

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра ботаники

Л.Н. Шандрикова, В.М. Коцур

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Методические рекомендации

*Витебск
«УО ВГУ им. П.М. Машерова»
2012*

УДК 581.5(075.8)
ББК 28.581я73
Ш20

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 1 от 13.09.2012 г.

Авторы: доцент кафедры ботаники УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук **Л.Н. Шандрикова**; преподаватель кафедры ботаники УО «ВГУ им. П.М. Машерова», магистр биологических наук **В.М. Коцур**

Рецензент:
заведующий кафедрой ботаники УО «ВГУ им. П.М. Машерова»,
кандидат биологических наук, доцент *Л.М. Мержвинский*

Шандрикова, Л.Н.

Ш20 Экология растений : методические рекомендации / Л.Н. Шандрикова, В.М. Коцур. – Витебск : УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – 43 с.

Настоящие методические рекомендации содержат краткий теоретический материал и указания по выполнению лабораторных занятий в соответствии с программой курса «Экология растений», перечень основной и дополнительной литературы.

Издание предназначается для студентов биологического факультета.

УДК 581.5(075.8)
ББК 28.581я73

© Шандрикова Л.Н., Коцур В.М., 2012
© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012

ВВЕДЕНИЕ

Любой живой организм существует в неразрывном единстве связи с окружающей средой. Раскрытие связи организма со средой, выявление влияния этих связей на строение и жизнедеятельность живых существ – их экологии – является важной задачей для биолога. Особый интерес данная задача приобретает в отношении растительных организмов как основных первичных продуцентов. Экологию любого организма, в том числе и растительного, можно рассматривать на 3 уровнях: аутэкологическом (экология организма), демэкологическом (экология популяции) и синэкологическом (экология сообщества). В отличие от экологии животных экология растений распалась на 2 основные ветви: бурно развивающуюся фитоценологию, геоботанику – науку о растительных сообществах – (фактически син- и демэкологию растений) и собственно экологию растений – аутэкологию. В учебных программах аутэкологии растений уделяется меньше внимания по сравнению с фитоценологией, между тем знание влияния окружающей среды на конкретный растительный индивид крайне важно для понимания принципов последующих экологических уровней.

Авторы настоящего издания стремились дать наиболее важные базовые представления об аутэкологии растений с тем, чтобы в дальнейшем студент мог самостоятельно углубить свои знания в данной области. Материал разбит на 2 раздела: экологическая анатомия и морфология растения и экологическая физиология растения на основании сферы влияния факторов окружающей среды.

РАЗДЕЛ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ И МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

1.1. Экологические типы наземных растений по отношению к воде

Лабораторная работа № 1. Анатомио-морфологические особенности мезофитов

Цель: выявить основные анатомио-морфологические особенности мезофитных растений.

Мезофиты – растения, обитающие в средних условиях увлажнения. К ним относится большинство древесных пород, лесных и луговых трав умеренной зоны, влажных тропических лесов, некоторые виды, обитающие в аридных областях, а также большинство культурных растений. Многие мезофиты имеют очень широкий экологический диапазон, они могут выдерживать как кратковременное затопление, так и значительное иссушение почвы.

Мезоморфная организация листа подразумевает развитие крупноклеточной эпидермы, включающей большое количество устьиц (200–250 на 1 мм² в верхней и нижней эпидерме у *Trifolium pratense*). Мезофилл четко дифференцирован на довольно плотный палисадный и рыхлый губчатый. Хорошо развита проводящая система и механическая ткань. В зависимости от погодных условий лета и особенностей водного режима почвы и воздуха признаки могут уклоняться либо в сторону большей гигроморфности, либо ксероморфности.

Оборудование и материал: микроскопы, скальпели, лезвия, препарировальные иглы, предметные и покровные стекла, ручные или покровные стекла, кубики пенопласта или бузины, свежие или заготовленные растения тимофеевки луговой, ежи сборной, герани луговой, гербарные экземпляры тимофеевки луговой, ежи сборной, вейника наземного, клевера лугового, сныти обыкновенной, печеночницы благородной.

Ход работы

I. Типичные мезофиты.

1. Луговые злаки.

***Phleum pratense* L. (Тимофеевка луговая)** (рис.1) или ***Dactylis glomerata* L. (Ежа собранная)**

– Приготовить временный препарат поперечного среза стебля, зарисовать при малом увеличении схему строения стебля, обозначить все ткани.

– Приготовить временный препарат поперечного среза листа, зарисовать схему строения листа. Обратить внимание на толщину пластинки, тонкий слой кутикулы, однородный мезофилл, с небольшими межклетниками, характер клеток эпидермы, положение устьиц, на наличие местной и паренхимной обкладок у проводящих пучков, степень развития механической ткани.

2. Разнотравье.

***Geranium pratense* L. (Герань луговая)** или ***Trifolium pratense* L. (Клевер луговой)**

– Приготовить временный препарат поперечного среза стебля и зарисовать схему строения стебля, обозначить топографические зоны и ткани.

– Приготовить временный препарат эпидермиса, зарисовать несколько клеток эпидермы с поверхности, обратить внимание на характер шва и волоски.

– Подсчитать число устьиц на 1 мм² и определить протяженность жилок на 1 см².

3. Лесные мезофиты.

***Aegopodium podagraria* L. (Сныть обыкновенная)** или ***Hepatica nobilis* Mill. (Печеночница благородная)**

– Рассмотреть гербарный образец сныти, зарисовать схему строения корневой системы и указать особенности приспособления к жизни в лесных сообществах.

– Рассмотреть гербарные экземпляры печеночницы, отметить черты, характерные для ранневесенних видов.

4. Кустарники.

***Rubus caesius* L. (Ежевика)** или ***Rubus idaeus* L. (Малина)**

– На гербарных экземплярах рассмотреть строение разновозрастных побегов.

– С помощью лупы рассмотреть листовую пластинку, указать отличия верхней и нижней сторон.

II. Ксеромезофиты.

***Calamagrostis epigejos* L. (Вейник наземный)** или ***Trifolium montanum* (Клевер горный)** (рис. 2)

– Рассмотреть гербарный образец, отметить характер кущения и опушенность листовых пластинок.

– С помощью лупы (бинокля) рассмотреть верхнюю и нижнюю стороны листовой пластинки клевера горного, оценить количество устьиц на каждой из них.

Сделать вывод об основных анатомических и морфологических особенностях мезофитных растений.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Строение поперечного среза стебля травянистого растения.
2. Типы устьиц, устройство устьичного аппарата. Расположение устьиц на органах растения.
3. Строение листа растения.

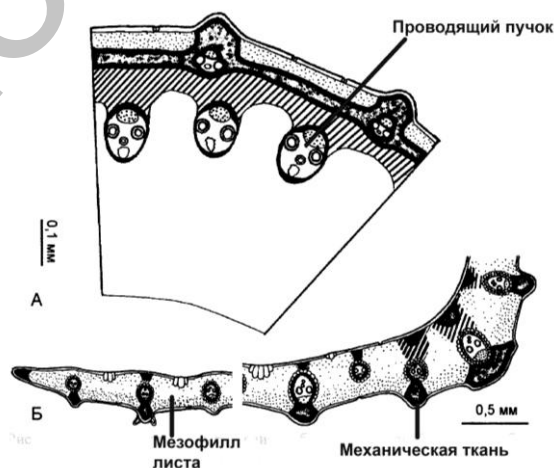


Рис. 1. *Phleum pratense* (Тимофеевка луговая). Схема строения стебля (А) и листовой пластинки (Б) в поперечном сечении (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

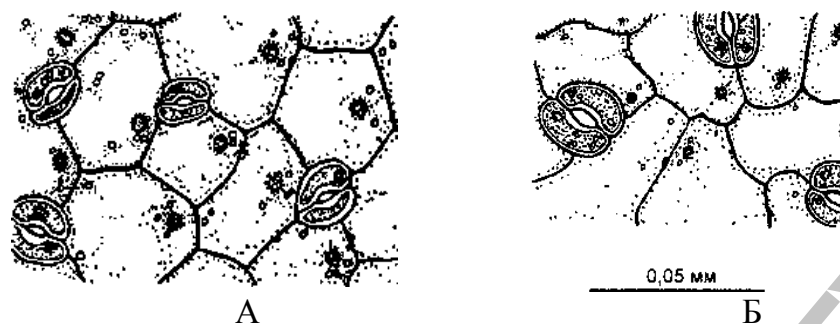


Рис. 2. Клетки верхней (А) и нижней (Б) эпидермы *Trifolium montanum* (Клевер горный) (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

Лабораторная работа № 2. Анатомо-морфологические особенности ксерофитов

Цель: рассмотреть основные анатомические особенности ксерофитных растений.

Ксерофиты – довольно обширная и разнообразная группа растений, обитающих, главным образом, в аридных областях (степи, полупустыни и пустыни) в условиях недостаточного водоснабжения. В гумидных областях также можно обнаружить места, заселенные ксерофитами. Это – склоны южной экспозиции, песчаные откосы и карьеры, другие сильно прогреваемые места, характеризующиеся или малым поступлением влаги, или ее быстрым расходом. Однако не только засуха грозит растениям в этих условиях. Они должны защищаться и от перегрева, и от яркого света. Адаптация растений к дефициту влаги основывается на прямо противоположных вариантах стратегии: у одних – на активном добывании влаги, регуляции водного баланса, способствующего сохранению и экономному использованию полученной воды, у других – на способности переносить большие потери влаги без ущерба для себя. У ксерофитов пополнение запасов воды в растении происходит за счет сильно развитой корневой системы интенсивного или экстенсивного типа.

Поскольку ксерофиты обитают на открытых, хорошо освещенных пространствах, их листья сочетают черты ксероморфной и гелиоморфной организации. В частности, у них четко выражен палисадный, иногда многослойный, мезофилл, эпидерма включает многочисленные, разного типа волоски, образующие защитный слой.

В настоящее время среди них выделяют группу склерофитов, суккулентов и гемиксерофитов.

Особую группу образуют представители флоры тундры и верховых болот, причисляемые к психрофитам и оксилофитам соответственно.

Низкие температуры и достаточное количество осадков в тундре и на верховых болотах в зоне бореальных лесов, а также в альпийском поясе гор Средней Европы, Кавказа и, частично, Средней Азии создают условия для произрастания особой группы растений – психрофитов. К этой группе относятся вечнозеленые, зимнезеленые и листопадные виды.

Анатомическое строение листьев у психрофитов – реакция растений на комплекс факторов, действующих в равной мере: воды во всех проявле-

ниях, низких температур, недостатка питательных веществ в почвенной влаге, обилия света и др. Низкие температуры и высокая влажность воздуха наряду с различными структурными приспособлениями замедляют транспирацию, вследствие чего снижается поступление бедных минеральными веществами почвенных растворов. Это приводит к резкому торможению растяжения клеток и ускорению их дифференциации на ткани, а значит к уменьшению роста растений и мелколистности. Комплекс признаков, вызванный недостатком минерального питания, кислорода при обилии света называется пейноморфозом. Такая структура листа, однако, оказывается выгодной для растений холодных и влажных местообитаний в тех случаях, когда они испытывают дефицит влаги: при подсыхании верхних слоев торфа, при сильных ветрах, в зимнее время и др. Для уменьшения водоотдачи их листья защищены толстой кутикулой и воском. Эпидерма образована мелкими клетками с толстыми наружными стенками. У большинства видов устьица располагаются ниже уровня покровных клеток. Нижняя сторона листа часто покрыта многочисленными волосками, простыми или железистыми, которые сохраняют над устьицами более влажный микрослой воздуха. У некоторых видов завернутые края листа сближаются настолько, что образуют почти замкнутую полость, так что устьица, располагающиеся в нижней эпидерме, оказываются внутри влажной камеры. Волоски и воск на нижней поверхности листа, особенно у простратных форм представителей родов *Ledum*, *Andromeda* и *Oxycoccus*, препятствуют образованию водяной пленки над устьицами, что обеспечивает им свободный газообмен.

Оборудование и материал: микроскопы, скальпели, лезвия, препарировальные иглы, предметные и покровные стекла, ручные или покровные стекла, кубики пенопласта или бузины, свежие или заготовленные растения молочая, очитка, гербарные ковыля, молодила, очитка, молочая, водяники, березы пушистой, повислой, карликовой, багульника, подбела, клюквы.

Ход работы

I. Анатомические особенности склерофитов.

1. Ксерофильные злаки (стипоксерофиты).

***Stipa pennata* L. (Ковыль перистый)** (рис. 3)

Рассмотреть гербарный экземпляр ковыля, при помощи лупы изучить верхнюю и нижнюю стороны листовой пластинки. Зарисовать схему поперечного среза листа, отметив мощное развитие склеренхимы, изопалисадную хлоренхиму, проводящие пучки, эпидерму, толстую кутикулу, волоски, устьица, пузырьвидные клетки.

2. Стеблевые суккуленты.

***Euphorbia saxatilis* Stev. (Молочай камнеломковый)** (рис. 4)

– Приготовить временный препарат поперечного среза стебля, зарисовать схему строения стебля, обратить внимание на широкую первичную кору, представленную рыхло соединенными водоносными клетками, и млечные каналы.

– Приготовить временный препарат поперечного среза листа. При малом увеличении зарисовать схему строения листа, отметив толстый слой

складчатой кутикулы, устьица на обеих сторонах пластинки, характер мезофилла.

