



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ И ФИЗИОЛОГИИ

**Влияние абиотических факторов на концентрацию
клеточного сока в листьях растений разных экологических
групп**

**Выпускная квалификационная работа по направлению
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями)**

**Направленность программы бакалавриата
«Биология. Безопасность жизнедеятельности»**

Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:

40,03 % авторского текста
Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

«25» мая 2021 г.

И.о. зав. кафедрой общей
биологии и физиологии

Ефимова Н.В. Ефимова Н.В.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/066-5-1
Илюшкина Татьяна Сергеевна

Научный руководитель:

доктор педагогических наук,
доцент кафедры общей
биологии и физиологии

Похлебаев Сергей Михайлович Похлебаев Сергей Михайлович

Челябинск
2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ КЛЕТОЧНОГО СОКА РАСТЕНИЙ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП.....	6
1.1 Особенности и механизм водного обмена у растений.....	6
1.2 Экологические группы растений по отношению к водному режиму и их адаптации к абиотическим факторам среды.....	9
Выводы по 1 главе	13
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	15
2.1 Организация исследования.....	15
2.2 Рефрактометрический метод измерения концентрации клеточного сока у растений	17
2.3 Методы математико-статистической обработки результатов исследования.....	18
Выводы по 2 главе	20
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	21
3.1 Показатели концентрации клеточного сока у растений разных экологических групп, полученные с помощью рефрактометрического метода.....	21
3.2 Сравнительный анализ концентрации клеточного сока у растений экологических групп по отношению к водному режиму в летний и в осенний период	27
Выводы по третьей главе.....	31
ГЛАВА 4. ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ	32
4.1 Содержание (конспект) факультативного занятия на тему «Плазмолиз в клетках кожицы лука как модель для выявления роли концентрации клеточного сока в регуляции водного обмена растений» в рамках урока по биологии 9 класса	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	38
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	45

ВВЕДЕНИЕ

Эволюционный процесс представляет собой постоянные изменения в физиологических процессах, появление полезных адаптаций и закрепление их в геноипе. Для высшей растительности наиболее характерны сложные пути адаптации к неблагоприятным условиям окружающей среды, что выражается в совершенствовании и перестройке физиолого-биохимических процессов, протекающих в растительных клетках. Эти приспособительные реакции заключаются в способности растений к саморегуляции, т.е. сохранению постоянства внутренней среды под действием внешних факторов [2].

На растения в большей степени воздействуют неблагоприятные экологические факторы, как антропогенные (техногенные загрязнения, распашка почв и др.), так и абиотические (оводненность, температура, концентрация солей в почве, освещенность, плотность почвы и др.). Данные воздействия могут вызывать стресс, влияющий на продуктивность растений, а также дифференцировать распределение растительных видов в разных условиях окружающей среды [10].

Важным физиолого-биохимическим механизмом адаптации растений к недостатку воды связан с изменением концентрации клеточного сока, накапливающегося в каналах эндоплазматической сети и постепенно сливающийся в вакуоль [3].

Некоторыми исследователями (Филиппов Л.А., Бушин П.М., 1969 г.) была показана возможность диагностирования водного режима различных культур по концентрации клеточного сока как физиологическому показателю водообеспеченности растений [29]. Концентрация клеточного сока имеет определенную связь с приспособлениями растений к экологическим условиям среды, а также является показателем морозо- и засухоустойчивости растительных организмов [3]. Сравнительный анализ концентрации клеточного сока у растений различных экологических групп

поможет лучше понять сущность защитных и регуляторных механизмов, позволит выбрать растения с устойчивым фенотипом, что в дальнейшем позволит решить многие вопросы сельского хозяйства.

Актуальность: изучение адаптационных механизмов к абиотическим факторам является в настоящее время одним из первенствующих направлений экофизиологии. Она составляет основу для проведения исследований по ресурсоведению, интродукции и акклиматизации растений, разработке новых технологий их выращивания и, что особенно актуально сегодня, помогает решать вопросы охраны природы

В настоящее время проблема полностью не решена и до сих пор остается актуальной, и требует дополнительных как теоретических, так и экспериментальных исследований, которые позволят глубже понять роль концентрации клеточного сока в адаптации растительных организмов к конкретным условиям окружающей среды в различных зонах произрастания.

Цель работы – определить концентрацию клеточного сока у растений разных экологических групп по отношению к водному режиму в зависимости от сезонности.

Задачи:

- 1) изучить адаптации растений различных экологических групп на абиотические факторы на основе обзора литературных источников;
- 2) определить концентрацию клеточного сока у растений разных экологических групп по отношению к водному режиму (гигрофиты, мезофиты, ксерофиты) рефрактометрическим методом;
- 3) выявить различия между концентрацией клеточного сока растений разных экологических групп по отношению к водному режиму в летний и осенний периоды, проанализировать полученные результаты и сделать выводы;
- 4) разработать и апробировать факультативное занятие на тему «Плазмолиз клеток кожицы лука как модель для выявления роли

концентрации клеточного сока в регуляции водного обмена растений» в рамках урока по биологии для обучающихся 9 классов.

Объект исследования – растения разных экологических групп по отношению к водному режиму.

Предмет исследования – концентрация клеточного сока растений разных экологических групп по отношению к водному режиму (гигрофиты, мезофиты, ксерофиты).

Данные исследований в квалификационной работе могут быть использованы учителями в школе при подготовке к занятиям на тему «Растительная клетка», а также при разработке факультативных занятий по темам «Водный обмен у растений». Методики работы с рефрактометром можно использовать на занятиях, посвященных влиянию загрязнений окружающей среды на физиологические процессы растений разных экологических групп.

Структура и объем работы: работа состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка литературы. Исследовательская работа изложена на 52 страницах и содержит 4 таблицы и 25 рисунков.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ КЛЕТОЧНОГО СОКА РАСТЕНИЙ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП

1. 1 Особенности и механизм водного обмена у растений

Вода – ключевая составляющая растительных организмов, важный для протекания весомых физиологических процессов в растительных клетках. Вода выступает в качестве:

- субстрата и продукта биохимических процессов (дыхание, фотосинтез и др.);
- источника кислорода;
- конформации молекул белка;
- компонента цитоплазмы и клеточной оболочки в состоянии упругости;
- основной составляющей терморегуляции растительного организма.

Наличие воды в тканях растений подразумевает под собой изменчивую и динамическую величину. Она весомо различается у растений разных экологических видов, в различных органах растений, под воздействием абиотических факторов (содержание влаги в почве, сезонные конфигурации климата).

Наличие степени воды в клетках поддерживается за счет осмотических процессов. Однако, если в растительную клетку поступает малое количество воды, большая часть ее удерживается гидратированными коллоидами или же связывается гидратированными ионами и молекулами. Клеточные стенки растений могут удерживать воду вследствие высочайшей гидрофильности пектина и целлюлозы, входящих в их состав [4]. Вода в клеточных стенках как правило малоподвижна.

Цитоплазма имеет в пределах около 95% воды. Ведущую роль гидрофильных коллоидов в цитоплазме играют – белки, помимо которых в цитоплазме находятся сахара, липиды и ферменты.

Пластиды, митохондрии и ядро изменяют свой объем за счет осмотических сил. В них находится большая численность липидов и липофильных веществ.

Большое количество воды в клетке содержит вакуоль (около 98%). В вакуолярном соке находятся соли, сахара, неорганические катионы (K^+), анионы (Cl^-), танины, пигменты и др. Соли, и органические кислоты представляют собой раствор, а белки и танины представлены в облике коллоидной фракции [15].

На пути в клетку или же в органоиды клетки вода протекает через плазмалемму, а дальше через тонопласт – мембрану вакуоли, отделяющую ее от протопласта. Односторонняя диффузия воды сквозь полупроницаемую мембрану называется осмосом. Данный процесс осуществляется при разнице концентраций растворов по обе стороны полупроницаемой мембраны [19].

Живая растительная клетка обладает качествами осмотической системы. Поскольку молекулы воды проходят через клеточные мембраны намного быстрее, чем растворенные вещества, можно с известной долей погрешности говорить о полупроницаемости мембран. Роль полупроницаемой мембраны (хоть и не идеальной) выполняют, прежде всего, плазмалемма и тонопласт, клеточный сок вакуоли клетки [12].

Передвижение воды через полунепроницаемую мембрану растительной клетки происходит относительно следующих законов:

- 1) осмотическое давление прямо пропорционально концентрации клеточного сока – числу растворенных частиц или молекул;
- 2) всякое вещество, концентрация которого равна 1 моль/л, развивает

осмотическое давление, равное 22,4 атм (для неэлектролита) при 0°C;

3) осмотическое давление пропорционально абсолютной температуре $T = 273 + t$ °C.

4) осмотическое давление раствора, содержащего несколько веществ, равно сумме осмотических давлений, вызываемых каждым из них.

В 1877 г. немецкий ботаник В. Пфедфер сделал модель осмотической системы, названную осмометром Пфедфера. В роли клеточной стенки выступал сосуд с пористыми фарфоровыми стенками (в соответствии с рисунком 1) [19].

