 3 000 л воды. Высокая водоудерживающая способность тканей суккулентов обусловлена наличием слизистых веществ, по химической природе – моносахаридов-пентоз. Весьма вероятно, что суккуленты могут использовать не только химически связанную, но и метаболическую воду, подобно тому, как это происходит при расщеплении особого жира. У большинства листовых суккулентов прозрачная водоносная паренхима развивается в средней части листа (т.е. по природе своей это мезофилл), а снаружи со всех сторон окружена тонким зеленым слоем собственно хлоренхимы. Этот слой не всегда является непрерывным, в нем не редко имеют-

ся прозрачные «окошечки» различной формы, образующий на верхней стороне листа специфический для данного вида рисунок. «Окошечные» суккуленты особенно характерны для южноафриканского семейства мезембриантемовых - основная часть всех листьев у них находится в почве, и лишь конец листа с окошечком располагается над уровнем почвы. Благодаря «окошечку» свет проникает в подземную часть листа, существенно снижая свою интенсивность и предотвращая опасный перегрев растения. У суккулентных пеперомий, однако, водоносная паренхима в листьях не выражена, поэтому большая часть воды запасается в многослойном верхнем эпидермисе, который четко выделяется на поперечном срезе листа. Интересной особенностью вегетативных органов суккулентов является развитие под эпидермисом специфического слоя – гиподермиса, состоящего из живых водоносных паренхимных клеток с заметно утолщенными, но не одревесневшими клеточными оболочками. Компенсируя слабое развитие механических тканей, гиподермис придает листу прочность, в то же время регулируя испарение [28]. У стеблевых суккулентов большая часть воды запасается в сердцевине, а у более сложных видов - еще и в коровой паренхиме. Эволюция суккулентов в условиях возрастания дефицита влаги сопровождалась процессом кортикализации (ростом кортикально-медуллярного индекса) т.е. отношение радиуса коры к радиусу центрального цилиндра. Следует отметить, что не только специализированные водозапасающие, но и многие другие ткани суккулентов имеют очень высокую оводненность 95-98 %. Благодаря этой особенности клетки суккулентов имеют высокий уровень метаболизма, долго сохраняют способность к делению и превращению в меристематические инициации [28]. Это, в свою очередь, способствует быстрому образованию придаточных корней, придаточных почек, а, следовательно, и вегетативному размножению. Действительно, многие суккуленты хорошо размножаются не только боковыми побегами, стеблевыми черенками или прививкой, но и листовыми черенками, что в мире растений встречается далеко не всегда. В экс-

тремальных аридных, когда не каждый год возможно семенное возобновление, высокая способность к вегетативному размножению имеет для этих растений жизненно важное адаптивное значение. Постоянно высокое содержание воды в тканях, будучи, безусловно, важным приспособлением, имеет и негативное значение. Во-первых, замерзание воды при 0°C означает, что существование суккулентов при отрицательных температурах становится если не совсем невозможным, то проблематичным. Именно по этому суккулентов так мало в регионах с холодным климатом. Во-вторых, высокая удельная теплоемкость воды, содержащейся в тканях суккулента, приводит к тому, что они нагреваются на солнце до критических температур (до 60°C), которых не выдерживает не одно высшее не суккулентное растение. Другими словами, если для обычного растения-мезофита нагрев тканей до 40-45°C является смертельным, то для суккулента в естественных условиях произрастания температуры 50-60°C обычны и не вызывают негативных последствий. Морфологические признаки суккулентов также предназначены обеспечить максимальную экономию воды, максимально сохранить транспирирующую поверхность. Общей для всех этих растений является тенденция к снижению отношения поверхности тела растения к объему (S:V) [27].

Мезофиты - занимают промежуточное положение между гигрофитами и ксерофитами. Они распространены в умеренно влажных зонах с умеренно теплым режимом и достаточно хорошей обеспеченностью минеральным питанием. К мезофитам относятся растения лугов, травянистого покрова лесов, лиственные деревья и кустарники из областей умеренно влажного климата, а также большинство культурных растений и сорняки. Для мезофитов характерна высокая экологическая пластичность, позволяющая им адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды. К мезофитам можно также отнести вечнозеленые деревья верхних ярусов тропических лесов, листопадные деревья саванн, древесные породы влажных вечнозеленых субтропических лесов,

летнезеленые лиственные породы лесов умеренного пояса, кустарники подлеска, травянистые растения дубравного широколиственного леса, растения заливных и не слишком сухих суходольных лугов, пустынные эфемеры и эфемероиды, многие сорные и большинство культурных растений. Из приведенного перечня видно, что группа мезофитов очень обширна и неоднородна. По способности регулировать свой водный обмен одни приближаются к гигрофитам, другие — к засухоустойчивым формам [27].

