

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Майкопский государственный технологический университет»

# **Биология декоративных растений**

## **УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Майкоп - 2020

УДК 635.9(07)  
ББК 42.374  
Б 63

Печатается по решению научно-технического совета  
Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Майкопский государственный технологический университет»

Рецензенты:

доктор биолог. наук, профессор Псеунок А.А.,  
кандидат биолог. наук, доцент Кулова Д.Д.

Составители:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Шехмирзова М.Д.,  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Бжецева Н.Р.,  
старший преподаватель Тюльпарова С.М.

Учебное пособие содержит теоретический материал и описание лабораторных работ по основным разделам курса дисциплины: физиологии клетки, водному балансу, фотосинтезу, дыханию, росту растений, минеральному питанию и их устойчивости к экстремальным воздействиям окружающей среды. Даются вводные пояснения к каждому разделу, методика их выполнения и задания.

Пособие предназначено для студентов экологического факультета, изучающих данный курс, проведения факультативных занятий, научных семинаров.

© Шехмирзова М.Д.,  
Бжецева Н.Р.,  
Тюльпарова С.М.,  
ФГБОУ ВО «МГТУ», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Раздел 1. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ (по В.Б. Иванову, И.В. Плотниковой, Е.А. Живухиной).....	4
Раздел 2. ФИЗИОЛОГИЯ КЛЕТКИ .....	8
Раздел 3. ВОДНЫЙ ОБМЕН. РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА КАК ОСМОТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА .....	22
Раздел 4. ФОТОСИНТЕЗ.....	33
Раздел 5. ДЫХАНИЕ .....	42
Раздел 6. РОСТ РАСТЕНИЙ .....	46
Раздел 7. МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ.....	62
Раздел 8. УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ к НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ .....	71
Тестовые работы.....	76
Литература .....	87

## **ВВЕДЕНИЕ**

Физиология растений - это наука о жизнедеятельности растений, о процессах происходящих в них, о закономерностях, с которыми они совершаются.

Предметом физиологии растений является изучение отдельных функций растений и микроорганизмов: выяснение физико-химических процессов, лежащих в их основе; определение значения каждой из них для организма в целом, установление взаимной связи функций и их зависимости от внешних и внутренних условий.

Данное учебно-методическое пособие содержит лабораторные работы, которые позволят составить представление о физиологических процессах в растительном организме и методах их исследования. Пособие составлено в соответствии с программой Государственного образовательного стандарта теоретического курса физиологии растений. Предназначено для студентов экологического факультета очной и заочной формы обучения, изучающих данную дисциплину.

Главная цель настоящего учебно-методического пособия приобщение студентов к самостоятельной учебно-исследовательской работе, а также к овладению экспериментальными и методическими основами выполнения опытов по физиологии растений.

Предлагаемые работы по основным разделам курса физиологии растений будут содействовать лучшему и более глубокому усвоению студентами учебного материала в целом и развитию у них творческих навыков.

### **Раздел 1. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**(по В.Б. Иванову, И.В. Плотниковой, Е.А. Живухиной)**

В данном разделе представлены наиболее часто применяемые в работах практикума отдельные методы измерений, уточняются понятия проба, вариант, повторность и др.

#### **1.1. Однородность пробы**

Проводить опыты, измерения, расчеты и статистическую обработку целесообразнее, если используемые пробы в основном однородны. Методы достижения такой однородности очень разнообразны, например, выращивание большого количества растений, необходимых для опыта. Как правило, повторность при этом составляет 100 - 200 семян. Повторностей потребуется меньше, если просеять пробу семян через сито. В любом случае ошибка не должна превышать 1 - 2 %.

Кроме того, для успешного планирования, физиологических опытов необходимо знание анатомии растений. Даже в культурах тканей имеются

нетипичные сосудистые элементы, которые ведут себя иначе, чем основная масса тканей.

Для приготовления одинаковых срезов следует пользоваться новыми лезвиями для безопасной бритвы, так как ножницы или даже скальпель в значительной степени повреждают ткани. По возможности следует использовать прочное режущее приспособление с двумя или многими лезвиями. Лезвия можно закрепить на одинаковом расстоянии друг от друга в полной металлической трубке, на деревянном или пластиковом бруске или ластике. Прекрасную панель для нарезания представляет собой кусок парафина, так как на нем не тупятся лезвия. Царапины от срезов на парафине можно быстро устранить теплым (но не горячим) столовым ножом или шпателем.

### **1.2. Выращивание проростков растений**

Для опытов желательно отбирать сходные по виду и массе семена определенного сорта с известными сроками сбора урожая и всхожестью. Семена перед проращиванием необходимо простерилизовать, чтобы предохранить проростки от инфекции. С этой целью используют 1 %-ный раствор перманганата калия или слабый раствор формалина (1 мл на 300 мл воды) и др. После стерилизации семена отмывают водой и проращивают. Простерилизовать семена можно также облучением их ультрафиолетовым светом в течение 30 мин. Проращивание семян в чашках Петри - самый простой, доступный и используемый метод. На ее дно укладывают соответствующего диаметра фильтровальную бумагу и равномерно распределяют семена - от 7 до 100 штук. С наружной стороны нижней чашки фломастером обозначают вариант опыта. Затем пипеткой вносят 10 мл раствора, закрывают крышкой, под которую также укладывают влажную фильтровальную бумагу для создания большей влажности, и ставят в термостат при 26 °С. Большое количество проростков выращивают подобным же образом в кюветах, закрывая их крышками или стеклом.

Метод «тряпичной куклы» удобен для выращивания проростков в течение более продолжительного времени и до стадии зеленения листьев. На столе раскладывают полиэтиленовую пленку шириной 10-15 см, на нее укладывают фильтровальную бумагу, частую ткань или салфетки и смачивают ее водой. На подложку с расстоянием 1,0-1,5 см друг от друга в несколько рядов раскладывают семена. Пленку вместе с подложкой и семенами скатывают в рулон, перевязывают бечевкой или скрепляют крутой резинкой и помещают в стакан, наполненный на 1/3-1/4 водой. Стакан ставят в термостат с температурой 26 °С. Через определенное время проростки снимают с подложки и используют в опыте.

### 1.3. Варианты и повторности

От целей исследования зависит количество вариантов опыта. Каждый вариант отличается от другого только одним параметром. Например, при изучении зависимости интенсивности фотосинтеза от освещенности меняться должен только один параметр - освещенность; все остальные - температура окружающей среды, влажность, минеральное питание и т.д. - должны быть абсолютно одинаковыми. Каждый вариант опыта имеет несколько повторностей от 2 до 100 и более. При выполнении лабораторной работы в связи с ограниченностью во времени число повторностей невелико (2 - 3). При выполнении самостоятельной, курсовой, дипломной работ число повторностей в опыте и число опытов должно быть значительно больше, чтобы результат был достовернее.

### 1.4. Измерение длины и площади

При измерении длины корней или побегов или длины и ширины листьев, как правило, надо нанести на исследуемый орган метки на определенном расстоянии.

Существует ряд методов измерения площади поверхности растения, причем все они имеют одинаковый уровень точности. Для определения площади листа можно использовать весовой метод. Он достаточно прост. В этом случае из бумаги вырезают контур листовой пластинки и взвешивают на торсионных или аналитических весах. Из такой же бумаги вырезают три квадрата с определенной площадью, например 100 см (10x10см). Затем квадраты взвешивают и вычисляют среднюю массу одного квадрата. Площадь исследуемого листа находят по формуле:

$$S = (aC)/b,$$

где  $a$  - масса контура листа, мг;  $b$  - средняя масса квадрата бумаги, мг,  $C$  - площадь квадрата бумаги, см<sup>2</sup>.

*Метод высечек* наиболее доступный и продуктивный, что делает его особенно ценным в полевых опытах. Отбирают среднюю пробу растений, быстро срезают листья и определяют их массу. Затем из каждого листа сверлом определенного диаметра выбивают несколько высечек, объединяют вместе и устанавливают массу. Диаметр сверла выбирают в зависимости от размеров листовой пластинки и ее поверхностной плотности. Площадь листьев определяют по формуле

$$S = (aC)/b,$$

где  $a$  - общая масса сырых листьев, г;  $b$  - общая масса сырых высечек, г;  $C$  - общая площадь высечек, см<sup>2</sup>.

Недостатком метода является относительно невысокая точность. Точные очертания контура быстро получают, обрызгав краской из пульверизатора

лист бумаги с прижатым к нему объектом измерения. Если исследуемый объект симметричен, его очертания можно определить с помощью планиметра.

### **1.5. Определение массы**

В эксперименте проводят определение «сырой» и «сухой» массы. Ткани сначала слегка просушивают фильтровальной бумагой, чтобы удалить воду с поверхности, и затем сразу же взвешивают. Поскольку вегетативные части растения по меньшей мере на 90 % состоят из воды, данные о массе сырого вещества отражают в основном содержание свободной воды в тканях. Масса сырого вещества может сильно изменяться независимо от фактического роста и увеличения биомассы, например в результате увядания, высокой тургесцентности и т.д. Изменения в содержании воды можно устранить путем отбора проб в строго определенное время суток при одних и тех же условиях. Для стандартизации условий полезно поливать растения за 3 - 5 ч до сбора образцов. Результаты рассчитывают в граммах (масса сырого вещества одного растения или органа, например, лист, плод и т.д.).

При определении массы сухого вещества критическим моментом является способ сушки тканей. При слишком низких температурах нельзя полностью удалить всю воду, сушка отнимает слишком много времени и может способствовать росту микроорганизмов. При слишком высоких температурах можно обуглить ткани. Лучше всего использовать сушильный шкаф под вакуумом с температурой 60 - 70°C или с принудительной тягой с температурой порядка 90-105°C. Следует убедиться, что вода удаляется полностью. Сушку рекомендуется проводить в течение 18-24 ч; если есть сомнения по поводу степени высушивания пробы, ее следует взвесить, а затем снова на некоторое время поместить в сушильный шкаф. Это называется доведением до постоянной массы. Результаты подсчитывают так же, как и для массы на сырое вещество. Можно пользоваться также и биохимическими критериями и вести расчеты на общее содержание азота или белка в одном растении, органе или на единицу массы.

### **1.6. Инфильтрация тканей**

Инфильтрация тканей это заполнение межклетников жидкостью.

Инфильтрацию можно проводить с помощью пластикового медицинского шприца. При этом высечки из тканей растений (пластинка листа, срезы стебля и т.д.) помещают в баллон шприца в воду или в вещество, которое надо закачать в межклетники. Отверстие канюли закрывают указательным пальцем, наливают воду на 2/3 объема, закладывают высечки и вставляют поршень. Затем перевертывают шприц канюлей вверх и, убрав палец, выгоняют из баллона воздух, вдвигая поршень. После этого, плотно закрыв пальцем отверстие канюли, оттягивают поршень вниз, в результате чего в

баллоне понижается давление. Поскольку высечки должны быть погружены в воду, шприц резко встряхивают, одновременно отнимая палец от канюли. Давление в баллоне шприца резко повышается, и в межклетники высечек, погруженных в воду, загоняется вода - происходит инфильтрация. Повторяя операцию несколько раз, можно добиться полной инфильтрации. Это легко обнаружить по потемнению ткани высечек и по их однородному просвечиванию на свету.

Инфильтрованные высечки опускаются на дно. Иногда этого не происходит из-за образовавшихся пузырьков газа на поверхности высечек. Пузырьки легко удалить кисточкой или стеклянной палочкой.

### **1.7. Образец статистической обработки результатов опыта (по Э.Ф. Шабельской, А.Н. Санько)**

В некоторых опытах для определения достоверности различий между вариантами необходимо провести статистическую обработку результатов. Наиболее простым способом такой обработки является определение величины среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ). Знание ее позволяет установить пределы возможных вариаций средних арифметических двух сравниваемых групп (вариантов):

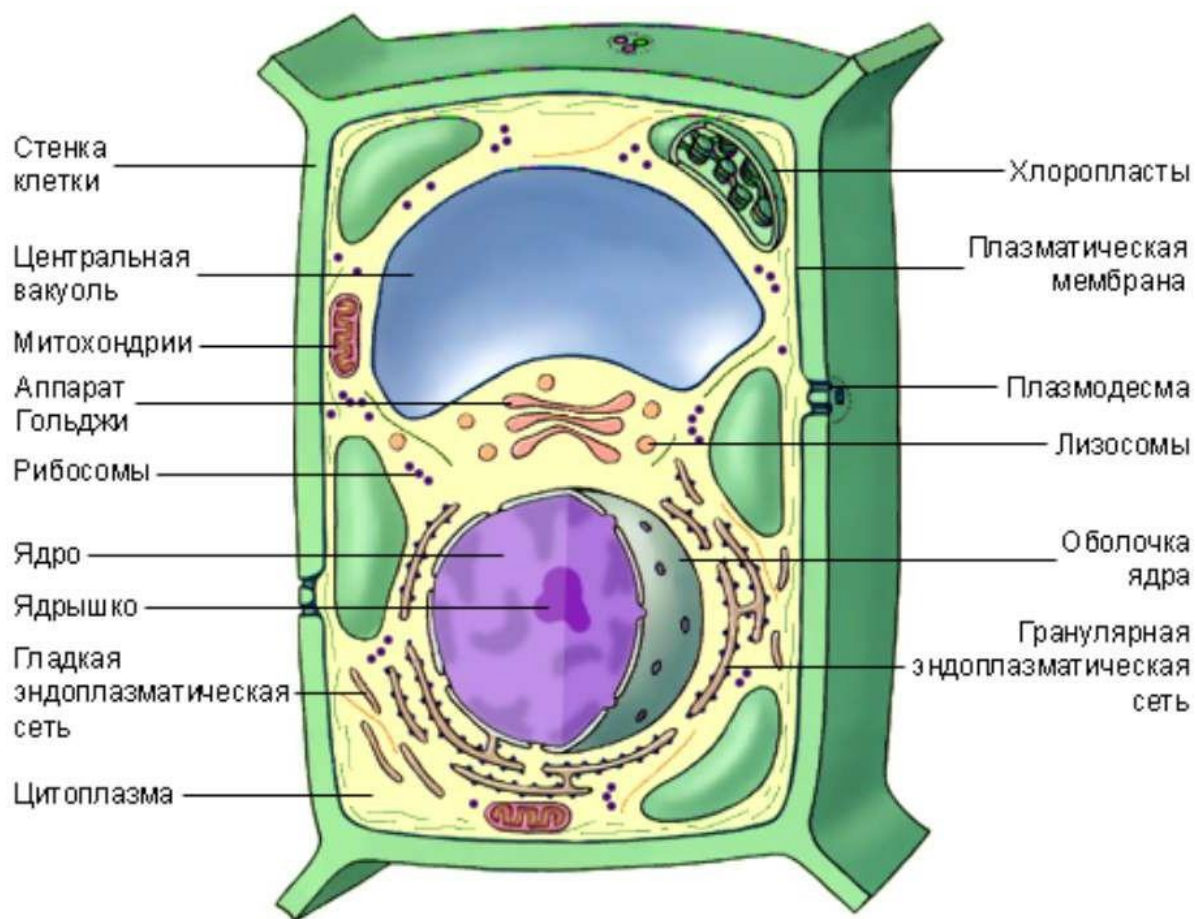
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_{ij} - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

где  $n$  - объем выборки, т. е. число повторностей в варианте;  $n - 1$  - число степеней свободы (обозначается также буквами  $df$ );  $X_i$  - значения каждой повторности;  $\bar{X}$  - среднее арифметическое варианта;  $\sum (X_i - \bar{X})^2$  - сумма квадратов отклонений.

## **Раздел 2. ФИЗИОЛОГИЯ КЛЕТКИ**

**Вводные пояснения.** Движение цитоплазмы - характерная особенность живой растительной клетки, показатель активности процессов ее жизнедеятельности. Наиболее удобны для наблюдения за перемещением клеточных органелл крупные клетки с большими вакуолями (рис. 1). Различают движение цитоплазмы спонтанное, постоянное и индуцированное внешними факторами - изменением освещенности, температуры, химическими веществами, механическими воздействиями и т. п. Движение цитоплазмы - один из наиболее чувствительных показателей жизнеспособности клетки. Многие даже незначительные воздействия останавливают или, наоборот, ускоряют его, также обеспечивает внутриклеточный и межклеточный транспорт веществ, перемещение органелл внутри клетки. Источником энергии этого движения служит АТФ.





**Рис. 1. Схема строения растительной клетки**

**Таблица 1. Строение клетки. Структурная система цитоплазмы.**

Органоиды	Строение	Функции
Наружная клеточная мембрана	Ультрамикроскопическая пленка, состоящая из двух мономолекулярных слоев белка и расположенного между ними бимолекулярного слоя липидов. Цельность липидного слоя может прерываться белковыми молекулами - "порами".	Изолирует клетку от окружающей среды, обладает избирательной проницаемостью, регулирует процесс поступления веществ в клетку; обеспечивает обмен веществ и энергии с внешней средой, способствует соединению клеток в ткани, участвует в пиноцитозе и фагоцитозе; регулирует водный баланс клетки и выводит из нее конечные продукты жизнедеятельности.
Эндоплазматическая сеть (ЭПС)	Ультрамикроскопическая система мембран, образующих трубочки, каналы,	Обеспечивает транспорт веществ как внутри клетки, так и между соседними

	цистерны, пузырьки. Строение мембран универсальное (как и наружной), вся сеть объединена в единое целое с наружной мембраной ядерной оболочки и наружной клеточной мембраной. Гранулярная ЭПС несет рибосомы, гладкая - лишена их	клетками. Делит клетку на отдельные секции, в которых одновременно происходят различные физиологические процессы и химические реакции. Гранулярная ЭПС участвует в синтезе белка. В каналах ЭПС образуются сложные молекулы белка, синтезируются жиры, транспортируется АТФ.
Рибосомы	Ультрамикроскопические органеллы округлой или грибовидной формы, состоящие из двух частей - субъединиц. Они не имеют мембранного строения и состоят из белка и рРНК. Субъединицы образуются в ядрышке. Объединяются вдоль молекулы иРНК в цепочки - полирибосомы - в цитоплазме	Универсальные органеллы всех клеток животных и растений. Находятся в цитоплазме в свободном состоянии или на мембранах ЭПС; кроме того, содержатся в митохондриях и хлоропластах. В рибосомах синтезируются белки по принципу матричного синтеза; образуется полипептидная цепочка - первичная структура молекулы белка.
Митохондрии	Микроскопические органеллы, имеющие двухмембранное строение. Внешняя мембрана гладкая, внутренняя - образует различной формы выросты - кристы. В матриксе митохондрии (полужидком веществе) находятся ферменты, рибосомы, ДНК, РНК	Универсальная органелла, являющаяся дыхательным и энергетическим центром. В процессе кислородного (окислительного) этапа диссимиляции в матриксе с помощью ферментов происходит расщепление органических веществ с освобождением энергии, которая идет на синтез АТФ (на кристах)
Лейкопласты	Микроскопические органеллы, имеющие двухмембранное строение. Внутренняя мембрана образует 2-3 выроста. Форма округлая. Бесцветны	Характерны для растительных клеток. Служат местом отложения запасных питательных веществ, главным образом крахмальных зерен. На свету их строение усложняется и они преобразуются в хлоропласты. Образуются из пропластид.
Хлоропласты	Микроскопические органеллы, имеющие двухмембранное строение. Наружная мембрана гладкая. Внутренняя мембрана образует систему двухслойных пластин - тилакоидов стромы и	Характерны для растительных клеток. Органеллы фотосинтеза, способные создавать из неорганических веществ ( $\text{CO}_2$ и $\text{H}_2\text{O}$ ) при наличии

	тилакоидов гран. В мембранах тилакоидов гран между слоями молекул белков и липидов сосредоточены пигменты - хлорофилл и каротиноиды. В белково-липидном матриксе находятся собственные рибосомы. ДНК, РНК. Форма хлоропластов чечевицеобразная. Окраска зеленая. <sup>1</sup>	световой энергии и пигмента хлорофилла органические вещества - углеводы и свободный кислород. Синтез собственных белков. Могут образоваться из пропластид или лейкопластов, а осенью перейти в хромопласты (красные и оранжевые плоды, красные и желтые листья)
Хромопласты	Микроскопические органеллы, имеющие двухмембранное строение. Собственно хромопласты имеют шаровидную форму, а образовавшиеся из хлоропластов принимают форму кристаллов каротиноидов, типичную для данного вида растения. Окраска красная, оранжевая, желтая	Характерны для растительных клеток. Придают лепесткам цветков окраску, привлекательную для насекомых-опылителей. В осенних листьях и зрелых плодах, отделяющихся от растения, содержатся кристаллические каротиноиды - конечные продукты обмена

**Таблица 2. Структурная система ядра**

Ядерная оболочка	Двухслойная, пористая. Наружная мембрана переходит в ЭПС. Свойственна всем животным и растениям, кроме бактерий и сине-зеленых водорослей, которые не имеют ядра.	Отделяет ядро от цитоплазмы. Регулирует транспорт веществ из ядра в цитоплазму, а из цитоплазмы в ядро (белки, жиры, углеводы, АТФ, вода, ионы).
Хромосомы	В интерфазной клетке хроматид имеет вид мелкозернистых нитевидных структур, состоящих из молекул ДНК и белковой (нуклеопротеидной) обкладки. В делящихся клетках хроматиновые структуры спирализуются и образуют хромосомы. Хромосома состоит из двух хроматид и после деления ядра становится однохроматидной. К началу следующего деления у каждой хромосомы достраивается вторая хроматида.	Хроматиновые структуры – носители ДНК. ДНК состоит из участков-генов, несущих наследственную информацию и передающихся от предков к потомкам через половые клетки. Совокупность хромосом, а следовательно и генов, половых клеток родителей передается детям, что обеспечивает устойчивость признаков характерным для данной популяции, вида.

	Хромосомы имеют первичную перетяжку, на которой расположена центромера, перетяжка делит хромосому на два плеча одинаковой или разной длины. У ядрышковых хромосом есть вторичная перетяжка.	В хромосомах синтезируется ДНК, РНК, что служит необходимым фактором передачи наследственной информации при делении клеток и построении молекул белка.
Ядерный сок	Полужидкое вещество, представляющее коллоидный раствор белков, нуклеиновых кислот, углеводов, минеральных солей. Реакция кислая.	Участвует в транспорте веществ и ядерных структур, заполняет пространство между ядерными структурами, во время деления клеток смешивается с цитоплазмой.

## Лабораторная работа 2.1

### ДВИЖЕНИЕ ЦИТОПЛАЗМЫ

**Цель работы:** ознакомиться с методами обнаружения движения цитоплазмы.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, настольная лампа, термостат на 35 и 40 °С, предметные и покровные стекла, секундомер, пинцет, препаровальная игла, фильтровальная бумага, этанол.

**Растения:** элодея, валлиснерия, нигелла или хара (рис. 2 а, б, в), цветки традесканции с опушенными тычиночными нитями.