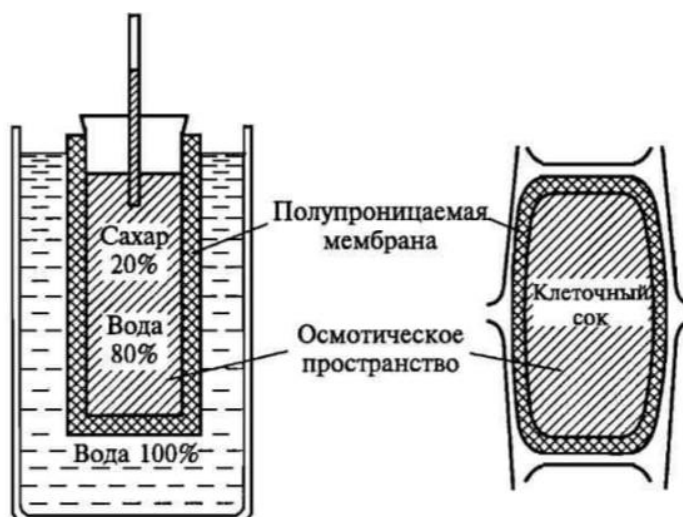


Рисунок 1 – Сравнение осмометра Пфедфера и растительной клетки

Внутри сосуда наливают раствор медного купороса и погружают данный сосуд в другой – с ферроцианидом калия. В порах сосуда из фарфора появляется полупроницаемая мембрана. Далее сосуд заполняют раствором сахара (в роли клеточного сока) и помещают в цилиндр с водой. Те же самые процессы происходят и в клетке: в случае, если поместить ее в водную среду, вода поступит в вакуоль. В. Пфедфер измерил осмотическое давление в нескольких растворах, приготовленных с помощью растворителя одного и того же количества вещества. Я. Вант-Гофф обобщил его результаты и получил уравнение для расчета осмотического давления:

$\pi = RTc$, где

R – газовая постоянная;

T – температура среды;

C – концентрация клеточного сока.

Впоследствии публикации работ В. Пфелфера поступление воды в растительную клетку стали объяснять разностью осмотического давления клеточного сока и наружного раствора. В случае, если клетка помещена в гипотонический раствор или в воду, вода поступает внутрь нее (эндосмос); если клетка помещена в гипертонический раствор, то вода выходит из нее (экзосмос). Вакуоль при экзосмосе сдавливается, протопласт отходит от клеточной стенки. Происходит плазмолиз [28].

Растения не только поглощают воду, но и выделяют ее в виде жидкости или пара. Физиологический процесс испарения воды надземными органами растения получил название транспирации, а выделение воды листьями при увеличенной влажности воздуха – гуттацией [27].

1.2 Экологические группы растений по отношению к водному режиму и их адаптации к абиотическим факторам среды

Экологическая группа растений – совокупность видов растений, характеризующаяся общими потребностями в каком-либо экологическом факторе и образовавшимся в итоге его влияния в ходе эволюции. У растений одной экологической группы появляются совместные признаки, закрепившиеся в генотипе [30].

Впервые термин «экологическая группа» был введен в 1912 г. Б. Келлером. Экологические группы выделяют по отношению к какому-либо одному фактору среды (влажность, температура, химический состав почвы, воды и др.). Выделение случается по одному или нескольким факторам, а затем каждая из групп выделяется по отношению к одному фактору.

По приуроченности к местообитаниям с различными условиями увлажнения и по выработке соответствующих приспособлений среди наземных растений различают три основные экологические группы: гигрофиты, мезофиты и ксерофиты. Условия водоснабжения значимо воздействуют на их внешний облик и внутреннюю структуру [35].

Гигрофиты – растения сверхизбыточно увлажненных местообитаний с высокой влажностью воздуха и земли. Для них свойственно 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 [12].

Свойственные структурные черты гигрофитов – тонкие листовые пластинки с малым 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 [14].

Свойственные структурные черты гигрофитов – тонкие листовые пластинки с малым 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 [28].

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 [3].

1.3 Влияние абиотических факторов на концентрацию клеточного сока растений

Клеточный сок – это слабоконцентрированный водный раствор минеральных и органических соединений, образующих истинные и

коллоидные растворы. При обезвоживании вакуолей они переходят в форму кристаллов или кристаллоидов. Клеточный сок имеет в основном слабокислую реакцию (рН 2-5). Его химический состав зависит от вида растения, его возраста и состояния. Физиологические функции вещества клеточного сока различны. В нём накапливаются и запасные питательные вещества (простые белки, углеводы), и вещества, регулирующие взаимодействие растений, растений и животных (гликозиды, пигменты, алкалоиды), и осмотически деятельные соединения (соли органических и неорганических кислот).

Концентрация клеточного сока считается одним из чувствительных показателей состояния водного режима растений (Лобов, 1948; Филиппов, 1956, и др.) [29].

По данным Walter (1931) концентрация клеточного сока имеет определенную связь с экологическим приспособлением растений к условиям внешней среды, а по мнению других авторов (Levit, 1951, 1957; Lухas, 1956) концентрация клеточного сока может являться показателем морозо- и засухоустойчивости растений.

Следует отметить, что термин «концентрация клеточного сока» не совсем отвечает сущности определяемого явления прежде всего потому, что при использовании существующих методов ее определения анализу подвергается не только клеточный сок, а суммарно выжатый из тканей сок (Алексеев, 1968). Последний представляет собой многокомпонентную массу, оптические свойства которой и регистрируются при использовании, например, рефрактометрического метода. Эти свойства в свою очередь складываются из суммы нескольких констант, присущих отдельным компонентам испытываемой системы. Вся сложность заключается в том, что их количественные и качественные соотношения и, соответственно, участие в формировании суммарной оптической активности подвержены значительным колебаниям в зависимости не только от водного режима растений, но и всего комплекса условий, в которых растения

культивируются с учетом, конечно, их возрастных особенностей (Лебедев, 1969). Поэтому использование данного признака для характеристики водного режима растений или диагностики сроков полива заставляет считаться со многими условностями, однако при значительном изменении водного баланса показатель преломления выжатого сока заметно смещается, что позволяет устанавливать интересующие нас зависимости и величины [10].

На концентрацию клеточного сока значительное влияние оказывает также температура воздуха и дефицит воздушной влажности. Концентрация веществ в клеточном соке и во внешней среде (в почве, водоемах) обычно не одинаковы. Если внутриклеточная концентрация веществ выше, чем во внешней среде, вода из среды будет диффундировать в клетку, точнее в вакуоль, с большей скоростью, чем в обратном направлении, т. е. из клетки в среду. Чем больше концентрация содержащихся в клеточном соке веществ, тем сильнее сосущая сила – сила, с которой клетка всасывает воду. При увеличении объема клеточного сока, вследствие поступления в клетку воды, увеличивается его давление на цитоплазму, плотно прилегающую к оболочке. При полном насыщении клетки водой она имеет максимальный объем. Состояние внутреннего напряжения клетки, обусловленное высоким содержанием воды и развивающимся давлением содержимого клетки на ее оболочку носит название тургора. Тургор обеспечивает сохранение органами формы и положения в пространстве, а также сопротивление их действию механических факторов. С потерей воды связано уменьшение тургора и увядание [30].

Выводы по 1 главе

Необходимым и незаменимым физиолого-биохимическим механизмом адаптации растений к недостатку воды связан с изменением концентрации клеточного сока, накапливающегося в каналах эндоплазматической сети и постепенно сливающийся в вакуоль.

Концентрация клеточного сока гарантирует поступление воды в клетку, способствуя тем самым тургору клетки – напряженному состоянию, вызванному давлением жидкости внутри клетки. Тургор поддерживает упругость клеток, благодаря чему растение способно противостоять механическим воздействиям и занимает конкретное положение в пространстве. Снижение концентрации клеточного сока способствует плазмолизу – состоянию, обратному тургору. Интенсивный плазмолиз приводит к потере жидкости из клетки, в результате чего наступает ее гибель.

Таким образом, литературные данные свидетельствуют о том, что концентрация клеточного сока является важным показателем водообеспеченности растений. По мнению многих исследователей, показатели концентрации могут сильно различаться в зависимости от возраста растений, экологической среды обитания и действия на растения абиотических факторов (оводненности, интенсивности освещения, климатических условий и т.д.).

По отношению к водному режиму выделяют такие экологические группы, как гигрофиты, мезофиты и ксерофиты. Растения каждой из этих групп в процессе эволюции выработали устойчивые адаптации к факторам среды.

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Организация исследования

Исследование проводилось на базе естественно-технологического факультета ЮУрГГПУ г. Челябинска. Его основой стал рефрактометрический метод – метод исследования веществ, благодаря которому можно определить показатель преломления (рефракции). В работе использовался рефрактометр ИРФ-454.