Специфические пути регуляции водообмена позволили растениям занять самые различные по экологическим условиям участки суши. Многообразие способов приспособления лежит, таким образом, в основе распространения растений на Земле, где дефицит влаги является одной из главных проблем экологической адаптации [22].

ГЛАВА 3. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ, ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОДНОГО РЕЖИМА РАСТЕНИЙ ДЛЯ 6 КЛАССОВ

Методические разработки для обеспечения школьных проектов по изучению водного режима растений необходимы для рациональной организации времени учащихся на лабораторных и практических занятиях, а так же для лучшего усвоения изучаемого материала.

Структура методических обеспечений предполагает изучение основных особенностей темы водного режима растений, с помощью постановки простых экспериментов и практических работ. Работа должна выполняться учениками как самостоятельно, так и при помощи учителя. Лабораторная работа должна начинаться с устного опроса учеников. Ответ должен быть подготовлен на основе домашнего задания и содержать четкие определения основных физиологических, а так же химических и физических понятий по изучаемому разделу, демонстрировать понимание учащимся сущности описываемых явлений и знаний соответствующих терминов.

Для подготовки рассказа необходимо использование литературных источников, перечисленных в программе по «Биологии», либо другой соответствующей литературы по усмотрению школьники. Затем учащиеся сообщают о мерах по технике безопасности, которые необходимо соблюдать при выполнении данной лабораторной работы. После этого можно приступать к выполнению задания.

Перед выполнением экспериментальной части опыта следует изучить перечень необходимых для его постановки материалов и оборудования, а так же методику его проведения. Соответствующие данные будут содержаться в определенных разделах, которые имеются в описании каждого опыта. После усвоения последовательности и содержания этапов эксперимента можно приступать к его практическому выполнению. Полученные результа-

ты необходимо вносить в определённый раздел опыта, либо в виде таблицы, либо рисунка или текста.

Заключительной стадией лабораторной работы учащиеся должны будут записать вывод. Выводы должны быть лаконичными, логичными, отражающими правильное понимание учащимися сути изученного явления. Завершается лабораторная работа домашним заданием. В конце урока раздаточный материал и выполненная работа сдается на проверку.

Одна из разработанных лабораторных работ «Зависимость набухания семян от характера запасных веществ» была апробирована в школе № 81 в 6 «А» классе. По результатам рефлексии обучающихся в конце занятия можно сделать вывод, что цель работы была достигнута, задачи решены (прилож. 3,4).

Лабораторная работа № 1

«Значение пробки для предохранения растений от потери воды»

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.

Цель работы: выяснить значение пробки для растений.

Материалы и оборудование: однолетние побеги древесных растений, весы, разновесы, скальпель, вазелин, полоски фильтровальной бумаги.

Ход работы:

1. Из однолетних побегов 2 - 4 видов растений длиной 10-12 см (по 4 каждого вида) два будут служить в качестве контроля, два - в качестве опытного варианта.
2. Аккуратно смазать вазелином место среза контрольных побегов, пронумеровать(1,2), взвесить.
3. Записать в таблицу время взвешивания и вес каждого побега.
4. С опытных побегов снять скальпелем пробку, не повреждая зеленой ткани феллодермы, место среза аккуратно смазать вазелином. Пронумеровать побеги(3,4).
5. Подготовленные побеги взвесить. Записать время взвешивания и вес каждого побега.
6. Оставить на экспозицию - 40-50 минут. Время экспозиции в контроле и опыте должно быть одинаковым.
7. После экспозиции побеги вторично взвесить, результаты записать в таблицу.
8. Рассчитать потерю воды в граммах и в процентах.
9. Сделать вывод о значении пробки, указав, во сколько раз изменяется потеря воды побегом после удаления пробковой ткани.