#### **Методика выполнения.**

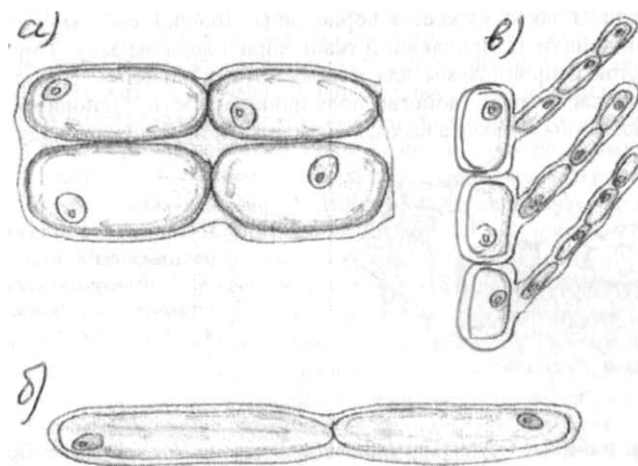
**Элодея.** Оторвать лист вблизи верхушки побега и положить его в каплю воды, взятой из сосуда с элодеей. Готовый препарат накрыть покровным стеклом и рассматривать сначала при мним, затем при большом увеличении. Лист элодеи состоит только из двух слоев клеток, и каждый слой легко просматривается под микроскопом. Обрывание листа вызывает в его клетках движение цитоплазмы, которое легко наблюдать по перемещению всех хлоропластов в одном направлении вдоль клеточной стенки. Такое движение называется ротационным. В двух соседних клетках оно может происходить в разных направлениях - по часовой стрелке и против нее. Наиболее интенсивное движение можно увидеть в длинных узких клетках средней жилки листа. У растений, находившихся перед исследованием при слабом освещении или в темноте, движения хлоропластов обычно не наблюдается. Неподвижные хлоропласты располагаются под клеточными стенками параллельно поверхности листовой пластинки. Но если препарат выдержать несколько минут, не снимая со столика микроскопа, при освещении, то движение появляется. Хлоропласты начинают двигаться

сначала медленно, затем быстрее и занимают положение вдоль боковых клеточных стенок, расположенных перпендикулярно поверхности пластинки листа. Движение цитоплазмы в клетках элодеи можно обнаружить также по перемещению более мелких, чем хлоропласты, органелл - мелких бесцветных «зернышек», взвешенных в цитоплазме. Их перемещение легче всего обнаружить в краевых клетках листовой пластинки, они легче просматриваются. В этих клетках значительно меньше хлоропластов или они отсутствуют.

**Валлиснерия.** Такое же движение цитоплазмы, как и в клетках элодеи можно наблюдать в клетках листа водного растения валлиснерии. Для этого от листовой пластинки следует острой «бритвой отрезать небольшой кусочек, поместить его в каплю воды и рассмотреть под микроскопом (рис. 2а).

**Нителла или хара.** У всех харовых водорослей, характеризующихся крупными клетками до 30-40 мм длиной, обычно наблюдается очень быстрое движение цитоплазмы. Хроматофоры, которые по величине и форме очень похожи на хлоропласты высших растений, в этих клетках неподвижны. Для наблюдения лучше всего брать кусочек водоросли с цельной мутовкой во избежание повреждения отдельных клеток. У нителлы каждая веточка мутовки образована одной клеткой. У хары каждая веточка образована пучком клеток, и только конец веточки заканчивается единичной клеткой, в которой наблюдается движение цитоплазмы (рис. 2б). Его интенсивное движение можно обнаружить по перемещению отдельных оторвавшихся хроматофоров, а также ядер и других органелл. С одной стороны от индифферентной зоны эндоплазма течет в одну сторону, а с другой - в противоположную. Движение цитоплазмы у нигеллы и хары можно наблюдать при малом увеличении микроскопа и даже под лупой.

**Волоски тычиночных нитей традесканции.** Из цветка или из еще не раскрывшегося бутона осторожно вынуть одну тычинку, отделить от нее пыльник, а нить с волосками положить на предметное стекло в каплю воды; накрыть покровным стеклом, стараясь не раздавить волоски. Препарат рассматривают сначала при малом, потом при большом увеличении микроскопа с объективом 40 (рис. 2в). Каждый волосок представляет собой цепочку клеток. Внутри всякой живой неповрежденной клетки происходит постоянное движение цитоплазмы, которое обнаруживается по перемещению мелких органелл в одном направлении. В поврежденных клетках движения нет и цитоплазма представлена в виде сгустков



**Рис. 2.** а) движение цитоплазмы (ротационное движение) у валлиснерии; б) движение цитоплазмы (индифферентная тона) у харовых водорослей; в) движение цитоплазмы у традесканции. *Стрелками показано движение цитоплазмы*

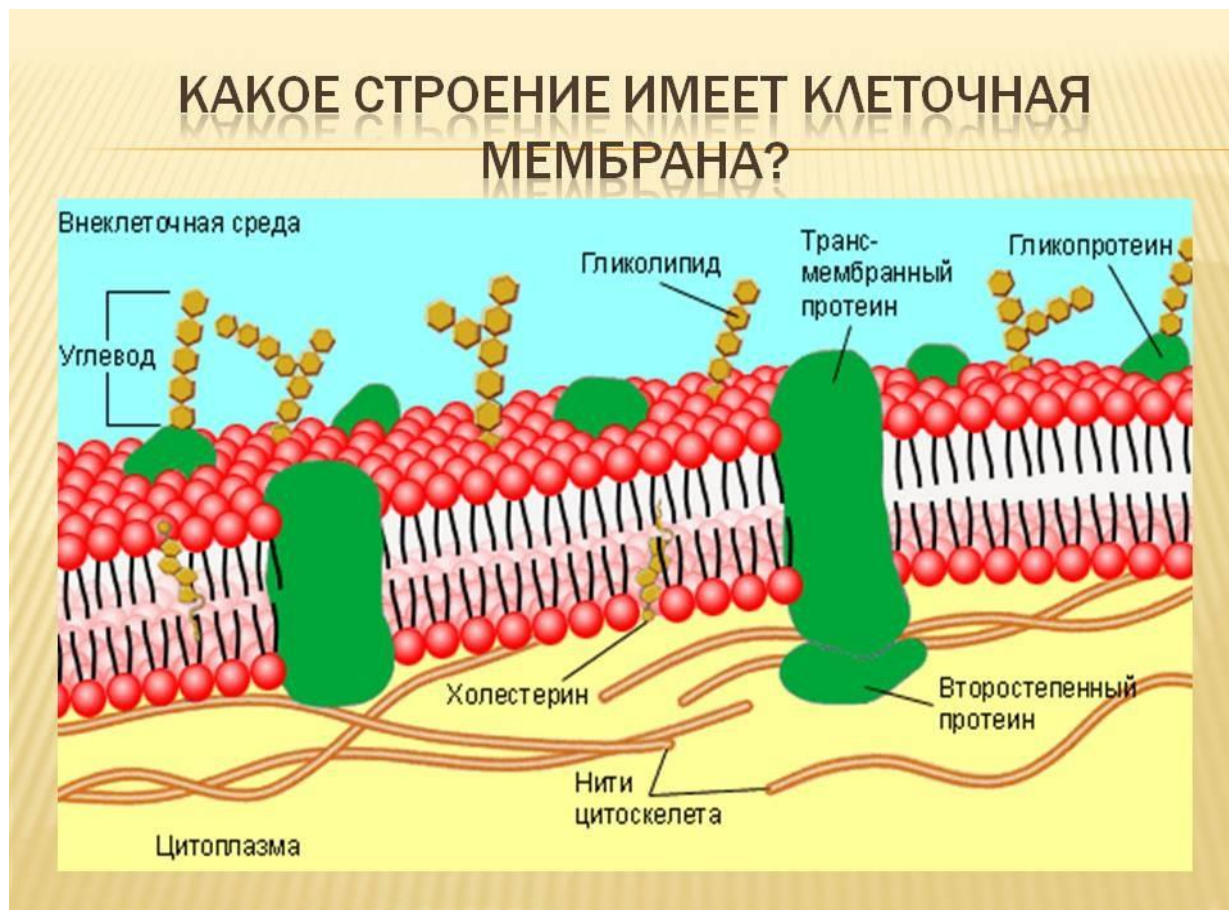
**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Сделать схематические рисунки клеток по всем рассмотренным объектам и стрелками указать направление движения цитоплазмы (рис. 2). 3. Отметить, наблюдалось ли движение сразу после приготовления препарата или оно менялось под действием освещения.

## Лабораторная работа 2.2

### СВОЙСТВА КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН. СРАВНЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ МЕМБРАН ЖИВЫХ И МЕРТВЫХ КЛЕТОК

**Вводные пояснения.** Наружная цитоплазматическая мембрана клетки (плазмалемма) отделяет клетку от окружающей среды, контролирует транспорт веществ в клетку и из клетки, первая воспринимает информацию о внешней среде. Внутриклеточные мембраны обеспечивают пространственную упорядоченность многочисленных процессов, протекающих в клетке. Они создают изолированные пространства (комартменты), в которых одновременно могут протекать противоположно направленные процессы. В мембраны встроено большое количество мультиферментных комплексов, транспортных систем, рецепторных молекул, обеспечивающих протекание основных жизненных процессов (рис. 3). Важнейшее свойство клеточных мембран - избирательная проницаемость, благодаря которой через них проходят молекулы только некоторых веществ. Избирательная проницаемость мембраны сохраняется до тех пор, пока клетка остается живой. В вакуолях клеток корнеплода столовой свеклы содержится бетацианин

пигмент, придающий ткани корнеплода окраску. Тонoplastы живых клеток непроницаемы для молекул этого пигмента. После гибели клеток тонoplast теряет свойство полупроницаемости, становится проницаемым, молекулы пигмента выходят из клеток и окрашивают воду.



**Рис. 3. Современная схема строения мембраны**

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

**Материалы и оборудование:** микроскоп, предметные и покровные стекла, стеклянная палочка, препаровальная игла, скальпель или лезвие безопасной бритвы, пробирки, штатив для пробирок, держатель для пробирок, фильтровальная бумага, спиртовка или газовая горелка, 30 %-ный раствор уксусной кислоты, 1М раствор глюкозы, 1М раствор роданида калия, 1М раствор нитрата калия, 0,7 М раствор нитрата кальция, 1М раствор карбамида.

**Растения:** корнеплод столовой свеклы, луковица лука репчатого, элодея.

**Методика выполнения.** Корнеплод свеклы после удаления покровных тканей разрезать на кубики (сторона кубика 5 мм). Тщательно промыть водой,



чтобы удалить пигмент, вышедший из поврежденных клеток. Затем по одному кусочку опустить в три пробирки. В первую и вторую наливают по 5 мл воды, в третью - 5 мл 30 %-ного раствора уксусной кислоты. Первую пробирку оставить для контроля. Содержимое второй прокипятить 2 - 3 мин. Во второй и третьей пробирках, где клетки были убиты кипячением или кислотой, вода окрашивается, а в первой пробирке остается неокрашенной.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Выявить различия в проницаемости мембран живых и мертвых клеток. 3. Сделать вывод о причинах этих различий, записать в рабочую тетрадь. 4. Рассмотреть и зарисовать современную схему строения мембраны (рис.3), химическую организацию клетки (таблица 3).

**Таблица 3. Химическая организация клетки. Неорганические вещества.**

Вещество	Поступление в клетку	Местонахождение и преобразование	Свойства, функции
<b>Вода</b>	У растений – из окружающей среды; у животных образуется непосредственно в клетке при расщеплении жиров, белков, углеводов и поступает из окружающей среды	В цитоплазме, вакуолях, матриксе органелл, ядерном соке, клеточной стенке, межклетника. Вступает в реакции синтеза, гидролиза и окисления	Растворитель. Источник кислорода, осмотический регулятор, среда для физиологических и биохимических процессов, химический компонент, терморегулятор
<b>Соединения азота (N)</b>	У растений - из окружающей среды в виде ионов $\text{NH}_4$ и $\text{NO}_3$ ; у животных – с пищей в виде белков и аминокислот	В клетках растений ионы аммония и нитратов восстанавливаются до $\text{NH}_2$ и включаются в синтез аминокислот; у животных аминокислоты идут на построение собственных белков. При отмирании организмов включаются в круговорот веществ в форме свободного азота	Входят в состав белков, аминокислот, нуклеиновых кислот (ДНК, РНК) и АТФ
<b>Соединение фосфора (P)</b>	У растений - из окружающей среды в виде ионов $\text{H}_2\text{PO}_4$ и $\text{HPO}_4$ ; у животных - с пищей в форме органических	Соли фосфора – фосфаты, находясь в почве, растворяются корневыми выделениями растений и усваиваются.	Входят в состав всех мембранных структур, нуклеиновых кислот (ДНК, РНК) и АТФ, ферментов, тканей (костной)



	(фосфолипиды) и неорганических соединений	Остатки фосфорной кислоты при отмирании организмов минерализуются, образуя соли	
<b>Соединение калия(К)</b>	У растений – из внешней среды в виде ионов К; у животных –с пищей	Калий содержится во всех клетках в виде ионов К, концентрация которых немного выше, чем в окружающей среде. После отмирания возвращается в окружающую среду в виде ионов К	«Калиевый насос», клетки способствует проникновению веществ через мембрану. Активизирует жизнедеятельность клетки, проведение возбуждений и импульса
<b>Соединения кальция (Са)</b>	У растений – из внешней среды в виде ионов Са; у животных с пищей	Кальций содержится в клетках в виде ионов или кристаллов солей	Образует межклеточное вещество и кристаллы в клетках растений. Входят в состав костей, раковин, известковых скелетов коралловых полипов у животных

### Химическая организация клетки. Органические вещества

Вещества	Поступление в клетку	Состав	Функции
<b>Белки</b>	У растений синтезируются на рибосомах из аминокислот, которые образуются в клетках, из NH <sub>2</sub> и карбоксильной группы, соединенных с различными радикалами. У животных поступают с пищей, расщепляются до аминокислот, которые идут на синтез собственных белков	Биополимеры. Мономерами являются аминокислоты – низкомолекулярные соединения. Заменяемые аминокислоты синтезируются в организме, а незаменимые поступают с пищей. Макромолекулы белки имеют первичную (спираль), третичную (глобулы) и четвертичную (агрегаты молекул) структуры	Строительная (входит в состав всех мембранных структур; каталитическая(ферменты); регуляторная(гормоны); двигательная(сократительные белки); транспортная(гемоглобин); защитная(антитела); сигнальная(реакция на раздражение); энергетическая(источник энергии); механическая (прочность различных структур)
<b>Белки-ферменты</b>	Синтезируются из аминокислот на рибосомах в соответствии с генетическим кодом	Биополимеры. Бывают двух типов: однокомпонентные, состоящие только из белка, и двухкомпонентные, состоящие из белка и небелкового компонента – органического (витамина) и неорганического (металла)	Биологические катализаторы специфического характера; образующие в клетках ферментные системы противоположного действия, что обеспечивает регуляцию жизнедеятельности: одни участвуют в синтезе органических веществ, другие – в их расщеплении

<b>Жиры (липиды), липоиды</b>	У растений синтезируются в каналах эндоплазматической сети; у животных поступают с пищей, расщепляются и вновь синтезируются в собственные жиры	Соединения глицерина (трёхатомного спирта) с высокомолекулярными органическими кислотами (жирными). Носят гидрофобный характер. Липоиды – жироподобные вещества, у которых одна молекула жирной кислоты заменена на $H_2PO_4$	Источник энергии. Терморегуляции. Защита органов. Строительная функция – входят в состав мембран, обеспечивая их полупроницаемость, и матрикса органелл. Компонент витаминов, растительных пигментов. Источник воды для животных организмов
<b>Углеводы</b>	У растений синтезируются в хлоропластах в процессе фотосинтеза из $CO_2$ и $H_2O$ . у животных поступают с пищей	Биополимеры. Мономером является глюкоза. <b>Моносахариды:</b> глюкоза, фруктоза, рибоза, дезоксирибоза, галактоза. <b>Дисахариды:</b> сахароза, мальтоза. <b>Полисахариды:</b> крахмал, гликоген, клетчатка, хитин.	Источник энергии. Исходное органическое вещество в цепи питания. Строительный материал – целлюлозная клеточная стенка у растений. Рибоза и дезоксирибоза – составные компоненты ДНК, РНК, АТФ

### Лабораторная работа 2.3

#### СРАВНЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

**Вводные пояснения.** Стойкий и временный плазмолиз. Избирательная проницаемость мембран обеспечивает прохождение через них молекул воды, препятствует проникновению растворенных в воде веществ и обуславливает явление плазмолиза при действии на клетки гипертонического раствора. Если же молекулы растворенного вещества через мембрану проходят, но медленнее, чем молекулы воды, то начавшийся плазмолиз в итоге исчезает. Деплазмолиз происходит в результате постепенного проникновения растворенного вещества в клетку, изменения водного потенциала снаружи и внутри, а также поступления воды в клетку из наружного раствора по градиенту водного потенциала.

**Методика выполнения.** 1. На два предметных стекла нанести по капле раствора: на одно - 1 М раствор сахарозы, на другое – 1 М раствор карбамида. 2. В каждую каплю поместить по листу элодеи, накрыть покровным стеклом. 3. Готовый препарат рассмотреть под микроскопом сначала при малом, потом - при большом увеличении. Найти участки листа, в которых хорошо видны плазмолизованные клетки. Отметить время начала плазмолиза (начало наблюдения), зарисовать плазмолизованные клетки. Оставить препараты на 30 - 60 мин, затем вновь их рассмотреть. В растворе сахарозы плазмолиз в клетках сохраняется, а в растворе карбамида происходит деплазмолиз. В растворе сахарозы наблюдается стойкий плазмолиз, а в растворе карбамида - временный. Причиной деплазмолиза в растворе карбамида является

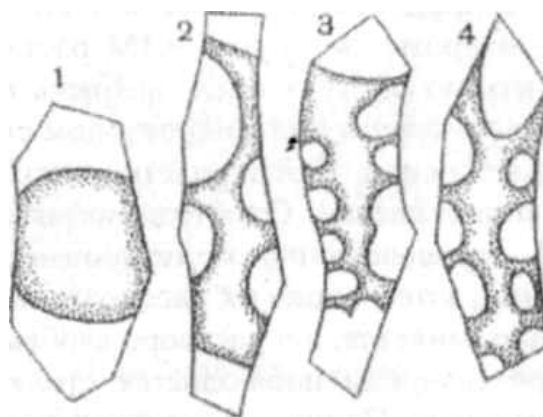
проницаемость клеточных мембран для его молекул. Так как проницаемость для карбамида меньше, чем для воды, то вода из клетки выходит быстрее, чем в нее входит карбамид. Это и вызывает плазмолиз, который потом исчезает при проникновении в клетку карбамида и поступлении воды.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Зарисовать плазмолизованные и деплазмолизованные клетки и сформулировать выводы о причинах, вызывающих данное явление (рис. 4).

## **Лабораторная работа 2.4**

### **ВЛИЯНИЕ ИОНОВ КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ НА ФОРМУ ПЛАЗМОЛИЗА**

**Вводные пояснения.** В ходе плазмолиза форма плазмолизированного протопласта меняется (рис. 4). Вначале протопласт отстает от клеточной стенки лишь в отдельных местах, чаще всего в уголках. Плазмолиз такой формы называют *угловым*. Затем протопласт продолжает отставать от клеточных стенок, сохраняя связь с ними в отдельных местах, поверхность протопласта между этими точками имеет вогнутую форму. На этом этапе плазмолиз называется *вогнутым*. Постепенно протопласт отрывается от клеточных стенок по всей поверхности и принимает округлую форму. Такой плазмолиз носит название *выпуклого*. А если у протопласта связь с клеточной стенкой в отдельных местах сохраняется, то при дальнейшем уменьшении объема в ходе плазмолиза протопласт приобретает неправильную форму. Такой плазмолиз носит название *судорожного*. Время, в течение которого вогнутый плазмолиз переходит в выпуклый, позволяет оценивать степень вязкости цитоплазмы. При сравнении вязкости цитоплазмы в растворах солей калия и кальция можно отметить, что ионы калия, проникая в цитоплазму, повышают ее гидрофильность, уменьшают вязкость и способствуют ее быстрому отрыву от клеточной стенки. Поэтому в растворах солей калия плазмолиз быстро принимает форму выпуклого. Ионы кальция, наоборот, повышают вязкость цитоплазмы, увеличивают силы сцепления ее с клеточной стенкой, и плазмолиз принимает форму судорожного.



**Рис. 4. Схематическое изображение различных форм плазмолиза: 1 - выпуклая, 2-вогнутая, 3, 4-судорожные.**

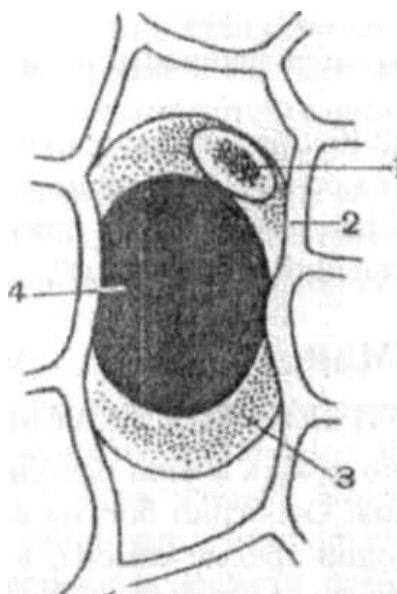
Методика выполнения. 1. На одно предметное стекло нанести каплю 1М раствора нитрата калия, на другое - 0,7М раствора нитрата кальция. 2. В обе капли поместить по кусочку эпидермы лука, снятой с вогнутой поверхности одной и той же чешуи луковицы, накрыть покровными стеклами. Через 5-10 мин препараты рассмотреть под микроскопом.

Задание: 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Объяснить причины появления различных форм плазмолиза. 3. Рассмотреть и зарисовать формы плазмолиза (рис. 4).

## Лабораторная работа 2.5

### НАБЛЮДЕНИЕ КОЛПАЧКОВОГО ПЛАЗМОЛИЗА В РАСТВОРАХ НИТРАТА КАЛИЯ И РОДАНИДА КАЛИЯ

Вводные пояснения. При длительном нахождении клеток в растворе нитрата калия (15 мин и более) цитоплазма набухает в удлинённых клетках, там, где протопласт не касается клеточных стенок, образуются так называемые колпачки цитоплазмы. Такой плазмолиз носит название **колпачкового** (рис. 5). В ещё большей степени набухание происходит в растворах роданида калия, в которых колпачки цитоплазмы образуются сразу же после начала плазмолиза. Колпачковый плазмолиз может свидетельствовать о разной проницаемости плазмалеммы и тонопласта для ионов калия. Проникая через плазмалемму в цитоплазму, ионы калия вызывают её набухание. В вакуоль через тонопласт они не проходят. Объём плазмолированной вакуоли не увеличивается и плазмолиз сохраняется.



**Рис. 5. Колпачковый плазмолиз в растворе роданистого калия:**

*1 – ядро, 2 – оболочка, 3 – мезоплазма, 4 – вакуоль.*

**Методика выполнения.** На предметное стекло нанести каплю 1М раствора роданида калия, поместить в нее кусочек эпидермы чешуи репчатого лука, накрыть покровным стеклом и сразу рассмотреть под микроскопом с объективом  $\times 40$ . Особенно четкая картина колпачкового плазмолиза наблюдается при использовании эпидермы чешуи окрашенного лука или верхней эпидермы неокрашенного лука, снятой с вогнутой поверхности чешуи луковицы и предварительно окрашенной нейтральным красным.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Рассмотреть и зарисовать в рабочую тетрадь колпачковый плазмолиз (рис. 5). 3. Сформулировать вывод о причине появления колпачкового плазмолиза в растворе роданистого калия.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что представляет собой растительная клетка?
2. Что является структурной основой клетки?
3. Каково строение мембраны?
4. Какова роль липидов в составе мембран?
5. Какие функции выполняют мембраны в клетке?
6. Какова роль белков в составе мембран? Какие свойства клетки обеспечиваются ее мембранным строением?
6. Что представляют собой белки?
7. Какие связи стабилизируют структуру белка.
8. Какова роль ДНК в клетке?