Весь эксперимент проводился в несколько этапов:

1) сбор видов растений экологических групп по отношению к водному режиму (гигрофиты, мезофиты, ксерофиты) в окрестностях города Копейска (лесная и луговая зона, побережья озер Курлады, Шелюгино, городской парк «Химик», сады). Для эксперимента использовались следующие виды растений:

- тростник южный (*Phragmites australis* L.);
- рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.);
- калужница болотная (*Caltha palustris* L.);
- кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.);
- ива козья (*Salix caprea* L.);
- осока обыкновенная (*Carex bonanzensis* L.);
- частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.);
- ива серебристая (*Salix alba* L.);
- камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.);
- береза бородавчатая (*Betula pendula* L.);
- мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.);
- ландыш майский (*Convallaria majalis* L.);
- подорожник обыкновенный (*Plantago major* L.);
- клевер ползучий (*Trifolium repens* L.);
- бархатцы тонколистные (*Tagetes tenuifolia* L.);

- земляника лесная (*Fragaria vesca L.*);
- дуб обыкновенный (*Quercus robus L.*);
- тимофеевка луговая (*Phleum pratense L.*);
- папоротник мужской (*Dryopteris filix mas L.*);
- пырей ползучий (*Elytrigia repens L.*);
- ковыль перистый (*Stipa pennata L.*);
- овсяница валлиская (*Festuca valesiaca L.*);
- шалфей лекарственный (*Salvia officinalis L.*);
- полынь белая (*Artemisia absinthium L.*);
- ежа сборная (*Dactylis glomerata L.*);
- очиток большой (*Sedum telephium L.*);
- люцерна степная (*Medicago falcata L.*).

2) исследовалась концентрация клеточного сока у растений экологических групп по отношению к водному режиму в летний и осенний периоды (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение исследуемых видов растений по экологическим группам

Гигрофиты	Мезофиты	Ксерофиты
Тростник южный	Береза бородавчатая	Папоротник
Рогоз широколистный	Мать-и-Мачеха обыкновенная	Пырей ползучий
Калужница болотная	Ландыш майский	Овсяница валлиская
Кислица обыкновенная	Подорожник обыкновенный	Ковыль перистый
Ива козья	Клевер ползучий	Шалфей
Осока обыкновенная	Бархатцы тонколистные	Полынь белая
Частуха подорожниковая	Земляника лесная	Ежа сборная
Ива серебристая	Дуб обыкновенный	Очиток большой
Камыш озерный	Тимофеевка луговая	Люцерна степная

Рассматривались такие абиотические факторы, как низкая температура среды, повышенная влажность, интенсивность солнечного света;

3) измерение концентрации клеточного сока рефрактометром. Пробу из 5 г листьев, взятых со средней части травянистых растений, измельчали ножницами и растирали в ступке, переносили на двойной слой марли. С помощью ручного пресса сок отжимали в бокс и закрывали крышкой для исключения испарения. Сразу после получения сока определяли его концентрацию на рефрактометре. Измерения выполняли в пяти повторностях, после чего определяли среднее значение концентрации клеточного сока;

4) сравнительный анализ концентрации клеточного сока растений экологических групп до и после комплексного воздействия абиотических факторов.

2.2 Рефрактометрический метод измерения концентрации клеточного сока у растений

Концентрация клеточного сока у растений различных экологических групп определялась с помощью рефрактометрического метода. Рефрактометр – оптическое устройство, при помощи которого определяют показатель преломления луча при прохождении его через призму с нанесенными на нее исследуемым веществом. Показатель преломления зависит от концентрации раствора и температуры [7].

Рефракция есть мера электронной поляризуемости атомов, молекул, ионов. Поляризация электронных облаков в молекулах отчетливо проявляется в инфракрасном (ИК) и ультрафиолетовом (УФ) поглощении веществ, но в ещё большей степени она ответственна за явление, которое количественно характеризуется молекулярной рефракцией. Когда свет как

электромагнитное излучение проходит через вещество, то даже в отсутствие прямого поглощения он может взаимодействовать с электронными облаками молекул или ионов, вызывая их поляризацию. Взаимодействие электромагнитных полей светового пучка и электронного поля атома приводит к изменению поляризации молекулы и скорости светового потока. По мере возрастания поляризуемости среды возрастает и показатель преломления, величина которого связана с молекулярной рефракцией. Указанное явление используется наряду с методом дипольных моментов для изучения структуры и свойств неорганических, органических и элементоорганических соединений [7].

Есть некоторое количество типов рефрактометров, устройство которых и правила работы с ними описаны в инструкциях, прилагаемых к каждому устройству. Главная часть рефрактометра – две стеклянные призмы, причем нижняя призма закреплена неподвижно, а верхняя может подниматься и опускаться. Между этими призмами помещают исследуемый раствор. Затем, закрывают призму и приступают к определению концентрации клеточного сока. Рефрактометрический метод разрешает быстро и точно определить концентрацию клеточного сока и осмотическое давление. Метод основан на учете показателя преломления света клеточным соком [13].

2.3 Методы математико-статистической обработки результатов исследования

1. U-критерий Манна-Уитни – это непараметрический статистический критерий, использующийся для сравнения выраженности показателей в двух несвязных выборках.

Этот метод определяет, достаточно ли мала зона перекрещивающихся значений между двумя рядами. 1-м рядом (выборкой, группой) мы называем тот ряд значений, в котором значения, по предварительной оценке, выше, а 2-м рядом - тот, где они предположительно ниже.

Чем меньше область перекрещивающихся значений, тем более вероятно, что различия достоверны. Иногда эти различия называют различиями в расположении двух выборок [1].

Эмпирическое значение критерия U отражает то, насколько велика зона совпадения между выборками. Поэтому чем меньше $U_{эмп}$, тем более вероятно, что различия достоверны.

Если пользоваться для расчета критерия Манна-Уитни статистической программой, то в выдаче результатов будут присутствовать два важных показателя:

1. U – это, собственно, численное значение критерия. Для определения достоверности различий выраженности показателей в группах нужно сравнить полученное значение $U_{эмп}$ с критическим значением из специальной таблицы – $U_{кр}$. Если $U_{эмп} \leq U_{кр}$, то различия выраженности показателей в группах статистически значимы.

2. p – уровень статистической значимости. Этот показатель присутствует при расчете всех статистических критериев и отражает степень точности вывода о наличии различий. В психологических исследованиях приняты два уровня точности:

$p \leq 0,01$ – вероятность ошибки 1%;

$p \leq 0,05$ – вероятность ошибки 5%. [1]

2. Подборка критерия для сравнения 3-х выборок.

Критерий Краскела-Уоллиса – непараметрический метод, предназначен для проверки равенства медиан нескольких выборок. H -критерий Краскела-Уоллиса является обобщением U -критерия Манна-Уитни на случай k несвязанных выборок ($k > 2$) и предназначен для оценки

различий одновременно между тремя, четырьмя и т.д. выборками по уровню какого-либо признака [11].

Выводы по 2 главе

В данной главе представлены такие этапы исследования, как:

- 1) поисковый – анализ литературных источников по исследуемой теме, сбор материалов для исследования, подбор методов;
- 2) формирующий – измерение показателей концентрации клеточного сока рефрактометром в пяти повторностях;
- 3) аналитический – сравнительный анализ концентрации клеточного сока растений различных экологических групп по отношению к водному режиму в летний и осенний сезоны.

В главе представлена характеристика рефрактометрического метода, описаны методы математико-статистической обработки. Метод Манна-Уитни использовался для сравнения показателей концентрации клеточного сока у гигрофитов, мезофитов и ксерофитов в летний и осенний период, критерий Краскелла-Уоллиса – для сравнения показателей гигрофитов, мезофитов и ксерофитов в летний период и для сравнения показателей этих же групп в осенний период.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Показатели концентрации клеточного сока у растений разных экологических групп, полученные с помощью рефрактометрического метода

В таблицах представлены полученные в результате измерения показатели концентрации клеточного сока в летний период (таблица 2) и осенний период (таблица 3).

Таблица 2 – Показатели концентрации клеточного сока у растений экологических групп по отношению к водному режиму в летний период, полученные с помощью измерения рефрактометром, %

№ п/п	Вид растения	Концентрация (%)					
		1-е измерение	2-е измерение	3-е измерение	4-е измерение	5-е измерение	Среднее значение
1.	Тростник южный	7	5	8	10	9	8
2.	Рогоз широколистный	10	9	7	6	8	8
3.	Калужница болотная	13	15	12	18	12	12
4.	Кислица обыкновенная	3	5	4	6	6	4

Продолжение таблицы 2

5.	Ива козья	12	8	10	10	10	10
6.	Осока обыкно венная	11	10	8	9	9	9
7.	Частух а подоро жников ая	13	10	9	10	14	11
8.	Ива серебр истая	10	12	13	10	5	10
9.	Камыш озерны й	12	9	10	9	10	10
10.	Береза борода вчатая	16	14	10	10	15	15
11.	Мать- и- Мачеха обыкно венная	15	17	20	19	19	16
12.	Ланды ш майски й	20	16	17	15	17	17
13.	Подоро жник обыкно венный	21	19	20	20	20	20
14.	Клевер ползуч ий	15	17	14	16	18	18
15.	Бархат цы тонкол истные	20	14	17	14	10	17