Объект исследования	Вариант опыта	Повторность	Вес побегов, в г.		Потеря в весе	
			До экспозиции	После экспозиции	г.	%
	Контроль	1				
		2				
	Опытный	1				

		2				
	Контроль	1				
		2				
	Опытный	1				
		2				

Выводы: Пробка функционирует в качестве покровной (защитной) ткани. Особенно велика роль пробки у надземных органов. Пробка непроницаема для воды, поэтому предохраняет стволы и ветви от высыхания.

Лабораторная работа № 2

«Изучение явления плазмолиза и деплазмолиза в клетках растений»

Краткий теоретический материал: в основе поглощения и выделения воды растительными клетками лежат процессы диффузии и осмоса. Растительные клетки поглощают воду, если концентрация клеточного сока будет выше концентрации раствора в апопласте. При этом объем вакуоли будет увеличиваться, в ней возникает дополнительное гидростатическое давление, которое передается через цитоплазму на клеточную стенку. Давление цитоплазмы на клеточную стенку называют тургорным. Тургорное давление обеспечивает упругость и механическую прочность растительных тканей. В клетках при хорошей водообеспеченности всегда сохраняется тургорное давление. Растительные клетки выделяют воду, если концентрация раствора в апопласте становится выше концентрации клеточного сока. В естественных условиях это происходит при интенсивной транспирации, при недостатке воды в почве и высокой концентрации почвенного раствора. В результате объем вакуолей уменьшается, снижается тургорное давление. Внешне это может проявляться в виде завядания.

При погружении растительных клеток в гипертонический раствор (раствор, концентрация которого выше концентрации клеточного сока), объем

вакуолей и цитоплазмы уменьшается, и возникает плазмолиз – отставание цитоплазмы от клеточной стенки. Пространство между клеточной стенкой и цитоплазмой заполняет гипертонический раствор. Это доказывает, что клеточная стенка не обладает свойством полупроницаемости.

Если клетки, находящиеся в состоянии плазмолиза перенести в чистую воду или гипотонический раствор (раствор, концентрация которого меньше концентрации клеточного сока), в клетках за счет эндосмоса будет восстанавливаться тургор. Переход клеток из состояния плазмолиза в состояние тургора называется деплазмолизом.

В изотоническом растворе (раствор, концентрация которого равна концентрации клеточного сока) осмос не происходит – вода не поглощается и не выделяется клетками.

Цель работы: изучить осмотические явления в клетках: тургор, плазмолиз, деплазмолиз.

Материалы и оборудование: луковица, элодея, предметные и покровные стекла, 10%-й раствор KCl или KNO₃, вода, сухое горючее или спиртовка, асбестовый коврик, спички, препаровальные иглы, лезвия, микроскопы, полоски фильтровальной бумаги, пипетка.

Ход работы: Удобным объектом для наблюдения осмотических явлений являются эпидермис чешуи лука и элодея. У лука нужно отделить одну из чешуй, на ее вогнутой поверхности острым лезвием сделать несколько неглубоких поперечных и продольных надрезов на расстоянии около 0,5 см друг от друга. Затем с помощью препаровальные иглы снять кусочек эпидермиса и использовать для наблюдения осмотических явлений.

Наблюдение тургора. 1. Кусочек эпидермиса чешуи лука или листок элодеи помещаем на предметное стекло в каплю воды. 2. Покрываем покров-

ным стеклом и рассматривают в микроскоп при малом увеличении объектива. Так как концентрация клеточного сока выше концентрации внешнего раствора, в клетках будет возникать тургор. 3. После наблюдений в микроскоп нужно сделать зарисовки клеток.

Наблюдение плазмолиза. 4. Готовим новый препарат, помещаем его в каплю 10%-ого раствора KCl или KNO₃. 5. Покрываем покровным стеклом и рассматриваем в микроскоп. 6. Можно также использовать препараты, приготовленные для наблюдения тургора, в этом случае воду заменяют раствором соли. Для этого на предметное стекло, рядом с покровным стеклом, наносят несколько капель раствора, а с противоположной стороны к покровному стеклу плотно прижимают полоску фильтровальной бумаги. Кусочки фильтровальной бумаги несколько раз меняют для полного удаления воды, и замены ее раствором. Так как концентрация внешнего раствора будет больше концентрации клеточного сока, вода начинает выходить из вакуолей, а цитоплазма отделяться от клеточных стенок сначала в уголках (уголковый плазмолиз), а затем – на всем её протяжении, принимая округлую форму. После наблюдений делают зарисовки клеток с различной степенью плазмолиза, результаты записывают в таблицу.