3. Листовые суккуленты.

***Sempervivum caucasicum* Rupr. ex Boiss. (Молодило кавказское) или *Sedum acre* L. (Очиток едкий)**

– Приготовить временный препарат поперечного среза листа. Зарисовать схему строения листа, отметить тонкий слой эпидермы, крупноклеточный мезофилл, рыхлую водоносную паренхиму, идиобласты с дубильными веществами, мелкие проводящие пучки.

– При большом увеличении зарисовать участок поперечного среза, показать характер клеток эпидермы и мезофилла, устьица.

II. Психрофиты – растения влажных и холодных областей.

1. ***Empetrum nigrum* L. (Водяника обыкновенная)**

Рассмотреть гербарный экземпляр водяники. Зарисовать схему строения листа (эрикоидный тип). Обратит внимание на завернутость краев листа и соединение их пучком волосков, отметить положение устьиц, толстую кутикулу на верхней эпидерме, железистые волоски в нижней эпидерме.

2. ***Betula nana* L. (Береза карликовая)**

Рассмотреть гербарные образцы различных видов березы: повислой, пушистой, карликовой. Указать адаптационные особенности березы карликовой в сравнении с другими видами рода *Betula*.

III. Оксифиты

1. ***Ledum palustre* L. (Багульник болотный)**

Рассмотреть гербарный образец багульника. Обратит внимание на небольшую толщину пластинки, завернутость ее краев, толстую кутикулу на верхней эпидерме, обилие простых и железистых волосков на нижней стороне листа.

2. ***Andromeda polifolia* L. (Подбел обыкновенный) (рис. 7), *Vaccinium oxycoccos* L. (Клюква болотная)**

Приготовить временный препарат поперечного среза листа подбела или клюквы. Зарисовать схему строения листа, обозначить все ткани. Рассмотреть гербарные образцы и указать особенности морфологии листа брусничного типа.

В выводах указать основные приспособительные черты различных классов суккулентов.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Классификация растений по отношению к водному режиму.
2. Ксерофиты, их классификация и особенности анатомо-морфологического строения.

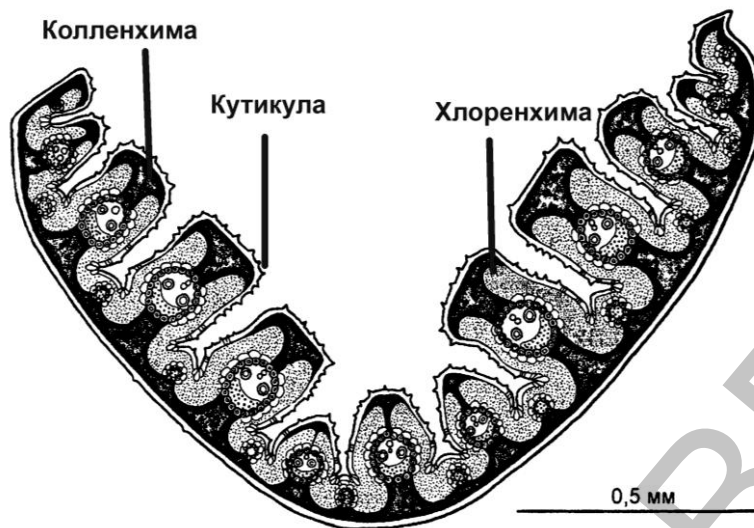


Рис. 5. Схема строения листовой пластинки *Stipa pennata* (Ковыль перистый) (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

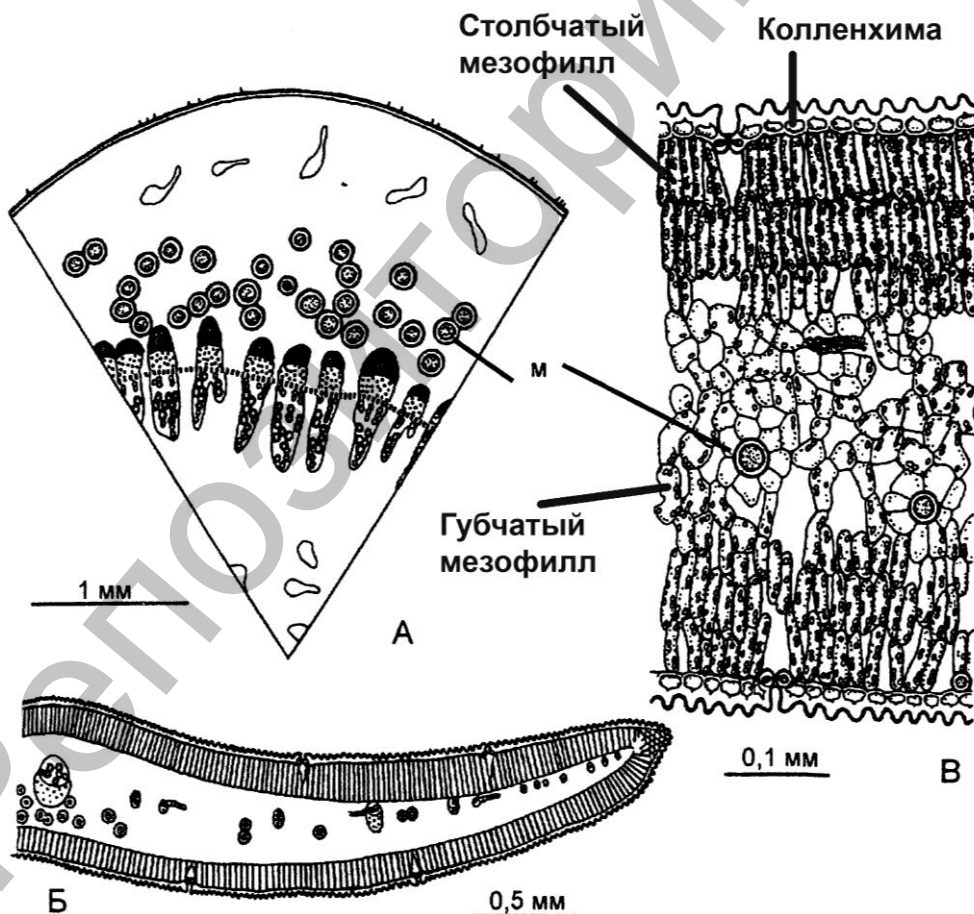


Рис. 6. *Euphorbia saxatilis* (Молочай камнеломковый): схемы поперечного среза стебля (А) и листа (Б), детализированный рисунок листовой пластинки (В), м – млечники (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

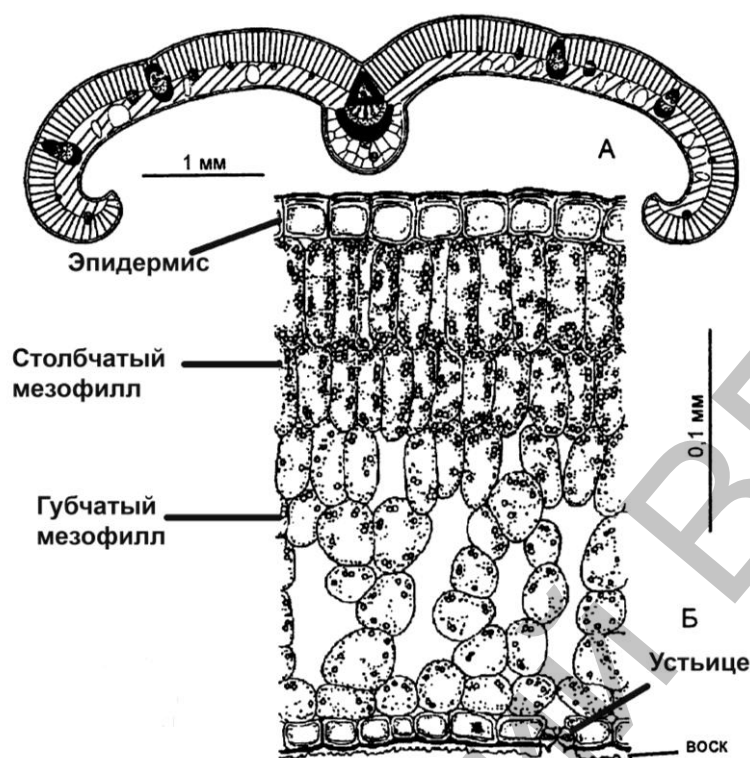


Рис. 7. *Andromeda polifolia* (Подбел обыкновенный). Схема (А) и детализированный рисунок (Б) листовой пластинки (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

Лабораторная работа № 3. Анатомо-морфологические особенности гигрофитов

Цель: рассмотреть основные анатомо-морфологические особенности гигрофитных растений.

Гигрофиты живут на влажной почве, но, как правило, не затапливаются водой (или затапливаются на очень короткий период). Из физиологических особенностей гигрофитов следует отметить низкое осмотическое давление клеточного сока, незначительную водоудерживающую способность, небольшие величины сублетального водного дефицита (потеря 15–20% запаса воды ведет к необратимым последствиям), поэтому их местообитания характеризуются высокой влажностью не только почвы, но и воздуха. При обилии воды они постоянно испытывают недостаток кислорода, поэтому вынуждены запасать воздух в тканях вегетативных органов. Гигрофиты обитают в лесах (бореальных и влажных тропических) или на открытых местах по берегам водоемов, на болотах, в связи с чем их листья имеют либо теневую, либо световую структуру. Комплекс признаков, свойственных гигрофитам, включает крупноклетность эпидермы, тонкостенность ее клеток, небольшую толщину кутикулы, немногочисленность устьиц, расположенных на уровне или чуть выше покровных клеток, слабое развитие или полное отсутствие склеренхимы, слабую дифференциацию мезофилла, обилие крупных межклетников, воздухоносных полостей, а иногда присутствие аэренхимы во всех вегетативных органах, включая ко-

рень. У лесных гигрофитов для максимально эффективного использования света палисадный слой часто состоит из рыхло расположенных конусовидных клеток. У некоторых видов, живущих под пологом тропического леса, эпидермальные клетки часто образуют папиллы, действующие как своеобразные линзы. Крайнюю степень приспособления растений к избыточному увлажнению демонстрируют водные растения – гидрофиты.

Особенности водной среды накладывают заметный отпечаток на анатомо-морфологическую структуру и физиологию водных растений. Растения, адаптировавшиеся к жизни в воде, обычно называют гидрофитами. По образу жизни и строению среди них выделяют полностью погруженные растения (гидатофиты) и растения с плавающими листьями (аэрогидатофиты), прикрепляющиеся к грунту или взвешенные в толще воды (Поплавская, 1948; Горышина, 1979).

К группе гидрофитов относят также и группу земноводных растений, обитающих у уреза воды, в прибрежной полосе с постоянно обильным или переменным (в приливно-отливной зоне) увлажнением, которые не совсем удачно называют гелофитами (болотными растениями). Логичнее было бы объединить группу прибрежно-водных растений с болотными гигрофитами, включая тропические виды, и присвоить им название гелофиты рангом не ниже, чем гигро- и гидрофиты.

Наиболее выражена гидроморфная структура у погруженных растений (гидатофитов). Обитая в условиях недостатка света, кислорода, углекислого газа, растения максимально увеличивают удельную поверхность, что достигается или уменьшением толщины пластинок листа, или их расчленением на узкие сегменты. Водная среда делает ненужными защитные приспособления от света, от испарения. Вследствие этого хлоропласты располагаются не столько в мезофилле, сколько в эпидерме, выступающей в качестве основной фотосинтезирующей ткани погруженных листьев. Кутикула настолько тонка, что не препятствует поверхностному газо- и водообмену. Однако, дефицит необходимых растению газов в воде приводит к формированию более или менее мощной системы проветривания (аэренхимы) из крупных воздухоносных полостей, пересеченных перфорированными диафрагмами. Поверхностный водообмен влечет за собой редукцию проводящей системы, а именно – ксилемы; на месте первичной ксилемы нередко формируется ксилемная полость. Большая плотность водной среды делает ненужным развитие тяжелой механических тканей. Обнаруживаются лишь отдельные склереиды, которые повышают прочность тканей листа и стебля, не снижая их гибкости и пластичности, приобретающие особое значение в динамичной среде. Наличие аэренхимы в тканях растения, в дополнение к перечисленному, повышает плавучесть. Центральный цилиндр стебля защищен от выщелачивающего действия воды отчетливо выраженным слоем эндодермы с лигнифицированными клеточными оболочками.

Растения с плавающими листьями располагают свои фотосинтезирующие органы на границе воды и атмосферы, что отражается в названии этой экологической группы – аэрогидатофиты. Для них часто свойствен

листовой диморфизм (гетерофиллия). Он проявляется как на макро-, так и на микроскопическом уровнях. У одних растений нижние погруженные листья имеют рассеченные на узкие сегменты пластинки, а верхние, плавающие или торчащие из воды – цельные, у других – листья слабо различаются по форме, но в обоих случаях по анатомической структуре подводные и плавающие листья существенно отличаются друг от друга.

Подводные листья азрогидатофитов по строению сходны с листьями погруженных растений (гидатофитов). Они имеют тонкие листовые пластинки с недифференцированным рыхлым мезофиллом, крупноклеточной эпидермой без устьиц, отдельными склереидами в мезофилле. Если подводные листья относительно толстые и на их поверхности формируется отчетливо выраженная кутикула, то функцию газо- и водообмена выполняют особые структуры – гидропоты – одноклеточные или состоящие из трех расположенных друг над другом клеток с тонкими легко проницаемыми стенками.