Продолжение таблицы 2

16.	Земляни ка лесная	14	10	12	9	10	13
17.	Дуб обыкновенный	21	18	20	19	18	19
18.	Тимофее вка луговая	15	17	15	16	17	16
19.	Папорот ник мужской	20	23	21	20	21	21
20	Пырей ползучи й	20	17	18	20	15	18
21.	Ковыль перисты й	26	24	25	25	25	25
22.	Овсяниц а валисска я	20	20	21	23	24	22
23.	Шалфей лекарств енный	19	22	21	20	18	20
24.	Полынь белая	26	21	24	28	29	28
25.	Ежа сборная	19	20	23	19	24	21
26.	Очиток большой	24	25	21	23	22	23
27.	Люцерна степная	24	20	25	27	29	25

Таблица 3 – Показатели концентрации клеточного сока у растений экологических групп по отношению к водному режиму в осенний период, полученные с помощью измерения рефрактометром, %

№ п/п	Вид растения	Концентрация (%)					
		1-е измерени е	2-е измерени е	3-е измерени е	4-е измерени е	5-е измерени е	Среднее значение
1	Тростник южный	18	13	17	15	12	15
2	Рогоз широколи стный	16	20	21	18	25	20
3	Калужниц а болотная	17	12	15	13	18	15
4	Кислица обыкнове нная	9	12	9	15	10	11
5	Ива козья	16	21	18	13	17	17
6	Осока обыкнове нная	12	15	10	13	15	13
7	Частуха подорожн иковая	21	18	20	21	20	20
8	Ива серебрист ая	18	15	12	17	13	15
9	Камыш озерный	15	12	10	14	19	14

Продолжение таблицы 3

10	Береза бородавчатая	21	13	16	17	18	17
11	Мать-и- Мачеха обыкновенная	19	23	21	20	22	21
12	Ландыш майский	21	19	19	20	16	19
13	Подорожник обыкновенный	30	24	26	26	24	26
14	Клевер ползучий	19	22	22	22	20	22
15	Бархатцы тонколистные	27	23	23	31	26	26
16	Земляника лесная	20	19	17	16	13	17
17	Дуб обыкновенный	21	25	24	24	26	24
18	Тимофеев ка луговая	18	20	19	20	23	20
19	Папоротник мужской	32	31	29	30	28	30
20	Пырей ползучий	25	25	28	27	20	27

Продолжение таблицы 3

21	Ковыль перистый	40	35	32	36	37	36
22	Овсяница валисская	29	31	31	30	34	31
23	Шалфей лекарствен ный	23	23	25	30	24	25
24	Полынь белая	40	38	39	39	39	39
25	Ежа сборная	32	35	35	38	40	36
26	Очиток большой	42	42	38	40	38	40
27	Люцерна степная	34	34	40	36	41	37

Таблица 4 – Показатели концентрации клеточного сока у растений экологических групп по отношению к водному режиму в летний период и в осенний период (%)

Гигрофиты		Мезофиты		Ксерофиты	
В летний период	В осенний период	В летний период	В осенний период	В летний период	В осенний период
8	12	15	19	21	27
8	15	16	18	18	21
12	20	17	21	25	32
4	8	20	25	22	25
10	15	18	23	20	31
9	10	17	20	28	34
11	14	13	15	21	26
10	13	19	26	23	29
10	17	16	18	25	31

3.2 Сравнительный анализ концентрации клеточного сока у растений экологических групп по отношению к водному режиму в летний и в осенний период

Осмотическое давление сильно варьируется у представителей всевозможных экотипов, что является следствием длительной исторической адаптации видов к условиям обитания. В случае, если бы в клетках гидрофитов развивалось высочайшее осмотическое давление, то постоянно возрастающее в результате направленного тока воды из окружающей среды внутриклеточное гидростатическое давление разорвало бы их. Ксерофиты в условиях высокой температуры и недостатка влаги поглощают воду из почвы только потому, что в их клетках развивается осмотическое давление, намного превосходящее осмотическое давление почвенного раствора. Вследствие этого, осмотическое давление клеточного сока служит важным диагностическим показателем при селекции растений на засухо- и солеустойчивость.

Самыми низкими показателями концентрации клеточного сока обладают гидрофиты, так как они не испытывают дефицита влаги и им не приходится преодолевать водоудерживающую силу почвы при поглощении воды. Для всех изученных представителей, относящихся к гидрофитам характерно низкое осмотическое давление клеточного сока листьев – от 208 до 407 кПа (в соответствии с рисунком 2).

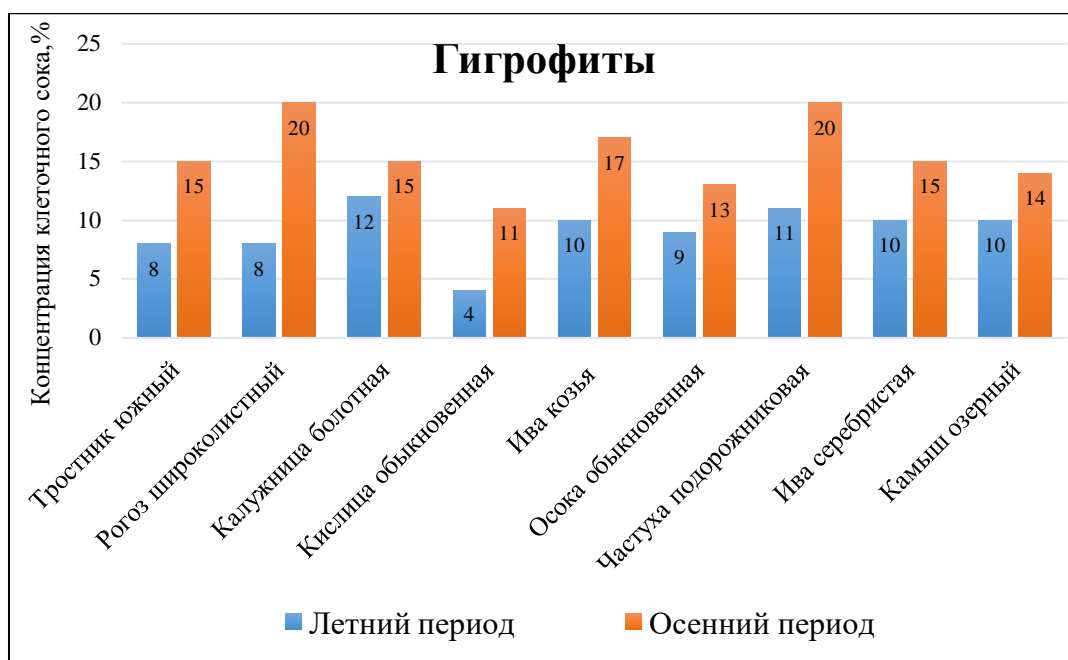


Рисунок 2 – Сравнение показателей концентрации клеточного сока у гигрофитов в летний и осенний периоды (%)

Физиологические показатели водного режима мезофитов подтверждают их промежуточную позицию: их концентрация клеточного сока выше, чем у гигрофитов, и колеблется в пределах 7-11 %, поэтому они вянут медленнее гигрофитов, для них характерны умеренные величины содержания воды в листьях, предельного водного дефицита (в соответствии с рисунком 3).

У ксерофитов обычно повышено осмотическое давление клеточного сока, позволяющее всасывать воду даже при больших водоотнимающих силах почвы, т.е. использовать не только легкодоступную, но и труднодоступную почвенную влагу. (в соответствии с рисунком 4) При достаточном водоснабжении большинство ксерофитов имеет довольно высокую транспирацию, но при наступлении засушливых условий (в жаркие и сухие полуденные часы, в периоды длительных летних засух) они сильно сокращают её. При этом играет роль и закрывание устьиц, и сильное обезвоживание листа при начинающемся подвядании.

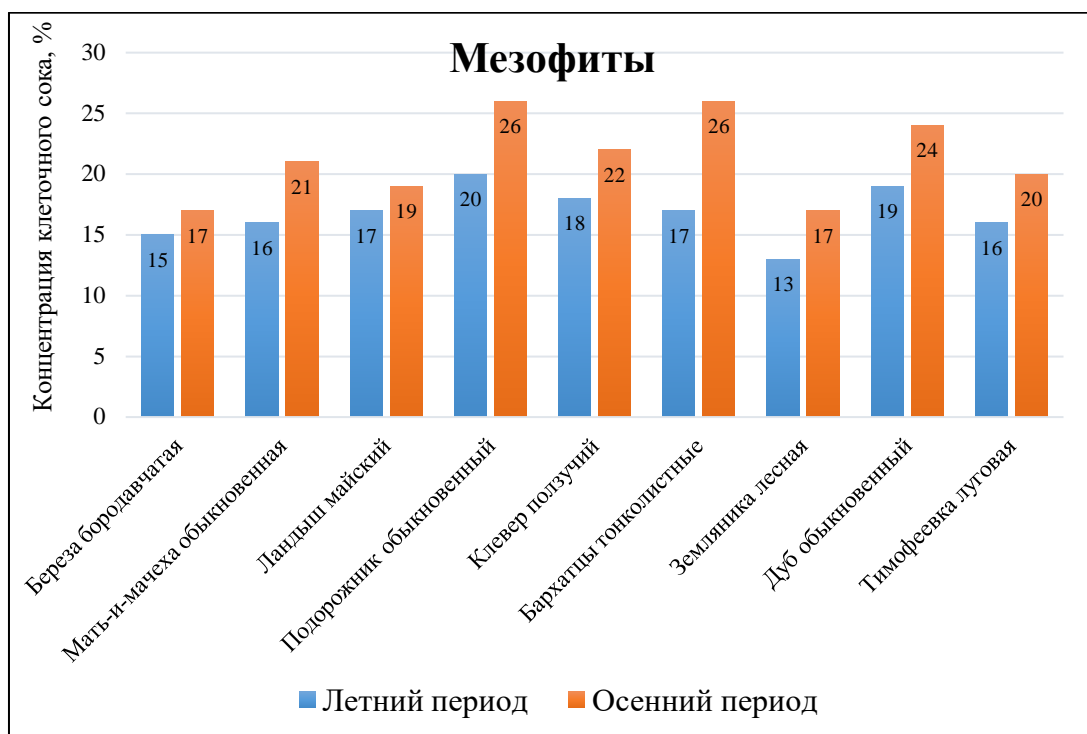


Рисунок 3 – Сравнение показателей концентрации клеточного сока у мезофитов в летний и осенний периоды (%)