Наблюдение деплазмолиза. 7. На препаратах с хорошо выраженным плазмолизом, заменяем раствор соли под покровным стеклом на воду, описанным выше приемом. 8. Наблюдаем переход клеток из плазмолиза в тургорное состояние – деплазмолиз. 9. Полученные результаты заносим в таблицу «Наблюдение осмотических явлений в клетке». 10. Сделайте вывод о значении тургора, плазмолиза и деплазмолиза.

Таблица «Наблюдение осмотических явлений в клетке»

Вариант	Рисунки	Наблюдаемые явления
1. В воде		
2. В 10%-ом растворе KCl или KNO ₃		
3. Замена раствора соли на воду		

Вывод: 1. Цитоплазма эластична, вследствие этого она способна в гипертоническом растворе отставать от оболочки клетки, а в гипотоническом вновь восстанавливать первоначальное положение. 2. Цитоплазма полупроницаема: пропускает воду и не пропускает растворенные в ней вещества. 3. Плазмолиз и деплазмолиз можно наблюдать только в живых клетках.

Лабораторная работа № 3

«Сравнение скорости испарения верхней и нижней поверхности листа»

Краткий теоретический материал: лист испаряет воду через нижнюю поверхность, так как у большинства растений устьица находятся с нижней стороны листа. На листьях водных растений, плавающих на поверхности воды, устьица находятся только на верхней стороне листа, а на подводных листьях устьиц нет вообще.

Цель работы: сравнить скорость испарения верхней и нижней поверхности листьев.

Материалы и оборудование: чашечные весы, часы, вазелин, бумага, любое комнатное растение из класса двудольных (без опушения).

Ход работы: 1. Срезать два листа комнатного растения. 2. Один лист смазать вазелином с верхней стороны, другой - с нижней. 3. Положить листья на чашки весов смазанными сторонами вверх и уравновесить весы кусочками бумаги. 4. Через 15 минут перевернуть листья смазанными сторонами вниз. 5. Еще через 15 минут опыт закончить и зафиксировать результаты (сделать вывод).

Вывод: В ходе эксперимента весы должны показать разницу в весе. Это связано с тем что в большинстве случаев устьица располагаются с нижней стороны листа, а смазывая лист вазелином мы нарушаем газообмен. Тем самым углекислому газу не от, куда взяться для фотосинтеза.

Лабораторная работа № 4

«Наблюдение за движением устьиц под микроскопом у засухоустойчивых растений»

Краткий теоретический материал: Газообмен между межклетниками листа и атмосферой регулируется устьицами. Устьице состоит из двух специализированных клеток эпидермиса, называемых замыкающими, между которыми находится устьичная щель. В отличие от клеток эпидермиса замыкающие клетки устьичного аппарата имеют бобовидную форму, содержат хлоропласты. Устьица регулируют газо- и водообмен в растении благодаря тому, что обладают способностью периодически открываться и закрываться.

Цель работы: пронаблюдать за движением устьиц растения.

Материалы и оборудование: листья засухоустойчивого растения, 1%-й раствор сахарозы, лезвие, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, стакан с водой, фильтровальная бумага, микроскоп.

Ход работы: 1. Сделать срез нижнего эпидермиса листа. 2. Срез растения рассмотреть в капле воды при большом увеличении микроскопа. 3. Зарисовать одно устьице, отметив утолщения клеточных стенок замыкающих клеток. 4. Нанести рядом с покровным стеклом 2-3 капли 1%-ого раствора сахарозы, приложив с другой стороны кусочек фильтровальной бумаги, и сразу приступить к наблюдению за изменением ширины устьичных щелей. 5. Зарисовать устьице в закрытом состоянии. 6. Снова заменить раствор водой и наблюдать постепенное открывание устьиц. 7. Сделать вывод и записать его.

Вывод: В результате эксперимента, при добавлении раствора сахарозы мы наблюдали закрытие устьиц, это связано с изменением концентрации раствора. При добавлении воды, устьица начинают открываться.