Плавающие листья сочетают признаки подводных листьев на нижней стороне (рыхлый губчатый мезофилл с крупными воздухоносными полостями, гидропоты в эпидерме, склереиды в мезофилле) и особенности микроструктуры листа наземных растений на верхней (мощная кутикула, эпидерма с многочисленными устьицами, многослойный относительно плотный столбчатый мезофилл, густая сеть жилок).

Анатомическое строение вегетативных органов **гелофитов** во многом определяется уровнем стояния воды, оно то приближается к структуре настоящих водных растений, то к структуре сухопутных гигрофитов. Растениям этой группы также свойственна гетерофиллия, но у них кроме подводных и плавающих листьев формируются и высоко приподнимающиеся надводные листья, которые в большей мере сходны с листьями типичных сухопутных растений. Если плавающие листья эпистоматические, то надводные листья могут быть амфистоматическими или гипостоматическими, с четко дифференцированным на столбчатый и губчатый мезофиллом, хорошо развитыми проводящей и механической тканями, слабо выраженной аэренхимой. Устьиц много, замыкающие клетки часто приподняты над покровными, устьичные щели широко открыты, так что транспирационные потери у них очень высоки, а защитных приспособлений, как правило, нет. Они также, как и другие группы гидрофитов, не способны переносить даже незначительное обезвоживание.

Оборудование и материал: микроскопы, скальпели, лезвия, препарировальные иглы, предметные и покровные стекла, ручные или покровные стекла, кубики пенопласта или бузины, свежие или заготовленные растения синтика, сыти, элодеи, кубышки желтой (подводные и плавающие листья), гербарные урути колосистой, рдеста пронзеннолистного, водяной сосенки, кубышки желтой.

Ход работы

I. Луговые и болотные гигрофиты (с чертами световой структуры – гелиофиты).

1. *Juncus effusus* L. (Ситник развесистый) (рис. 9) или *Cyperus alternifolius* L. (Сыть очереднолистная) (рис. 10)

– Приготовить временный препарат поперечного среза стебля ситника. Зарисовать схему поперечного среза стебля ситника, обозначить все ткани.

– Приготовить временный препарат поперечного среза листа сыти. Зарисовать схему поперечного среза листа. Указать анатомические особенности растений, живущих в условиях избыточного увлажнения.

II. Прикрепленные к субстрату и с выступающими над поверхностью воды побегами (гелофиты).

***Scirpus lacustris* L. (Камыш озерный)**

Рассмотреть гербарный образец камыша и отметить черты приспособленности к земноводному существованию.

III. Полностью погруженные в воду (гидатофиты).

1. ***Elodea canadensis* Michx. (Элодея канадская)** или ***Myriophyllum spicatum* L. (Уруть колосистая)** (рис. 10)

Зарисовать схему строения стебля, отметив на ней тонкостенную эпидерму, крахмалоносную паренхиму первичной коры, крупные воздухоносные полости, эндодерму, перицикл, проводящие пучки с редуцированной ксилемой.

2. ***Potamogeton perfoliatus* L. (Рдест пронзённолистный)** (рис. 11)

Рассмотреть гербарный образец растения и отметить черты адаптации к водной среде.

IV. Растения с плавающими или отчасти торчащими из воды листьями (аэрогидатофиты).

1. ***Hippuris vulgaris* L. (Хвостник обыкновенный, водяная сосенка)** (рис. 12)

Рассмотреть гербарный образец и отметить отличия подводной и надводной частей растения.

2. ***Nuphar lutea* (L.) Smith (Кубышка желтая)** (рис. 13)

Сделать срезы плавающего и подводного листьев и рассмотреть их под биноклем. Дать схемы поперечных срезов (при одинаковом увеличении) плавающих и подводных листьев. Отметить их отличительные особенности.

В выводах указать основные анатомические и морфологические приспособления растений мест с избыточным увлажнением, гидатофитов, аэрогидатофитов.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Основные признаки гигрофитных растений.
2. Особенности строения гигро- и гидрофитов.
3. Явление гетерофиллии и его биологический смысл.

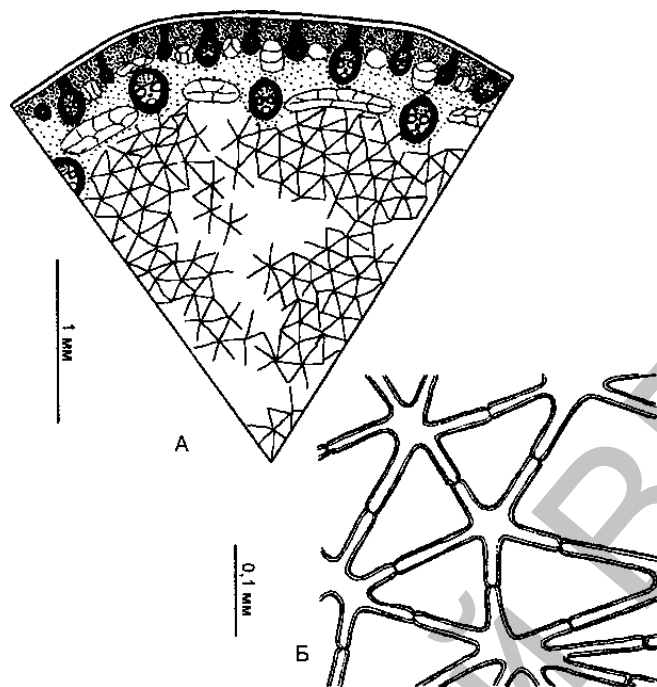


Рис. 9. *Juncus effusus* (Ситник развесистый). Схема строения стебля (А) и детализированный рисунок звездчатых клеток аэренхимы (Б) (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

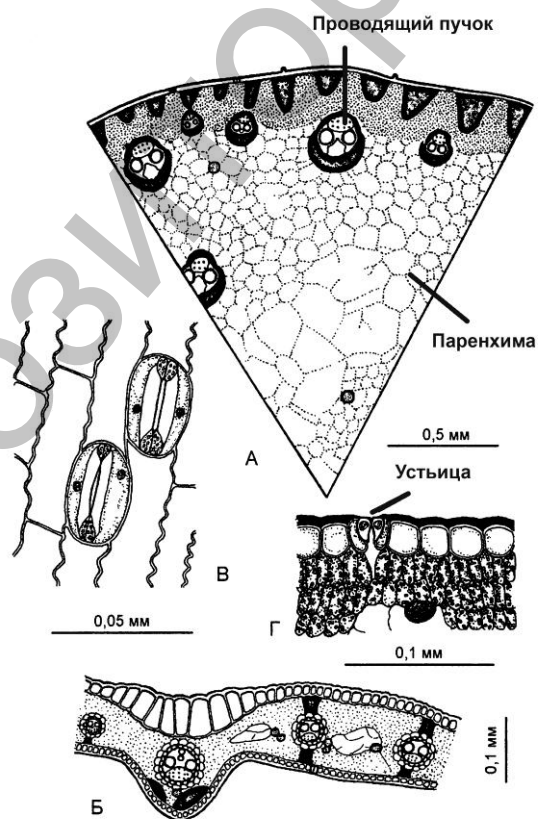


Рис. 10. *Cyperus alternifolius* (Сыть очереднолистная). Схемы поперечных срезов стебля (А) и листа (Б), детализированные рисунки эпидермы в плане (В) и в разрезе (Г) (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

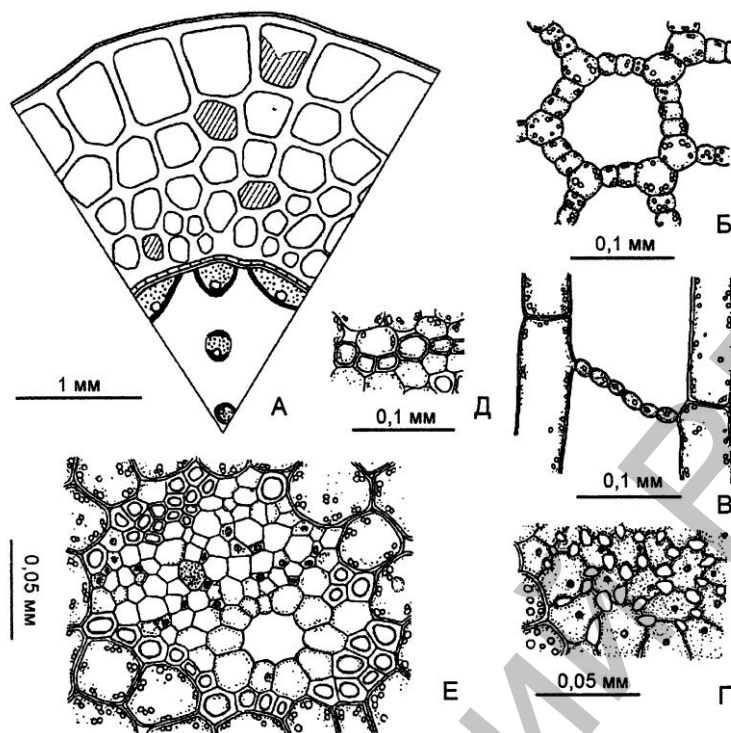


Рис. 11. *Potamogeton perfoliatus* (Рдест пронзеннолистный). Схема поперечного среза стебля (А) и детализированные рисунки: схизогенных полостей (Б, В), диафрагмы (Г), одревесневшей эндодермы (Д) стебля, участка его стелы (Е) (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

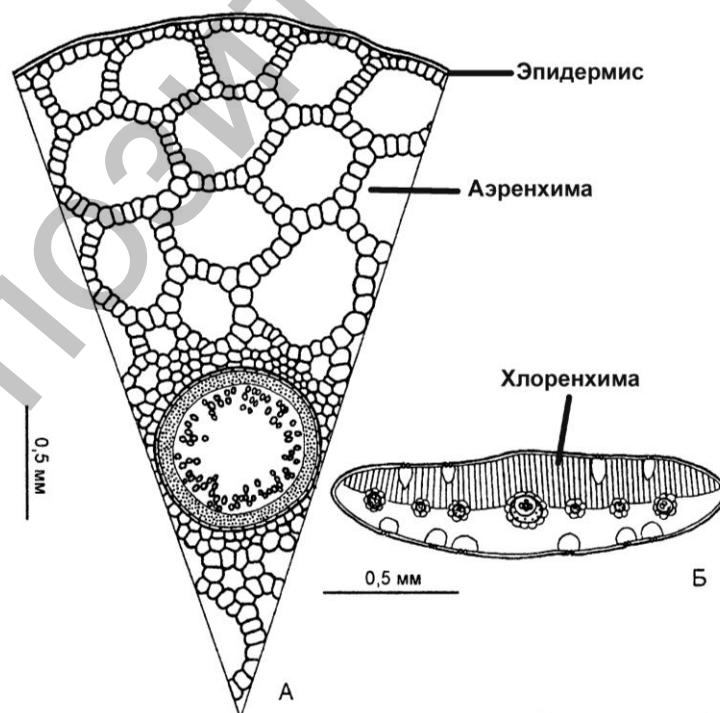


Рис. 12. *Hippuris vulgaris* (Хвостник обыкновенный). Схемы поперечных срезов стебля (А) и листа (Б) (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

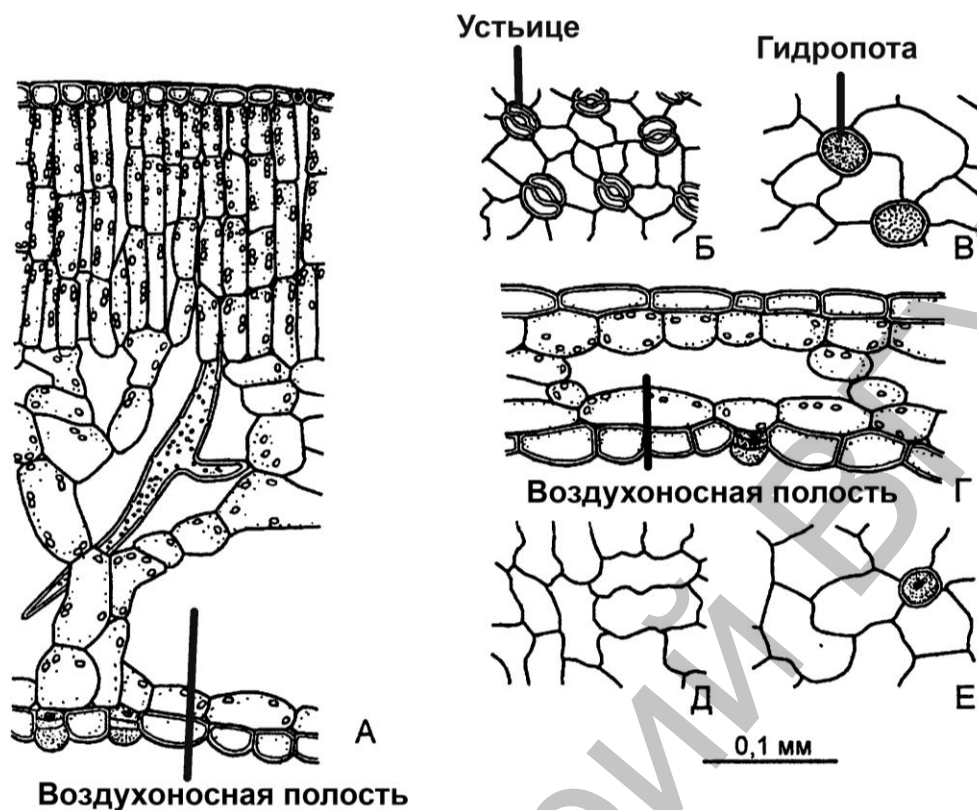


Рис. 14. *Nuphar lutea*. (Кубышка желтая). Анатомия плавающего (А, Б, В) и подводного (Г, Д, Е) листьев (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

1.2. Свет как экологический фактор

Лабораторная работа № 4. Влияние интенсивности света на внутреннюю структуру листовой пластинки

Цель: Изучить анатомо-морфологические особенности листьев растений, растущих в различных условиях освещенности.