9. Какие существуют виды РНК и какова их роль в биосинтезе белка? Чем различаются запасные и функционально активные липиды?
10. Какова роль сахарозы в растении? Какую роль играют витамины в клетке?
12. Какова роль АТФ в клетке?
11. Что лежит в основе избирательной проницаемости клетки? Из каких процессов складывается обмен веществ.
12. Что такое ферменты? С чем связаны специфичность и лабильность действия ферментов?
13. На какие классы разделяют ферменты? Как регулируются количество и активность ферментов в клетке? Что лежит в основе раздражимости?
14. Какова роль раздражимости в жизни растений? Какие признаки можно использовать для характеристики повреждений цитоплазмы?

### **Раздел 3. ВОДНЫЙ ОБМЕН**

#### **РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА КАК ОСМОТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА**

**Вводные пояснения.** Вода играет важную роль в жизни растений и является основной составной частью их органов. Особенно богаты водой сочные плоды (80 - 85%). Наиболее бедны водой зрелые семена, в воздушно-сухом состоянии, содержащие 5 - 15% воды. Активное проявление жизнедеятельности растений возможно только при достаточной оводненности их тканей. Вода в растении существует в двух состояниях - в свободном и связанном.

**Связанной** считают воду, которая удерживается гидрофильными коллоидами протоплазмы и осмотически активными веществами. В молодых частях растения, богатых белками, связанной воды больше, чем в старых.

**Свободная вода** в растении - это среда, в которой происходят все процессы жизнедеятельности. Большое количество свободной воды испаряется растением. Роль воды в растительном организме заключается в следующем:

1. Вода - структурообразователь протоплазмы. Молекулы белков, нуклеиновых кислот, мембраны могут сохранять свою структуру и функциональную активность только при наличии водородных связей с водным матриксом.

2. Вода - активный участник процессов жизнедеятельности, принимает участие в фотосинтезе, дыхании, гидролизе.

3. Вода - растворитель. Все процессы обмена веществ и транспорта по растению минеральных, органических веществ и газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) происходят только в водных растворах.

4. Испарение воды способствует терморегуляции растения.

5. Насыщенность воды (тургор) обеспечивает сохранение формы травянистых растений, определенную ориентацию органов в пространстве;

6. Вода обеспечивает связь со средой и координацию деятельности органов в целостном организме.

Вода растительными клетками поглощается по законам осмоса. Перемещение молекул воды из внешней среды в клетку, а также от клетки к клетке происходит по градиенту уровня свободной энергии молекул воды, который определяется их химическим потенциалом ( $\mu_w$ ). Точкой отсчета уровня свободной энергии молекул воды берется ее уровень у молекул чистой воды в стандартных условиях. Химический потенциал воды в водных растворах и клетках меньше, чем у чистой воды. Эта разница, называемая водным потенциалом отражает способность воды в данной системе совершать работу в сравнении с работой, которую при тех же условиях совершала бы чистая вода.

В зрелых растительных клетках, имеющих крупную центральную вакуоль, водный потенциал включает две основные составляющие:

$$\Psi = \Psi_n + \Psi_p,$$

$\Psi_n$  - осмотический,  $\Psi_p$  - гидростатический потенциалы.

Осмотический потенциал  $\Psi_n$  определяется присутствием растворенных веществ, снижающих активность воды и потому всегда является отрицательной величиной. Когда раствор отделен от воды полупроницаемой мембраной которая пропускает только растворитель и не проницаема для растворенных веществ, возникает односторонний ток воды по градиенту ее активности (рис. 6). Этот процесс называется осмосом, а развиваемое при этом давление - осмотическим давлением. Растворы с одинаковым осмотическим давлением называются *изотоническими*. Раствор, имеющий большее осмотическое давление, называется *гипертоническим*, меньшее - *гипотоническим*. При разделении полупроницаемой мембраной транспорт воды идет по направлению к гипертоническому раствору до выравнивания осмотических потенциалов. Клетка, а также все органеллы, окруженные мембранами представляют собой осмотические системы.

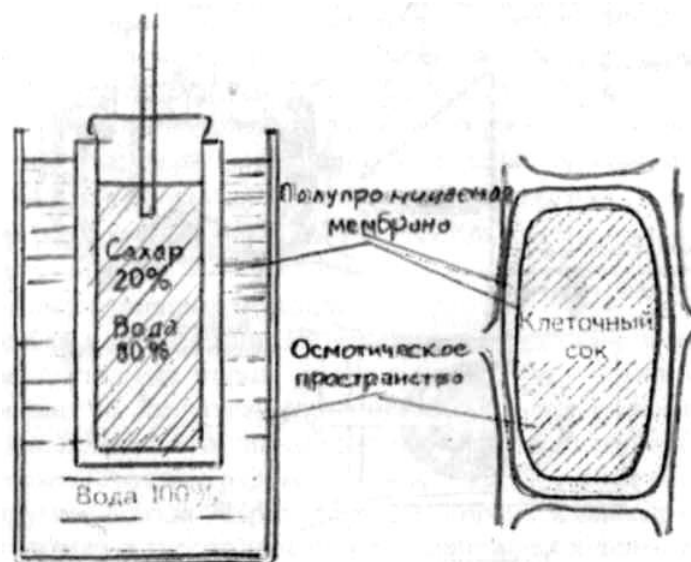
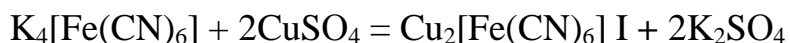


Рис. 6. Осмометр и растительная клетка

### Лабораторная работа 3.1

#### ЯВЛЕНИЕ ОСМОСА. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВОДЫ ПО ГРАДИЕНТУ ВОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА В ИСКУССТВЕННОЙ «КЛЕТОЧКЕ» ТРАУБЕ

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



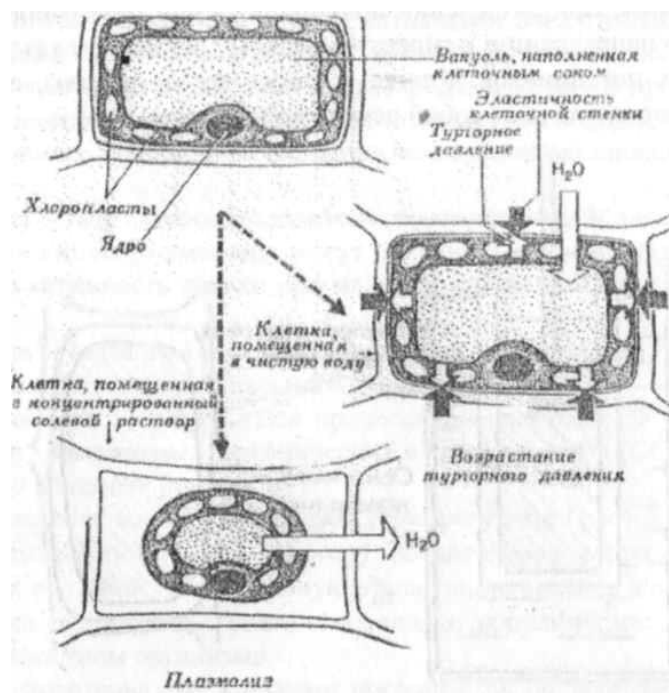
Эта мембрана проницаема только для молекул воды, но не для растворенных в ней веществ, т.е. обладает свойством полупроницаемости.

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

**Материалы и оборудование:** 0,5%-ный водный раствор сульфата меди, кристаллы гексацианоферрата (II) калия, пробирки или цилиндры на 10 мл.

**Методика выполнения.** В небольшой цилиндр или пробирку наливают на 3/4 объем 0,5 %-ный раствора сульфата меди и затем на дно этого сосуда, опускают кристаллик гексацианоферрата (II) калия. Мембрана образует замкнутый мешочек, который автор опыта Траубе назвал «искусственной клеточкой» (рис. 7).





**Рис. 7. Схема, иллюстрирующая действие осмотических сил и передвижение молекул воды, приводящее к возрастанию тургорного давления или к плазмолизу**

Полупроницаемая пленка  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN}_6)]$  разделяет два раствора разной концентрации: внутри мешочка находится концентрированный раствор гексациан феррата (II) калия образующийся при растворении кристаллика соли), а снаружи - раствор сульфата меди. Возникает ток воды внутрь мешочка, объем раствора гексацианоферрата (II) калия увеличивается, в результате чего мембрана растягивается. Будучи очень тонкой, мембрана в отдельных местах разрывается под действием гидростатического давления. В этих местах соли снова взаимодействуют, возникают новые участки мембраны, что приводит к неравномерному увеличению размера мешочка. Мешочек будет расти, пока весь кристаллик не растворится. Дальнейшее поступление воды в мешочек приведет к разрыву пленки и она осядет в виде хлопьев на дно пробирки.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Рассмотреть и зарисовать осмометр и растительную клетку (рис. 6), схему, иллюстрирующую действие осмотических сил (рис. 7). 3. Сформулировать вывод о перемещении воды через полупроницаемую мембрану по градиенту осмотического потенциала.

### Лабораторная работа 3.2

## ТУРГОР РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ. ПОГЛОЩЕНИЕ ВОДЫ И ЕЕ ВЫХОД ИЗ КЛЕТОК КОРНЕПЛОДА МОРКОВИ

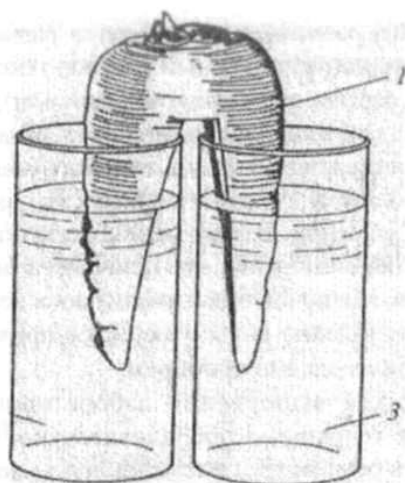
**Вводные пояснения.** Поступление воды в растительную клетку, помещенную в чистую воду, ограничено клеточной стенкой, растяжение которой не бесконечно. В клетке повышается гидростатическое (тургорное) давление. Это увеличивает свободную энергию молекул воды до уровня свободной энергии молекул чистой воды, и водный потенциал клетки ( $\psi_m$ ) становится равным нулю. Это полностью насыщенные водой клетки. Если клетки поместить не в воду, а в раствор какого-либо осмотика (поваренная соль, сахара и др.), то вода выходит из клеток и они теряют тургор. Сравнение клеток тургоресцентных и потерявших тургор удобно провести в опыте с корнеплодом моркови.

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

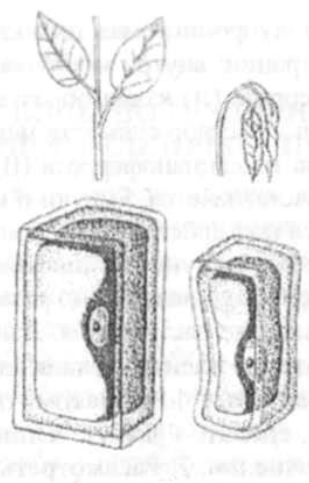
**Материалы и оборудование:** 2 стакана, насыщенный раствор хлорида натрия, вода, нож.

**Растения:** корнеплод моркови.

**Методика выполнения.** Из середины корнеплода моркови вырезают, начиная с кончика корня, продольную полосу ткани шириной 8 -12 мм и удаляют ее. Две части корня остаются соединенными на протяжении примерно 1/5 всей его длины (рис. 8). Обе части корнеплода помещают в два стакана, стоящие рядом, в одном - насыщенный раствор хлорида натрия, в другом - вода. Через 1,5 - 2 ч корень извлекают из стаканов, сравнивают размер и тургор тканей в его половинах и делают вывод о том, в каком из стаканов произошел выход воды из тканей корня приведший к потере ими тургора (рис. 9).



**Рис. 8. Поглощение и выход воды из клеток корнеплода моркови:**



**Рис. 9. Потери клеткой тургора**

*1 - корнеплод моркови; 2 - стакан с воды; 3 - стакан с раствором поваренной соли*

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Пронаблюдать явление тургора на примере корнеплода моркови. Рассмотреть и зарисовать поглощение и выход воды из клеток корнеплода моркови (рис. 8). 3. Сформулировать вывод о состоянии обеих его частей.

### **Лабораторная работа 3.3**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ КЛЕТОЧНОГО СОКА ПЛАЗМОЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ (по Де-Фризу)**

**Цель работы:** Найти изотонический раствор и вычислить его осмотическое давление по формуле Вант-Гоффа:

$$P = RTC_i,$$

где  $P$  - осмотическое давление, атм.;  $R$ -газовая постоянная (0,082);  $T$  - абсолютная температура ( $273^\circ + 1^\circ \text{C}$ ).;  $C$  - молярная концентрация раствора;  $i$  - изотонический коэффициент, показывающий отношение числа частиц (молекул и ионов) в растворе к исходному числу молекул растворенного вещества.

**Материалы и оборудование:** 1) луковица синего лука, 2) часовое стекло, 3) карандаш по стеклу, 4) дистиллированная вода, 5) 1М раствор NaCl, 6) бюретки с воронками (2 шт.), 7) баночки с крышками (8 шт.), 8) скальпель, 9) лезвие бритвы, 10) препаровальная игла, 11) кисточка, 12) предметные и покровные стекла, 13) стеклянная палочка, 14) кусочки фильтровальной бумаги, 15) стакан с кипяченной водой, 16) термометр, 17) микроскоп.

**Методика выполнения.** Для определения осмотического давления следует взять раствор сахарозы или раствор азотнокислого калия или хлористого натрия (поваренной соли). Затем возьмите две бюретки. В одну налейте воду, а во вторую - молярный раствор. Возьмите несколько бюксов. В первый бюкс налейте 10 мл молярного раствора, во второй 1 мл воды и 9 мл раствора; это будет раствор 0,9 молярности. Затем возьмите 2 мл воды и 8 мл раствора, т. е. приготовьте раствор 0,8 молярности. Приготовив разведением растворы концентрации 0,7; 0,6; 0,5; 0,4 и 0,3 молярности, возьмите эпидермис кожицы лука, или лист элодеи, или срез эпидермиса традесканции и погружайте по несколько срезов или чешуи в растворы, закрывая бюксы, чтобы за счет испарения воды не изменилась концентрация раствора. Выдерживайте срезы в растворах в течение 30 мин и затем последовательно,

начиная с самой высокой концентрации, просматривайте срезы под микроскопом. В срезах, выдержанных в самых высоких концентрациях, будет наблюдаться хорошо выраженный плазмолиз. Раствор, в котором плазмолиз будет виден лишь в уголках клетки, будет изотоническим, т. е. равным концентрации клеточного сока. Необходимо убедиться, что в следующей, более низкой концентрации раствора, плазмолиз не наблюдается. Зная концентрацию клеточного сока, можно вычислить его давление.

**Пример выполнения.** Известно, что осмотическое давление молярного раствора сахарозы равняется 22,4 атм. Пусть в вашем опыте изотоническая концентрация равнялась 0,4 молярности. Отсюда искомое осмотическое давление  $O = RCT$ , где  $R$  - газовая постоянная 0,0821;  $C$  - концентрация раствора, равная 0,4 молярности;  $T$  - абсолютная температура  $273^{\circ} + 20^{\circ}$  (в опыте)  $= 293^{\circ}$ .  $O = 0,821 \times 0,4 \times 293 = 9,72$  атм. Если плазмолиз вызван электролитом, то благодаря электролитической диссоциации при распаде соли на ионы число частиц в растворе будет почти удваиваться. Поэтому мы должны в уравнение ввести изотонический коэффициент  $i$ . Тогда формула приобретает следующий вид:  $O = RCTi$ . Для хлористого натрия  $i$  будет равен 1,8. Если по хлористому натрию изотоническая концентрация будет 0,2 молярности, то осмотическое давление равно 8,64 атм.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Определить изотонический раствор. 4. Рассчитать величину  $\Psi$  осмотического давления, используя уравнение Вант-Гоффа (см. пример выполнения).

### **Лабораторная работа 3.4**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСУЩЕЙ СИЛЫ КЛЕТОК ПО ИЗМЕНЕНИЮ**

#### **КОНЦЕНТРАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕГО РАСТВОРА**

#### **МЕТОДОМ СТРУЕК (по В.С. Шардакову)**

**Цель работы:** ознакомиться с методом Шардакова и определить водный потенциал кусочков ткани выбранных объектов.

**Материалы и оборудование:** 1) листья (хвоя), корни древесных растений, 2) растворы сахарозы концентрации 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 М в бюретках, 3) пробирки объемом 15 мл (6 шт.), пробирки объемом 4-5 мл (6 шт.), 4) пипетки с оттянутым в капилляр концом (6 шт.), 5) пробочное сверло диаметром 0,5-0,7 см, 6) корковая пробка, 7) лезвие бритвы, 8) препаровальная игла, 9) метиленовая синь в порошке, 10) термометр комнатный, 11) карандаш по стеклу, 12) фильтровальная бумага.

**Сосущая сила клеток.** Под сосущей силой понимается разность между осмотическим и тургорным давлением которая обозначается следующей формулой:

$$C = O - T,$$

где С — сосущая сила, О - осмотическое давление, Т - тургорное давление.

При плазмолизе тургор равен нулю и сосущая сила клетки равна всей величине ее осмотического давления. Когда клетка полностью насыщена водой, то тургорное давление равно осмотическому, а, следовательно, сосущая сила равна нулю. При некоторой ненасыщенности клетки водой ее сосущая сила занимает промежуточное положение между полным насыщением клетки водой. Если осмотическое давление раствора превышает сосущую силу клеток, то вода из ткани переходит в раствор, концентрация которого уменьшается. Если сосущая сила клеток окажется выше осмотического давления раствора, то клетки поглощают воду и концентрация внешнего раствора при этом увеличивается. При равенстве сосущей силы клеток и осмотического давления раствора устанавливается равновесие, т.е. концентрация раствора не изменяется. Зная концентрацию такого раствора, можно рассчитать его осмотическое давление, которое в данном случае будет равно сосущей силе клеток. Например, осмотическое давление равно 12 атм, а тургорное - 10. Тогда сосущая сила равна 2 атм. Это значит, что клетки, помещенные в воду, будут ее насасывать с силой 2 атм. до тех пор, пока тургорное давление не уравнивает осмотическое.

**Методика выполнения.** В штатив поставить два ряда пробирок (6 больших и 6 маленьких), написать на них концентрацию растворов. В пробирки первого ряда прилить по 10 мл растворов сахарозы концентрации 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 М. Из каждой пробирки отлить по 2 мл раствора в соответствующие пробирки второго ряда, поместить в них исследуемый объект, навеска которого должна быть в каждой не менее 500 мг. Если используется для работы листовенная порода, то берут 3-4 диска диаметром до 0,7 см (диски вырезают на корковой пробке), если хвоя - то хвоинки (хвою разрезают лезвием на отрезки длиной 1-2 см). Корни (не менее трех) обсушивают фильтровальной бумагой и разрезают на такие же отрезки. Пробирки закрыть и оставить на 30 мин, периодически взбалтывая так, чтобы материал был погружен в раствор. Через 30 мин. внести в каждую из 6 пробирок кристаллик метиленовой сини на кончике препаровальной иглы) и тщательно перемешать. Затем пипеткой с оттянутым концом набрать окрашенный раствор и перенести его в исходный раствор (в соответствующую пробирку первого ряда), погружая пипетку на 2 см Медленно выпуская

струйку, проследить за направлением ее движения. Если струйка пойдет вверх, то это значит, что концентрация раствора после пребывания в нем ткани уменьшилась, если вниз - концентрация увеличилась. Если капля останется в центре, то концентрация раствора не изменилась. Результаты опыта следует внести в таблицу 1.

**Задание: 1.** Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Найти раствор, в котором осмотическое давление, а, следовательно, и сосущая сила, равны сосущей силе тканей. 3. Рассчитать сосущую силу исследуемой ткани по уравнению Вант-Гоффа (см. лаб. работу 3.3), результаты занести в табл. 1. В выводе отметить связь величины сосущей силы тканей исследуемого растения с условиями местообитания, заполнить таблицу 1.

Таблица 1. Результаты определения водного потенциала  
выбранных объектов

Концентрация раствора NaCl	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Направление движения струйки						
Соотношение S ткани и Р раствора						

### Лабораторная работа 3.5 НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ДВИЖЕНИЕМ УСТЬИЦ

**Вводные пояснения.** У замыкающих клеток устьиц стенки, прилегающие к устьичной щели, утолщены, а наружные стенки тоньше. Неодинаковая толщина стенок замыкающих клеток приводит к тому, что при изменении тургора замыкающие клетки способны менять форму, открывая или закрывая при этом устьичную щель. Следовательно, и степень насыщения клеток водой оказывает очень большое влияние и на движение устьиц. Различают три типа устьичных движений: гидропассивные, гидроактивные, фотоактивные. Гидропассивные движения закрывания связаны с насыщением водой клеток, которые окружают устьица. Гидроактивное закрывание устьиц связано с увеличением в самих клетках устьиц водного дефицита и с повышением в них содержания абсцизовой кислоты. Это приводит к снижению тургора замыкающих клеток и, следовательно, к закрыванию устьиц. Фотоактивное закрывание устьиц состоит в увеличении ширины устьичной щели при повышении интенсивности освещения.

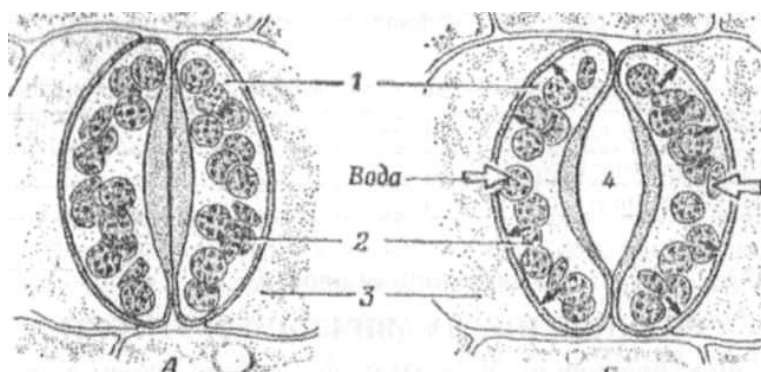
**Цель работы:** наблюдать за устьичными движениями в воде и в растворе глицерина.

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

**Растения:** листья любых растений.

**Методика выполнения.** Приготавливают несколько срезов нижней эпидермы листа и помещают их на 2 ч в 5 %-ный раствор глицерина. Глицерин проникает в вакуоли замыкающих клеток, понижает их водный потенциал и, следовательно, повышает их способность поглощать воду. Срезы помещают на предметное стекло в том же растворе, отмечают состояние клеток и зарисовывают их (рис. 10). Затем заменяют глицерин на воду, оттягивая его из-под покровного стекла фильтровальной бумагой. При поступлении воды наблюдается открывание устьичных щелей. После этого воду заменяют сильным осмотиком - 20 %-ным раствором глицерина или 1М раствором сахарозы. Наблюдают закрывание устьиц в результате выхода воды из клеток.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Рассмотреть и зарисовать устьица в воде и в растворах 5 %- и 20 %-ного глицерина (рис. 10). 3. Объяснить причину устьичных движений.