Лабораторная работа № 5

«Зависимость набухания семян от характера запасных веществ»

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. Главную роль в процессе набухания семян играют белки — наиболее гидрофильные вещества. Набухание белков имеет большое значение для биохимической активности клетки.

Цель работы: сравнить процессы 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).

Материалы и оборудование: семена гороха и пшеницы (2-5 г), стаканчики с водопроводной водой, марля, фильтровальная бумага, весы.

Ход работы: 1. Семена пшеницы и гороха завернуть в марлевые салфетки. 2. Погрузить в водопроводную воду, налитую в стаканчики. 3. Через 3 ч (или через сутки) извлечь семена из марлевых мешочков. 4. Быстро обсушить фильтровальной бумагой и взвесить. 5. Увеличение массы семян выразить в процентах от исходной. 6. Заполнить таблицу и сделать вывод.

Растение	Масса семян, г.		Увеличение массы семян
	Исходная	После набухания	% исходной
Пшеница			
Горох			

Вывод: На стадии набухания ведущей потребностью семян является влага. Даже температура, при которой происходит набухание, и доступ кислорода не имеют существенного значения. При набухании увеличивается объем семян, причем с большой силой. Много воды поглощает сухой крахмал, еще больше белковые вещества; масло не обладает этой способностью. Поэтому понятно, что потребность в воде для набухания в первую очередь зависит от состава семян. Семена масличных растений поглощают 30-40% воды, семена растений, богатых крахмалом (злаки), поглощают около 50-70% воды, а семена бобовых растений, богатые белковыми веществами, поглощают около 100% воды и больше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все физиологические процессы протекают при участии воды, поэтому она является одним из наиболее существенных экологических факторов, влияющих на рост и развитие растительного организма, на распространение растений на Земле. Воду растения получают из почвы и из воздуха. Но количество воды в различных участках суши не одинаково (например, водообеспеченность болот и пустынь существенно отличается). В связи с этим у растений можно видеть различные механизмы приспособлений.

Приспособленность онтогенеза растений к условиям среды является результатом их эволюционного развития (благодаря изменчивости, наследственности и отбору). У каждого вида растений в процессе эволюции выработались определенные потребности к условиям существования и приспособления к занимаемой экологической нише. Влаголюбие и теневыносливость, жароустойчивость, холодоустойчивость и другие экологические особенности растений сформировались в результате длительной адаптации их к соответствующим условиям обитания.

Данный раздел в биологии требует внимательного изучения.

Во время изучения предмета школьник сможет не только понять физиологические и биохимические процессы, но и научиться ценить жизнь.

В связи с этим, нами были составлены методические разработки 5 лабораторных работ по биологии с использованием материалов о водном режиме растений. Они ориентированы, прежде всего, на формирование общей культуры и мировоззрения школьников, а также на решение воспитательных и развивающих задач общего образования, задач социализации личности.

Материал по биологическим проблемам и методам их исследования может быть с успехом использован учителями биологии в теоретической и практической работе. Внедрение этих уроков в школьную учебную практику

повысит эффективность учебного процесса, расширит кругозор учащихся, послужит дальнейшему воспитанию любви к родной природе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахиярова Г. Р. Регуляция роста и водного обмена растений при засолении [Текст] / Г. Р. Ахиярова, Д. С. Веселов // Биология – наука XXI века : тез. докл. 7-й Пушин. шк.-конф. молодых учёных, 14-18 апр. 2003 г. / Пушин. науч. центр РАН. – Пушино, 2003. – С. 150-151..
2. Бабкин В. И. Современная оценка водных ресурсов Советского Союза [Текст] / В. И. Бабкин, К. П. Воскресенский // Водные ресурсы. – 1976. – № 5. – С. 5-14.
3. Батов С. Г. Культура кактусов [Текст] / С. Г. Батов. – М. : Слог-Пресс-Спорт, 2001. – 427 с.
4. Биологическая энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL : http://gufo.me/bioenc_a/ (дата обращения: 11.03.2017).
5. Богомолова А. А. Организация проектной исследовательской деятельности учащихся [Текст] / А. А. Богомолова // Биология в школе. – 2006. – № 5. – С. 35-38.
6. Большой энциклопедический словарь [Текст] / гл. ред. А. М. Прохоров. – М. : Большая Рос. энцикл., 1998. – 1456 с.
7. Вендров С. Л. Водохранилище и окружающая природная среда [Текст] / С. Л. Вендров, К. Н. Дьяконов. – М. : Наука, 1976. – 136 с.
8. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера [Текст] / В. И. Вернадский. – М. : Айрис-пресс, 2003. – 576 с.
9. Володько И. К. Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным условиям [Текст] / И. К. Володько. – Минск : Наука и техника, 1983. – 267 с.
10. Вохменцева Е. А. Проектная деятельность учащихся как средство формирования ключевых компетентностей [Текст] / Е. А. Вохменцева // Актуальные задачи педагогики: : материалы междунар. заоч. науч. конф., де-