Свет – один из наиболее важных абиотических факторов среды. Прходя сквозь атмосферу и отражаясь от земной поверхности, солнечный свет заметно меняется как по интенсивности, так и по составу. В каждой точке Земного шара складывается свой световой режим. Растения получают энергию в виде прямой, рассеянной и отраженной радиации. Соотношение этих частей определяется конкретной обстановкой.

Область фотосинтетически активной радиации (ФАР) ограничивается частью спектра с длиной волны в пределах 380–710 нм, однако, качество света для растений определяется количеством жизненно важных красных и синих лучей, поглощаемых хлорофиллом при фотосинтезе. Качественный состав света заметно меняется как в меридиональном направлении, т.е. от полюсов к экватору, так и в высотном. В июне в полярных областях в спектре преобладают красные лучи, на экваторе – синие. С высотой увеличивается доля ультрафиолетового излучения.

Продолжительность воздействия света в течение суток также меняется в меридиональном направлении, продолжительность дня к экватору заметно сокращается, вследствие чего среди растений выделяют длиннодневные, короткодневные и нейтральные. К числу вторых относятся и высокогорные растения, на которые действует весь спектр прямого солнечного излучения, проходящего через озоновый экран.

Разнообразие светового режима на планете чрезвычайно велико, соответственно разнообразны и приспособления растений к жизни при том или ином световом режиме.

По отношению к свету растения разделяют на три основные группы:

1) растения светолюбивые (гелиофиты), обитающие на открытых участках – на высокогорьях, лугах, болотах, меловых обнажениях, в степях, пустынях и т.п;

2) растения теневыносливые, предпочитающие открытые местообитания, но иногда растущие под пологом леса, на полянах, опушках, в условиях с переменным освещением. Они лучше растут при полной освещенности, но хорошо выносят и слабое затенение;

3) растения тенелюбивые (сциофиты), составляющие нижний ярус хвойных и широколиственных лесов умеренных областей, тропических лесов, населяющие расщелины скал, водные глубины, они лучше растут в условиях слабой освещенности и не выносят яркого света.

Соответственно местообитаниям у растений выработались приспособления к тем или иным условиям светового режима. Адаптации могут происходить на разных уровнях: на клеточном, тканевом, физиологическом, морфологическом, поведенческом, феноритмологическом и фитоценологическом.

Из морфологических адаптаций следует отметить мелколистность и толстолистность у гелиофитов, широколистность и тонколистность у сциофитов, суточное изменение площади листовой поверхности, воспринимающей прямую солнечную радиацию (диагелиотропизм и компасность у некоторых светолюбивых растений), мозаичное расположение листьев для наиболее эффективного использования светового потока, фототропизм, гелиотропизм, фотонастии и др.

Гелиоморфными следует считать признаки, способствующие отражению лучей (блестящая поверхность листа у *Magnolia* sp., матовая из-за воскового налета у *Cactus* sp. к *Euphorbia* sp.) или ослаблению их действия (густое опушение, толстая кутикула, многослойность эпидермы и гиподермы, присутствие кристаллических включений, рассеивающих свет, антоциана в эпидерме, служащего экраном для световых лучей). Мелколистность в значительной мере обусловлена мелкоклеточностью, следствием чего являются такие особенности микроструктуры, как мелкие и многочисленные устьица, плотный, почти без межклетников, мезофилл. У гелиофитов хорошо развита палисадная ткань, состоящая из узких и длинных клеток, иногда расположенных в 2–3 слоя. У некоторых растений столбчатый мезофилл состоит из дланевидных клеток. С усилением освещенности складки появляются и на нижней стороне, и клетки приобретают Н-образную форму.

В крайних случаях у растений, листья которых занимают вертикальное положение, мезофилл листа становится изопалисадным. С развитием мощной палисадной ткани связаны значительная толщина их листовой пластинки и уменьшение внутренней транспирирующей поверхности. Хлоропласты мелкие, расположены, как правило, вдоль антиклинальных стенок палисад и ориентированы ребром к освещенной поверхности.

Листья тенелюбивых растений имеют широкие пластинки. Эпидермальные клетки крупные, тонкостенные, с тонким слоем кутикулы. Устьица немногочисленные, но заметно крупнее устьиц гелиофитов. Мезофилл часто слабо дифференцированный на столбчатый и губчатый, а клетки уплощенные. Для лучшего освещения хлоропластов палисадные клетки часто приобретают и конусовидную форму. Немногочисленные, крупные, богатые хлорофиллом, располагающиеся, как правило, в один слой хлоропласты локализируются не только в мезофилле, но и в верхней эпидерме.

У длительно вегетирующих лесных травянистых растений с весенним периодом цветения можно обнаружить две генерации листьев: световые и теневые. Световые листья так же, как у лесных эфемероидов, формируются весной и используют весенний световой максимум, а летом функционируют теневые листья новых побегов возобновления с широкими пластинками.

У деревьев и кустарников с обширными кронами одновременно могут развиваться побеги с листьями световой и теневой организации. Разница между световыми листьями периферической части и теневыми листьями, расположенными в глубине кроны, проявляется в размерах и толщине пластинки, размерах эпидермальных клеток, частоте устьиц, толщине кутикулярного слоя и воскового налета, густоте опушения, высоте палисадного слоя, размерах клеток мезофилла и межклетников, величине хлоропластов и т.д.

Оборудование и материал: микроскопы, скальпели, лезвия, препарировальные иглы, предметные и покровные стекла, ручные или покровные стекла, кубики пенопласта или бузины, свежие или заготовленные растения кислицы, гербарные кислицы, майника двулистного, ветреницы дубравной.

Ход работы

I. Теневые растения (гелиофобные) – сциофиты.

1. *Oxalis acetosella* L. (Кислица обыкновенная) (рис. 14)

Приготовить временный препарат поперечного среза листа. При большом увеличении зарисовать участок поперечного среза листа. Обратить внимание на дорзивентральное строение и небольшую толщину пластинки, слабо выраженную кутикулу, крупные тонкостенные клетки эпидермы с мелкими хлоропластами, слабо дифференцированный мезофилл, крупные хлоропласты, большие межклетники.

2. *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt (Майник двулистный)

Рассмотреть гербарный образец и указать приспособления к произрастанию в условиях недостаточной освещенности.

II. Световые растения – гелиофиты.

1. *Lactuca serriola* L. (Латук компасный) (изолатеральный лист) (рис. 14)

Приготовить временный препарат поперечного среза листа. Зарисовать схему строения листа. Отметить толстостенную эпидерму, устьица на обеих сторонах пластинки, плотный изопалисадный мезофилл, многочисленные проводящие пучки с млечниками во флоэме.

2. *Nerium oleander* L. (Олеандр обыкновенный) (дорзивентральный лист) (рис. 15)

а) Рассмотреть гербарный экземпляр, отметить характер листовой пластинки, наличие волосков, толщину кутикулы.

3. Световые эфемероиды

Anemone nemorosa L. (Ветреница дубравная) или *Corydalis halleri* Wild. (Хохлатка Галлера) или *Corydalis cava* L. (Хохлатка полая)

Рассмотреть гербарные образцы, указать особенности световых эфемероидов.

III. Теневыносливые растения.

Syringa vulgaris L. (Сирень обыкновенная) (рис. 16)

Приготовить временный препарат поперечного среза теневого и светового листа из кроны. Зарисовать схему строения обоих типов листьев при одинаковом увеличении. Обратит внимание на большую толщину пластинки у светового листа, лучше выраженные и более сомкнутые клетки палисадной ткани, более густую сеть жилок и более мелкие устьица.

Выводы: указать основные отличия в анатомии и морфологии световых, теневых и теневыносливых растений.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Классификация растений по отношению к световому режиму.
2. Основные черты “световой” и “теневой” структуры листа на тканевом уровне и уровне пластидной системы.

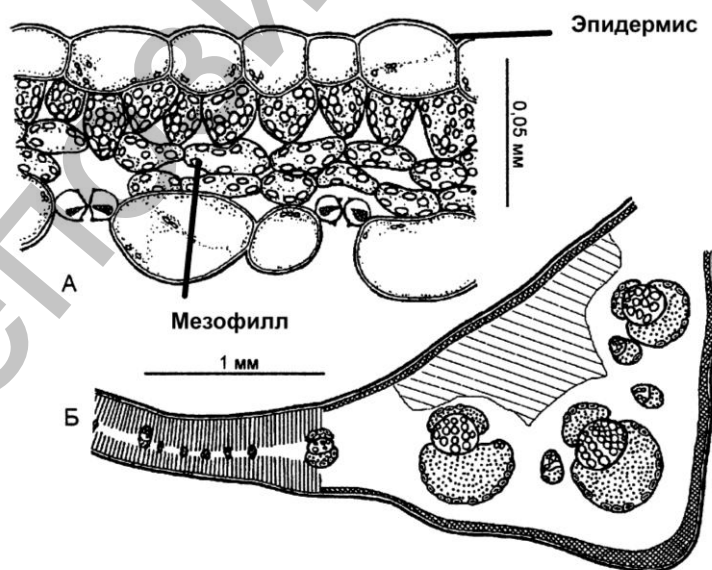


Рис. 14. Анатомия листа *Oxalis acetosella* (Кислица обыкновенная) (А). Схема листовой пластинки *Lactuca serriola* (Латук компасный) близ средней жилки (Б) (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

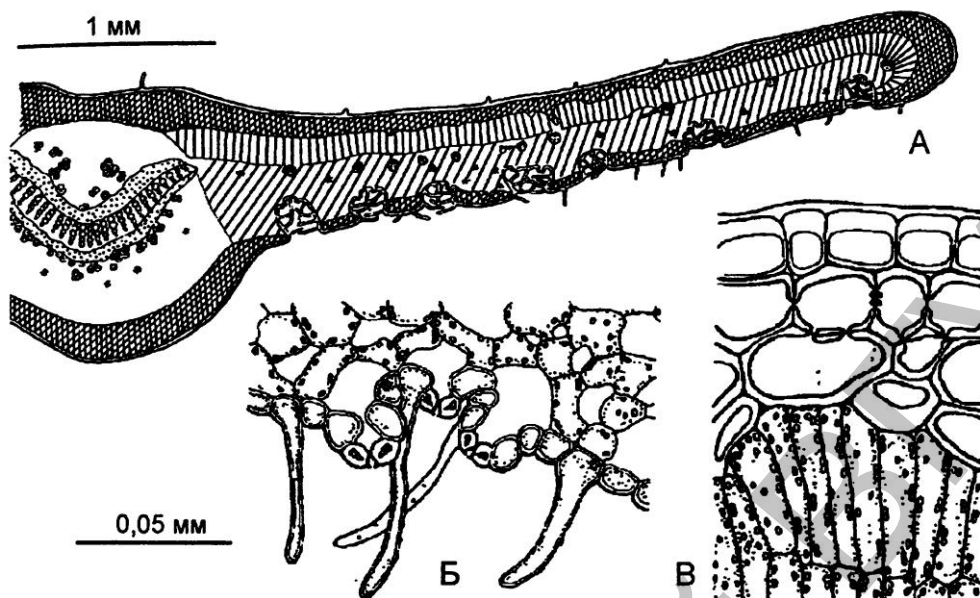


Рис. 15. *Nerium oleander* L. (Олеандр обыкновенный). Схема строения листа (А) и детализированные рисунки нижней и верхней сторон (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