**Рис. 10. Регулирование размеров устьичной щели замыкающими клетками:** 1- замыкающие щели, 2 - хлоропласт, 3 - клетки эпидермиса, 4-устьичная щель

### Лабораторная работа 3.6

#### ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ НА ПРОЦЕСС ГУТТАЦИИ

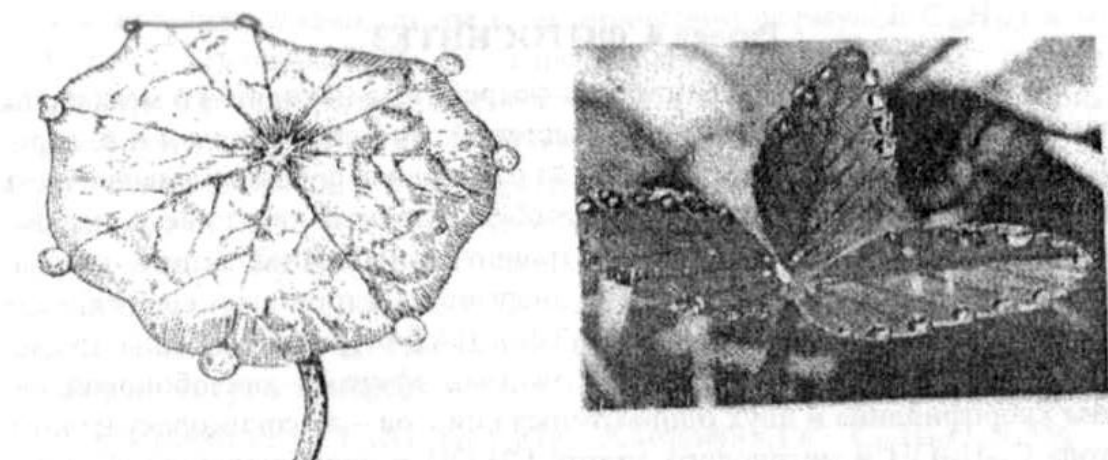
**Вводные пояснения:** Корневая система не только всасывает воду из почвы, но и активно нагнетает ее в стебель с определенной силой, называемой корневым давлением. Если количество нагнетаемой корнями воды превышает количество воды, испаряемой надземными органами, то наблюдается гуттация - выделение воды на кончиках листьев (рис. 11). В задачу данной работы входит изучение влияния температуры почвы и влажности воздуха на процесс

гуттации. Гуттация является физиологическим процессом, связанным с активной жизнедеятельностью растения. Гуттация доказывает наличие корневого давления у растения.

**Цель работы:** пронаблюдать процесс гуттации, объяснить причины вызывающие ее.

**Материалы и оборудование:** 1) этиолированные проростки желтой акации, ясеня пушистого и других растений в металлических стаканчиках, 2) стеклянные чашки или кристаллизаторы (3 шт.), 3) стеклянные химические стаканы (3 шт.), 4) снег или толченный лед, 5) колба с водой, 6) электроплитка, 7) термометр, 8) кусочки фильтровальной бумаги.

**Методика выполнения.** Взять 4 стаканчика с проростками, один поставить в сосуд со льдом, второй - в чашку с водой комнатной температуры (уровень воды должен быть ниже края стаканчика), третий - в чашку с водой, нагретой до  $+35^{\circ}$ , четвертый оставить на столе. Кусочками фильтровальной бумаги удалить имеющиеся на проростках капли воды, после чего закрыть три первых сосуда стеклянными стаканами. Отметить время начала опыта, проследить за появлением капель на проростках и отметить скорость гуттации. Результаты записать в табл. 2.



**Рис. 11. Гуттация у листьев растений**

**Таблица 2. Процесс гуттации у растений**

Варианты	Время		Через сколько минут началась гуттация
	начало опыта	появление капель	
1. под колпаком $0^{\circ}\text{C}$			
2. $+18^{\circ}\text{C}$			
3. $+35^{\circ}\text{C}$			
4. Без колпака $+18^{\circ}\text{C}$			



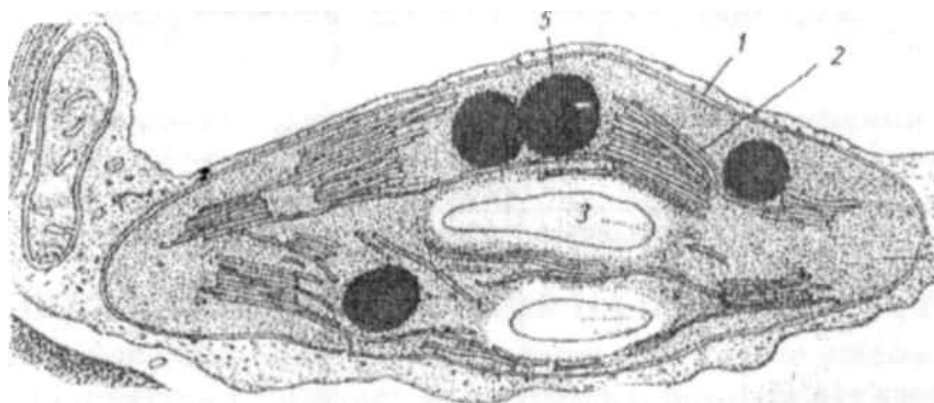
**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Пронаблюдать и зарисовать процесс гуттации у растений (рис. 11). 3. Отметить время начала опыта, появление капель, результаты занести в таблицу. 4. В выводах объяснить, как влияют на интенсивность гуттации: 1) температура почвы, 2) влажность воздуха.

### ***Контрольные вопросы***

1. Из чего складывается водный режим растения?
2. Какие органы растения служат для поглощения воды?
3. Какие формы почвенной влаги и доступны для растения? Какие условия создают физиологическую сухость почвы?
4. Что лежит в основе устьичных движений? Как растение регулирует транспирацию? В каком случае интенсивность транспирации больше - у обособленного растения или у такого же растения в густом посеве?
5. Какими агротехническими мероприятиями можно снизить коэффициент водопотребления?
6. Как называют критические периоды в жизни зерновых и плодовых культур по отношению к влаге?
7. Какие физиологические показатели наиболее точно определяют необходимость полива?

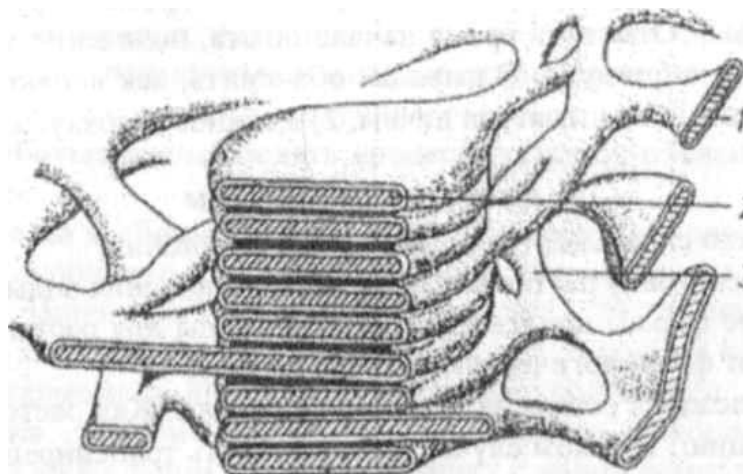
## **Раздел 4. ФОТОСИНТЕЗ**

**Вводные пояснения.** Пигменты фотосинтеза находятся в мембранах тилакоидов (рис. 12, 13). У высших растений это хлорофиллы *a* и *b*, каротин, ксантофилл, феофитин. Хлорофилл *a* - главная функциональная часть пигментной системы растений. Он способен, поглотив квант света, передавать его энергию на компоненты электронно-транспортной цепи. С их участием совершается преобразование энергии электронного возбуждения хлорофилла в химическую энергию АТФ и НАДФН<sub>2</sub>. Хлорофиллы по своей химической природе являются сложными эфирами дикарбоновой кислоты хлорофиллина и двух одноатомных спиртов высокомолекулярного фитола C<sub>20</sub>H<sub>39</sub>ОН и метилового спирта СН<sub>3</sub>ОН и представляют собой фетилметилхлорофиллиды.



**Рис. 12. Строение хлоропласта:**

*1- оболочка хлоропласта. 2- грана, 3 - крахмальное зерно,  
4- строма, 5- пластоглобула*



**Рис. 13. Строение фрагмента хлоропласта:**

*1- тилакоид стромы, 2 - тилакоид граны, 3 - ламелла, 4 - грана*

Хлорофилл *a* отличается от хлорофилла *b* тем, что у третьего углеродного атома во втором пирольном кольце его молекулы метильная группа заменена на альдегидную. Каротиноиды подразделяются на каротины (ненасыщенные углеводороды с эмпирической формулой  $C_{40}H_{56}$ ) и ксантофиллы, отличающиеся от каротиноидов присутствием кислорода ( $C_{40}H_{56}O_2$ ). Обычно пигменты из растительной ткани извлекают полярными растворителями (этанолом, этиловым эфиром, ацетоном), которые нарушают связь хлорофиллов и каротиноидов с липопротеидами пластид и обеспечивают их полное экстрагирование из живых листьев. Из сухого растительного материала экстракцию ведут с добавлением воды, чтобы нарушить связи с молекулами белка. Неполярные растворители (гексан,

петролейный эфир и др.) не нарушают связи этих пигментов с белками и потому не могут их извлечь из свежих листьев.

**Хлорофилл *a* -  $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ , Хлорофилл *b* -  $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$**

Все хлорофиллы - вещества нестойкие. Извлеченные из листа, они легко окисляются на воздухе.

### **Лабораторная работа 4.1**

#### **ПОЛУЧЕНИЕ СПИРТОВОЙ ВЫТЯЖКИ ИЗ ЛИСТЬЕВ**

**Цель работы:** ознакомиться с методами экстракции пигментов и с их химическими свойствами.

**Материалы и оборудование:** ступка с пестиком, воронка, фильтр, штатив с пробирками, спиртовка, стеклянные палочки, 2 колбы на 200 мл, баня, обратный холодильник с пробкой, электроплитка, NaOH или KOH в кристаллах, этанол,  $H(CH_3COO)_2$ .

**Растения:** зеленые листья любых растений, сухие листья крапивы.

**Методика выполнения.** Для работ с пигментами растений в основном используют спиртовой экстракт из листьев. Экстракт пигментов и количестве от 3 до 10 мл получают из живых листьев. Навеску листьев в 0,5 -2 г размельчают и тщательно растирают в ступке 1 небольшим количеством спирта, добавляя его несколькими порциями. Осадок пропускают через складчатый бумажный фильтр для ускорения фильтрации. Экстракт пигментов используют в работе. Для получения большого объема экстракта употребляют высушенные листья крапивы, которые помещают в коническую колбу вместимостью 200 мл и обваривают кипятком, затем воду сливают. В колбу приливают 100 мл этилового спирта, закрывают ее пробкой с обратным холодильником и ставят на 5 мин в баню с кипящей водой для экстрагирования пигментов. Затем содержимое колбы охлаждают и раствор осторожно сливают через воронку со складчатым бумажным фильтром. Отфильтрованный раствор используют в последующих опытах. Хранить растворы пигментов следует в темноте в холодильнике.

**Задание.** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Следуя методике выполнения, приготовить спиртовой экстракт из листьев крапивы для последующих лабораторных опытов.

## Лабораторная работа 4.2

### РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ

**Вводные пояснения.** Один из первых методов разделения пигментов был предложен немецким ученым Краусом в 1860 г. Он основан на разной растворимости пигментов в спирте и бензине. Эти растворители не смешиваются при сливании и образуют два слоя: верхний - бензиновый, где растворены хлорофиллы и каротин, и нижний - спиртовой, где растворен ксантофилл. Этот метод не позволяет разделить хлорофиллы *a* и *b*, однако его целесообразно использовать для получения желтых пигментов каротина и ксантофилла в больших количествах. Для разделения и получения хлорофиллов *a* и *b* каротиноидов применяют другой метод разделения пигментов, разработанный в 1906 г. русским ученым М.С. Цветом. Метод получил название адсорбционного. Именно он лежит в основе современных методов хроматографии. Сущность метода заключается в том, что различные вещества обладают неодинаковой способностью адсорбироваться на твердом порошкообразном адсорбенте. Если смесь пигментов листа, растворенную в каком-либо органическом растворителе, например бензине, пропустить через сухой адсорбент (сахарная пудра, крахмал, углекислый кальций, окись цинка, фильтровальная бумага), то произойдет разделение пигментов. Каждый пигмент обладает определенной, только ему свойственной способностью адсорбироваться на данном адсорбенте. В результате на адсорбционной колонке пигменты разделятся и распределятся в определенном порядке. К разновидности адсорбционного метода относится и метод разделения пигментов с помощью бумажной хроматографии, разработанный в 1951 г. и широко применяемый в настоящее время при разделении смесей, различных соединений и их идентификации.

## Лабораторная работа 4.3

### МЕТОД КРАУСА (ОМЫЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА)

**Цель работы:** ознакомиться с методом, получить растворы каротина и ксантофилла.

**Материалы и оборудование:** штатив с пробирками, (этанол, NaOH или KOH кристаллические, бензин, колба Бунзена с воронкой Бюхнера, водоструйный насос, ступка с пестиком.

**Растения:** листья любых растений или спиртовой экстракт из листьев.

**Методика выполнения.** В пробирку с 3 - 5 мл спиртового раствора пигментов добавляют такое же количество бензина и одну каплю воды (для лучшего отделения спирта от бензина). Пробирку хорошо взбалтывают и дают смеси пигментов отстояться. Происходит расслоение жидкости: в верхний,

бензиновый, слой переходят оба хлорофилла и каротин, в нижнем, спиртовом, слое остается желтый пигмент - ксантофилл, так как он лучше растворим в спирте. Для отделения каротина от хлорофилла верхний бензиновый слой пипеткой переносят в чистую пробирку. В этой зеленой вытяжке каротин незаметен, так как его маскирует хлорофилл, преобладающий количественно. В пробирку добавляют 2 мл этилового спирта и 3-4 капли воды, вносят несколько кристалликов щелочи и сильно встряхивают. При взаимодействии щелочи с хлорофиллом происходит его омыление, образуется щелочная соль хлорофиллина, которая легко переходит из бензина в спирт. И в результате в пробирке образуются два слоя: верхний, бензиновый, слой - желтого цвета с содержанием каротина и нижний, спиртовой, - зеленого цвета, содержащий щелочную соль хлорофиллина.

**Задание: I.** Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Рассмотреть и зарисовать пробирки с разделенными пигментами, 3. Сделать выводы о растворимости пигментов в различных растворителях и способах выделения индивидуальных пигментов.

#### **Лабораторная работа 4.4**

### **ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ**

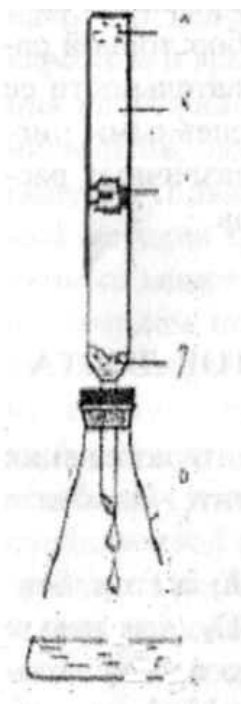
#### **ЛИСТА МЕТОДОМ АДСОРБЦИИ (по М.С. Цвету)**

**Цель работы:** Овладеть методикой хроматографического разделения пигментов на колонке; подобрать из рекомендуемых адсорбентов наиболее подходящие для этой цели; провести хронометраж опыта.

**Материалы и оборудование:** Зеленые листья растений; ацетон, бензин, петролиновый эфир (т. кип. 40-60°C), сахара,  $\text{CaCO}_3$ , кварцевый песок; хроматографическая трубка, вставленная в резиновую пробку, колба Бунзена, насос Комовского, делительная воронка, ступка фарфоровая с пестиком, стеклянный фильтр Шота № 3, химические стаканчики, деревянная палочка диаметром, равным внутреннему диаметру хроматографической трубки, шпатель или совочек.

**Методика выполнения.** Проводят разделение пигментов с помощью разных адсорбентов. Варианты: I - с помощью сахара; II - углекислого кальция ( $\text{CaCO}_3$ ); III - окиси магния ( $\text{MgO}$ ). Прежде чем приступить к опыту необходимо подготовить адсорбенты. Сахару используют в виде сахарной пудры. Для ее получения пиленый сахар тщательно растирают в фарфоровой ступке или кофемолке, просеивают через сито (размер пор 0,25-0,50 мм), высушивают при 70°C в течение 2 ч и хранят в банке с притертой пробкой. Углекислый кальций прокаливают при 200°C в течение 1 ч, затем, рассыпав

его тонким слоем на листе бумаги, оставляют на воздухе 17 ч (для придания необходимой влажности) и пересыпают в банку с плотно закрывающейся крышкой. Аналогичным образом поступают с окисью магния. Далее готовят вытяжку пигментов листа. Для этого навеску листьев (5 г) экстрагируют ацетоном. Адсорбционную колонку готовят следующим образом (рис. 14). В стеклянную хроматографическую трубку, в месте ее сужения, закладывают небольшой кусочек ваты и совочком насыпают адсорбент. Постукивая по стенкам трубки специальной деревянной палочкой и слегка нажимая ею сверху на столбик адсорбента, равномерно уплотняют его. Если адсорбент в трубке утрамбован недостаточно плотно и равномерно, то пигменты располагаются не компактной полосой, а в виде «язычков». После этого на поверхность адсорбента кладут диск фильтровальной бумаги, чтобы при добавлении раствора его поверхностный слой не взмучивался. Затем колонку промывают бензином и, дав ему стечь, в хроматографическую трубку небольшими порциями вносят вытяжку пигментов.



**Рис. 14. Разделение пигментов на адсорбционной колонке (по М.С. Цвету):** 1 - каротин, 2 - ксантофилл, 3 - хлорофилл а, 4 - хлорофилл b, 5 - стеклянная колонка с адсорбентом, 6 - бензиновый экстракт, 7 - кусочек ваты, 8 - коническая колба

Над адсорбентом постоянно должен быть слой раствора, который осторожно и медленно (чтобы пигменты успели закрепиться на адсорбенте) отсасывают насосом. При правильном нанесении пигментов между их зоной и

нижним концом колонки должна находиться полоса чистого адсорбента шириной 3-4 см. Обычно пигменты после нанесения на адсорбент располагаются в его верхней части в виде узких плотно прилегающих полос и плохо различимы. Для более четкого разделения (расширения) окрашенных зон хроматограмму необходимо проявить. С этой целью через столбик адсорбента пропускают бензин с этиловым спиртом (количество капель его на 100 мл бензина определяют в ходе опыта). Месторасположение каждого пигмента на колонке устанавливают основываясь на его окраске и растворимости в бензине. После этого пигменты в том же порядке зарисовывают в табл. 1

Таблица 1. Распределение зон пигментов на различных адсорбентах

Сахароза	MgCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. При описании работы сделать краткий обзор состава пигментов листа, их строения, свойств, физиологической роли. 3. Обосновать возможность применения метода хроматографической адсорбции для разделения пигментов. 4. Объяснить последовательность их расположения на колонке, отметить имеются ли различия в порядке размещения пигментов на разных адсорбентах. 5. Определить какой адсорбент и почему лучше использовать для хроматографии пигментов листа. 6. Рассмотреть и зарисовать адсорбционную колонку (рис. 14).

### Лабораторная работа 4.5

#### ВЫДЕЛЕНИЕ КИСЛОРОДА ВОДНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

**Цель работы:** обнаружить фотосинтез у водных растений по выделению пузырьков газа и доказать, что этот газ - кислород.

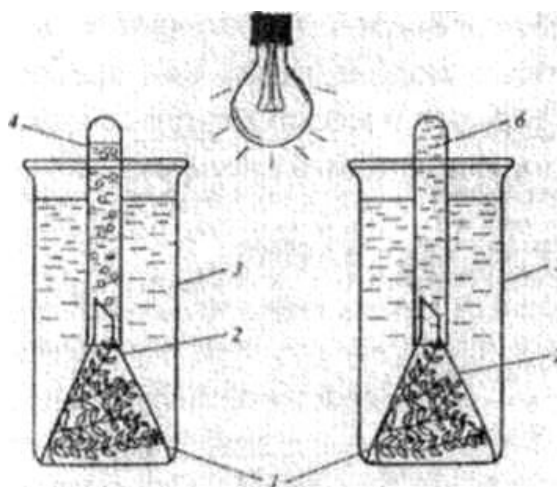
**Материалы и оборудование:** 2 стеклянных сосуда, 2 воронки, водопроводная вода, прокипяченная и остуженная в закрытом сосуде, 0,5 %-ный раствор гидрокарбоната натрия, приготовленный на этой воде, термометр, пробирки, спички, лучинки, водопроводная вода, электрическая лампочка 100W, лезвия.

**Растения:** элодея, валлиснерия, роголистник.

**Методика выполнения:** В один сосуд наливают прокипяченную воду (вода без CO<sub>2</sub>), в другой - 0,5 %-ный раствор гидрокарбоната натрия (вода с CO<sub>2</sub>). Отбирают здоровые растения. Обновляют под водой срезы. На суженные концы воронок надевают пробирки, заполненные теми же

растворами, что и в сосудах. Под воронки помещают растения. Сосуды с растениями устанавливают под яркий свет (рис. 15). Температура всех жидкостей в опыте должна достигать 26°C. В пробирки, заполненные газом, который выделяют растения, опускают зажженную лучинку (горение свидетельствует о присутствии кислорода).

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Сделать соответствующие рисунки в рабочей тетради (рис. 15). 3. Отметить время заполнения каждой из пробирок кислородом. 4. Сделать выводы о необходимых условиях протекания фотосинтеза.



**Рис. 15. Влияние углекислого газа на выделение кислорода водными растениями:**

*1 - элодея; 2 - воронки; 3 - сосуд с раствором соды; 4 - пробирка с раствором соды; 5 - сосуд с прокипяченной водой; 6 - пробирка с прокипяченной водой*

#### **Лабораторная работа 4.6**

### **ПОЛУЧЕНИЕ ОТПЕЧАТКОВ НА ЛИСТЬЯХ С ПОМОЩЬЮ КРАХМАЛЬНОЙ ПРОБЫ**

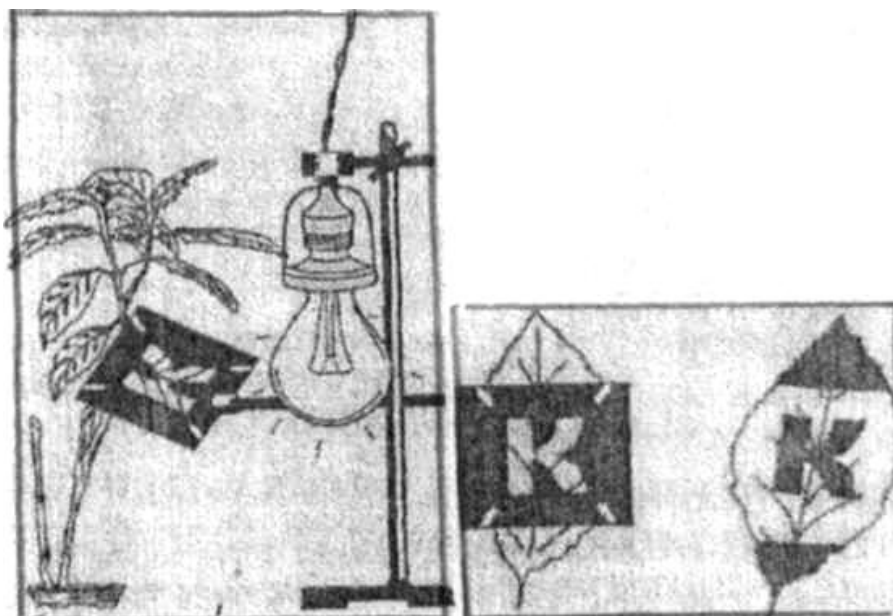
**Цель работы:** показать, что в листьях на свету в процессе фотосинтеза синтезируется крахмал.