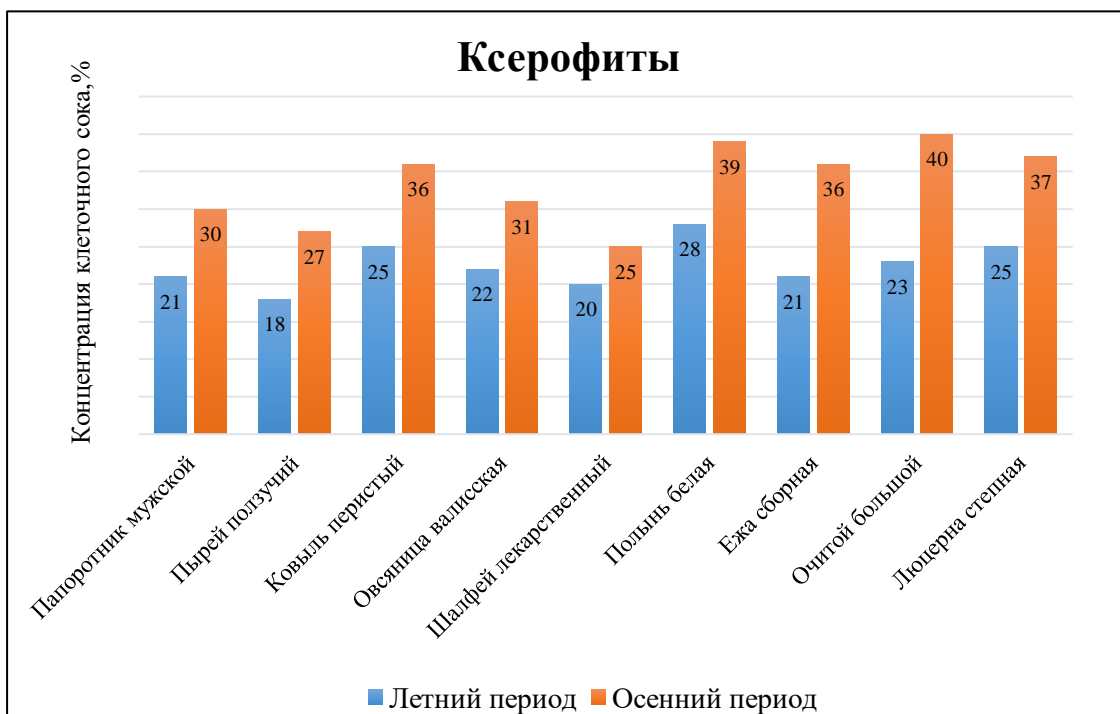


Рисунок 4 – Сравнение показателей концентрации клеточного сока у ксерофитов в летний и осенний периоды (%)

Ещё одна система адаптаций, обеспечивающая выживание ксерофитов в аридных условиях, – выработка сезонных ритмов, дающих возможность растениям использовать для вегетации наиболее благоприятные периоды года и резко сократить жизнедеятельность (вплоть до впадения в состояние покоя или анабиоза) во время засухи.

Осмотическое давление сильно варьируется у представителей всевозможных экотипов, что является следствием длительной исторической адаптации видов к условиям обитания.

В случае, если бы в клетках гидрофитов развивалось высочайшее осмотическое давление, то постоянно возрастающее в результате направленного тока воды из окружающей среды внутриклеточное гидростатическое давление разорвало бы их. Ксерофиты в условиях высокой температуры и недостатка влаги поглощают воду из почвы только потому, что в их клетках развивается осмотическое давление, намного превосходящее осмотическое давление почвенного раствора. Вследствие этого, осмотическое давление клеточного сока служит важным диагностическим показателем при селекции растений на засухо- и солеустойчивость.

Чтобы сделать сравнительный анализ концентрации клеточного сока у растений экологических групп по отношению к водному режиму в летний и в осенний период, необходимо произвести расчёт данных по критерию Манна-Уитни, который оценивает значимость различий между формой двух распределений. (См. Приложение 2).

U-критерий Манна-Уитни равен 3. Критическое значение U-критерия Манна-Уитни при заданной численности сравниваемых групп составляет $173 \leq 17$, следовательно различия уровня признака в сравниваемых группах статистически значимы ($p < 0,05$) (в соответствии с рисунком 5).

Так как различия между распределениями существенны, то в какой-то момент разность накопленных частот достигает критического значения, что служит основанием признать различия статистически достоверными между

выборками показателей концентрации клеточного сока у растений разных экологических групп по отношению к водному режиму в летний период и в осенний период.

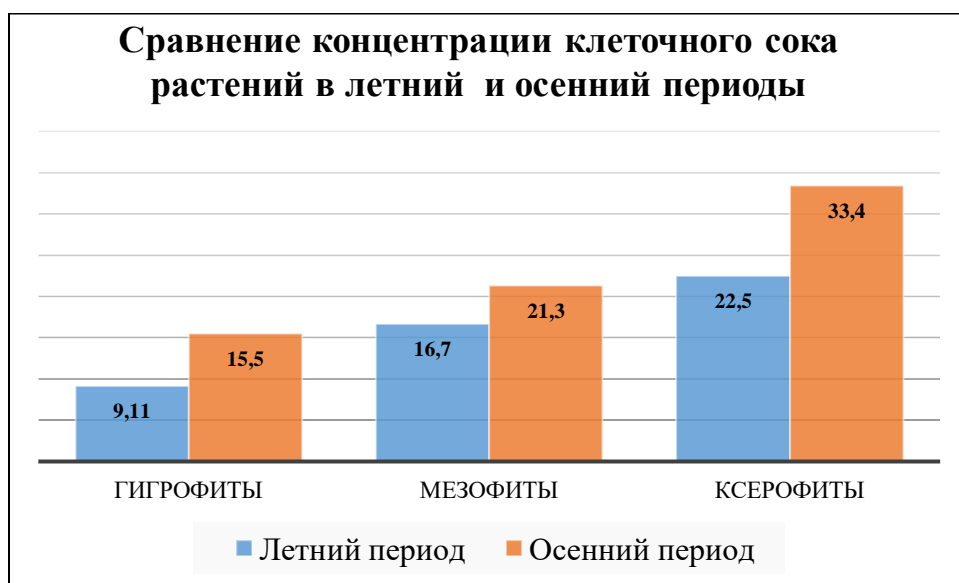


Рисунок 5 – Сравнение показателей концентрации клеточного сока гигрофитов, мезофитов и ксерофитов в летний и осенний периоды

Выводы по третьей главе

Таким образом, результаты эксперимента дают основание утверждать, что растений различных экологических групп значительно отличаются по устойчивости к абиотическим факторам среды. Гигрофиты обладают самыми низкими показателями концентрации клеточного сока, мезофиты по показателям занимают промежуточную позицию, ксерофиты имеют самые высокие показатели. После воздействия абиотических факторов (пониженной температуры воздуха, повышения влажности) показатели концентрации клеточного сока у всех групп (в особенности у ксерофитов) значительно возросли.

ГЛАВА 4. ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

4.1 Содержание (конспект) факультативного занятия на тему «Плазмолиз в клетках кожицы лука как модель для выявления роли концентрации клеточного сока в регуляции водного обмена растений» в рамках урока по биологии 9 класса

Факультативное занятие

Цель: познакомиться с одним из важнейших свойств цитоплазматической мембраны (полупроницаемостью) – регуляцией поступления в клетку и выхода из нее воды. Доказать, что это свойство присуще только нативной мембране.

Планируемые результаты:

1) личностные: формирование устойчивой учебной мотивации к изучаемой теме, навыков коммуникации и сотрудничества;

2) метапредметные:

– познавательные: формирование умения работать с различными источниками информации, анализировать информацию, делать выводы, давать определения понятиям, строить речевые высказывания в устной и письменной форме;

– коммуникативные: формирование умения слушать одноклассников и учителя, работать в составе групп, вести диалог;

– регулятивные: формирование умения выполнять задания учителя согласно установленному алгоритму работы, формировать собственную позицию по отношению к полученной информации;

3) предметные: формирование знаний о содержании ключевых понятий в рамках обозначенной темы.