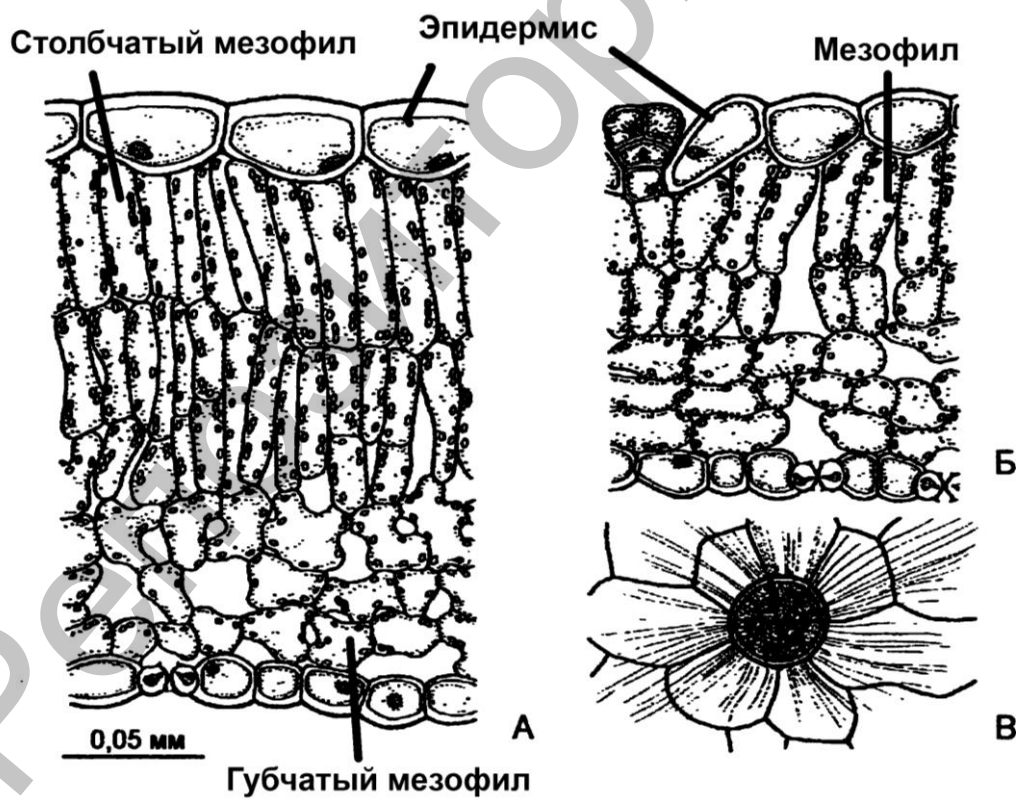


Рис. 16. *Syringa vulgaris* (Сирень обыкновенная). Анатомия светового (А) и теневого (Б) листа, вид железистого волоска с поверхности (В) (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

1.3. Эдафические факторы среды

Лабораторная работа № 5. Влияние химизма и гранулометрического состава почвы на анатомическую и морфологическую структуру растения

Цель: рассмотреть влияние химизма и гранулометрического состава почвы на анатомо-морфологические структуры растения.

К числу эдафических (почвенных) факторов относятся как химические – реакция почвы, ее минеральный состав, содержание гумуса, – так и физические, среди которых водный, воздушный и тепловой режим, механический состав и характер материнских пород, структура и окраска почвы, мощность почвенного слоя и уровень грунтовых вод, растительное и животное население. Рассматривая воду как фактор среды, приходится абстрагироваться от того факта, что природная вода (водоемов, почвенная, грунтовая и даже атмосферных осадков) представляет собой более или менее концентрированные растворы, настоящие или коллоидные. Помимо солей, обуславливающих плодородие почв, почвенные растворы могут включать и вредные соли, да еще в таких концентрациях, которые оказывают на большинство растений отрицательное воздействие.

Галофиты

Среди засоленных почв с разным солевым и водным режимом классическими являются солонцы и солончаки. Такие почвы формируются в аридных областях в местообитаниях, где устанавливается выпотной тип водного режима в почве. В результате испарения воды концентрация солей в почвенных растворах возрастает, а на поверхности почвы выпадает кристаллический осадок. Сходные условия возникают и в гумидном климате, где почвы постоянно увлажняются сильно засоленными грунтовыми или сточными водами, а также по берегам морей в приливно-отливной зоне (на литорали).

Несмотря на то, что для большинства растений такие условия являются неприемлемыми, обнаруживаются целые семейства (*Chenopodiaceae*, *Plumbaginaceae*, *Frankeniaceae*, *Tamaricaceae*), представители которых не только приспособились к высокому содержанию солей в почве, но и превратили неблагоприятные условия в необходимые для их нормального существования. У одних представителей этой группы адаптации проявляются на клеточном и физиологическом уровнях, у других – на физиологическом и анатомо-морфологическом.

Одной из характерных черт галоморфной организации является мясистость листьев или стеблей, обусловленная развитием или специализированной водозапасающей ткани, или паренхимы. Большинство других особенностей в разных таксонах цветковых растений проявляется неодинаково, что приводит к большому разнообразию морфологического облика и анатомического строения представителей данной экологической группы. Основной лимитирующий фактор – повышенная концентрация солей в почве, с которой растения справляются благодаря высокой сосущей силе корней. У разных растений сосущая сила в клетках создается разными путями: у одних – за счет на-

копления солей, у других – углеводов, вследствие чего среди галофитов выделяют три основных группы.

В крайних по степени засоленности условиях – на солончаках и морских побережьях – растения обитают, практически, в крайне бедных питательными веществами соляных растворах, при высоком уровне рН и полной освещенности. Это так называемые эугалофиты, характеризующиеся четко выраженными суккулентными чертами. Одни из них имеют редуцированные листья и членистые мясистые стебли за счет развития водоносной паренхимы, другие – мелкие суккулентные листья с водозапасающими эпидермой, гиподермой или волосками.

Криногалофиты – растения, поглощающие соли в большом количестве, чем обеспечивают высокое осмотическое давление клеточного сока, но избавляющиеся от излишков соли путем выделения их в виде солевого раствора с помощью особых железок на листьях или стеблях. В макро- и микроструктуре их листьев часто сочетаются самые разные признаки.

Гликогалофиты – растения, обеспечивающие высокое осмотическое давление клеточного сока за счет накопления углеводов. Соли же не проникают в ткани корня.

Кальцефилы

Растения, обитающие на карбонатных почвах, содержащих более 3% карбонатов, называют кальцефилами. Особое место занимают виды, живущие на субстратах, представляющих собой выходы чистых известняков, мела, мергелей и других карбонатных пород. Они встречаются по высоким берегам рек или их пересохших русел. Здесь складываются особые условия существования, связанные с физическими и химическими особенностями самого грунта. Почвы, формирующиеся на таком субстрате, слабо развитые, бедные и приурочены, как правило, к трещинам, поэтому и растения образуют разреженные сообщества. Высокая твердость и плотность известняка обуславливает его слабую проницаемость для воды, в связи с этим оводненность субстрата очень низка и повышается лишь во время дождя. Таким образом растения в таких местообитаниях вынуждены приспосабливаться к целому комплексу факторов: в первую очередь к дефициту воды, бедности почвы элементами минерального питания, в том числе азотом, к высокой интенсивности света, резким перепадам температур и др. По комплексу адаптивных признаков растения, обитающие на меловых обнажениях, напоминают склерофиты или криофиты. Для них также характерны высокое осмотическое давление, высокая интенсивность транспирации, что должно было бы обеспечивать высокую продуктивность фотосинтеза. Для снижения расхода воды на транспирацию в сухое время года листья у некоторых растений покрыты густым опушением, создающим защитный слой.

Псаммофиты

Особое место в системе эдафических факторов занимают пески, распространенные как в засушливых областях (пустыни, степи), так и в гумидных (ледникового и эолового происхождения). Растения, живущие на песках, называются псаммофитами. Наиболее характерными особенностями песков является их высокая водопроницаемость, хорошая аэрация, рых-

лость, нередко подвижность и нейтральная или слабощелочная реакция содержащихся в них растворов. Влажность песков и содержание в них питательных веществ зависит от их происхождения и климатических условий местообитания. Песок как субстрат, легко проницаемый для воды, быстро насыщается водой во время дождя и также быстро высыхает, особенно в верхних горизонтах. Несмотря на разнообразие условий, складывающихся в песчаных экотопах, неизменной остается одна характерная черта песчаного субстрата – подвижность. Под воздействием ветра или движущейся воды песчинки, слабо связанные друг с другом, постоянно перемещаются, обнажая корни с подветренной стороны и засыпая побеги на противоположной стороне. Растения, вынужденные противостоять этому, выработали ряд приспособлений морфологического уровня (образование чехлов на корнях из мощной пробки или песчинок, сцементированных выделениями корней, предохраняющих их от высыхания – *Aristida karelini*, формирование мощной многоярусной системы придаточных корней на погребенных ветвях, образование длинных горизонтальных корневищ, пронизывающих толщу песка и выносящих почки возобновления к поверхности, быстрый рост побегов, дающий возможность обогнать наступающие барханы, и т.д.).

Оборудование и материал: микроскопы, скальпели, лезвия, препарировальные иглы, предметные и покровные стекла, ручные или покровные стекла, кубики пенопласта или бузины, свежие или заготовленные растения солероса, гербарные экземпляры аристиды Карелина, льнянки меловой, тамариска, лимониума.

Ход работы

I. Соленакпливающие галофиты.

Безлистные, галосуккуленты *Salicornia europaea* L. (Солерос европейский) (рис. 17)

а) Зарисовать схему строения 1-летнего мясистого побега. Обратить внимание на его сложную морфологическую структуру, небольшую испаряющую поверхность. Приготовить временный препарат поперечного среза стебля. Отметить морщинистую кутикулу, тонкостенную эпидерму, поверхностные устьица, наружный слой столбчатой хлоренхимы с мелкими листовыми следами под ним («листовой футляр»), крупные водоносные клетки мощной первичной коры, водозапасающие трахеиды, эндодерму, многослойный перичикл на поверхности узкого центрального цилиндра, кольцо проводящих пучков и начало вторичного утолщения, сердцевину.

II. Солевыделяющие галофиты. Растения, имеющие мезоморфную структуру. Галосуккулентные признаки отсутствуют или слабо выражены.

Tamarix sp. (Тамариск) или *Limonium* sp. (Лимониум)

Рассмотреть гербарные экземпляры растений и указать приспособления для перенесения высокой концентрации солей в почве.

III. Соленепропускающие – гликогалофиты с суккулентными чертами.

Anabasis salsa (C.A. Mey.) Benth. ex Volkens (Ежовник солончаковый)

– Рассмотреть гербарные экземпляры растений и указать приспособления для перенесения высокой концентрации солей в почве.

IV. Кальцефилы.

***Linaria cretacea* Fisch. ex Spreng. (Льянка меловая)**

– Рассмотреть экземпляры из гербария и отметить общий габитус растения, характер листовой пластинки, толщину кутикулы.

V. Псаммофилы.

***Aristida karelini* (Trin. et Rupr.) (Аристида Карелина) (рис. 18)**

Отметить общие особенности морфологии гербарного экземпляра растения. Зарисовать поперечные срезы корня и листовой пластинки.

В выводах указать основные черты адаптации галофитов, кальцефилов и псаммофилов к соответствующим условиям среды.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Галофиты, их классификация и анатомо-морфологические особенности строения вегетативных органов.
2. Специфические приспособительные особенности псаммофитов к среде произрастания.

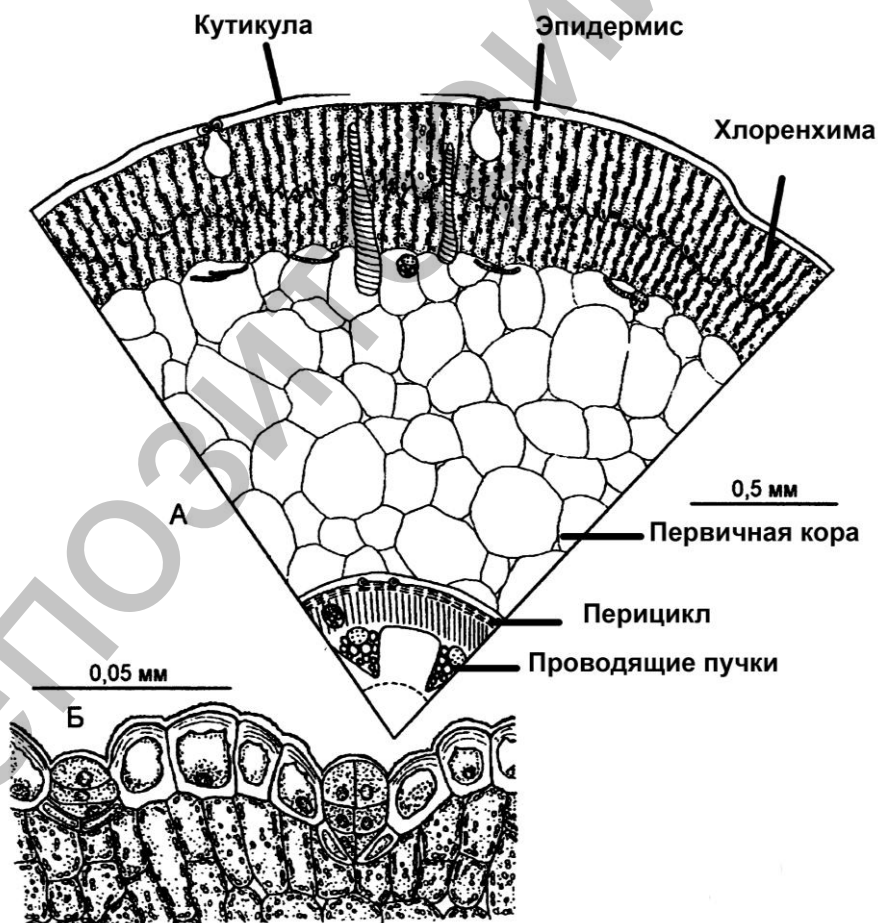


Рис. 17. Схема поперечного среза стебля однолетнего побега *Salicornia europaica* (Солерос европейский) (А). Солевывделяющие железки *Tamarix* sp. (Тамариск) (Б) (по Р.П. Барькиной, Н.В. Чубатовой).