**Материалы и оборудование:** этанол, раствор йода в йодиде калия (раствор Люголя), водяная баня, газовая горелка или электроплитка, колба коническая на 2 л с обратным холодильником, белая тарелка, лампа на 100-200W, плотная бумага, фольга, канцелярские скрепки, стеклянная банка, стеклянные пластинки (2 шт.), нитки, фотонегативы, трафареты с вырезанными фигурами, пинцет, клейкая лента.



**Растения:** гортензия, пеларгония, колеус, герань, примула, подсолнечник, настурция, табак, одуванчик и т.д.

**Методика выполнения.** Для проведения опыта следует заранее поставить комнатное растение герань или примулу (первоцвет) в темноту на одни или двое суток. За это время в темноте крахмал переходит в сахар и частично оттекает из листа в другие органы растения, а, кроме того, он используется в процессе дыхания. Возьмите обескрахмаленное растение и убедитесь, что лист не содержит крахмала. Для этого извлеките из него спиртом хлорофилл. Обесцвеченный лист опустите в раствор йода в иодиде калия. Если лист не даст сине-фиолетового окрашивания, значит, в нем нет крахмала и вы можете ставить опыт. Отрежьте другой лист и поставьте его черешком в воду. Отрезайте лист под водой, так как при срезании на воздухе в сосудах листа может образоваться воздушная пробка, лист завянет. Закройте пластинку листа черной бумагой или оловянной фольгой, прикрепив бумагу скрепками. Предварительно вырежьте на бумаге какую-нибудь фигуру или слово и выставьте лист на свет на один час, зимой - на свет электрической лампы в 500вт. После этого погрузите лист на одну минуту в кипящую воду, чтобы убить живое содержимое клеток и размягчить ткани листа для лучшего его обесцвечивания. Затем обесцветьте лист спиртом. Если он плохо обесцвечивается, то ускорьте этот процесс, поставив чашку с листом на водяную баню. Делать это надо осторожно, чтобы спирт не вспыхнул от пламени, на котором нагревается вода. Затем положите лист в фарфоровую чашку и залейте раствором йода в иодиде калия или прибавьте разбавленной водой настойки йода. Вы увидите, что в местах, которые освещались, произойдет окрашивание крахмала в сине-фиолетовый цвет (рис. 16)



**Рис. 16. Получение отпечатков на листьях  
с помощью крахмальной пробы:**

*1 - освещенное растение; 2 - лист, закрытый трафаретом; 3 - отпечаток  
(крахмальная проба) на листе.*

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Сравнить опытный лист с «отпечатком» с живым листом на растении. 3. Рассмотреть и зарисовать опытные и контрольные листья (рис. 16). 4. Сделать вывод о том, в какой части листа произошел синтез крахмала.

***Контрольные вопросы***

1. Почему создание органического вещества растениями называется фотосинтезом?

2. В каких органеллах клетки осуществляется фотосинтез? Какие анатомические особенности листа обеспечивают эффективный фотосинтез? Какие пигменты находятся в хлоропластах? Какова химическая природа хлорофилла и его роль в процессе фотосинтеза?

3. Как называются желтые пигменты хлоропластов и какова их роль? Как можно извлечь пигменты из листа? Каковы спектры поглощения хлорофилла и каротиноидов? Каково происхождение кислорода, выделяемого при фотосинтезе? Какое участие принимают фосфорные соединения в реакциях фотосинтеза?

4. Какие продукты образуются в световой фазе фотосинтеза? В каких реакциях они используются?

5. Каковы анатомо-физиологические особенности листьев светолюбивых и теневыносливых растений?

6. Можно ли вырастить нормальное растение при искусственном освещении? Есть ли зависимость между оттоком пластических веществ и фотосинтезом? Какова связь фотосинтеза с урожайностью?

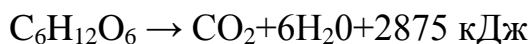
**Раздел 5. ДЫХАНИЕ**

**Лабораторная работа 5.1**

**ОБНАРУЖЕНИЕ ДЫХАНИЯ РАСТЕНИЙ**

**Вводные пояснения.** Дыхание - это сложный, многоступенчатый, ферментативный процесс, протекающий в каждой живой клетке растения и являющийся источником энергии и метаболитов для нее. Дыхание характеризуется постепенным окислением органических веществ - субстратов

дыхания. Одновременно происходит поглощение кислорода и выделение углекислого газа.



Поэтому большинство методов обнаружения дыхания основаны на учете изменения состава воздуха в замкнутом сосуде после выдерживания в нем живых растений. Содержание углекислого газа, выделяемого при дыхании, определяют по помутнению баритовой воды:  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{BaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

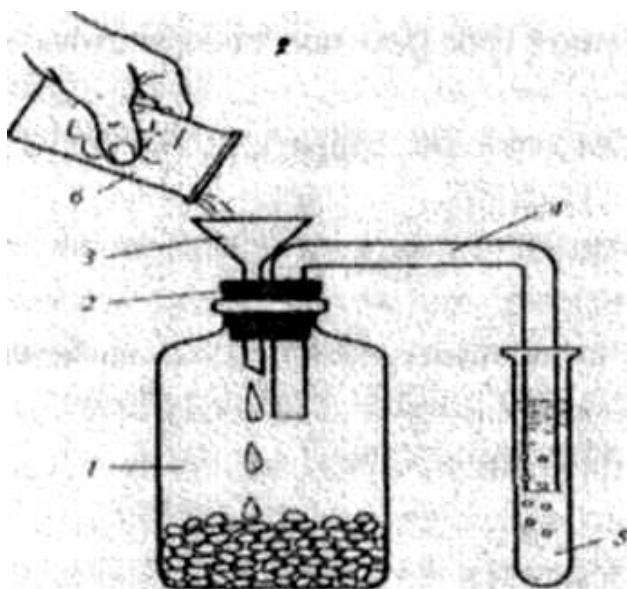
Отсутствие кислорода в сосуде с растениями проверяют введением в сосуд горящей лучинки, которая в данных условиях гаснет.

**Цель работы:** доказать, что при дыхании растений выделяется  $\text{CO}_2$ .

**Материалы и оборудование:** 2 стеклянные банки вместимостью 300-400 мл, 2 резиновые пробирки с отверстиями для воронки и трубки, 2 воронки, 2 изогнутые в виде буквы «П» стеклянные трубки длиной 18-20 см и диаметром 4-5 мм, 2 пробирки, химический стакан, раствор  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

**Растения:** проросшие семена пшеницы, подсолнечника, кукурузы, гороха и др.

**Методика выполнения.** В стеклянную банку насыпают 50-60 г проросших семян, плотно закрывают ее пробкой, в которую вставлены воронка и изогнутая стеклянная трубка, и оставляют на 1-1,5 ч (рис. 17). За это время в результате дыхания семян в банке накопится диоксид углерода. Он тяжелее воздуха, поэтому сосредоточен в нижней части банки и не попадает в атмосферу через воронку или трубку. Одновременно берут контрольную банку без семян, также закрывают ее резиновой пробкой с воронкой и стеклянной трубкой и ставят рядом с первой банкой. По окончании опыта свободные концы стеклянных трубок опускают в две пробирки с баритовой водой. В обе банки через воронки начинают понемногу наливать воду. Вода вытесняет из банок воздух, обогащенный  $\text{CO}_2$ , который поступает в пробирки с раствором  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ . В результате баритовая вода мутнеет. Сравнивают степень помутнения  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  в обеих пробирках



**Рис. 17. Обнаружение углекислого газа, выделившегося при дыхании растений:**

*1 - банка с проросшими семенами; 2 - резиновая пробка; 3 - воронка;  
4 - изогнутая трубка; 5 - пробирка с баритовой водой;  
6 - стакан с водой.*

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Зарисовать прибор, который помогает обнаруживать дыхание по выделению  $\text{CO}_2$  (рис. 17). 3. Сделать вывод о выделении  $\text{CO}_2$  в процессе дыхания.

## Лабораторная работа 5.2

### ИЗУЧЕНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ СИСТЕМ ДЫХАНИЯ.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ

**Вводные пояснения.** Процессы дыхания в клетках обеспечиваются активностью участвующих в них ферментов - оксидоредуктаз. Эти ферменты катализируют реакции переноса электронов от окисляемого субстрата - донора электронов к акцептору электронов. Во многих реакциях электрон переносится вместе с протоном, т.е. путем переноса атомов водорода от донора к акцептору. Оксидоредуктазы, катализирующие перенос водорода, называют дегидрогеназами. Акцептором электронов может служить кислород или различные соединения, так называемые промежуточные акцепторы. Оксидоредуктазы, которые катализируют перенос электронов на молекулярный кислород или на кислород пероксида водорода и органических перекисей, называют оксидазами. В дыхательной цепи митохондрий конечной (терминальной) оксидазой является цитохромоксидаза. Активность этих ферментов различается в тканях, выполняющих в растении разные функции. Каталаза в клетках

выполняет функцию обезвреживания очень активного и потому опасного для живых клеток окислителя - пероксида водорода, катализируя реакцию  $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ . Этот фермент особенно активен в молодых растущих тканях. Он активен также в зеленых листьях, где участвует в процессе фотодыхания у  $\text{C}_3$ -растений. Для количественного определения активности каталазы можно использовать и газометрический метод.

**Материалы и оборудование:** лупа, предметные и часовые стекла, лезвие безопасной бритвы, спиртовка, 5 %-ный раствор пероксида водорода.

**Цель работы:** обнаружение активности каталазы в тканях растений.

**Растения:** проростки кукурузы, бобов, тыквы, листья элодеи.

**Методика выполнения.** С проростков делают срезы толщиной 0,5 - 1 мм, а с побегов элодеи отрывают отдельные листья. Часть срезов и листьев убивают, нагревая их в капле воды на предметном стекле над пламенем спиртовки. Живые и убитые срезы и листья помещают в воду на часовое стекло и добавляют несколько капель раствора пероксида водорода. Под лупой наблюдают появление пузырьков газа у поверхности живых срезов и листьев. Это выделяется кислород в результате разложения пероксида под воздействием каталазы. Отмечают отсутствие пузырьков у убитых объектов.

**Задание: 1.** Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. **2.** Сделать вывод о наличии активности каталазы в живых тканях и об отсутствии ее в мертвых. **3.** Пронаблюдать появление пузырьков газа у поверхности живых срезов и листьев и отсутствие у неживых объектов.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое дыхание и каким уравнением оно выражается?
2. При участии каких агентов осуществляются в организме окислительные процессы?
3. В чем заключается роль дегидрогеназ? Какими ферментами осуществляется активизация кислорода?
4. Каково значение фосфорилирования в дыхательном процессе? Какие соединения участвуют в транспорте активированного водорода?
5. В каких соединениях запасается энергия окисления в цикле Кребса? Где локализованы процессы окислительного фосфорилирования?
6. В каких процессах жизнедеятельности используется энергия АТФ? Что такое дыхательный коэффициент и от чего зависит его величина?
7. Как влияют факторы внешней среды на интенсивность дыхания?
8. Какое значение имеет дыхание при синтезе органических веществ? Какова связь дыхания с продукционным процессом?

9. Какие факторы среды регулируют при хранении зерна, плодов и овощей? Как определить дыхательный коэффициент?

## **Раздел 6. РОСТ РАСТЕНИЙ**

### **Лабораторная работа 6.1**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ РОСТА КОРНЯ**

**Вводные пояснения.** Рост - это процесс новообразования элементов структуры организма. Под элементами структуры необходимо понимать органы, клетки, органеллы клеток, макромолекулы. Обычно рост сопровождается увеличением массы и размеров растения. В отличие от животных организмов растения растут в течение всей своей жизни, образуя новые клетки, ткани и органы, причем растущие зоны находятся на конце каждого стебля и корня растения.

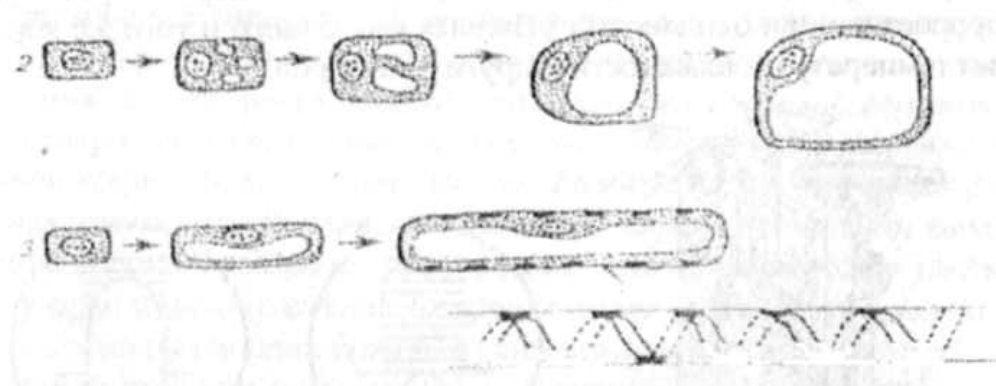
**Особенности роста клеток.** Основой роста отдельных тканей, органов и всего растения является деление и рост меристематических клеток. Рост клеток происходит в три фазы: эмбриональная, растяжения и дифференциации (рис. 18). Первая фаза роста - эмбриональная, в ней происходит увеличение массы цитоплазмы и деление клеток (точки роста); вторая фаза - растяжения, во время которой увеличиваются размеры клеток и третья фаза дифференцировки, когда происходит специализация клеток, т.е. возникают клетки различных тканей (механической, проводящей, паренхимной и т.д.). В фазе эмбриональной рост идет медленно, так как при делении клеток почти не происходит увеличения их размера, хотя идет образование новых масс цитоплазмы, затем происходит быстрое увеличение размера путем растяжения, и, наконец, третья фаза - дифференцировки. Рост растительных организмов протекает неодинаково. У одних более медленно, у других объектов наблюдается быстрый рост. Так, например, в благоприятных условиях гифы тропического гриба диктиофоры вырастают в одну минуту на 5 мм; листовые влагалища бамбука - на 0,6 мм в минуту. Рост многолетних растений продолжается в течение десятков и даже сотен лет, так как у старых древесных пород сохраняются эмбриональные (образовательные) ткани: первичная - меристема и вторичная - камбий. Но с возрастом рост деревьев затухает.

**Цель работы:** познакомиться с методом быстрого определения скорости роста кончика корня.

**Материалы и оборудование:** стеклянный сосуд с влажными опилками, «горизонтальный микроскоп» (микроскоп с горизонтальным тубусом), обеспечивающий 10 - 20-кратное увеличение, окулярная линейка, полоска миллиметровой бумаги или линейка с миллиметровыми делениями.

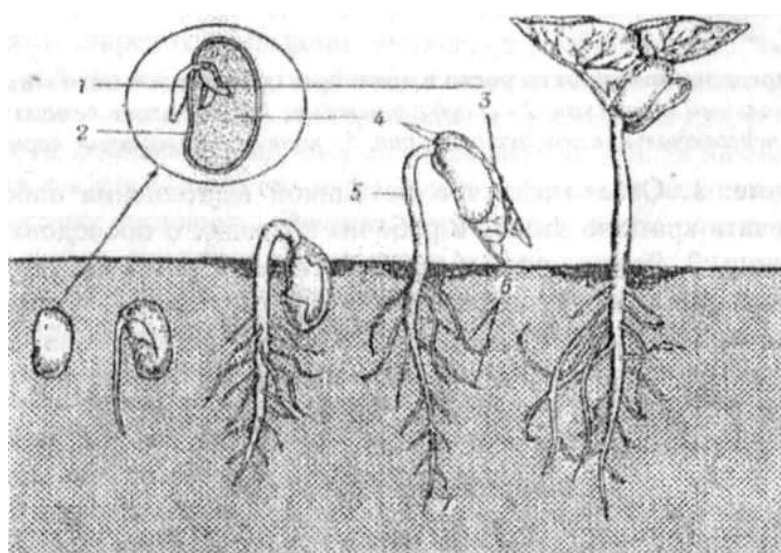
**Растения:** 2 - 3-дневные проростки огурца, фасоли (рис. 19), тыквы, подсолнечника, кукурузы и др.

**Методика выполнения.** Метод основан на том, что за кончиком корня ведется наблюдение под микроскопом, через определенные промежутки времени учитывается смещение его вдоль делений линейки окулярмикрометра (окулярной линейки). В специальные каналы, сделанные у стенки стеклянного сосуда с влажными опилками, помещают проросток. При этом кончик корня, направленный вниз, должен быть хорошо виден через стекло. Сверху сосуд закрывают стеклом, проросток прикрывают влажными опилками или влажной фильтровальной бумагой во избежание его подсыхания. Необходимо обеспечить устойчивое положение микроскопа и сосуда с проростком, чтобы не допустить их малейшего смещения в пространстве.



**Рис. 18 . Фазы роста клетки:**

*1 - эмбриональная; 2-растяжение; 3-дифференциация*

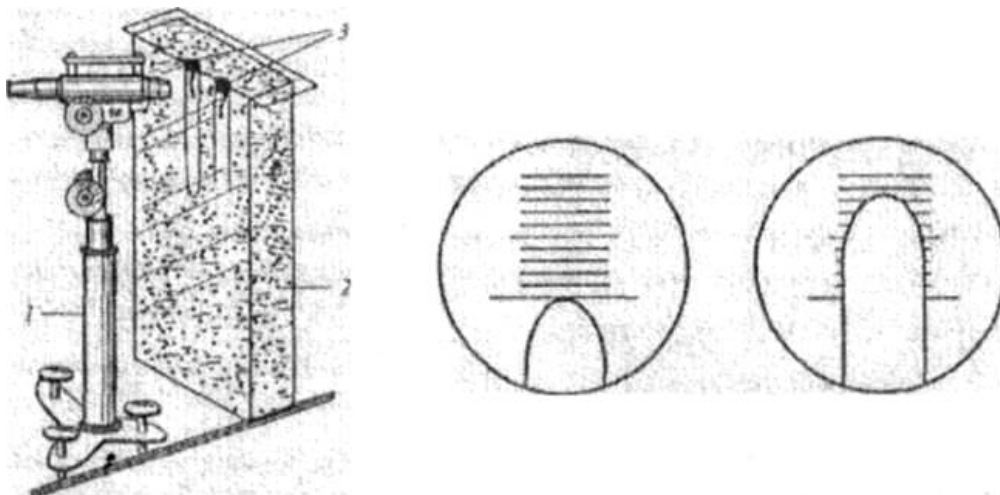


**Рис. 19. Этапы прорастания и развитии фасоли.**

**В кружке - увеличенное изображение содержимого семени.**

*1 - гипокотиль, 2 - семейные покровы, 3 - настоящие листья, 4 - семядоля, 5 - стебель, 6 - боковые корни, 7 - главный корень*

В противном случае, например, если стол будет сдвинут, измерения провести не удастся. Затем фокусируют микроскоп на кончик корня и совмещают его с делением окулярной линейки (рис. 20). Записывают, против какого деления находится верхушка кончика корня. В результате роста кончик будет перемещаться вдоль линейки. Через 10 или 15 мин проверяют, на сколько делений переместился кончик, и повторяют это наблюдение еще раз. На основании полученных данных определяют, на какое число делений окулярной линейки корень удлинился за время наблюдения, и рассчитывают его прирост за 1 ч. Например если за 10 мин корень переместился на 2 деления, то за 1 ч. он переместится на 12 делений. Цену деления окулярной линейки определяют в долях миллиметра. Поскольку увеличение «горизонтального» микроскопа небольшое, для этого можно использовать обычную линейку с делениями в 1 мм. Сравнивают скорость роста корней разных проростков при одинаковых условиях или одного и того же корня при изменении температуры, влажности и других факторов.



**Рис. 20. Определение скорости роста с помощью горизонтального микроскопа:**

*1 - горизонтальный микроскоп; 2 - сосуд с опилками; 3 – проросшие семена и каналах; 4 - первоначальное положение корня; 5 - конечное положение корня.*

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Рассмотреть и зарисовать фазы роста клетки (рис. 18), этапы прорастания и развития фасоли (рис. 19); установку - камеру с корнем и микроскопом (рис. 20). 3. Сделать запись о регистрации числа делений окулярной линейки и времени наблюдения, об определении цены деления окулярной линейки и расчет скорости роста корня.



## Лабораторная работа 6.2

### ВЛИЯНИЕ ФИТОГОРМОНОВ НА РОСТ РАСТЕНИЙ

**Вводные пояснения.** Фитогормоны - это вещества, которые синтезируются в растениях в очень малых количествах, но физиологическая роль их в регуляции роста велика. Различают группы фитогормонов: ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота и этилен, фенольные соединения. Функции фитогормонов различны, но все они обладают рядом общих свойств: активируют или тормозят рост, передвигаются по растению и поэтому могут проявлять свое действие на расстоянии от места их синтеза. Фитогормоны оказывают стимулирующее действие на рост только в очень малых концентрациях. Повышенное их количество вызывает торможение роста. На этом свойстве гормонов основан метод их определения с помощью биологических объектов, или метод биотестов. В настоящее время используют регуляторы роста, которые получают синтетическим способом. Их действие на рост зависит также от концентрации.

**1. Поливалентность, или множественность, действия фитогормонов.** Каждый фитогормон способен к индукции разнообразных реакций. Какая из них реализуется в конкретном случае, зависит от многих обстоятельств: специфики растительной ткани, внутренних и внешних условий.

**Ауксины** активизируют деление и растяжение клеток, участвуют в ростовых движениях, обеспечивают апикальное доминирование - подавление верхушечной почкой роста боковых, стимулируют корнеобразование. В низких концентрациях ауксин ускоряет ростовые процессы, а при повышении оптимальной концентрации - замедляет их. **Гиббереллины** усиливают рост стебля в длину, стимулируют налив бессемянных плодов, регулируют выход семян из состояния покоя, цветение, увеличивают количество мужских цветков и соцветий у однодомных растений (огурец, кукуруза). Особенно сильно эта способность проявляется при обработке гормоном карликовых растений, которые служат биотестом при определении гиббереллинов. **Цитокинины** ускоряют деление клеток, задерживают старение листьев, в каллюсе ткани вызывают формирование побегов, прерывают покой спящих почек, увеличивают количество женских цветков у однодомных растений. **Абсцизовая кислота** регулирует процессы старения и опадания листьев, созревание плодов, вызывает переход в покой почек, семян, клубней, луковиц, обеспечивает гармоничный рост, выступая антагонистом гиббереллина и ауксина, регулирует движение устьиц - их гидроактивное закрывание в условиях засухи. Ее называют гормоном стресса, так как количество этой кислоты в растении резко возрастает при неблагоприятных условиях. **Этилен**

тормозит деление клеток, вызывает утолщение стебля, способствует старению тканей, ускоряет опадание листьев, созревание плодов, способствует закладке женских цветков у однодомных растений. **Фенольные соединения** регулируют количество ауксинов в клетке, участвуют в регуляции образования корней, растяжении клеток.