Лабораторное оборудование: микроскоп, препаровальные иглы, пинцеты, предметные и покровные стекла, гипертонический раствор (соленая вода), вода, луковица красного лука.

1. Приготовление препарата кожицы лука

Ход работы:

- подготовить микроскоп к работе;
- приготовить микропрепарат кожицы чешуи лука: с мясистой чешуи луковицы (с нижней стороны) снять пинцетом кусочек кожицы, положить его в каплю воды на предметном стекле, осторожно расправить кожицу препаровальной иглой, накрыть покровным стеклом;
- рассмотреть микропрепарат вначале на малом, затем на большом увеличении, обратить внимание на то, что клетки полностью окрашены;
- сделать фотографию клеток.

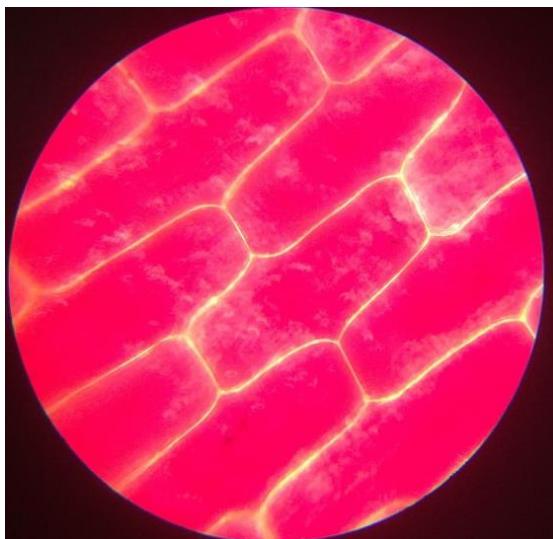


Рисунок 6 – Микропрепарат кожицы лука

2. Наблюдение явления плазмолиза в клетках кожицы лука

Плазмолиз – это отделение содержимого клетки (протопласта) от клеточной стенки в гипертоническом растворе (соленой воде). Плазмолиз происходит в случае, когда концентрация солей во внешней жидкой среде выше, чем в цитоплазме клетки, а содержание свободной воды меньше, чем в вакуоли. Вода свободно выходит из клеток, т.е. они ее теряют. Цитоплазма, обладая свойством полупроницаемости, не пропускает внутрь клеток растворенные в воде вещества (соль).

Цитоплазма в силу эластичности следует за сокращающейся вакуолью, и протопласт отделяется от клеточной стенки. Происходит плазмолиз [29].

Ход работы:

- при помощи салфетки убрать всю воду из готового препарата;
- добавить раствор поваренной соли;
- через 2-3 минуты наблюдаем, что по периметру клетки. происходит отставание протопласта от оболочки (плазмолиз) и в этих зонах клетки не окрашены.

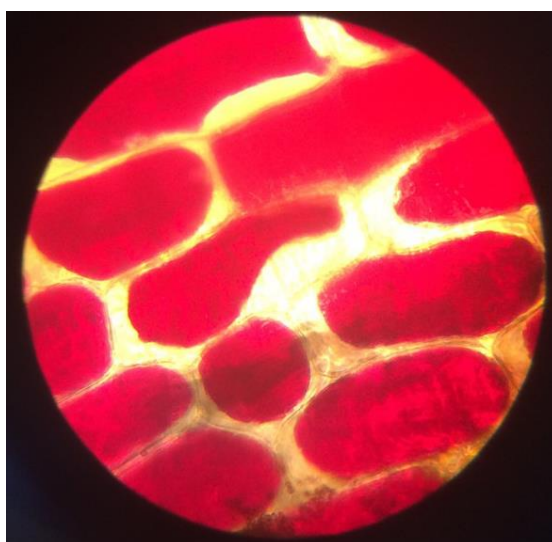


Рисунок 7– Плазмолиз в клетках кожицы лука

3. Действие высокой температуры на полупроницаемость мембраны

Ход работы: чешую лука опустить в стакан с кипяченной водой на 5 минут. Наблюдаем выход антоцианов из клеток в воду, которая окрашивается. Это происходит вследствие нарушения полупроницаемости мембран.

Выводы по работе:

1. Цитоплазма эластична, вследствие этого она способна в гипертоническом растворе отставать от клеточной стенки (явление плазмолиза), а в гипотоническом вновь восстанавливать первоначальное положение.

2. В ходе опыта наблюдается закономерная смена форм плазмолиза: уголкового, вогнутого и округлого. С помощью явления плазмолиза можно доказать важнейшее свойство мембраны – полупроницаемости.

3. Плазмолиз можно наблюдать только в живых растительных клетках, так как при повреждении мембраны высокой температурой происходит выход антоцианов из клетки во внешнюю среду (в воду).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все физиологические процессы проходят при участии воды, вследствие этого она является одним из наиболее значительных экологических факторов, влияющих на рост и становление растительного организма, на распространение растений на Земле. Воду растения получают из почвы и из воздуха, но количество воды в различных участках суши не идентично. В связи с этим у растений различных экологических групп 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.

В данной выпускной квалификационной работе была изучена и проанализирована научно-методическая и научная литература по проблеме исследования анатомо-морфологических и физиолого-биохимических эффектов воздействия абиотических факторов на растения экологических групп по отношению к водному режиму. Таким образом, в результате проделанной работы сформулированы выводы о том, что:

1) на концентрацию клеточного сока значительное влияние оказывают такие абиотические факторы, как оводненность почвы, пониженная температура воздуха и повышение воздушной влажности, вследствие влияния этих факторов повысилась концентрация клеточного сока;

2) показатели концентрации клеточного сока у гигрофитов, мезофитов и ксерофитов в осенний период значительно увеличились по сравнению с показателями в летний период, так как в клеточном соке увеличилось

количество органических веществ (в частности абсцизовой кислоты, антоцианов, сахаров), что обеспечивает адаптацию растений к сезонным изменениям. Чем больше в клетках растений накапливается углеводов, тем успешнее они будут «подготовлены» к заморозкам.

В рамках темы научно-исследовательской работы было разработано факультативное занятие «Плазмолиз в клетках кожицы лука как модель для выявления роли концентрации клеточного сока в регуляции водного обмена растений». Данные исследований в квалификационной работе могут быть использованы учителями в школе при подготовке к занятиям на тему «Растительная клетка», а также при разработке факультативных занятий по темам «Водный обмен у растений».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автоматический расчет U-критерия Манна-Уитни. – URL: <https://www.psychol-ok.ru/statistics/mann-whitney/> (дата обращения: 26.12.2020).
2. Алехина Н. Д. Физиология растений: учебник / Н. Д. Алехина, Ю. В. Балконин, В. Ф. Гавриленко. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005. – 640 с. – ISBN 5-7695-1669-0.
3. Веселовский В. А. Стресс растений. Биофизический подход / В. Т. Веселова, Д. С. Чернавский. – Москва : Издательство Московского университета, 1993. – 557 с. – ISBN 5-211-02992-5.
4. Воробьев В.Н. Практикум по физиологии растений: учебно-методическое пособие / В.Н. Воробьев, Ю.Ю. Невмержицкая, Л.З. Хуснетдинова, Т.П. Якушенкова ; КФУ. – Казань : Казанский Федеральный Университет, 2013. – 80 с. – ISBN 5-7455-0450-1.
5. Григорьев Ю.С. Об экологическом значении опушения у растений в связи с некоторыми проблемами орошаемого земледелия / Ю. С. Григорьев. – Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербург ун-та, 1975. – 75 с. – ISBN 978-5-534-07359-1.
6. Гужвин С.А. Физиология и биохимия растений: учебное пособие / С.А. Гужвин, В.Д. Кумачева, Р.А. Каменев ; ДГАУ. – Новочеркасск : Донской Государственный Аграрный Университет, 2019. – 172 с. – ISBN 5-10-002915-3.
7. Илларионова Е.А. Рефрактометрия. Теоретические основы метода. Практическое применение метода / Е.А. Илларионова, И.П. Сыроватский. – Иркутск : Иркутский Государственный Медицинский Университет, 2013. – 54 с. – ISBN 978-5-397-04170-6.
8. Канаш Е. В. Фотосинтез и продуктивность растений: учеб. пособие / Е. В. Канаш. – ВАСХНИЛ. Всерос. отд. – НИИ С.Х. Юго-Востока – Саратов, 1990. – 89 с.– ISBN 978-5-906284-87-7.