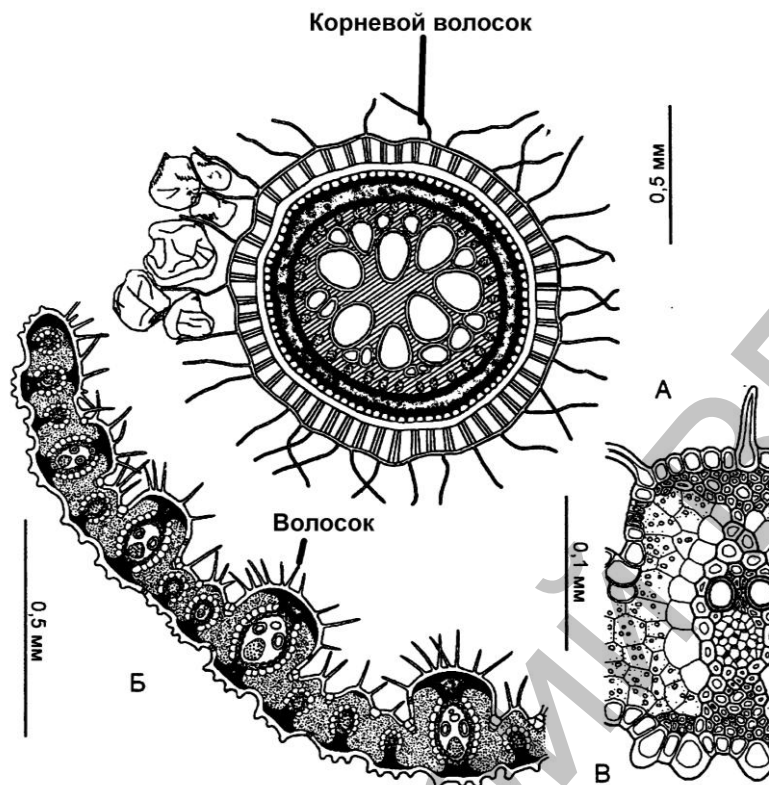


Рис. 18. *Aristida karelini* (Аристиди Карелина). Поперечные срезы корня с «чехлом» (А) и листовой пластинки (Б), детализированный рисунок ее фрагмента (В) (по Р.П. Барыкиной, Н.В. Чубатовой).

РАЗДЕЛ 2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Лабораторная работа № 6. Диагностика заболеваний растений при голодании по элементам минерального питания

Цель: познакомиться с признаками голодания по отдельным элементам минерального питания у культивируемых и дикорастущих растений.

Распознавание признаков голодания растений, вызываемых недостатком тех или иных элементов минерального питания, крайне важно для устранения признаков заболевания путем своевременной подкормки. Внимательное изучение признаков голодания у растений парка, леса, окрестных полей поможет сделать вывод о дефиците тех или иных элементов в данном районе и дать рекомендации о состоянии почв и внесении недостающих удобрений под культурные растения.

Оборудование и материал: гербарные листы больных растений, цветные карандаши, атласы и книги с иллюстрациями признаков голодания. Больные листья и побеги комнатных растений в зимний период; растения сада, огорода, поля, леса, пустырей и т.д. в период вегетации.

Ход работы

С помощью преподавателя и с использованием имеющихся атласов, книг, пособий и таблицы 1 поставить диагноз заболевания заранее собранных больных листьев и поврежденных побегов различных растений. Данные внести в табл. 2, сделать рисунки; отметить расположение больных листьев на побеге (верхние, нижние); сделать выводы о типичных видах голодания у растений огорода, сада, леса, поля данного района.

Таблица 1

Признаки заболеваний растений при голодании по элементам питания

Элемент	Симптомы недостаточности
N	Слабый рост, карликовость, склероморфизм. Отношение побеги/корни сдвинуто в пользу корней. Преждевременное пожелтение более старых листьев, их некротические концы
P	Задержка цветения, отсутствие роста, фиолетовая окраска листьев и стеблей, тенденция к скручиванию и перевертыванию листьев
K	Белые и бурые пятна, рваный край листа, дырки, отверстия в листе, краевой ожог листьев (запал) По мере возрастания дефицита элемента повреждения увеличиваются

S	Сходны с симптомами азотной недостаточности. Отставание в росте растений. Листья от бледно-зеленой до кремовой и желтой окраски. При голодании по сере отсутствует характерный признак азотистого голодания – общее пожелтение всего растения
Mg	Белые или желтые пятна на листьях сливаются, лист буреет и отмирает. При глубоком дефиците листья узкие, по цвету – красные, оранжевые, пурпурные. Наблюдается слабый рост и межжилковый хлороз старых листьев
Ca	Гофрированные, сморщенные листья с некротическими зонами. Отсутствие верхушечных почек. Нарушение роста, связанное с делением и растяжением клеток
Fe	Бледно-желтая окраска ткани листьев между жилками у молодых листьев, жилки остаются зелеными. Хлороз. Малая мощность растения, неурожай. Старые листья поражаются позже сходным образом
Mn	Однородная желтизна старых и молодых листьев, а также верхушечной почки. Межжилкового хлороза на поздних стадиях нет. На ранних – имеется угнетение роста и межжилковый хлороз
B	Отмирание верхушечных почек, закрученные, деформированные листья; черная гниль у корнеплодов свеклы, моркови; полые кочерыжки капусты
Zn	Ярко-желтая окраска всей поверхности листьев и зеленый цвет жилок. Желтые полосы на листьях злаков. Мелколистность верхушечных побегов. «Розеточность», «желтуха», «мелколистность», «пятнистость листьев» – так называется дефицит Zn
Cu	Бледно-желтая окраска листьев или полосатые закрученные листья. Вдоль краев листьев хлороз с последующим некрозом
Mo	Узкие, длинные, скрученные листья, выемки на листовой пластинке, хлороз сложных листьев, включая черешок
Na	Растения не испытывают недостатка. Избыток проявляется в виде неоднородной пестроты, некроза верхушек листьев, краев и тканей между жилками
Cl	Из видимых симптомов – увядание растений, остальные симптомы специфичны для отдельных видов растений. Дефицит встречается редко

Установление диагноза заболевания по признакам голодания растений

Вид растения и место обитания	Орган (побег, лист: верхний, нижний)	Описание признаков голодания	Рисунок	Диагноз	Способы устранения заболевания

Сделать вывод о необходимости различных элементов минерального питания для жизнедеятельности растения.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Роль азота в организме растения. Пути устранения азотного голодания.
2. Роль фосфора в организме растения. Пути устранения фосфорного голодания.
3. Роль калия в организме растения. Пути устранения калийного голодания.

Лабораторная работа № 7. Определение устойчивости тканей листьев растений к высоким температурам.

Цель: сравнить устойчивость органов разных растений к высоким температурам.

Устойчивость растений – это их способность адаптироваться к неблагоприятным воздействиям внешней среды, сохраняя стабильность всех физиологических процессов. Чем меньше отклонение какого-либо процесса или реакции от нормы в результате воздействия экстремального фактора и чем быстрее они возвращаются к норме, тем выше устойчивость растений. Механизмы достижения устойчивости у них различны и могут происходить как на генетическом, так и на физиолого-биохимическом и морфологическом уровнях.

При экстремальных воздействиях на ткани, например, при повышении температуры, мембраны клетки, в том числе и мембраны хлоропластов, теряют свойство полупроницаемости. Вследствие этого ионы водорода, присутствующие в клетке, замещают ион Mg в молекуле хлорофилла, который превращается в феофитин, имеющий бурый цвет. Чем больше хлорофиллоносных клеток повреждено, тем большая площадь листа буреет.

Оборудование и материал: водяная баня, плитка, термометр, кристаллизаторы, белая пластиковая пластина, 0,2 М раствор HCl; растения: разных экологических групп (огурцы, полынь, одуванчик, кислица, лебеда и др.), листья разных ярусов.

Ход работы

В водяной бане поддерживают температуру 40 °С. В воду опускают листья растений, взятых для опыта. Предварительно к их черешкам прикрепляют этикетки с указанием максимальной температуры, при которой эти листья будут выдерживаться. Первую пробу извлекают из бани через 30 мин и временно переносят в кристаллизатор с водой комнатной температуры. Затем температуру в бане поднимают на 5°С.

Через 10 мин из нее извлекают вторую пробу листьев, их также переносят в кристаллизатор с водой. Постепенно температуру воды в бане доводят до 60°С, забирая пробы каждые 10 мин после увеличения температуры в бане на каждые 5°С. Затем листья извлекают из воды комнатной температуры и заливают раствором 0,2 М HCl, в котором листья приобретают бурю окраску (если у растений клеточный сок кислый, то листья буреют уже в воде).

Время пребывания в кислоте должно быть одинаковым для всех листьев.

Через 10–20 мин листья извлекают из раствора соляной кислоты, переносят в воду, промывают и раскладывают на белой пластиковой пластине в порядке увеличения площади бурой окраски. Сравнить степень повреждения листьев при разной температуре у разных растений. Листья зарисовать и раскрасить поврежденные участки.

Сделать выводы об устойчивости растений из различных экологических групп к высоким температурам.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Почему температура выше 50°С опасна для растения?
2. Виды устойчивости растений к температурному фактору.
3. Границы температурного оптимума растений.

Лабораторная работа № 8. Определение солеустойчивости злаков по всхожести их семян

В условиях избыточной засоленности почвы всхожесть семян и интенсивность роста растений часто снижаются. При определении солеустойчивости показателем устойчивости служит сравнение числа проросших семян в растворах соли и в дистиллированной воде.

Цель: определить солеустойчивость злаков.

Оборудование и материал: чашки Петри, фильтровальная бумага, раствор формалина (1 мл формалина на 300 мл воды), химические стаканы, марлевые мешочки, этикетки, термостат, сушильный шкаф, пипетки на 10 мл, раствор NaCl; растения: семена ячменя, кукурузы или иные.

Ход работы

Подбирают здоровые семена растений, помещают их в разные марлевые мешочки с этикеткой внутри и обрабатывают раствором формалина в течение

3–5 мин. Затем слегка просушивают и раскладывают по 10–20 семян в каждую чашку Петри. Предварительно чашки Петри прокаливают в сушильном шкафу при 150°C в течение 1 ч, на их дно укладывают фильтровальную бумагу. В каждую чашку наливают по 10 мл 7%- или 10%-ного раствора NaCl и 10 мл дистиллированной воды (контроль). Опыт проводят в трехкратной повторности.

Чашки Петри с семенами помещают в термостат при температуре 26°C для проращивания. На дно термостата ставят кювету с водой. Через семь дней в каждом варианте подсчитывают число проросших семян. Определяют процент всхожести. Результаты записывают в табл. 3.

Таблица 3

Всхожесть семян злаков в зависимости от засоления почвы

Растение	Вариант опыта	Число проросших семян	Всхожесть, %
Ячмень	H ₂ O		
	NaCl, %		
Кукуруза	H ₂ O		
	NaCl, %		

Сделать вывод о солеустойчивости исследованных растений.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Основные виды засоления.
2. Изменение осмотического давления клеточного сока растений в условиях избыточного засоления.
3. Изменение размеров вакуоли при погружении растительной клетки в гипертонический раствор.

Лабораторная работа № 9. Защитное действие криопротекторов на клетки растений при их замораживании

Цель: показать, что защитное действие смеси глицерина и сахарозы, используемых в качестве криопротекторов, выше, чем действие их чистых растворов.

Повреждение тканей при замораживании растений связано с образованием льда как внутри клеток, так и снаружи. Внеклеточный лед вызывает дегидратацию клеток, оттягивая из них воду. Кристаллы внутриклеточного льда вызывают механические повреждения мембран цитоплазмы.

У разных растений в неодинаковой мере выражена способность противостоять образованию льда внутри клеток. Это обеспечивается, в частности, высоким содержанием углеводов, жирных кислот и белков, способных связывать воду внутри клетки и снижать температуру замерзания.

Перенесению морозов способствует увеличение содержания в клетках веществ, которые на этапе замораживания должны уменьшить повреждение клеток в результате осмотического и механического стресса. Эти ве-

щества называются криопротекторами. Криопротекторы подбирают по принципу наименьшей токсичности и оптимального эффекта для каждого растения, каждой ткани. Из числа криопротекторов наиболее известны различные сахара, глицерин, поливинилпирролидон, диметилсульфоксид. В лабораторной практике, как правило, используют смеси криопротекторов, что позволяет снизить токсичность одного компонента смеси за счет присутствия другого и добиться наилучшего действия, потому что каждый криопротектор отличается своими свойствами. В растениях в качестве криопротекторов выступают биополимеры, способные связать большое количество воды, гидрофильные белки, моно- и олигосахариды.

Оборудование и материал: кристаллизатор, скальпели, бритвы, термометр со шкалой от -50 до $+50^{\circ}\text{C}$, водяная баня, электроплитка, пробирки, штатив для пробирок, химические стаканы, линейки, пробочное сверло большего диаметра (8–10 мм), NaCl, снег или кубики льда, 12%-ный раствор глицерина, 2М раствор сахарозы, пипетки на 5–10 мл, корнеплоды свеклы.

Ход работы

Из корнеплода столовой свеклы пробочным сверлом диаметром 8–10 мм вырезают цилиндр и разрезают его на диски толщиной 2–3 мм. Все диски (общее их число 105) должны быть одинаковыми. Затем их помещают в химический стакан и тщательно промывают водой, чтобы удалить клеточный сок, вытекающий из поврежденных клеток.