Таким образом, о многообразии эффектов фитогормонов свидетельствует большой и все увеличивающийся перечень тех процессов роста и дифференциации, на которые они влияют.

**2. Зависимость эффекта (силы и характера действия) от концентрации.** Все фитогормоны в малых концентрациях стимулируют, а в больших тормозят ростовые процессы, т.е. обладают гербицидным действием, причем разные органы растения отличаются своей чувствительностью к фитогормону.

### **Лабораторная работа 6.3**

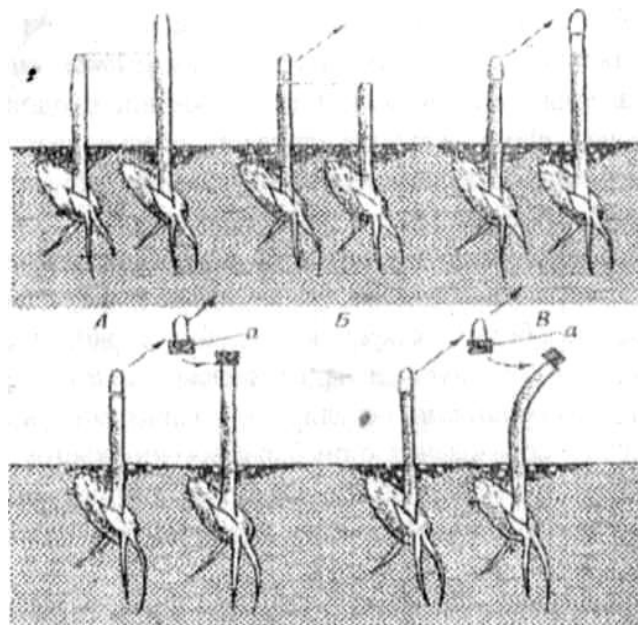
#### **ВЛИЯНИЕ АУКСИНА НА РОСТ РАСТЯЖЕНИЕМ ОТРЕЗКОВ КОЛЕОПТИЛЕЙ ЗЛАКОВ**

**Цель работы:** изучить зависимость роста отрезков coleoptилей злаков от концентрации ауксина.

**Материалы и оборудование:** раствор ИУК  $10^{-4}$  М ( $\beta$ -индолилуксусной кислоты), станочки (2 лезвия, вставленные параллельно на расстоянии 5 мм друг от друга в пластиковую, металлическую или деревянную основу), чашки Петри, стеклянные капилляры длиной 10 см, лодочки - узкие стеклянные кюветы длиной 11-12 см.

**Растения:** отрезки coleoptилей пшеницы, овса, кукурузы в фазе растяжения.

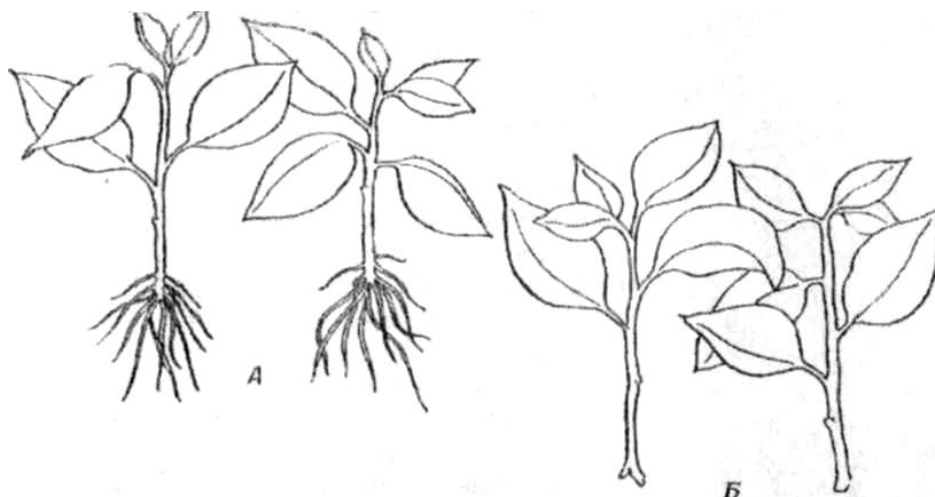
**Методика выполнения.** Готовят набор концентраций ИУК:  $10^{-4}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-8}$ ,  $10^{-10}$  М. Разливают растворы в лодочки (до половины высоты лодочки, объем раствора везде должен быть одинаков). В контрольную лодочку наливают такой же объем дистиллированной воды. Семена пшеницы замачивают в воде в течение суток, затем переносят в термостат и выращивают при температуре 26°C в течение 48 ч (рис. 21). У проростков отделяют целые coleoptили одинакового размера (18-20 мм). Укладывают их таким образом, чтобы верхушки coleoptилей находились на одной линии, и высекают станочком отрезки длиной 5 мм на расстоянии 4-5 мм от верхушки. Отрезки coleoptилей нанизывают по 7-10 штук на стеклянные капилляры, предварительно удалив кусочки зеленых листьев, и временно помещают в чашку Петри с водой.



**Рис. 21. Ряд опытов, демонстрирующих характер действия гормонов роста растений в coleoptилиях овса**

На каждом капилляре измеряют общую длину всех отрезков, сложенных вместе, записывают результаты измерений и переносят по одному капилляру в лодочки с определенными концентрациями ауксина. Еще один капилляр опускают в контрольную лодочку с водой. Лодочки оставляют в термостате при температуре 25°C на 2,5-3 ч (лучше на 18-24 ч). Опыт ставят в трехкратной повторности. По окончании опыта пинцетом вынимают капилляры с coleoptилиями из лодочек и измеряют длину всех отрезков. Результаты записывают в таблицу 3.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Сделать график зависимости роста отрезков coleoptилей овса от концентрации ИУК. 3. Зарисовать демонстрирующий характер действия гормонов роста растений в coleoptилиях овса (рис. 21), действие ИУК на образование корней (рис. 22). Результаты опыта занести в табл. 1.



**Рис. 22. Стимулирующее действие индолилуксусной кислоты на образование корней у черенков деревьев лимона:**

*А - черенки были погружены за 18 дней до начала опыта на 8 часов в разбавленный раствор индолилуксусной кислоты (500мг/л), Б – контрольные черенки, обработанные таким же образом водой.*

**Таблица 1. Влияние разных концентраций ИУК на рост отрезков coleoptилей овса**

Вариант опыта	Длина отрезков coleoptилей в начале опыта, мм	Прирост, мм	Прирост, % к контролю
Контроль (вода)			
ИУК, М:			
$10^{-4}$			
$10^{-6}$			
$10^{-8}$			
$10^{-10}$			

### **Лабораторная работа № 6.4** **ВЛИЯНИЕ ГИББЕРЕЛЛИНА НА РОСТ КАРЛИКОВЫХ** **СОРТОВ РАСТЕНИЙ**

**Цель работы:** изучить стимулирующее действие гиббереллина на рост стебля растений карликового гороха или фасоли.

**Материалы и оборудование:** химические стаканы на 100 мл, пипетки на 5 мл, фильтровальная бумага, лезвия, линейки, пинцеты, полиэтиленовая пленка, круглые резинки, термостат, раствор гиббереллина  $5 \cdot 10^{-4}$  мг/л.

**Растения:** семена карликовых сортов гороха или фасоли.

**Методика выполнения:** Семена карликового сорта гороха предварительно замачивают в течение 15 - 20 ч и проращивают 48 ч в

термостате при температуре 26°C. Через 2 дня отбирают одинаковые проростки с длиной корешка 1,5 - 2 см и 2 - 3 ч выдерживают в холодильнике при температуре 0 - 1°C. Готовят растворы гиббереллина в концентрациях 30 мг/л, 3,0 мг/л, 0,3 мг/л, 0,03 мг/л, 0,003 мг/л и разливают их в химические стаканы по 4 мл в каждый. В контрольные стаканы наливают по 4 мл дистиллированной воды. Опыт проводят в двух-трех повторностях, т.е. для каждого варианта готовят 2-3 стакана. На дно стаканов можно положить кусочек фильтровальной бумаги. Стаканы накрывают полиэтиленовой пленкой во избежание испарения растворов (рис. 23). Отобранные проростки гороха разрезают пополам так, чтобы срез проходил поперек семядолей. Корешок подрезают, оставляя участок у основания корня длиной 5 мм. Половинки семядолей с остатком корешка и наклюнувшейся почкой помещают срезом вниз на дно стакана с испытуемым раствором. В стаканы их укладывают по пять штук.



**Рис. 23. Влияние гиббереллинов на рост растений**

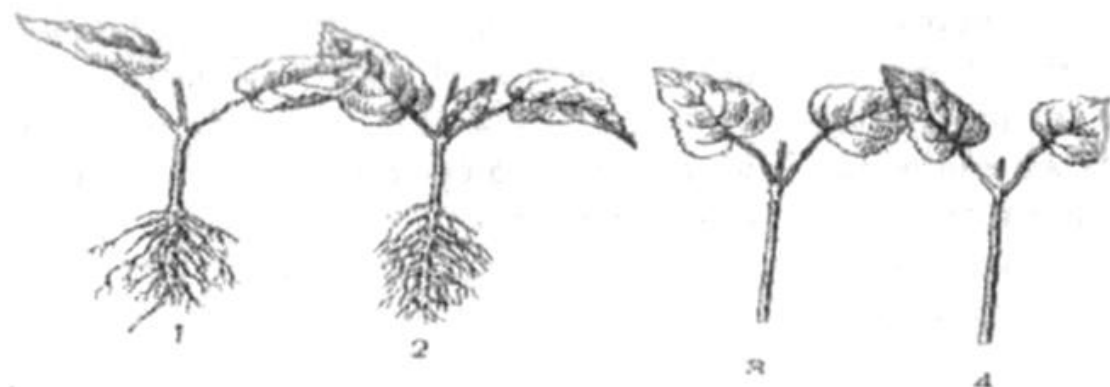
Каждый стакан закрывают куском полиэтиленовой пленки, которую закрепляют кольцевой резинкой, и ставят в термостат при температуре 26°C. На четвертые сутки для учета ростовой реакции эпикотиль срезают у основания и измеряют его длину. Семядоли и корешок отбрасывают. Результаты заносят в табл.2.

**Таблица 2. Действие гиббереллина на рост карликового гороха**

Вариант опыта	Длина эпикотилия, мм	Средняя длина эпикотилия, мм	Прирост, % к контролю
Контроль (вода)			

Гиббереллин, мг/л:			
30			
3,0			
0,3			
0,03			
0,003			

**Задание: 1.** Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. **2.** Построить кривую зависимости прироста карликового гороха от концентрации гиббереллина. **3.** Сделать выводы о действии гиббереллина на рост растений карликового сорта гороха. **4.** Зарисовать в рабочую тетрадь влияние гиббереллинов на рост растений (рис. 23), рисунок о влиянии стимуляторов на корнеобразование у жимолости татарской (рис. 24)



**Рис. 24. Влияние стимуляторов на корнеобразование у жимолости татарской:**

*1, 2- обработанные гетерооксином. 3, 4- контрольные растения*

### Лабораторная работа 6.5

#### ГЛУБИНА ПОКОЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД У РАЗНЫХ ВИДОВ ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ

**Вводные пояснения.** У деревьев и кустарников умеренного климата к зиме рост прекращается, они теряют листья (кроме ряда хвойных пород) и переходят в состояние покоя. В это время все жизненные процессы в организме протекают чрезвычайно медленно, что делает его более устойчивым к неблагоприятным внешним воздействиям. Глубина покоя у разных видов неодинакова. Осенью, после опадения листьев, покой наиболее глубокий, орга-

нический. Одни растения раньше выходят из этого состояния, но остаются в вынужденном покое, обусловленном неблагоприятными для роста условиями внешней среды. У других видов органический покой сохраняется более длительный период и завершается, как правило, к концу зимы. Эти растения также остаются в состоянии вынужденного покоя. Если органический покой завершен, то у растений (или их побегов), перенесенных в благоприятные условия, почки трогаются в рост и отрастают новые побеги.

**Цель работы:** выявить различия в глубине и продолжительности органического покоя у разных видов деревьев и кустарников, произрастающих в одном районе.

**Материалы и оборудование:** стеклянные банки вместимостью 200-500 мл.

**Растения:** ветки древесных и кустарниковых растений (черемуха, береза, липа, клен, лещина, крушина и т.д.).

**Методика выполнения.** Для реализации поставленной цели необходимо продолжительное время. На одном из занятий в начале учебного года (октябрь) обсуждают этот вопрос и закладывают опыт. На втором занятии (конец февраля - март) подводят итоги. Каждой бригаде из 2-3 человек предлагают взять для работы и наблюдения не менее трех видов растений, например черемуху, березу, дуб (возможны разные варианты). Общее число видов на группу окажется гораздо большим. Собранные в природе ветки ставят в банки с водой. Предварительно подрезают под водой проксимальные концы веток. На банку наклеивают этикетку с указанием исполнителей и даты сбора растений в природе. В последующем не менее чем раз в месяц (ноябрь, декабрь, январь, февраль) регулярно срезают в природе ветки тех же видов растений и следят за сроком выхода их из состояния покоя. Ветки этикетируют с указанием срока сбора. Не реже jednou раз в неделю воду меняют и подрезают концы веток под водой. Главная задача - не пропустить время «пробуждения» почек (их набухание и развертывание) и начало роста новых побегов. Данные наблюдений заносят в тетрадь.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Проанализировать сведения, полученные каждой группой студентов, и заполнить сводную таблицу 2. 3. Сделать вывод о глубине и продолжительности покоя у разных видов древесных и кустарниковых растений, произрастающих в одной местности.

Таблица 2. Различия в глубине покоя у разных растений

Растения	Срок взятия пробы			
	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь
	Время разворачивания почек и начала роста побегов			
Черемуха Береза Дуб				

### Лабораторная работа 6.6

## ГЛУБИНА ПОКОЯ У ГЕНЕРАТИВНЫХ И ВЕГЕТАТИВНЫХ ПОЧЕК ОДНОГО И ТОГО ЖЕ ВИДА РАСТЕНИЙ

**Цель работы:** установить, одинаковая или разная глубина покоя у вегетативных и генеративных почек одного и того же вида.

**Материалы и оборудование:** стеклянные банки вместимостью не менее 1 л, вода.

**Растения:** ветки ясеня обыкновенного, ивы козьей, клена американского, лещины обыкновенной и других видов.

**Методика выполнения.** Во второй половине зимы (февраль - март) собранные в природе ветки ставят по 10 штук каждого вида в банки с водой (например, лещина обыкновенная). Предварительно срезы веток обновляют под водой. Лещина обыкновенная - однодомное растение. Мужские цветки собраны в соцветия сережки. Цветение их и созревание пыльцы пропустить трудно. Следует быть внимательными к пробуждению вегетативных почек и почек с женскими цветками. К периоду цветения генеративная почка с пестичными цветками набухает и вскоре на ее верхушке между несколько разошедшимися чешуями появляется «пучок» красно-бордовых рыльцев, готовых «поймать» пыльцу.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Сделать рисунки побегов до начала опыта и по его завершении (обратить внимание на размеры сережек в начале опыта и в конце, на внешний вид женского соцветия, отрастающие вегетативные побеги после разворачивания почек). 3. Дать биологические объяснения наблюдаемому явлению; отметить, совпадает ли порядок разворачивания вегетативных и генеративных побегов в помещении и в природе. 4. Полученные в опыте данные занести в таблицу 3.



Таблица 3. Сравнение глубины покоя генеративных  
и вегетативных почек

Растения	постановки опыта	Дата		развертывания вегетативных почек и роста побега	Приме- чания
		зацветания мужских цветков и высыпания пыльцы	зацветания женских цветков		
Лещина обыкновенная					

### Лабораторная работа 6.7 ДВИЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ.

#### ФОТОТРОПИЗМ ПОБЕГА ИЛИ ЕГО ЧАСТЕЙ

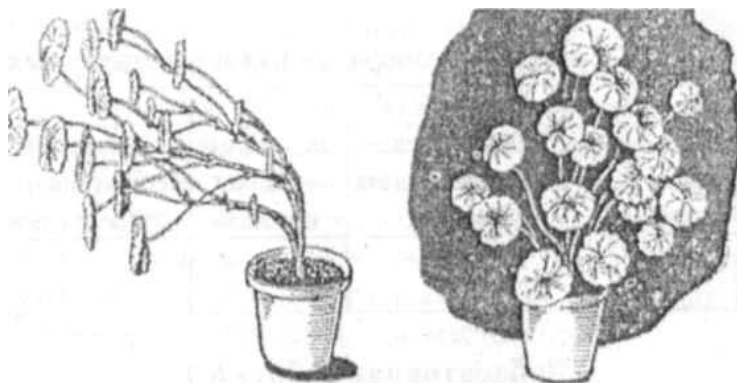
**Вводные пояснения.** На изменение внешних воздействий растения реагируют не только изменением метаболизма, но и изменением положения своих органов в пространстве. Выделяют два вида движения органов растений путем изменения их роста - тропизмы и настии. Тропизмами называют ориентированные ростовые движения отдельных органов растения в ответ на одностороннее действие внешнего раздражения. По отношению к тому или иному определенному фактору ориентация отдельных органов растений может быть положительной или отрицательной. Те органы, которые поворачиваются к источнику раздражения, проявляют положительный тропизм; при противоположной реакции - отрицательный. Орган называется плагиотропным, если он располагается под тем или иным углом к направлению действия раздражителя. Раздражителем может быть свет - фотопериодизм (рис. 25), земное притяжение - геотропизм (рис. 26), вода - гидротропизм и другие факторы внешней среды. *Настии* - движение органов с дорсовентральным строением в ответ на изменение диффузно действующих факторов внешней среды, таких, как свет, температура и прикосновения как у мимозы стыдливой (рис. 27). Положительный фототропизм органа (листа, побега, цветоножки) - это результат задержки роста на освещенной его стороне и усиление роста на противоположной стороне. Орган изгибается в сторону наименьшего роста.

**Цель работы:** проиллюстрировать реакцию проростков злаков на одностороннее световое раздражение.

**Материалы и оборудование:** два вазона для выращивания растений, почва или влажные опилки, семена пшеницы (ячменя, овса и др.), фототропическая камера, настольная лампа.

**Растение:** проростки злака.

**Методика выполнения:** Выращивают проростки злака (4 - 5 см и выше). Один вазон с проростками ставят в условия одностороннего освещения (в фототропическую камеру), а другой оставляют на диффузном освещении. Камеру можно **ИЗГОТОВИТЬ ИЗ** картона. Внутренние стенки следует зачернить краской или обклеить черной бумагой. На одной из сторон камеры, которая будет обращена к источнику света, делают небольшое отверстие на высоте, соответствующей положению надземной части проростков. Через 1 - 2 дня подводят итоги по наблюдаемому явлению.



**Рис. 25. Фототропизм**



**Рис. 26. Геотропизм**



**Рис. 27. Чувствительность мимозы к прикосновению:**

*А - растение до прикосновения, Б - растение спустя 5 сек. после прикосновения*

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Проследить за реакцией проростков злаков на одностороннее световое раздражение. 3. Зарисовать установку в начале и в конце опыта, записать соответствующие выводы.

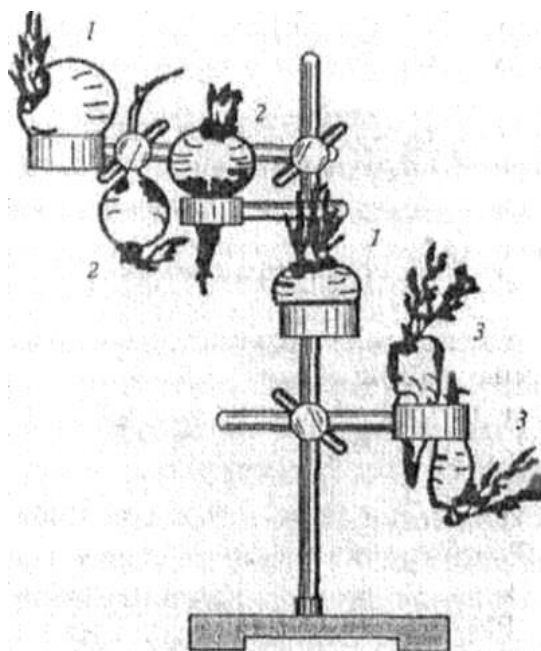
**Лабораторная работа 6.8**  
**ОБНАРУЖЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ГЕОТРОПИЗМА**  
**У ПОБЕГОВ И ИХ ЧАСТЕЙ**

Вводные пояснения. Способность растений реагировать на земное притяжение называют *геотропизмом*. Положительно геотропные органы растут к центру Земли, а отрицательно геотропные - в направлении от центра Земли. Геотропный изгиб - это обычно результат неодинакового роста на противоположных сторонах органа. Воздействие на растение земного притяжения и, как результат этого, возникновение в организме возбуждения приводят к неравномерному распределению ауксина в зоне растяжения растущего органа. Например, ауксина больше скапливается на нижней стороне coleoptily, стебля, черешка, если их расположить горизонтально. Орган начинает расти более усиленно на той стороне, где клетки обогащены ИУК. Эта сторона становится выпуклой и стебель (черешок листа, coleoptиль) изгибается вверх. Для иллюстрации отрицательного геотропизма следует рассмотреть геотропизм у различных побегов (рис. 28).

**Цель работы:** продемонстрировать отрицательный геотропизм.

**Материалы и оборудование:** емкости для размещения корнеплодов (ящики, кристаллизаторы и др.).

**Растения:** корнеплоды моркови, петрушки, свеклы, зеленой редьки и др. (или их верхушки), пророщенные семена кукурузы



**Рис. 28. Отрицательный геотропизм у редьки, свеклы, моркови**

Методика выполнения: Выбранные для опыта корнеплоды (или их верхушки) помещают в шкаф (ящик, кристаллизатор), где поддерживаются достаточные для роста температура и влажность воздуха. Корнеплод раскладывают по-разному: одним придают нормальное положение (корень обращен вниз; для этого используют банки в качестве подставки), другим горизонтальное, третьим - корнем вверх. После разворачивания почек и отрастания побегов корнеплоды переносят во влажную камеру с освещением постоянным или переменным. Положение корнеплодов в пространстве сохраняют прежним. Рост побега продолжается, листья зеленеют.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Рассмотреть и зарисовать отрицательный геотропизм у побегов ряда овощных культур (рис. 28). 3. Сделать выводы о влиянии земного притяжения на направление роста укороченных побегов у выбранных для опыта растений.

### **Лабораторная работа 6.9**

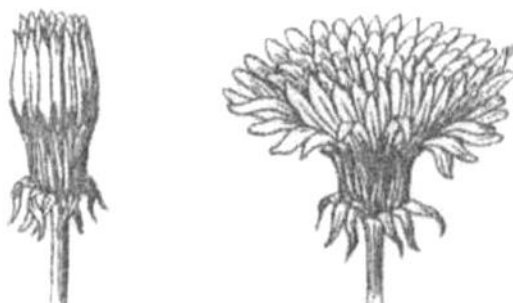
#### **НАСТИЧЕСКИЕ ИЗГИБЫ ЧЕРЕШКОВ ЛИСТЬЕВ ГОРТЕНЗИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ АУКСИНА**

**Вводные пояснения.** Примером настических движений могут служить гипонастии (изгибание листа кверху) и эпинастии (изгибание листа книзу), возникающие в результате неодинакового роста верхней и нижней сторон черешка листа. Настические движения регулируются фитогиормонами

(ауксином, этиленом) (рис. 29). У листьев эти движения можно вызвать искусственно, нанося пасту, содержащую ауксин, на черешок листа.