9. Кондратьев М. Н. Влияние абиотических стрессоров на метаболизм вторичных соединений в растениях / М. Н. Кондратьев // Известия КГТУ. – 2018. – №49 – С. 203–220.
10. Концентрация клеточного сока. – URL: <https://vinograd.info/knigi/fiziologiya-vinograda-stoev/vodnyu-rezhim-3.html> (Дата обращения : 20.01 2020).
11. Критерий Краскела-Уоллиса (Н-критерий). – URL: <https://www.eztests.xyz/criteria/kruskalwallis/> (дата обращения: 28.12.2020).
12. Кузнецов В. В. Физиология растений: учебное пособие для вузов / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. – Москва : Высшая школа, 2005. – 736 с. – ISBN 978-5-534-01713-7.
13. Лысенко В. С. Фотосинтез в хлорофилл-дефицитных тканях растений: флуоресцентные и фотоакустические исследования / В.С. Лысенко; Изд-во ЮФУ, 2014. – 137 с. – ISBN 78-5-9275-1195-2.
14. Майноленко К. В. Эволюционные аспекты проблемы засухоустойчивости растений / К. В. Майноленко, П. А. Генкель. – Санкт-Петербург : Наука, 1983. – 244 с. – ISBN 978-5-17-055693-9.
15. Медведев С. С. Физиология растений: учебник / С. С. Медведев. – Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского университета, 2004. – 336 с. – ISBN 978-5-9775-0716-5.
16. Методы статистики. – URL: <https://medstatistic.ru/methods/methods2.html> (дата обращения: 26.12.2020).
17. Определение концентрации клеточного сока. – URL: <https://infopedia.su/12xd47d.html> (дата обращения: 18.01.2021).
18. Основные свойства цитоплазмы. – URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/chetina-chudinova-fiziologiya-rastenij-laboratornye-raboty.pdf> (дата обращения: 20.01.2021).

19. Полевой В. В. Физиология растений: Учеб. для биол. спец. Вузов / В.В. Полевой. – Москва : Высш. шк., 1989. – 464 с. – ISBN 5-06-001604-8.
20. Популярный экологический словарь / сост. Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. – Москва : Тайдекс, 2002. – 384 с. – ISBN 5-93177-008-9.
21. Расулов Б. К. Физиология фотосинтеза / Б. К. Расулов, К. А. Асроров. – Москва : Наука, 1982. – 270 с. – ISBN 978-5-7695-5422-3.
22. Реферат: Типы растений по отношению к свету. – URL: <https://www.bestreferat.ru/referat-139997.html> (Дата обращения : 15.01 2021).
23. Селье Г. На уровне целостного организма / Г. Селье. – Москва : Наука, 1990. – 212 с. – ISBN 5-85745-033-0.
24. Современная энциклопедия. – URL: http://onlineslovari.com/sovremennaya_entsiklopediya (дата обращения: 11.02.2021).
25. Строение клетки. Клеточный сок. – URL: https://studopedia.ru/4_171339_stroenie-kletki-kletochniy-sok.html (Дата обращения: 11.10.2020).
26. Строение клетки. Клеточный сок. – URL: <https://poisk-ru.ru/s50064t4.html> (дата обращения: 18.01.2021).
27. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология : в 3 т. Т. 1 / Д. Тейлор. – Москва : Лаборатория знаний, 2018. – 454 с. – ISBN 5-03-001576-0.
28. Физиология растений : учебно-методическое пособие / И. С. Киселева, М. Г. Малева, Г. Г. Борисова, Н. В. Чукина, А. С. Тугбаева ; УрФУ. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018. – 120 с. – ISBN 5-209-00497.
29. Филиппов Л. А. Зависимость между влажностью почвы, концентрацией клеточного сока и ростом побегов (флешей) чайного растения / Л. А. Филиппов, П. М. Бушин. – Москва, 1969. – 61 с. – ISBN 978-5-94808-403-9.

30. Характеристика абиотических факторов среды. – URL: <https://www.polnaja-jenciklopedija.ru/biologiya/harakteristika-abioticheskikh-faktorov-sredy.html> (дата обращения: 11.02.2021).

31. Хржановский В. Г. Ботаника / В. Г. Хржановский, С. Ф. Пономаренко. – Москва : Агропромиздат, 1988. – 384 с. – ISBN 5-10-000406-1.

32. Четина О.А. Физиология растений. Лабораторные работы: учебное пособие / О. А. Четина, Л. А. Чудинова. – Пермь : ПГНИУ, 2020. – 88 с. – ISBN 978-5-7944-1495-0.

33. Чиркова Т. В. Физиологические основы устойчивости растений: учебное пособие / Т. В. Чиркова. – Издательство Санкт-Петербургского университета, 2002. – 240 с. – ISBN 5-288-02413-8.

34. Шапиро Я. С. Экологические ресурсы растениеводства / Я. С. Шапиро // Биология в школе. – 2010. – № 5. – С. 3-12.

35. Эржапова Р. С. Физиология растений. Водный режим растений: учебное пособие / Грозный : Издательство ЧГУ, 2015. – 128 с. – ISBN 5-201-14419-5.

36. Якушкина Н. И. Физиология растений / Н. И. Якушкина, Е. Ю. Бахтенко. – Москва : Владос, – 2004. – 464 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Порядок работы с рефрактометром ИРФ – 454 [7]

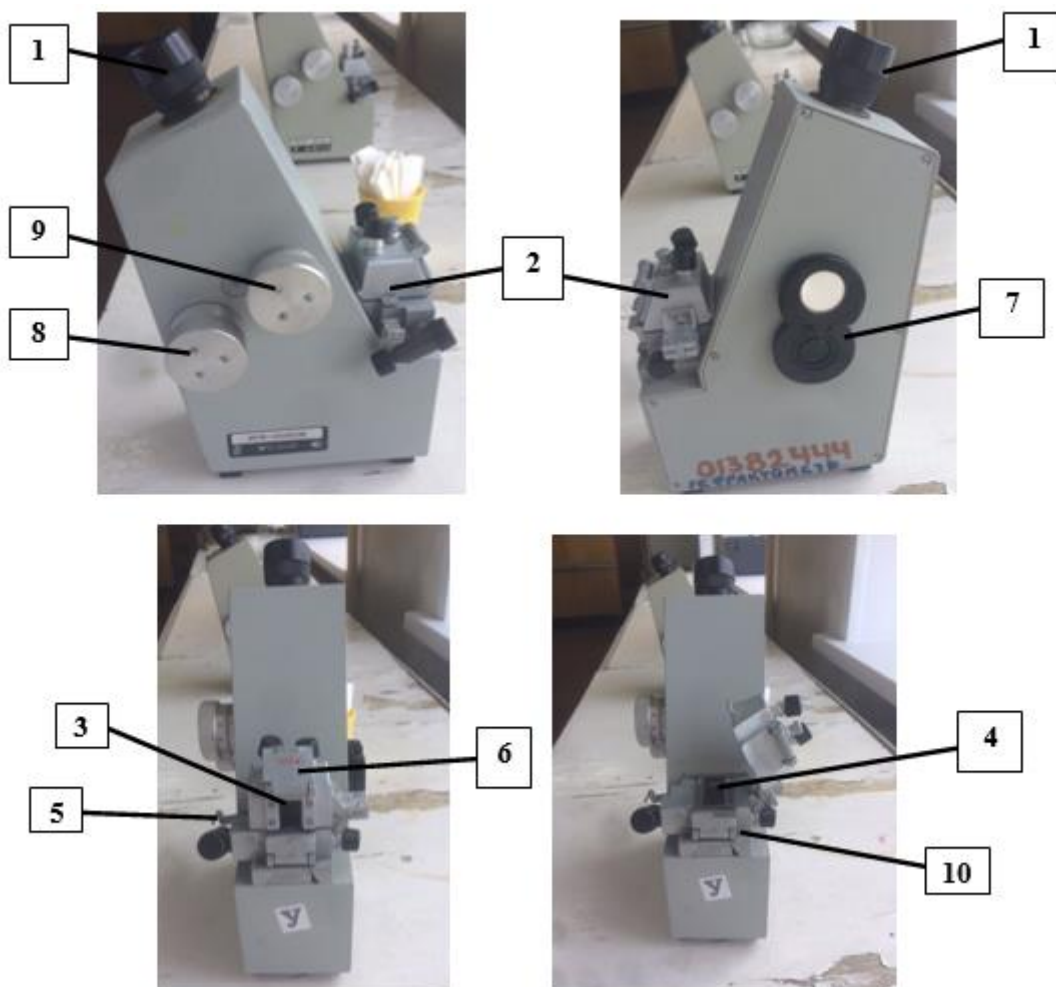


Рисунок 8 – 1 – окуляр; 2 – осветительная призма; 3 – зеркало; 4 – измерительная призма; 5 – застежка; 6 – заслонка; 7 – зеркало; 8 – маховик; 9 – маховик компенсатора дисперсии; 10 – рефрактометрический блок.

К работе с рефрактометром допускаются лица, усвоившие необходимый инструктаж. Порядок работы на приборе включает:

1. Подготовка рефрактометра к работе и установка освещения

Рефрактометр установить на лабораторном столе. Источником света может служить дневной свет или входящий в комплект осветитель. Свет должен падать на входное окно осветительной призмы 2 или на зеркало 3, которым свет направляется во входное окно вдоль рабочей грани измерительной призмы 4.

2. Установка окуляра

Вывинтить окуляр 1 до упора. Затем повернуть его по часовой стрелке до тех пор, пока перекрестие в верхней части освещенного поля зрения не будет видно резко. Одновременно окуляр фокусируется на резкость изображения шкалы в нижней части поля зрения.