Отмытые кружочки по 5 штук помещают в 7 пробирок, в каждой из которых находится по 5 мл следующих жидкостей: дистиллированной воды; 2 М раствора сахарозы; 1 М раствора сахарозы; 12%-ного раствора глицерина; 12%-ного раствора глицерина и 2 М раствора сахарозы в соотношении 1:1 (по 2,5 мл); 12%-ного раствора глицерина и 1 М раствора сахарозы в соотношении 1:1 (по 2,5 мл); 12%-ного раствора глицерина и 0,5 М раствора сахарозы в соотношении 1:1 (по 2,5 мл).

Опыт проводится в трехкратной повторности. Состав смесей растворов сахарозы и глицерина можно менять (в таком случае заполняют дополнительные пробирки), что может быть особенно необходимо при смене объекта, так как каждый новый объект требует индивидуального подбора криопротекторов и их смесей.

Все пробирки помещают в охлаждающую смесь, состоящую из трех частей снега и одной части сухой поваренной соли (температура -21°C). Пробирки выдерживают в ней до полного замерзания содержимого.

После этого пробирки переносят в водяную баню с температурой $25-30^{\circ}\text{C}$ для размораживания. После оттаивания растворы тщательно перемешивают и сравнивают интенсивность их окрашивания, располагая пробирки в ряд по мере увеличения интенсивности окрашивания растворов. Установить связь между интенсивностью окрашивания растворов и составом смесей, находящихся в этих пробирках.

Сделать выводы о роли криопротекторов (сахарозы и глицерина) и их смесей в сохранении жизнеспособности клеток растительных тканей при их замораживании.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Физиологические изменения растений при подготовке к зиме.
2. Понятие зимостойкости.
3. Пути увеличения количества криопротекторов в организме растения.

Лабораторная работа № 10. Обнаружение тяжелых металлов в растениях гистохимическим методом

Цель: познакомиться с гистохимическим методом выявления Cd и Pb в растениях и изучить распределение тяжелых металлов в проростках кукурузы.

Тяжелые металлы – опасные загрязнители окружающей среды. Среди них наиболее распространены Cd и Pb, что обусловлено в основном факторами хозяйственной деятельности человека. Среди них: 1) сжигание жидкого и твердого топлива, сопровождающееся выбросами в атмосферу, преимущественно Pb₂O; 2) сбрасывание сточных вод, в которых Cd и Pb содержатся в повышенных концентрациях, как результат выделений металлоплавильных производств, а также отходы человека и животных; 3) внесение в почву химикатов, в том числе удобрений. В организм человека и животных большая часть Cd и Pb поступает из растительной пищи. Многие растения аккумулируют металлы, концентрация которых в клетках и тканях превышает их концентрации в почве. Способность растений аккумулировать тяжелые металлы с успехом используют для очистки почвы, водоемов, воздуха от загрязнения.

Изучение локализации тяжелых металлов в растительных тканях и их способности к передвижению важно для понимания реакции на них растений. Кроме того, определение содержания тяжелых металлов имеет важное значение для экологического мониторинга.

В данной работе используется способность тяжелых металлов давать красное окрашивание при реакции с дитизоном. Дитизон обладает высокой чувствительностью к кадмию и свинцу и образует в присутствии исследуемых металлов нерастворимые соли – дитизонаты, окрашенные в красный цвет. Дитизон и дитизонаты практически нерастворимы в нейтральных и кислых водных растворах. Помимо кадмия и свинца дитизон может образовывать окрашенные комплексы с цинком, кобальтом, медью, хромом, железом, никелем и некоторыми другими металлами.

Для обнаружения тяжелых металлов используют проростки кукурузы, у которых концентрации 10^{-3} М Pb(NO₃)₂ и 10^{-4} М Cd(NO₃)₂ ингибируют рост корня на 50%. Для других проростков (подсолнечник, огурец, горох и т.д.) следует уточнить концентрации как летальные, так и ингибирующие рост корня на 50%. С помощью реакции с дитизоном можно исследовать любые растения и их органы из неблагоприятных и благоприятных районов города, растения водоемов, а также содержание тяжелых металлов в сточных водах, осадках и т.д.

Оборудование и материал: чашки Петри, фильтровальная бумага, маркер по стеклу, термостат с температурой 26°C, растворы Pb(NO₃)₂

(10^{-3} М), $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ (10^{-4} М), реактив дитизон (готовится перед употреблением и не подлежит хранению), растворы KMnO_4 или формалина для обработки семян, проростки растений.

Ход работы

Работа состоит из двух этапов: 1) выращивание проростков на растворах солей; 2) приготовление срезов и их микроскопирование.

1. Зерновки кукурузы, предварительно обработанные в течение 10–20 мин слабым раствором формалина или перманганата калия, раскладывают по семь штук в чашки Петри на фильтровальную бумагу и наливают в каждую чашку по 15 мл дистиллированной воды (контроль), раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ в концентрации 10^{-3} М и раствора $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ в концентрации 10^{-4} М. Чашки выдерживают в термостате при температуре 26°C . Спустя семь дней проводят измерение длины главного корня, coleoptilia и зоны боковых корней. Для каждого варианта рассчитывают средние величины и процент к контролю (табл. 4).

Таблица 4

Влияние тяжелых металлов на проростки кукурузы

Вариант опыта	Длина главного корня		Длина coleoptilia		Длина зоны боковых корней	
	см	%	см	%	см	%
Контроль		100		100		100
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 10^{-3} М						
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ 10^{-4} М						

2. Для определения локализации Cd и Pb в растениях готовят серии поперечных срезов корня на разных расстояниях от апекса, а также срезы coleoptilia, мезокотилиа и первых листьев на разных расстояниях от их оснований.

Серии срезов помещают на предметное стекло, на него переносят 3–4 капли дитизона, накрывают покровным стеклом и через несколько минут рассматривают под микроскопом при разных увеличениях.

Сделать рисунки поперечных срезов корня и отметить локализацию в их тканях Cd и Pb .

Сделать вывод о локализации Cd и Pb в тканях корня и о возможности продвижения тяжелых металлов по тканям растения.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Классификация элементов минерального питания.
2. Виды растений – индикаторов загрязнения среды ионами тяжелых металлов.
3. Виды растений – поглотителей ионов тяжелых металлов.

Лабораторная работа № 11. Обнаружение нитратов в растениях

Цель: познакомиться с простым и доступным способом определения нитратов в растительном сырье и грамотно оценить их количество. Это необходимо для определения дозы внесения азотных удобрений в период вегетации растений, а также для изучения того, как локализованы нитраты в различных частях и органах растения, и оценки их количества в пищевых продуктах.

Интенсификация земледелия в XX в. породила нитратную проблему. Азотные удобрения, вносимые без соблюдения дозы и правил, привели к увеличению содержания нитратов в растительных продуктах до размеров, угрожающих здоровью человека.

Попадание большой дозы нитратов в организм грозит острым отравлением. Нередки отравления дынями, арбузами и другими продуктами с повышенным содержанием нитратов; возможно отравление питьевой водой за счет попадания повышенного количества удобрений в водные источники.

По данным Министерства здравоохранения РФ, предельно допустимая доза нитратов для взрослого человека в сутки составляет 500 мг, токсичная – 600 мг, для грудного ребенка доза в 10 мг может быть смертельной. Сведения о содержании нитратов в овощах, их распределении по органам и тканям даны в табл. 28, 29.

Соли азотной и азотистой кислот, поглощаемые корнями из почвы, восстанавливаются в растении до аммиака, который используется для синтеза аминокислот и других соединений. Для восстановления нитратов требуется АТФ, образующаяся в процессе окислительного или фотосинтетического фосфорилирования.

При достаточном содержании растворимых углеводов и высокой активности соответствующих ферментов перечисленные биохимические процессы происходят в клетках корня. Однако при неблагоприятных условиях часть нитратов (нередко весьма значительная) может пройти через паренхиму коры корня в неизменном виде. В этом случае нитраты попадают в сосуды ксилемы и поднимаются с восходящим током к листьям, где и происходит их восстановление.

Определение содержания нитратов в соке, отжатом из стеблей, черешков и пластинок листа, позволяет судить о восстановлении нитратов в корнях: чем меньше в них обнаруживается нитрат-ионов, тем активнее происходит этот процесс в клетках корня. Сопоставление содержания нитратов в различных органах растения, например, в черешках, пластинках листа, корнях, дает представление о нитратредуктазной активности этих органов.

Для обнаружения нитратов можно использовать реактив с дифениламиноом, который в присутствии иона NO^- дает синюю окраску. По интенсивности посинения можно судить о количестве нитратов в исследуемом объекте.

Данные табл. 28 позволяют с помощью этого реактива оценить количество нитратов в растении на разных стадиях развития и сделать вывод о необходимости азотной подкормки. Малое количество нитратов в начале вегетации растений означает недостаток азотного питания. Такое же малое

количество их в фазе цветения является нормой и не требует подкормки растений.

У столовой свеклы и редиса необходимо удалять верхнюю и нижнюю части корнеплода. Использовать в пищу редис традиционных круглых сортов, так как в них нитратов значительно меньше, чем у сортов типа «Красный великан». В капусте наибольшее количество нитратов сосредоточено в верхних кроющих листьях и кочерыжке. Кабачки, огурцы и патиссоны накапливают нитраты в кожице и в части, прилегающей к плодоножке. Их необходимо чистить и срезать 2–3 см вместе с плодоножкой.

Таблица 5

Шкала для определения нитратов в срезах и соке растений (по Церлинг)

Балл	Окраска среза или сока	Необходимость в азотных удобрениях	
		в начале вегетации	в фазу цветения
1	2	3	4
0	Нет окраски	Очень сильная (60 кг/га)	Средняя (30 кг/га)
1	Бледно-голубая, быстро исчезает	Сильная (60 кг/га)	Слабая (30 кг/га)
2	Голубая проводящих сосудов	Средняя (30 кг/га)	Не нуждаются
3	Голубая, исчезает через 2–3 мин	Слабая (30 кг/га)	
4	Синяя, сохраняется несколько минут	»	»
5	Темно-синяя, сохраняется некоторое время	Не нуждаются	"
6	Темно-синяя, устойчивая	Избыток нитратов	

В картофеле нитратов накапливается меньше, однако его употребляют чаще других овощей и в большом количестве. Для снижения нитратов в картофеле его следует замачивать на ночь в растворе NaCl.

Оборудование и материал: раствор KNO_3 или NaNO_3 в концентрациях, мг/л: 1000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 100, 50, 10 в небольших склянках; 1%-ный раствор дифениламина в концентрированной H_2SO_4 в капельнице (хранить в темноте на подставке), пинцет, стеклянные палочки, плоские белые фарфоровые тарелки, кусок стекла, фломастер, цветные карандаши, фильтровальная бумага, ножницы, нож, скальпель, бритва, любые дикорастущие растения, произрастающие в разных экологических условиях; культурные растения, выращенные на разных питательных средах, любые овощи, фрукты, зелень.

Ход работы

На белую фарфоровую поверхность тарелки или стеклянной пластинки наносят капли контрольных растворов KNO_3 или NaNO_3 и добавляют одну каплю дифениламина. Заполняют концентрационную шкалу окраски, соответствующую определенному содержанию нитратов (табл. 6).

Таблица 6

Концентрационная шкала окраски на нитраты

Концентрация NaNO_3 , мг/л	Изображение цвета	Описание цвета
1	2	3
10		
50		
100		
200		
300		
300		
400		
500		
600		
700		
800		
900		
1000		

С помощью шкалы (табл. 5) количественно оценивают содержание нитратов в растительном материале, сравнивая цвета шкалы и опытной пробы.

Взятые для исследования плоды, клубни, корнеплоды, луковицы и т.д. раскладывают на столе, отделяют ткани и части органов для анализа. Сок отжимают на поверхность стекла, под которым лежит лист белой бумаги, или на поверхность тарелки с помощью пинцета или стеклянной палочки. Образцы подписывают фломастером. Одновременно острой бритвой делают срезы изучаемой ткани, органа. На срез и выжатую порцию сока

переносят каплю дифениламина. Оценивают количество нитратов согласно данным концентрационной шкалы окраски (см. табл. 5), заносят результаты по их содержанию в табл. 7. Смывая по окончании работы ткани и сок, необходимо помнить о свойствах концентрированной серной кислоты оставлять ожоги при попадании на кожу. В таблицу, оформленную по вышеприведенному образцу, записать результаты анализа тканей и органов исследуемых растений с учетом условий их произрастания.

Таблица 7

Содержание нитратов в растениях

Вид растения	Условия выращивания	Окраска		Количество NO ⁻ , мг/кг		Допустимое количество продукта, г в сутки для человека	Необходимость внесения азотных удобрений до цветения
		среза	сока	в срезе	в соке		

Сделать вывод о возможности употребления этих растений в пищу и о необходимости внесения азотных удобрений в фазе вегетации.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Азотные удобрения, пути поступления в растение.
2. Виды растений – накопителей азота.
3. Пути уменьшения поступления нитратов в растение.