**Цель работы:** проследить за наегическими движениями листьев после обработки ауксином.

**Материалы и оборудование:** ланолиновая паста с ИУК, стеклянная палочка.



**Рис. 29. Фотонастическое раскрытие соцветий одуванчика**

**Растения:** гортензия, герань и другие комнатные растения.

**Методика выполнения.** Выбирают супротивные листья растения. Пасту с ауксином стеклянной палочкой наносят на нижнюю сторону черешка одного из листьев и на верхнюю сторону другого. Контрольные черешки обрабатывают пастой без ауксина. В течение нескольких дней следят за изгибом листьев и ростом черешка.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Рассмотреть и зарисовать в рабочую тетрадь фотонастическое раскрытие соцветий одуванчика (рис. 29). 3. Сделать выводы о причинах настических движений.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое рост?
2. Какие известны фазы роста у клетки?
3. Что характерно для каждой фазы роста?
4. Где на стеблях и корнях находятся растущие зоны?
5. Какие образовательные ткани имеются в растении?
6. Как измерить рост?
7. В чем проявляется периодичность и ритмичность роста?
8. Какова физиологическая роль фитогормонов?
9. В каких случаях целесообразно применять регуляторы роста и развития?
10. Какие факторы среды наиболее существенно влияют на рост?

11. В чем состоит принципиальное отличие тропизмов от настий?
12. Что такое онтогенез? Этапы онтогенеза.
13. Каковы способы регуляции онтогенеза?
14. Каково биологическое значение фотопериодизма и яровизации?
15. Что лежит в основе возрастных изменений у растений и их органов?
16. Что такое фитогормоны у растений?
17. Какова роль гиббереллинов и цитокининов в растениях?
18. Что такое гербициды?
19. Что такое отрицательный и положительный тропизм?
20. Что такое настии? Что такое сейсмонастические движения?

## **Раздел 7. МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ**

**Вводные пояснения.** В состав растений входят почти все известные химические элементы. При сжигании растительного материала углерод, азот и водород улетучиваются в виде воды,  $\text{CO}_2$  и других оксидов. Остающийся нелетучий осадок (зола) содержит элементы, называемые зольными. Их содержание у различных растений и в разных частях одного и того же растения неодинаково и зависит от состава почвы, физиологических особенностей и возраста растения. На количество золы, образующейся при сжигании разных частей растения, влияет также соотношение в них живых и мертвых клеток. Мертвые клетки состоят из одних клеточных стенок, в которых находится небольшое количество кальция или кремния, тогда как в цитоплазме и органеллах живых клеток содержится много зольных элементов как в составе органических веществ (сера - в белках, фосфор - в нуклеиновых кислотах и фосфолипидах, магний - в хлорофилле и т.н.), так и в форме ионов. Зола в растении составляет приблизительно 5 % от массы сухого вещества. Однако отдельные органы растений сильно различаются по содержанию золы. Ее больше там, где преобладают живые клетки. Так, в среднем в древесине - около 1 % золы, в семенах - около 3 %, в стеблях и корнях - 5 %, а в листьях - 15 %.

### **Лабораторная работа 7.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗОЛЫ В РАЗНЫХ ЧАСТЯХ РАСТЕНИЙ**

**Цель работы:** определить количество золы в различных органах растения.

**Материалы и оборудование:** фарфоровые тигли, прокаленные и охлажденные в эксикаторе (перед прокаливанием номера на тиглях обозначать концентрированным раствором  $\text{FeCl}_3$ ); тигельные щипцы, спиртовка

или газовая горелка, штатив с кольцом, фарфоровый треугольник, ступка, весы с разновесами, муфельная печь, эксикатор, скальпель, препаровальные иглы (2 шт.), этанол, глянцевая бумага, спички, рукавицы.

Растения: хорошо высушенные на воздухе ткани и органы растений (древесина сосны, березы и других растений, наколотая лучинками; листья лучше собирать в конце лета, когда в них накапливается много зольных элементов), соцветия, плоды, семена.

### **Методика выполнения.**

*1. Озоление древесины.* Предварительно прокаленный, очищенный от нагара и охлажденный в эксикаторе тигель взвешивают с точностью до 0,01 г. Отдельно взвешивают 3 г тонко наколотых лучинок. В конец лучины втыкают препаровальную иглу, зажигают другой конец и за иглу держат им несколько вверх над открытым тиглем, поставленным на лист глянцевой бумаги (для собирания золы, падающей мимо тигля). Остатки сгоревшей лучины собирают в тигель и прокаливают в муфельной печи до полного выжигания остатков угля.

*2. Озоление листьев и семян.* Материал измельчают, растирают в ступке, помещают в предварительно прокаленный и взвешенный тигель. Навеска должна составлять 0,5 - 1 г. Открытый тигель помещают на фарфоровый треугольник, закрепленный в штативе, добавляют 1 - 2 мл спирта и поджигают. После прекращения горения процедуру со спиртом повторяют еще раз. Заканчивают озоление в муфельной печи. Тигли выставляют на металлическую полочку муфельной печи и проверяют полноту сжигания, о которой судят по отсутствию в золе несгоревших частей и угля. Перемешивают золу двумя тонкими препаровальными иглами или кусочками проволоки. Если после продолжительного прокаливания не произошло полного сгорания (остаются кусочки спекшегося угля), тигель следует охладить, добавить в него несколько капель спирта, содержимое перемешать препаровальными иглами и повторно прокалить при высокой температуре в муфельной печи.

Все операции по сжиганию растительного материала проводят под тягой. После того как озоление закончено, тигли переносят в эксикатор. При полном охлаждении их взвешивают и определяют количество золы, содержащейся в исследуемом материале. Данные вносят в таблицу 1.

Таблица 1. Содержание золы в исследуемом материале

Растение, орган	№ тигля	Масса, г					Содержание золы, %
		пустого тигля	тигля с материалом	тигля с золой	материала	золы	

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Сделать вывод о содержании золы в различных органах; в одноименных частях разных растений. Высказать свои суждения о причине этих различий.

### Лабораторная работа 7.2

#### ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ РАСТЕНИЙ ПРИ ГОЛОДАНИИ ПО ЭЛЕМЕНТАМ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

**Вводные пояснения.** 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.

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

**Материалы и оборудование:** гербарные листы больных растений, цветные карандаши, атласы и книги с иллюстрациями признаков голодания, живые растения, комнатные растения.

**Растения:** больные листья и побеги комнатных растений в зимний период; растения сада, огорода, поля, леса, пустырей и т.д. в период вегетации.

**Методика выполнения.** Заранее собирают больные листья и поврежденные побеги различных растений. При помощи преподавателя и с использованием имеющихся атласов, книг, пособий и таблиц ставят диагноз заболевания растений (табл. 2).



Таблица 2. Признаки заболеваний растений при голодании по элементам питания

Элемент	Симптомы недостаточности
<b>N</b>	Слабый рост, карликовость, склероморфизм. Преждевременное пожелтение более старых листьев, их некротические концы. Входит в состав хлорофилла и нуклеиновых соединений.
<b>P</b>	Задержка цветения, отсутствие роста, фиолетовая окраска листьев и стеблей, тенденция к скручиванию и перевертыванию листьев.
<b>K</b>	Белые и бурые пятна, рваный край листа, дырки, отверстия в листе, краевой ожог листьев (запал). По мере возрастания дефицита элемента повреждения увеличиваются.
<b>S</b>	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.
<b>Mg</b>	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.
<b>Ca</b>	Гофрированные, сморщенные листья с некротическими зонами. Отсутствие верхушечных почек. Нарушение роста связанного с делением и растяжением клеток.
<b>Fe</b>	Бледно-желтая окраска ткани листьев между жилками у молодых листьев, жилки остаются зелеными. Хлороз. Малая мощность растения, неурожай. Старые листья поражаются позже сходным образом
<b>Mn</b>	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>B</b>	Отмирание верхушечных почек, закрученные, деформированные листья; черная гниль у корнеплодов свеклы, моркови; полые кочерыжки капусты
<b>Zn</b>	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

<b>Cu</b>	Бледно-желтая окраска листьев или полосатые закрученные листья. Вдоль краев листьев хлороз с последующим некрозом
<b>Mo</b>	Узкие, длинные, скрученные листья, выемки на листовой пластинке, хлороз сложных листьев, включая черешок
<b>Na</b>	Растения не испытывают недостатка. Избыток проявляется в виде неоднородной пестроты, некроза верхушек листьев, краев и тканей между жилками
<b>Cl</b>	Из видимых симптомов увядание растений, остальные симптомы/специфичны для отдельных видов растений. Дефицит встречается редко

Данные вносят в таблицу 3.

Таблица 3. 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

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Пользуясь предложенными литературными источниками описать внешние признаки недостатка тех или иных элементов питания у собранных растений. 3. Отметить в каком возрасте и в какой фазе развития они выявлены, данные занести в табл. 3. 4. Рассмотреть и зарисовать рисунки о влиянии микроэлементов на развитие растений (рис. 30 и 31). 5. Ознакомиться (устно) с методом водных культур, методом воздушной культуры растений - аэропоники (рис. 32). 6. Ознакомиться с группой насекомоядных растений, зарисовать одного, двух представителей (рис. 33 - 36).

**Метод водных культур.** Чтобы узнать, какие минеральные элементы нужны растению, ставят водные культуры. Растения выращивают в слабом растворе минеральных солей. Исключая те или иные элементы, выясняют их необходимость для растения и их роль. Метод водных культур был впервые разработан Кнопом в Германии во второй половине прошлого столетия (рис. 32). В России их впервые демонстрировал на Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде К. А. Тимирязев в 1896 г.

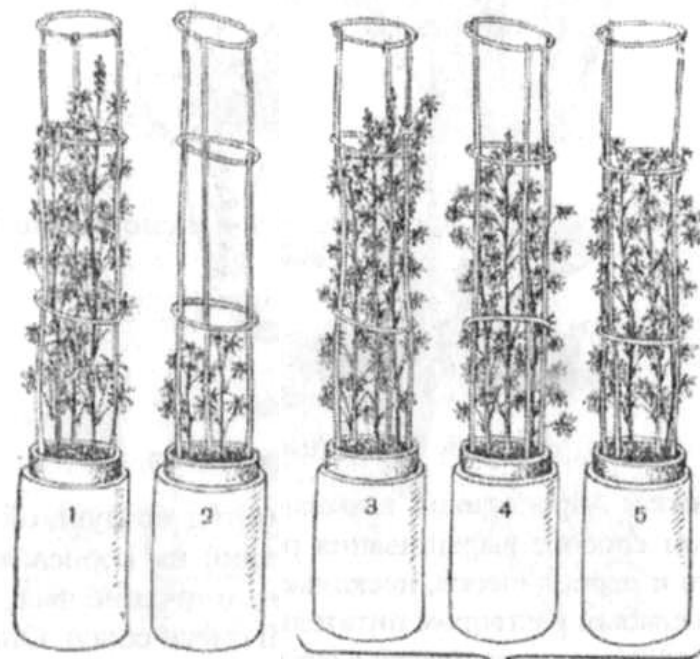


**Рис. 30. Влияние микроэлементов.**

**Клевер второго года жизни после перезимовки:**

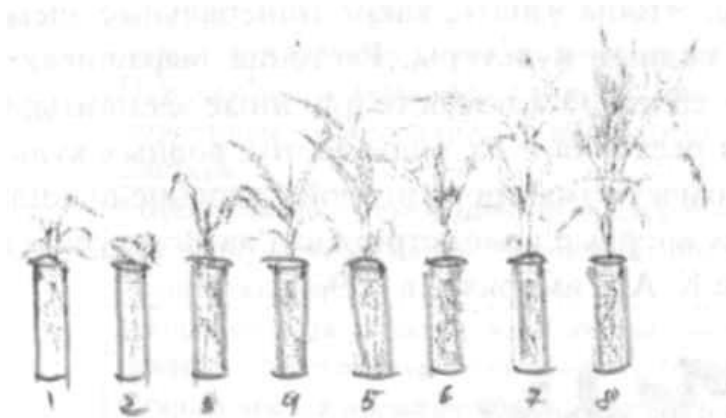
*1 - растение, обеспеченное молибденом,*

*2 - растение, угнетенное от недостатка молибдена*



**Рис. 31. Влияние фосфора на развитие люпина:**

*1 - растворимый фосфор, 2 - без фосфора, 3, 4, 5 - различные фосфориты*



### Рис. 32. Водная культура:

*1 - дистиллированная вода; 2 - вес соли, кроме калия; 3 - кроме кальция; 4 - кроме азота; 5 - кроме фтора; 6 - кроме магния; 7 - кроме железа; 8 - полная питательная смесь.*

Питательная смесь Гельригеля: на 1 л воды берется (в г):

$\text{CaNO}_3$  (нитрат кальция) - 0,492

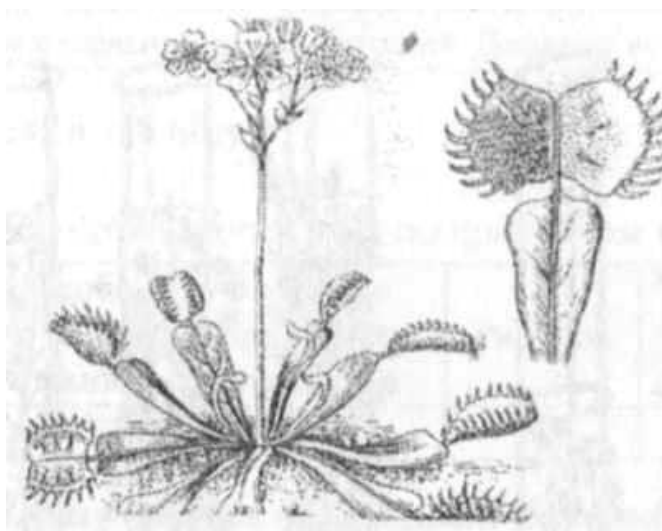
$\text{MgSO}_4$  (сульфат магния) 0,060

$\text{KCl}$  (хлорид калия) - 0,075

$\text{KH}_2\text{PO}_4$  (дигидрофосфат калия) - 0,136

$\text{FeCl}$  (хлорид железа (III)) - 0,025

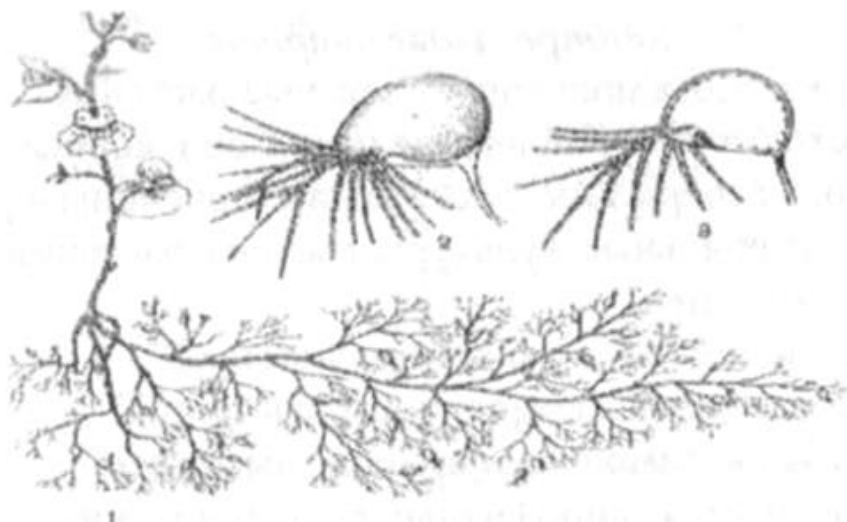
Водные культуры выращивают в специальных вегетационных домиках, где растения культивируются на вагонетках под стеклянной крышей. Днем в хорошую погоду их выкатывают по рельсам из домика. В вегетационных домиках ставят также почвенные культуры в сосудах, набитых почвой, или в сосудах, набитых песком (песчаные культуры). Кроме того, ставятся гравийные или, гидрокультуры (гидропоника). Сверху сосуды или ящики заполняются гравием, керамзитом или вермикулитом, а снизу подается питательный раствор. Керамзит - это строительный материал. Он представляет собой пористые шарики из обожженной глины. Вермикулит - слюда.



### Рис. 33. Венерина мухоловка

**Аэропоника.** Аэропоникой называют метод воздушной культуры растений. При этом способе выращивания растений их корневая система находится в воздухе и периодически, несколько раз в течение часа, автоматически опрыскивается слабым раствором питательной смеси солей. Опыт показал, что в этих условиях растения развиваются вполне нормально и дают хороший

урожай. Аэропоника может применяться при культуре растений в закрытом грунте, т. е. в теплицах для выращивания овощей, пользована в будущем.



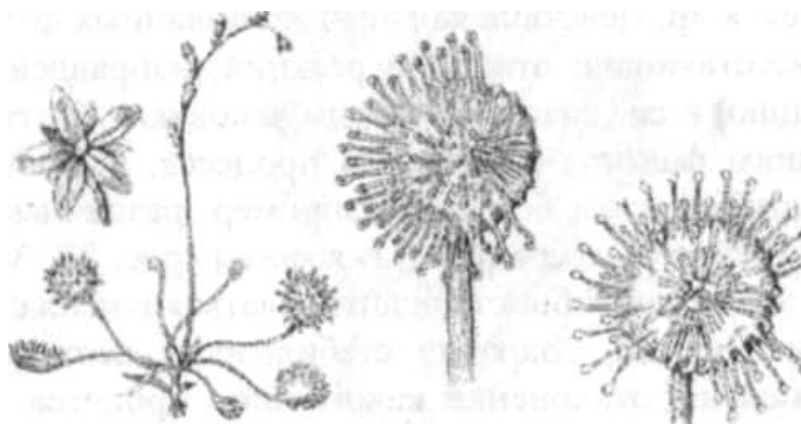
**Рис. 34. Пузырчатка:**

*1 - общий вид - на подводном стебле развиваются мелкие пузырьки, 2 - увеличенный пузырек, 3 - пузырек в разрезе видны клапан, реснички и всасывающие клетки*

**Насекомоядные растения.** Интересную группу растений, питающихся органическим азотом, составляют насекомоядные растения (рис. 33, 34, 35, 36). В процессе эволюции у них выработался своеобразный тип азотистого питания. В насекомоядных растениях имеется хлорофилл, т.е. они способны осуществлять процесс фотосинтеза.



**Рис. 35. Насекомоядные растения: 1 - кувшиновое, 2 - сарацения**



**Рис. 36. Насекомоядное растение росянка:**

*1 - общий вид, 2, 3 - отдельные листья: часть ресничек загнута к центру листа, где находится муха*

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие формы азота поглощают зеленые растения?
2. Как происходит восстановление нитратов в корневой системе?
3. Какова роль аспарагина, глутамина и мочевины в растении?
4. Что такое стерильные культуры высших растений и какие вопросы они помогают разрешить?
5. Какие вы знаете насекомоядные растения?
6. Каковы причины насекомоядности растений?
7. Какие примеры симбиоза в природе вы знаете?
8. В чем заключается сапрофитный способ питания?
9. Что такое полупаразитизм в мире растений?
10. Каких представителей паразитических цветковых растений вы знаете?
11. Какова роль клубеньковых бактерий в жизни мотыльковых (бобовых) растений?
12. Каких свободноживущих азотфиксаторов вы знаете?
13. Как заражают семена азотобактерином?
14. Каково число бактерий в почве?
15. Как протекает процесс гниения?
16. Какова роль бактерий разложения мочевины в природе?
17. Как протекает процесс нитрификации?
18. Как происходит круговорот азота в природе?

## **Раздел 8. УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ**

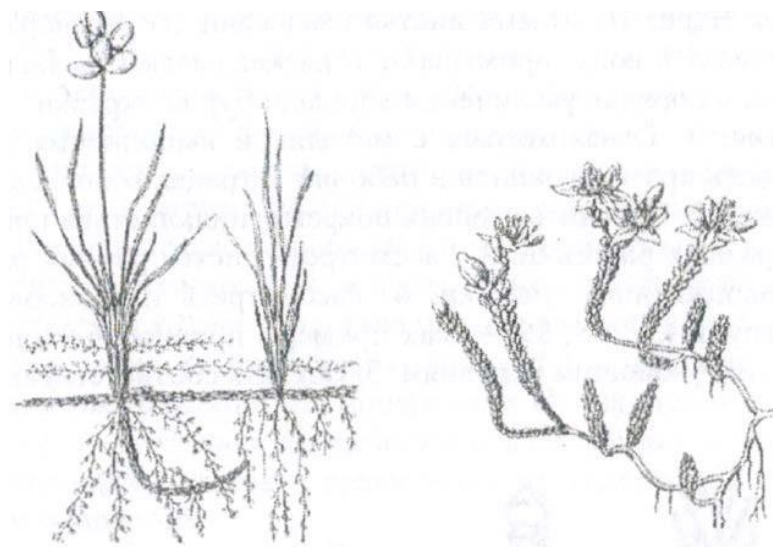
### **Лабораторная работа 8.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТКАНЕЙ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ К ВЫСОКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ**

**Вводные пояснения.** Растения (в том числе и сельскохозяйственные культуры) часто подвергаются действию таких неблагоприятных внешних факторов, как чрезмерно высокая или низкая температура, недостаток влаги, засоленность почвы и др. Действие каждого из названных факторов вызывает у растений соответствующие ответные реакции, направленные на приспособление (адаптацию) к создавшимся новым условиям. В отношении каждого неблагоприятного фактора растения в процессе эволюции выработали свои специфические способы борьбы. Например, различные группы растений: эфемеры, суккуленты, ксерофиты, галофиты (рис. 37, 38, 39). 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 фсофитин, имеющий бурый цвет. Чем больше хлорофиллоносных клеток повреждено, тем большая площадь листа буреет.

**Цель работы:** сравнить устойчивость листьев разных растений к высоким температурам.

**Материалы и оборудование:** водяная баня, плитка, термометр, кристаллизаторы, белая пластиковая пластина, 0,2 М раствор HCl.

**Растения:** листья растений различных экологических групп: эфемеры, суккуленты, ксерофиты, галофиты (рис. 37, 38, 39), огурцы, полынь, одуванчик, кислица, лебеда и другие листья разных ярусов.



**Рис. 37. Эфемеры - песчаная осока (слева)  
и суккулент - очиток (справа)**



**Рис. 38. Ксерофит (джузгун)**

**Методика выполнения.** В водяной бане поддерживают температуру 40°C. 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°C. Через 10 мин из нее извлекают вторую пробу листьев, их также переносят в кристаллизатор с водой. Постепенно температуру воды в бане доводят до 60°C, забирая пробы каждые 10 мин после увеличения температуры в бане на каждые 5°C. Затем



листья извлекают из воды комнатной температуры и заливают раствором 0,2 М HCl, в котором листья приобретают бурую 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.

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Сравнить степень повреждения, листьев при разной температуре у разных растений. 3. Рассмотреть листья разных растений и зарисовать поврежденные участки. 4. Рассмотреть и зарисовать растения различных троп (37, 38, 39) - как примеры приспособленности к неблагоприятным окружающим условиям. 5. Сделать соответствующие выводы.