кабрь 2011 г., г. Чита / под общ. ред. Г. Д. Ахметовой. – Чита, 2011. – С. 58-65.

11. Горышина Т. К. Экология растений [Текст] : учеб. пособие для студентов ун-тов / Т. К. Горышина. – М. : Высш. шк., 1979. – 368 с.

12. Дерпгольц В. Ф. Мир воды [Текст] / В. Ф. Дерпгольц. – Л. : Недра, 1979. – 254 с.

13. Добрецова Н. В. Педагогическое проектирование в дополнительном экологическом образовании [Текст] / Н. В. Добрецова // Экологическое образование в школе. – 1999, – № 1. – С. 57-61.

14. Долгополов К. В. Вода – национальное достояние [Текст] : (геогр. проблемы использования водных ресурсов) / К. В. Долгополов, Е. Ф. Федорова. – М. : Мысль, 1973. – 256 с.

15. Емельянов Л. Г. Растения и вода [Текст] / Л. Г. Емельянов ; под ред. Н. С. Петина. – Минск : Ураджай, 1977. – 160 с.

16. Жолкевич В. Н. Энергетика дыхания высших растений в условиях водного дефицита [Текст] / В. Н. Жолкевич. – М. : Наука, 1968. – 230 с.

17. Иванов Н. Н. Ландшафтно-климатические зоны земного шара [Текст] / Н. Н. Иванов. – Л. : Изд-во АН СССР, 1972. – 224 с.

18. Иорданский Н. Н. Эволюция жизни [Текст] : учеб. пособие для студентов пед. вузов / Н. Н. Иорданский. – М. : Академия, 2001. – 432 с.

19. Козловский Т. Т. Водный обмен растений [Текст] / Т. Т. Козловский ; пер. с англ. Н. А. Емельяновой. – М. : Колос, 1969. – 247 с.

20. Крафтс А. Вода и ее значение в жизни растений [Текст] / А. Крафтс, Х. Карриер, К. Стокинг ; пер. с англ. Д. А. Сабина. – М. : Иноиздат, 1951. – 388 с.

21. Майноленко К. В. Эволюционные аспекты проблемы засухоустойчивости растений [Текст] : (ист. анализ исслед. отечествен. ученых) / К. В. Майноленко ; отв. ред. П. А. Генкель. – Л. : Наука, 1983. – 244 с.

22. Новиков Ю. В. Вода и жизнь на Земле [Текст] / Ю. В. Новиков, М. М. Сайфутдинов. – М. : Наука, 1981. – 184 с.
23. Новожилова Н. В. Интернет-ресурсы в исследовательской деятельности учителей и учащихся [Текст] / Н. В. Новожилова // Школьные технологии. – 2004. – № 4. – С. 148-152.
24. Привалов П. Л. Вода и ее роль в биологических системах [Электронный ресурс] / П. Л. Привалов // Биофизика. – 1968. – Т. 13, вып. 1. – С. 163 -177. – URL : <http://worldofwater.ru/wp-content/uploads/2015/04/411.pdf> (дата обращения: 12.03.2017).
25. Растениеводство [Текст] / П. П. Вавилов [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1986. – 512 с.
26. Сергеев И. С. Как организовать проектную деятельность учащихся [Текст] : практ. пособие для работников общеобразоват. учреждений / И. С. Сергеев. – М. : АРКТИ, 2010. – 78 с.
27. Сказкин Ф. Д. Критический период у растений к недостаточному водоснабжению [Текст] / Ф. Д. Сказкин. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 51 с.
28. Скулкин И. М. Суккуленты [Текст] : метод. разработ. / И. М. Скулкин ; Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург : [б. и.], 2005. – 44 с.
29. Слейчер Р. Водный режим растений [Текст] / Р. Слейчер ; пер. с англ. В. Д. Утехина. – М. : Мир, 1970. – 365 с.
30. Современная энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL : http://onlineslovari.com/sovremennaya_entsiklopediya/ (дата обращения: 11.03.2017).
31. Хотунцев Ю. Л. Проекты в школьном курсе «Технология» [Текст] / Ю. Л. Хотунцев, В. Д. Симоненко, О. А. Кожина // Школа и производство. – 1994. – № 4. – С. 84-69.
32. Хржановский В. Г. Ботаника [Текст] / В. Г. Хржановский, С. Ф. Пономаренко. – М. : Агропромиздат, 1988, – 384 с.