Лабораторная работа № 12. Количественное определение пигментов

Хлорофилл и каротиноиды являются важнейшими компонентами фотосинтетического аппарата листьев. Их содержание зависит от жизнедеятельности организма, его генетической природы. Поэтому оно может быть использовано как физиологический показатель, характеризующий онтогенетические, возрастные и генетические особенности растений. Количество пигментов очень чутко отражает и реакцию растительного организма на условия произрастания. Поэтому при физиологических исследованиях часто возникает необходимость проследить за динамикой хлорофилла и каротиноидов в отдельных органах растения.

Количественный анализ пигментов включает экстракцию их из растительных тканей растворителями, разделение смеси на отдельные компоненты (если этого требуют задачи эксперимента) и фотометрирование.

Содержание пигментов выражают в миллиграммах на единицу сырой или сухой массы (1 г), в процентах сырой (сухой) массы и на единицу площади листьев (дм²).

Цель: провести количественное определение фотосинтетических пигментов в листьях растения.

Оборудование и материал: листья растений, ацетон, 96% этанол кварцевый песок, CaCO_3 , стандартный раствор Гётри, вазелин. Весы, ножницы, ступки с пестиками, мерные колбочки на 25 мл, воронки со стеклянным фильтром № 2, воронки, стеклянные палочки, фотоэлектроколориметр ФЭК-56М, спектрофотометр СФ-26, насос.

Приготовление раствора Гётри. В мерную колбу на 100 мл наливают 28,5 мл 1%-ного раствора $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 50 мл 2%-ного раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и 10 мл 2 н раствора NH_4OH ; доливают дистиллированной водой до метки и тщательно взбалтывают.

Ход работы

Получение ацетоновой вытяжки. Навеску листьев определенного яруса (0,1–0,15 г) помещают в фарфоровую ступку, добавляют немного углекислого кальция, промытого кварцевого песка и растирают с 2–3 мл 85%-ного ацетона. К растертой массе добавляют 4–5 мл ацетона и снова растирают в течение нескольких минут. После отстаивания раствора нижнюю сторону носика ступки слегка смазывают вазелином, экстракт осторожно сливают по палочке в воронку со стеклянным фильтром № 2 и отсасывают насосом. Перед перенесением вытяжки воронку вставляют с помощью каучуковой пробки в колбу Бунзена (или градуированную вакуумную пробирку), которую соединяют с насосом. Экстракцию небольшими порциями чистого растворителя повторяют до тех пор, пока пигменты не будут полностью извлечены. Затем фильтрат переносят с помощью сухой стеклянной воронки в мерную колбочку на 25 мл. Колбу Бунзена дважды ополаскивают небольшой порцией ацетона, сливая каждый раз жидкость в мерную колбочку. Далее содержимое колбочки доводят растворителем до метки, закрывают каучуковой пробкой, тщательно взбалтывают и используют для определения концентрации. При освещении может произойти фотоокисление хлорофилла. Хранят вытяжку в темном и холодном месте.

Определение концентрации хлорофилла и каротиноидов на спектрофотометре СФ-26. Спектрофотометрический анализ является наиболее точным количественным методом определения пигментов листа. Как и на фотоэлектроколориметре, концентрация пигментов определяется на спектрофотометре по оптической плотности. Однако в отличие от первого он позволяет проводить анализ смеси веществ с близкими максимумами поглощения, что достигается за счет использования монохроматора, вследствие чего удается установить содержание хлорофиллов и каротиноидов в вытяжке без предварительного их разделения. Для этого измеряют оптическую плотность экстракта на спектрофотометре при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения хлорофилла *a* и *b* в красной области спектра и при длине волны абсорбционного максимума каротиноидов. Надо помнить при этом, что положение максимума поглощения несколько меняется в зависимости от используемого растворителя.

Концентрацию пигментов рассчитывают по следующим уравнениям.

Для 100%-ного ацетона (по Хольму–Веттштейну):

$$\text{Схл.а} = 9,784 \cdot D_{662} - 0,990 \cdot D_{644},$$

$$\text{Схл.б} = 21,426 \cdot D_{644} - 4,650 \cdot D_{662},$$

$$\begin{aligned} \text{Схл.а} + \text{хл.б} &= 5,134 \cdot D_{662} + 20,436 \cdot D_{644}, \\ \text{Скар.} &= 4,695 D_{440,5} - 0,268 \cdot \text{Схл.а} + \text{хл.б}. \end{aligned}$$

Для 96%-ного этанола:

$$\text{Схл.а} = 13,70 \cdot D_{665} - 5,76 \cdot D_{649},$$

$$\text{Схл.б} = 25,80 \cdot D_{649} - 7,60 \cdot D_{665},$$

$$\text{Схл.а} + \text{хл.б} = 6,10 \cdot D_{665} + 20,04 \cdot D_{649} = 25,1 \cdot D_{654}.$$

В приведенных уравнениях Схл.а, Схл.б, СХл.а + хл.б и Скар. – концентрации хлорофилла а, б, их суммы и каротиноидов в миллиграммах на 1 л; D – экспериментально полученные величины оптической плотности при соответствующих длинах волн.

Результаты записывают в табл. 8, 9.

Таблица 8

Данные для расчета С хлорофилла и каротиноидов

Варианты опыта	Навеска листьев, мг	Объем вытяжки, мл	Величины оптической плотности		
			D ₆₆₃	D ₆₄₄	D _{432,5}

Таблица 9

Концентрация хлорофилла и каротиноидов

Варианты опыта	Концентрация (с) пигментов в вытяжке, мг/л				Содержание пигментов, % на массу сырых листьев			
	хл. а	хл. в	хл. а+ хл. б	каротиноиды	хл. а	хл. б	хл. а+ хл. б	каротиноиды

Концентрацию пигментов рассчитывают по уравнению Реббелена. Определив концентрацию пигмента, находят его содержание в опытном материале по той же формуле, что и в предыдущей работе.

Содержание хлорофилла в листьях растений составляет в среднем около 0,3% на сырую массу (0,1–0,7%). При расчете на 1 дм² листовой поверхности количество хлорофилла варьирует в пределах 0,7–8 мг. Каротиноидов примерно в 3–8 раз меньше, чем хлорофилла.

Сделать вывод о содержании фотосинтетических пигментов в растениях.

Вопросы для подготовки к занятию

1. Светочувствительные пигменты растения, их классификация, диапазон поглощаемого излучения.
2. Причины почернения листьев растений при выпадении кислотных дождей.

СПИСОК РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Примечание: растения, если не указано особо, необходимы как в свежем или фиксированном виде, так и в виде гербарных образцов.

- Phleum pratense L. (Тимофеевка луговая)
Dactylis glomerata L. (Ежа сборная)
Geranium pratense L. (Герань луговая) – свежие или фиксированные
Trifolium pratense L. (Клевер луговой) – свежие или фиксированные
Aegopodium podagraria L.
Hepatica nobilis Mill. (Печеночница благородная)
Rubus caesius L. (Ежевика) – гербарные образцы
Rubus idaeus L. (Малина) – гербарные образцы
Calamagrostis epigejos L. (Вейник наземный) – гербарные образцы
Trifolium montanum (Клевер горный) – гербарные образцы
Stipa pennata L. (Ковыль перистый) – гербарные образцы
Euphorbia sp (Молочай)
Sempervivum caucasicum Rupr. ex Boiss. – гербарные образцы
Sedum acre L. (Очиток едкий)
Empetrum nigrum L. – гербарные образцы
Betula папа L. (Береза карликовая) – гербарные образцы
Ledum palustre L. (Багульник болотный)
Andromeda polifolia L. (Подбел обыкновенный) – гербарные образцы
Vaccinium oxycoccos L. (Клюква болотная)
Juncus sp. (Ситник)
Cyperus alternifolius L. (Сыть очерёднолистная)
Scirpus lacustris L. (Камыш озёрный) – гербарные образцы
Elodea canadensis Michx. (Элодея канадская)
Myriophyllum spicatum L. (Уруть колосистая) – гербарные образцы
Potamogeton perfoliatus L. (Рдест пронзеннолистный) – гербарные образцы
Hippuris vulgaris L. (Хвостник обыкновенный, водяная сосенка) – гербарные образцы
Nuphar lutea (L.) Smith (Кубышка желтая)
Oxalis acetosella L. (Кислица обыкновенная)
Maianthemum bifolium (L.) F.W.Schmidt (Майник двулистный)
Lactuca serriola L. (Латук компасный)
Nerium oleander L. (Олеандр обыкновенный) – гербарные образцы
Anemone sp. (Ветреница)
Corydalis sp. (Хохлатка)
Syringa vulgaris L. (Сирень обыкновенная) (листья из центра куста и периферии, свежие или фиксированные)
Salicomia europaea L. (Солерос европейский) – гербарные образцы
Tamarix sp. (Тамариск) – гербарные образцы
Limonium sp. (Лимониум) – гербарные образцы
Anabasis salsa (C.A. Mey.) Benth. ex Volkens (Ежовник солончаковый) – гербарные образцы
Linaria cretacea Fisch. ex Spreng. (Льнянка меловая) – гербарные образцы
Aristida karelini (Trin. et Rupr.) (Аристида Карелина) – гербарные образцы

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Горышина Т.К. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1979. – 368 с.
2. Двораковский И.М. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1983. – 190 с.
3. Культасов М.С. Экология растений. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 382 с.
4. Лархер В. Экология растений. – М.: Мир, 1978. – 384 с.
5. Барыкина Р.П., Чубатова Н.В. Большой практикум по ботанике. Экологическая анатомия цветковых растений. Учебно-методическое пособие. М.: Т-во научных изданий КМК, 2005. – 77 с.
6. Практикум по физиологии растений. Учебное пособие / под ред. В.Б. Иванова. – М.: Изд-во «Академия», 2011. – 144 с.

Дополнительная

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции, сообщества / пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – Т. 1–2.
2. Гиляров А.М. Популяционная экология. – М.: МГУ, 1990. – 190 с.
3. Кокин К.А. Экология высших водных растений. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982.
4. Лемеза Н.А. Тесты и лабораторные работы по экологии – Минск: ЧУП «Изд-во Юнипресс», 2005. – 256 с.
5. Майснер А.А. Жизнь растений в неблагоприятных условиях. – Минск: Вышэйшая школа, 1981.
6. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде / пер. с англ. – М.: Прогресс-Пангея, 1993. – Т. 1. – 250 с.
7. Одум Ю. Экология: в 2 т. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1986.
8. Сергейчик С.А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде. – Минск: Навука і тэхніка, 1994. – 279 с.
9. Сергейчик С.А. Растения и экология. – Минск: Ураджай, 1997. – 224 с.
10. Сергейчик С.А., Сергейчик А.А., Сидорович Е.А. Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде. – Минск: Беларус. навука, 1998. – 149 с.
11. Чернова Н.М. Лабораторный практикум по экологии. – М.: Просвещение, 1986. – 96 с.
12. Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что сделать? Учебное пособие / под ред. В.И. Данилова-Данильяна. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. – 332 с.
13. Федорук А.Т. Ботаническая география. Полевая практика. – Минск: Изд-во БГУ, 1976. – 224 с.
14. Сяборова С.Ф., Марченко Э.А., Мержвинский Л.М. Строение и жизнь растений. Учебное пособие. – Витебск.: Изд-во ВГУ, 2000. – 207 с.
15. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов. Биохимические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – 154 с.
16. Викторов Д.П. Малый практикум по физиологии растений. – М., 1983. – 35 с.
17. Клейн Р.М., Клейн Д.Т. Методы исследования растений. – М., 1974. – 142 с.
18. Шандрикова Л.Н., Марченко Э.А., Кузнецова Е.И. Методические рекомендации по физиологии растений. – Витебск.: Изд-во ВГУ, 2001. – 45 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ И МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ	4
1.1. Экологические типы наземных растений по отношению к воде	4
Лабораторная работа № 1. Анатомио-морфологические особенности мезофитов	4
Лабораторная работа № 2. Анатомио-морфологические особенности ксерофитов	6
Лабораторная работа № 3. Анатомио-морфологические особенности гигрофитов	10
1.2. Свет как экологический фактор	16
Лабораторная работа № 4. Влияние интенсивности света на внутреннюю структуру листовой пластинки	16
1.3. Эдафические факторы среды	21
Лабораторная работа № 5. Влияние химизма и гранулометрического состава почвы на анатомическую и морфологическую структуру растения	21
РАЗДЕЛ 2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ	26
Лабораторная работа № 6. Диагностика заболеваний растений при голодании по элементам минерального питания	26
Лабораторная работа № 7. Определение устойчивости тканей листьев растений к высоким температурам	28
Лабораторная работа № 8. Определение солеустойчивости злаков по всхожести их семян	29
Лабораторная работа № 9. Защитное действие криопротекторов на клетки растений при их замораживании	30
Лабораторная работа № 10. Обнаружение тяжелых металлов в растениях гистохимическим методом	32
Лабораторная работа № 11. Обнаружение нитратов в растениях ..	34
Лабораторная работа № 12. Количественное определение пигментов	37
СПИСОК РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ	40
ЛИТЕРАТУРА	41

Учебное издание

ШАНДРИКОВА Людмила Николаевна

КОЦУР Владимир Михайлович

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Методические рекомендации

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Корректор

Ф.И. Сивко

Компьютерный дизайн

Е.В. Крайло

Подписано в печать

. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 2,49. Уч.-изд. л. 2,01. Тираж 110 экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования

«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

ЛИ № 02330 / 0494385 от 16.03.2009.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.