3. Установка образца

При работе с жидкостями провести установку нуля-пункта рефрактометра по дистиллированной воде. Граница светотени должна находиться на делении 1,33299. На чистую сухую поверхность измерительной призмы 4 стеклянной палочкой или пипеткой осторожно, не касаясь призмы, нанести две-три капли дистиллированной воды. Опустить осветительную призму 2 и прижать ее застёжкой 5.

Измерения прозрачных жидкостей проводить в проходящем свете, когда он проходит через открытое окно осветительной призмы 2, при этом окно измерительной призмы 4 закрыто зеркалом 3.

Измерения окрашенных и мутных проб проводить в отраженном свете. Для этого закрыть заслонку 6 и откинуть зеркало 3, с помощью которого свет направляется в измерительную призму 4, при этом темное и светлое поля меняются местами.

4. Измерение показателя преломления

4.1. После установки исследуемого образца на измерительной призме 4 навести окуляр на отчетливую видимость перекрестия визирных штрихов.

4.2. Поворотом зеркала 7 добиться наилучшей освещенности шкалы.

4.3. Вращением маховика 8 ввести границу светотени в поле зрения окуляра.

4.4. Вращать маховик компенсатора дисперсии 9 до исчезновения окраски граничной линии (в соответствии с рисунком 9).

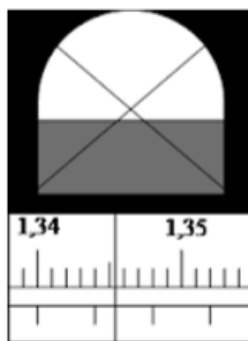


Рисунок 9 – Схема поля зрения в рефрактометре

4.5. Маховиком 8 привести границу светотени точно на перекрестие визирных штрихов и по шкале показателей преломления снять результат.

Цена деления шкалы – 0,0005. Целые, десятые, сотые и тысячные доли отсчитывать по шкале, десятитысячные доли оценивать на глаз (в соответствии с рисунком 10).

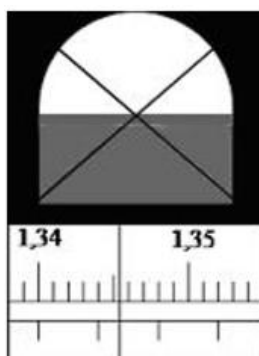


Рисунок 10 – Граница светотени на перекрестии визирных штрихов

5. Очистка призм

Поверхности призм очищать после каждого измерения. Окончив работу, открыть рефрактометрический блок 10 и чистой мягкой салфеткой или фильтровальной бумагой удалить жидкость. [7]

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Расчет U-критерия Манна-Уитни

Шаг 1

Введите в первую колонку («Выборка 1») данные первой выборки, а во вторую колонку («Выборка 2») данные второй выборки. Данные вводятся по одному числу на строку; без пробелов, пропусков и т.д. Вводятся только цифры. Дробные числа вводятся со знаком «.» (точка). После заполнения колонок нажмите на кнопку «Шаг 2», чтобы произвести автоматический расчет U-критерия Манна-Уитни.

Выборка 1	Выборка 2
8 8 12 4 10 9 11 10 10	15 20 15 11 17 13 20 15 14
<input type="button" value="Шаг 2"/> <input type="button" value="Сбросить"/>	

Рисунок 11 – Расчёт выборки гигрофитов в летний и осенний период

Шаг 2

№	Выборка 1	Ранг 1	Выборка 2	Ранг 2
1	8	2.5	15	14
2	8	2.5	20	17.5
3	12	10	15	14
4	4	1	11	8.5
5	10	6	17	16
6	9	4	13	11
7	11	8.5	20	17.5
8	10	6	15	14
9	10	6	14	12
Суммы:		46.5		124.5

Результат: $U_{Эмп} = 1.5$

Рисунок 12 – Расчёт критерия Манна-Уитни выборки гигрофитов в летний и осенний период

Критические значения

$U_{кр}$	
$p \leq 0.01$	$p \leq 0.05$
14	21



Полученное эмпирическое значение $U_{эмп}(1.5)$ находится в зоне значимости.

Рисунок 13 – Эмпирическое значение выборки гигрофитов в летний и осенний период

Вывод:

U-критерий Манна-Уитни равен 1.5. Критическое значение U-критерия Манна-Уитни при заданной численности сравниваемых групп составляет $171.5 \leq 17$, следовательно различия уровня признака в сравниваемых группах статистически значимы ($p < 0,05$).

Выборка 1	Выборка 2
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 150px;"> 15 16 17 20 18 17 13 19 16 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; min-height: 150px;"> 17 21 19 26 22 26 17 24 20 </div>
<div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px 15px;">Шаг 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px 15px;">Сбросить</div> </div>	

Рисунок 14 – Расчёт выборки мезофитов в летний и осенний период

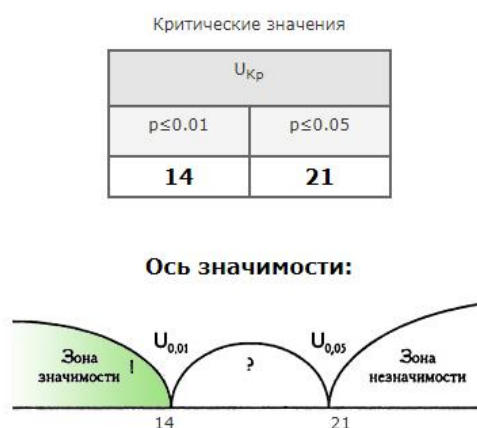
Автоматический расчет U-критерия Манна-Уитни

Шаг 2

№	Выборка 1	Ранг 1	Выборка 2	Ранг 2
1	15	2	17	6.5
2	16	3.5	21	14
3	17	6.5	19	10.5
4	20	12.5	26	17.5
5	18	9	22	15
6	17	6.5	26	17.5
7	13	1	17	6.5
8	19	10.5	24	16
9	16	3.5	20	12.5
Суммы:		55		116

Результат: $U_{эмп} = 10$

Рисунок 15 – Расчёт критерия Манна-Уитни выборки мезофитов в летний и осенний период



Полученное эмпирическое значение $U_{эмп}(10)$ находится в зоне значимости.

Рисунок 16 – Эмпирическое значение выборки мезофитов в летний и осенний период

Вывод:

U-критерий Манна-Уитни равен 10. Критическое значение U-критерия Манна-Уитни при заданной численности сравниваемых групп составляет ≤ 17 , следовательно различия уровня признака в сравниваемых группах статистически значимы ($p < 0,05$).

Выборка 1	Выборка 2
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 21 18 25 22 20 28 21 23 25 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 30 27 36 31 25 39 36 40 37 </div>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Шаг 2 Сбросить </div>	

Рисунок 17 – Расчёт выборки ксерофитов в летний и осенний период
Автоматический расчёт U-критерия Манна-Уитни

Шаг 2

№	Выборка 1	Ранг 1	Выборка 2	Ранг 2
1	21	3.5	30	12
2	18	1	27	10
3	25	8	36	14.5
4	22	5	31	13
5	20	2	25	8
6	28	11	39	17
7	21	3.5	36	14.5
8	23	6	40	18
9	25	8	37	16
Суммы:		48		123

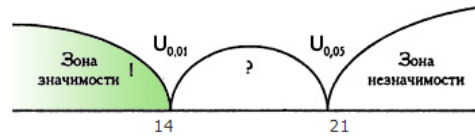
Результат: $U_{Эмп} = 3$

Рисунок 18 – Расчёт критерия Манна-Уитни выборки ксерофитов в летний и осенний период

Критические значения

$U_{кр}$	
$p \leq 0.01$	$p \leq 0.05$
14	21

Ось значимости:



Полученное эмпирическое значение $U_{эмп}(3)$ находится в зоне значимости.

Рисунок 19 – Эмпирическое значение выборки ксерофитов в летний и осенний период

Расчет критерия Краскелла-Уоллиса

Группа 1
8.0
8.0
12.0
4.0
10.0
9.0
11.0
10.0
10.0

Рисунок 20 – Ранжирование показателей концентрации клеточного сока гигрофитов в летний период

Группа 2
15.0
16.0
17.0
20.0
18.0
17.0
13.0
19.0
16.0

Рисунок 21 – Ранжирование показателей концентрации клеточного сока мезофитов в летний период

Группа 3
21.0
18.0
25.0
22.0
20.0
28.0
21.0
23.0
25.0

Рисунок 22 – Ранжирование показателей клеточного сока ксерофитов в летний период

hэмп. = 22.39265

p = -0.00118

Различия между результатами групп статистически значимы при $p \leq 0,01$.

Группа 1
12.0
15.0
20.0
8.0
15.0
10.0
14.0
13.0
17.0

Рисунок 23 – Ранжирование показателей клеточного сока гигрофитов в осенний период

Группа 2
19.0
18.0
21.0
25.0
23.0
20.0
15.0
26.0
18.0

Рисунок 24 – Ранжирование показателей клеточного сока мезофитов в осенний период

Группа 3
27.0
21.0
32.0
25.0
31.0
34.0
26.0
29.0
31.0

Рисунок 25 – Ранжирование показателей клеточного сока ксерофитов в осенний период

$N_{\text{эмп.}} = 19.90467$

$p = -0,03$

Различия между результатами групп статистически значимы.