33. Шапиро Я. С. Экологические ресурсы растениеводства [Текст] / Я. С. Шапиро // Биология в школе. – 2010. – № 5. – С. 3-12.

34. Шеленкова Н. Ю. Организация исследовательской деятельности учащихся в школьном научном обществе [Текст] / Н. Ю. Шеленкова // Завуч. – 2005. – № 5. – С. 82-87.

35. Якушкина Н. И. Физиология растений [Текст] : учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / Н. И. Якушкина. – М. : Просвещение, 1993. – 335 с.

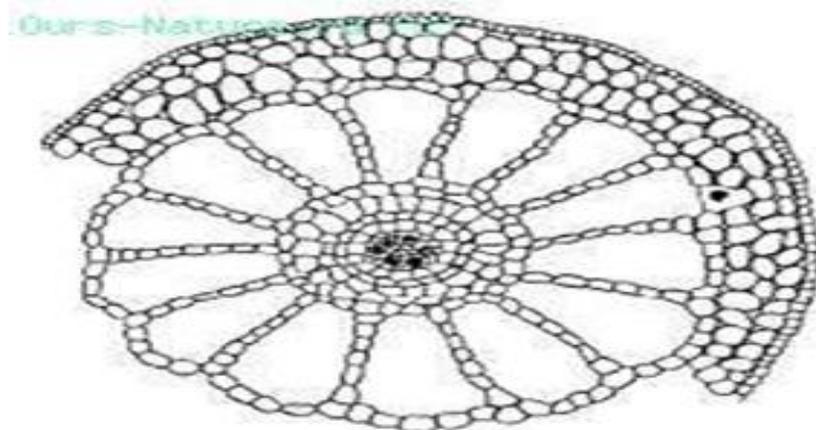


Рис. 1. Поперечный срез стебля урути *Myriophyllum verticillatum* (по Т.К. Горышиной, 1979).

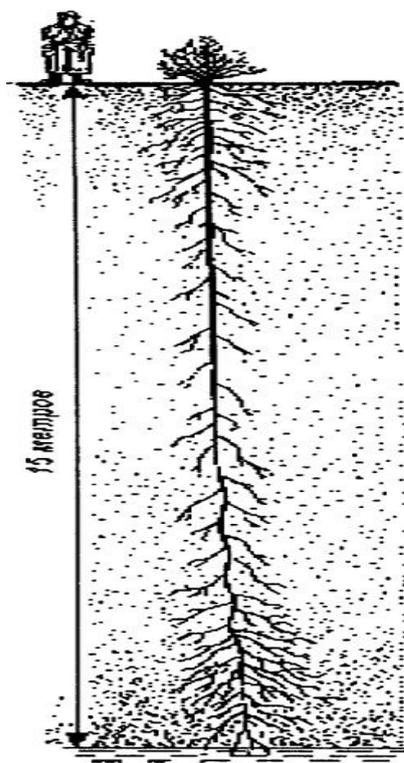


Рис. 2. Корень верблюжьей колючки



Рис. 1. Обезвоженная клетка растения

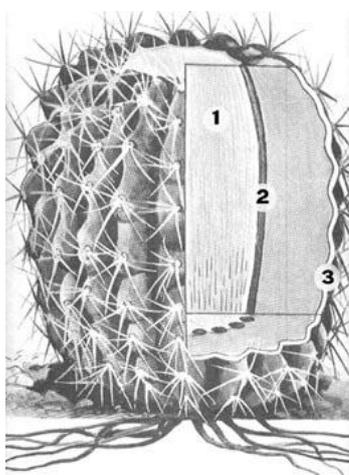


Рис. 2. Анатомические особенности суккулента: 1- водоносная ткань, 2 - ксилема, 3 - эпидермис

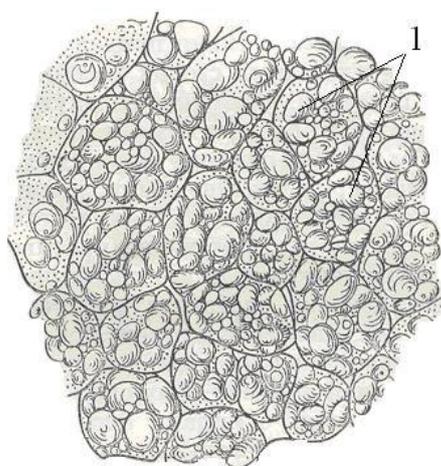


Рис. 3. Водоносная паренхима

Конспект урока по биологии "Лабораторная работа" Зависимость набухания семян от характера запасных веществ " (6 класс)

Тема. Лабораторная работа «Зависимость набухания семян от характера запасных веществ».

Цель урока: Создать условия для формирования универсальных учебных действий: личностных, познавательных, регулятивных и коммуникативных

Познавательных: формировать умение анализировать, сравнивать, классифицировать и обобщать факты, моделировать, сопоставлять.

Коммуникативных: посредством организации групповой работы, развития умения самостоятельно организовать свое рабочее место. Через организацию работы в парах;

Предметных: отрабатывать на уроке биологические термины, понятия, определения.

Метапредметных: формирование умения сравнивать результаты и делать выводы.

Личностных: создание условий для развития умений планирования предстоящей деятельности, поиска способов решения проблемы, личностной рефлексии, самооценкой достигнутого.

Планируемые результаты обучения:

Учащиеся должны знать:

- процесс набухания семян;
- характер запасных веществ;

Учащиеся должны уметь:

-анализировать полученные результаты;

ХОД УРОКА

I. Организационный момент.

II. Лабораторная работа.

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. Главную роль в процессе набухания семян играют белки — наиболее гидрофильные вещества. Набухание белков имеет большое значение для биохимической активности клетки.

Цель: сравнить процессы 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).

Материалы и оборудование: семена гороха и пшеницы (2-5 г), стаканчики с водопроводной водой, марля, фильтровальная бумага, весы.

Ход работы: 1. Семена пшеницы и гороха завернуть в марлевые салфетки. 2. Погрузить в водопроводную воду, налитую в стаканчики. 3. Через 3 ч (или через сутки) извлечь семена из марлевых мешочков. 4. Быстро обсушить фильтровальной бумагой и взвесить. 5. Увеличение массы семян выразить в процентах от исходной. 6. Заполнить таблицу и сделать вывод.

Растение	Масса семян, г.		Увеличение массы семян
	Исходная	После набухания	% исходной
Пшеница			
Горох			

Вывод: На стадии набухания ведущей потребностью семян является влага. Даже температура, при которой происходит набухание, и доступ кислорода не имеют существенного значения. При набухании увеличивается объем семян, причем с большой силой. Много воды поглощает сухой крахмал, еще больше белковые вещества; масло не обладает этой способностью. Поэтому понятно, что потребность в воде для набухания в первую очередь зависит от состава семян. Семена масличных растений поглощают 30-40% воды, семена растений, богатых крахмалом (злаки), поглощают около 50-70% воды, а семена бобовых растений, богатые белковыми веществами, поглощают около 100% воды и больше.

III. Проверка усвоения материала, изученного ранее.

1. Для прорастания семян необходимы:

А) Кислород

Б) Все варианты верны

В) Вода

Г) Тепло

2. Органические вещества, содержащиеся в семенах, растение запасает для:

А) Животных и человека

Б) Всех органов растения

В) Зародыша семени

3. Во время набухания семена увеличиваются за счет:

А) Прорастания

Б) Недостатка воды

В) Впитывания воды

IV. Подведение итогов урока.

V. Домашнее задание.

1. Параграф № 15; 2. Письменный ответ на вопрос «Как происходит набухание семян?».



Фотографии с учениками 6 «А» класса МБОУ СОШ № 81