**Рис. 39. Солерос**

## **Лабораторная работа 8.2**

### **ПРЕВРАЩЕНИЕ ЗАПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОБЕГАХ ДРЕВЕСИНАХ РАСТЕНИЙ**

**Вводные пояснения.** В течение вегетационного периода продукты фотосинтеза откладываются в запасных тканях стеблей древесных растений. Зимой некоторые запасные вещества подвергаются гидролизу, в ходе которого накапливаются соединения, повышающие устойчивость клеок к низким температурам. Таким образом, они выполняют роль криопротекторов.

**Цель работы:** проследить за изменением качественного состава и локализации запасных веществ в тканях стеблей древесных растений в осенне-зимний период.

**Материалы и оборудование:** раствор I в KI (концентрированный раствор, приготовленный по прописи, разбавить в 3 раза); раствор краски Судан III, насыщенный раствор  $\text{CuSO}_4$ , щелочной раствор сегнетовой соли, феллингова жидкость, глицерин, микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие, пинцет, скальпель, спиртовка, препаровальная игла, штатив с пробирками (2 шт.), держатель для пробирок, стеклянная палочка, стакан с водой, кусочки фильтровальной бумаги, спички, цветные карандаши.

**Растения:** зафиксированные в парах спирта побеги дуба и липы, срезаемые в сентябре и в январе и поставленные в вертикальном положении в плотно закрытые банки, на дно которых налит 96 %-ный спирт.

**Методика выполнения.** На поперечных срезах стебля на срединной и верхней частях побега проводят реакции для обнаружения крахмала, жиров и редуцирующих Сахаров и сравнивают их содержание в осенних и зимних образцах побегов.

1. Обнаружение крахмала. Делают тонкий поперечный срез стебля (достаточно получить сектор, включающий все части стебля - сердцевину, древесину и кору). Помещают срез на предметное стекло в каплю раствора йода, закрывают покровным стеклом и рассматривают в микроскоп сначала при малом, а затем при большом увеличении. Крахмальные зерна выглядят черными гранулами.

2. Обнаружение жиров. Помещают тонкий срез в каплю раствора красителя Судан III, накрывают его покровным стеклом и выдерживают в растворе не менее 10 мин. Затем срез промывают водой и помещают в каплю глицерина. Рассматривают в микроскоп при большом увеличении основную паренхиму коры и сердцевины, древесную и лубяную паренхимы и паренхиму лубодревесных лучей. Капли жира окрашиваются в оранжевый или красный цвет.

3. Обнаружение редуцирующих Сахаров. Отрезок побега длиной в несколько сантиметров разрезают вдоль и помещают в концентрированный раствор  $\text{CuSO}_4$  на 5 мин, после чего промывают водой и помещают в пробирку с кипящим щелочным раствором сегнетовой соли, кипятят 2 мин. Обработанные таким способом кусочки побега промывают водой, делают тонкие поперечные срезы, помещают их на предметное стекло в каплю воды, которую затем заменяют на глицерин, срезы накрывают покровным стеклом и рассматривают под микроскопом. Кристаллы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  при малом увеличении кажутся черными, а при большом увеличении имеют красный оттенок. Кроме

грубый метод заключается в том, что не очень тонкий срез помещают на предметное стекло в большую каплю феллинговой жидкости и, держа пинцетом за край стекла, нагревают до кипения. Образующийся при этом осадок  $\text{Si}_2\text{O}$  распределяется по всему препарату

Таблица 1. Состав и локализация запасных веществ в побегах

Растение	Дата взятия пробы	Локализация запасных веществ в тканях побега	Крахмал	Жир	Сахар

**Задание:** 1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы, сделать краткую запись в рабочих тетрадях о последовательности ее выполнения. 2. Результаты опыта записать в таблицу 1, отметить, в каких тканях обнаружены те или иные запасные вещества, и дать оценку их количества (по пятибалльной шкале). Для каждой древесной породы запись начинают с результатов анализа осенних проб. 3. Зарисовать препараты, раскрасить их цветными карандашами, сделать подписи к рисункам.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что лежит в основе устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды?
2. Что такое закаливание?
3. В чем состоит избегание неблагоприятных условий у растений?
4. В чем проявляется избегание растениями губительного действия засухи?
5. Чем различаются понятия морозоустойчивость и зимостойкости? При каких условиях происходят первая и вторая стадии закаливания растений морозу?
6. В чем состоит защитное действие Сахаров?
7. Какие соли вызывают засоленность почвы?
8. Какой тип засоления наиболее опасен?
9. В чем состоит неблагоприятное действие засоления на растения?
10. Почему именно рост является главным диагностическим показателем устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды? Почему при диагностики устойчивости необходимо сравнение с известными сортами-классификаторами?

## Тестовая работа 1

1. Какие из перечисленных положений составляют основу клеточной теории (все организмы состоят из клеток; все клетки образуются из клеток; все клетки возникают из неживой материи)?

2. Что представляет собой тело предклеточных организмов (ядро; цитоплазма; молекула ДНК или РНК, покрытая белковой оболочкой)?

3. Какие органеллы клетки являются общими для всех живых организмов, независимо от уровня их организации (митохондрии, аппарат Гольджи, рибосомы)?

4. Какие клеточные структуры встречаются только у бактерий (лизосомы, мезосомы, плазмиды)?

5. Кольцевая молекула ДНК — нуклеоид имеется (в клетках бактерий, синезеленых, в пластидах, в митохондриях, в ядре)?

6. Главные отличия клеток прокариот от эукариот (наличие ядерной оболочки, отсутствие ядерной оболочки, наличие ядрышка, отсутствие ядрышка, способ питания)?

7. Какой способ питания характерен для вирусов и бактериофагов (паразитный, сапрофитный)?

8. Какие организмы относят к клеточным предъядерным (бактерии, фаги, вирусы, синезеленые — цианобактерии)?

9. Какие организмы относят к одноклеточным ядерным (бактерии, амеба малярийная, хламидомонада, инфузория туфелька)?

10. Какие организмы являются многоклеточными (кишечнополостные, бурые водоросли, бактерии)?

## Тестовая работа 2

### (неорганические вещества)

1. Какие химические элементы, содержащиеся в клетке, являются органогенами (O, C, H, N, Fe, K, S, Zn, Si); какие — макроэлементами (O, C, H, N, P, S, Na, Cl, K, Ca, Fe, Mg, Zn); какие — микроэлементами (O, C, H, N, P, Cl, Mg, Zn, Na, Si, I, Br, Ni, Ag)?

2. Какие химические элементы преобладают в живой природе (O, Si, Fe, H, C, N, Al, Mg); какие — в неживой (O, Si, Fe, H, C, N, Al, Mg)?

3. Какая группа химических элементов составляет 98% от сырой массы клетки (органогены, макроэлементы, микроэлементы); 1,9% (органогены, макроэлементы, микроэлементы); 0,1% (органогены, макроэлементы, микроэлементы)?

4. Какую долю в среднем составляют в клетке: вода (80, 20,1%); белки (80, 20, 1%); неорганические вещества (80, 20, 1%)?

5. Какую роль в жизнедеятельности клетки играют соединения азота (входят в состав ДНК, РНК, АТФ, аминокислот, белков, углеводов)?

6. Какую роль в клетке играет фосфорная кислота (входит в состав ДНК, РНК, АТФ, аминокислот, белков, углеводов)?

7. Каково значение калия в жизнедеятельности клетки (способствует перемещению веществ через мембрану, активизирует обмен веществ, участвует в проведении возбуждений и импульсов)?

8. В состав какого жизненно важного соединения входят железо (хлорофилл, гемоглобин, ДНК, РНК); магний (хлорофилл, гемоглобин, ДНК, РНК)?

9. Какое химическое соединение играет большую роль в поддержании осмотического давления в клетке (белок, АТФ, NaCl, жир)?

10. Каково значение воды для жизнедеятельности клетки (среда для химических реакций, растворитель, источник кислорода при фотосинтезе, химический реагент, источник кислорода при диссимиляции)?

### **Тестовая работа 3** **(органические вещества: липиды (жиры))**

1. К каким соединениям по отношению к воде относятся липиды (гидрофильные, гидрофобные)?

2. В каких растворителях жиры растворимы (вода, спирт, эфир, бензин)?

3. Каков химический состав молекулы жира (аминокислоты, жирные кислоты, глицерин, глюкоза)?

4. Где в клетках синтезируются жиры (рибосомы, пластиды, эндоплазматическая сеть — ЭПС)?

5. В каких структурах клетки находятся липиды (мембраны, строма пластиды, вакуоли)?

6. Какова роль липидного слоя в функционировании биологических мембран (избирательная проницаемость, непроницаемость, полная проницаемость)?

7. Какие функции в клетке выполняют липиды (структурная, энергетическая, транспортная, информационная)?

8. Какое значение для организма имеют жиры: у растений (структура мембран, источник энергии, теплорегуляция); у животных (структура мембран, источник энергии, теплорегуляция, источник воды)?

9. Сколько энергии освобождается при расщеплении 1 г жира (17,6 кДж, 38,9 кДж)?

#### **Тестовая работа 4** **(органические вещества: белки)**

1. Какова функция нуклеиновых кислот в клетке (хранение и передача наследственных свойств, контроль за синтезом белка, регуляция биохимических процессов, деление клеток)?

2. Что представляет собой мономер нуклеиновых кислот (аминокислота, нуклеотид, молекула белка)?

3. Что входит в состав нуклеотида (аминокислота, азотистое основание, остаток фосфорной кислоты, углевод)?

4. К каким веществам относится рибоза (белок, жир, углевод)?

5. Какие вещества входят в состав нуклеотидов ДНК (аденин, гуанин, цитозин, урацил, тимин, фосфорная кислота, рибоза, дезоксирибоза)?

6. Какую спираль представляет собой молекула ДНК (одинарная, двойная)?

7. Чему соответствует информация одного триплета ДНК (аминокислота, белок, ген)?

8. С какой из структур ядра связано образование всех видов РНК (ядерная оболочка, ядрышко, хромосомы, ядерный сок)?

Какая из структур ядра содержит информацию о синтезе одного белка (молекула ДНК, ген, нуклеотид, триплет нуклеотидов)?

10. Когда происходит самоудвоение молекулы ДНК (интерфаза, профаза, метафаза)?

11. Какая из нуклеиновых кислот имеет наибольшую длину и молекулярную массу (ДНК, РНК)?

#### **Тестовая работа 5** **(мембранные структуры)**

1. Какие особенности живой клетки зависят от функционирования биологических мембран (избирательная проницаемость, поглощение и удержание воды, ионный обмен, изоляция от окружающей среды и связь с ней)?

2. Из каких молекул состоит биологическая мембрана (белки, липиды, углеводы, вода, АТФ)?

3. Какой из компонентов мембраны обуславливает свойство избирательной проницаемости (белки, липиды)?
4. Каково строение липидного слоя в мембране (мономолекулярный, бимолекулярный, непрерывный, прерван белковыми порами, частично прерван полупогруженными молекулами белка)?
5. Через какие участки мембраны проводятся вода (липидный слой, белковые поры), ионы (липидный слой, белковые поры)?
6. Каким образом проходят через мембрану крупные белковые молекулы и частицы (фагоцитоз, пиноцитоз)?
7. Какие органеллы цитоплазмы имеют одномембранное строение (наружная клеточная мембрана, ЭПС, митохондрии, пластиды, рибосомы, комплекс Гольджи, лизосомы)?
8. Какие органеллы цитоплазмы имеют двухмембранное строение (ЭПС, митохондрии, пластиды, комплекс Гольджи)?
9. Какие органеллы цитоплазмы имеют немембранное строение (ЭПС, митохондрии, пластиды, рибосомы, лизосомы)?
10. Чем отделена цитоплазма клетки от окружающей среды (мембранами ЭПС, наружной клеточной мембраной)? У каких клеток поверх наружной клеточной мембраны находится целлюлозная стенка (растительная, животная)?
11. Какая органелла связывает клетку в единое целое, осуществляет транспорт веществ, участвует в синтезе белков, жиров, сложных углеводов (наружная клеточная мембрана, ЭПС, комплекс Гольджи)?

### **Тестовая работа 6 (рибосомы)**

1. Какое строение имеют рибосомы (одномембранное, двухмембранное, немембранное)?
2. Из скольких субъединиц состоит рибосома (1, 2, 3)?
3. Где образуются субъединицы рибосом (цитоплазма, ядро, вакуоли)?
4. В какой из ядерных структур идет сборка субъединиц рибосом (ядерный сок, ядрышко, ядерная оболочка)?
5. Что входит в состав рибосом (белки, липиды, ДНК, РНК)?
6. В каких органеллах клетки находятся рибосомы (цитоплазма, гладкая ЭПС, шероховатая ЭПС, митохондрии, пластиды, ядерная оболочка)?
7. Какую функцию выполняют рибосомы (фотосинтез, синтез белков, синтез жиров, синтез АТФ, транспортная функция)?

### **Тестовая работа 7 (митохондрии)**

1. Какое строение имеют митохондрии (одномембранное, двухмембранное, немембранное)?
2. Как называются внутренние структуры митохондрий (граны, кристы, матрикс)?
3. В какой части митохондрий происходит окисление органических веществ (кристы, матрикс, наружная мембрана митохондрии, вне митохондрии)?
4. Где происходит синтез АТФ (кристы, матрикс, наружная мембрана митохондрии, вне митохондрии); расщепление (кристы, матрикс, наружная мембрана митохондрии, вне митохондрии)?
5. Где в митохондриях находятся молекулы ДНК, РНК, рибосомы (кристы, наружная мембрана, матрикс)?
6. Почему митохондрии называют энергетическими станциями клеток (осуществляют синтез белка, синтез АТФ, синтез углеводов, расщепление АТФ)?
7. Какая функция митохондрий дала им название — дыхательный центр клетки (синтез АТФ, окисление органических веществ до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , расщепление АТФ, усвоение  $\text{O}_2$ )?

### **Тестовая работа 8**

#### **(пластиды)**

1. Какие органеллы характерны только для растительных клеток (ЭПС, рибосомы, митохондрии, пластиды)?
2. Какие органеллы являются общими для растительной и животной клетки (ЭПС, рибосомы, митохондрии, пластиды)?
3. Какие из пластид имеют зеленый цвет (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты), какие — оранжево-красный цвет (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты), какие — бесцветные (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты)?
4. Какие пластиды содержат пигмент хлорофилл (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты)?
5. К какой группе органелл относятся пластиды (одномембранные, двухмембранные, немембранные)?
6. Какие структуры образованы внутренней мембраной хлоропласта (тилакоиды гран, тилакоиды стромы, строма, кристы)?



7. В какой из мембран хлоропласта локализованы пигменты хлорофилл и каротин (наружная мембрана, тилакоиды гран, строма)?

8. В какой части хлоропласта находятся молекулы ДНК, РНК, рибосомы (наружная мембрана, грани, строма)?

9. Благодаря каким особенностям пластиды и митохондрии являются полуавтономными органеллами (имеют свой генетический код, имеют двухмембранное строение, синтезируют АТФ)?

10. Какие из пластид выполняют следующие функции: фотосинтез (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты), накопление запасного крахмала (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты), окраска лепестков, плодов и осенних листьев (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты)?

### **Тестовая работа 9**

1. Для каких организмов характерно ядро (прокариоты, эукариоты)?

2. С появлением какой структуры ядро обособилось от цитоплазмы (хромосомы, ядрышко, ядерный сок, ядерная оболочка)?

3. Что представляет собой ядерная оболочка (сплошная или пористая; одномембранная или двухмембранная)?

4. Какая ядерная структура несет наследственные свойства организма (ядерная оболочка, ядерный сок, хромосомы, ядрышко)?

5. В какой части ядра находится молекула ДНК (ядерный сок, хромосомы, ядерная оболочка)?

6. Различаются ли в пределах ядра хромосомы по строению (да, нет), по функциям (да, нет), по составу (да, нет)?

7. Различаются ли в норме наборы хромосом одной клетки от другой в одном организме (да, нет, некоторые)?

8. Различаются ли по химическому составу хромосомы и хроматин (да, нет)?

9. В каком состоянии находятся хромосомы к началу деления клеток (спирализованные, деспирализованные; однохроматидные, двуххроматидные)?

10. Как называются продольные половины митотической хромосомы (плечи, хроматиды), поперечные части (хроматиды, плечи)?

11. Где расположена центромера на хромосоме (на первичной перетяжке, на вторичной перетяжке)?

12. Где находится ядрышко на хромосоме (на первичной перетяжке, на вторичной перетяжке)?

- 13.** Все ли хромосомы несут ядрышко (все, одна, несколько)?
- 14.** Какая из ядерных структур принимает участие в сборке субъединиц рибосом (ядерная оболочка, ядрышко, ядерный сок)?
- 15.** Каковы функции ядра (хранение и передача наследственной информации, участие в делении клеток, участие в биосинтезе белка, синтез ДНК, РНК, формирование субъединиц рибосом)?

### **Тестовая работа 10**

- 1.** Почему ассимиляция называется пластическим обменом (создаются органические вещества, расщепляются органические вещества)?
- 2.** Почему диссимиляция называется энергетическим обменом (поглощается энергия, выделяется энергия)?
- 3.** Что включает в себя: процесс ассимиляции (синтез органических веществ с поглощением энергии, распад органических веществ с выделением энергии); процесс диссимиляции (синтез органических веществ с поглощением энергии, распад органических веществ с выделением энергии)?
- 4.** Какие процессы, происходящие в клетке, относятся к ассимиляционным (синтез белка, фотосинтез, синтез липидов, синтез АТФ, дыхание)?
- 5.** Чем отличается окисление органических веществ в митохондриях от горения этих же веществ (выделение теплоты, выделение теплоты и синтез АТФ, синтез АТФ; процесс окисления происходит с участием ферментов, без участия ферментов)?
- 6.** Что общего между окислением, происходящим в митохондриях клеток, и горением (образование  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ; выделение теплоты; синтез АТФ)?
- 7.** На каком этапе диссимиляции полимеры расщепляются до мономеров (I, II, III)?
- 8.** Что происходит с глюкозой на II этапе диссимиляции (гликолиз с образованием пировиноградной кислоты; окисление до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ )?
- 9.** Какой этап диссимиляции называют кислородным (I, II, III) и почему (в процессе реакции к промежуточным продуктам присоединяется кислород; в процессе реакции выделяется кислород)?
- 10.** На каком этапе диссимиляции углеводов синтезируются 2 АТФ (I, II, III); 36 АТФ (I, II, III); АТФ не синтезируется (I, II, III)?

## Тестовая работа 11

1. В каких органеллах клетки осуществляется процесс фотосинтеза (митохондрии, рибосомы, хлоропласты, хромопласты)?
2. Где сосредоточен пигмент хлорофилл (оболочка хлоропласта, строма, граны)?
3. Какие лучи спектра поглощает хлорофилл (красные, зеленые, фиолетовые)?
4. При расщеплении какого соединения выделяется свободный кислород при фотосинтезе ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , АТФ)?
5. В какую стадию фотосинтеза образуется свободный кислород (темновую, световую, постоянно)?
6. Что происходит с АТФ в световую стадию (синтез, расщепление)?
7. На какой стадии в хлоропласте образуется первичный углевод (световая стадия, темновая стадия)?
8. Расщепляется ли молекула  $\text{CO}_2$  при синтезе углеводов (да, нет)?
9. Какую роль играют ферменты при фотосинтезе (нейтрализуют, катализируют, расщепляют)?
10. Имеется ли хлорофилл у хемосинтезирующих организмов (да, нет)?
11. Какой способ питания у человека (автотрофный, гетеротрофный)?
12. Какие растения создают наибольшую биомассу и выделяют большую часть кислорода (споровые, семенные, водоросли)?

## Тестовая работ 12

1. Какие компоненты клетки непосредственно участвуют в биосинтезе белка (рибосомы, ядрышко, ядерная оболочка, хромосомы)?
2. Какова функция ДНК в синтезе белка (самоудвоение, транскрипция, синтез тРНК и рРНК)?
3. Чему соответствует информация одного гена молекулы ДНК (белок, аминокислота, ген)?
4. Какая структура ядра содержит информацию о синтезе одного белка (молекула ДНК, триплет нуклеотидов, ген)?
5. Какие компоненты составляют тело рибосомы (мембраны, белки, углеводы, РНК, жиры)?
6. Чему соответствует триплет иРНК (аминокислота, белок)?
7. Сколько аминокислот участвуют в биосинтезе белков (100, 30, 20)?

8. Что образуется на рибосоме в процессе биосинтеза белка (белок третичной структуры, белок вторичной структуры, полипептидная цепь)?

9. Где формируются сложные структуры молекулы белка (рибосома, матрикс цитоплазмы, каналы эндоплазматической сети)?

### **Тестовая работа 13**

1. Какой тип деления клеток не сопровождается уменьшением набора хромосом (амитоз, мейоз, митоз)?

2. Какое деление характерно для соматических клеток (амитоз, митоз, мейоз)?

3. Какой набор хромосом получается при митотическом делении диплоидного ядра (гаплоидный, диплоидный)?

4. Сколько хроматид в хромосоме к началу профазы (2, 1)?

5. Сколько хроматид в хромосоме к концу митоза (2, 1)?

6. Сколько клеток образуется в результате митоза (1, 2, 3, 4)?

7. Какое деление сопровождается редукцией (уменьшением) числа хромосом в клетке в два раза (митоз, амитоз, мейоз)?

8. В какой фазе мейоза происходит конъюгация хромосом (профаза I, метафаза I, профазы II)?

9. В результате какого типа деления клетки получают четыре гаплоидные клетки (митоз, мейоз, амитоз)?

10. Какой набор хромосом будет в клетках после деления, если в материнской было шесть хромосом (при митозе — , при мейозе — )?

11. Что выстраивается по экватору клетки в метафазе митоза (диплоидный набор гомологичных хромосом, биваленты, гаплоидный набор хромосом); в метафазе I мейоза (диплоидный набор гомологичных хромосом, биваленты, гаплоидный набор хромосом); в метафазе II мейоза (диплоидный набор гомологичных хромосом, биваленты, гаплоидный набор хромосом)?

12. В каком составе отходят хромосомы к каждому полюсу клетки в анафазе митоза (диплоидный набор однохроматидных хромосом, гаплоидный набор двуххроматидных хромосом, гаплоидный набор двуххроматидных хромосом); в анафазе I мейоза (диплоидный набор однохроматидных хромосом, гаплоидный набор двуххроматидных хромосом, гаплоидный набор однохроматидных хромосом); в анафазе II мейоза (диплоидный набор однохроматидных хромосом, гаплоидный набор двуххроматидных хромосом, гаплоидный набор однохроматидных хромосом)?

### Тестовая работа 14

1. Для какого способа размножения характерно образование гамет (вегетативное, бесполое, половое)?
2. Какой набор хромосом имеют сперматозоиды (п, 2п), яйцеклетки (п, 2п), зигота (п, 2п)?
3. Что образуется в результате овогенеза (сперматозоид, яйцеклетка, зигота)?
4. В какой зоне при гаметогенезе происходит мейотическое деление клеток (зона роста, зона размножения, зона созревания)?
5. Какой из способов размножения организмов возник позже всех в процессе эволюции (вегетативное, бесполое, половое)?
6. Какая часть сперматозоида и яйцеклетки является носителем генетической информации (оболочка, цитоплазма, рибосомы, ядро)?
7. Что предшествует образованию сперматоцитов I порядка (митоз, мейоз), сперматозоидов II порядка (митоз, мейоз I, мейоз II), сперматозоидов (митоз, мейоз I, мейоз II)?
8. Какова роль направительных телец в овогенезе (они способствуют оплодотворению, они принимают избыточный ядерный материал при мейозе)?
9. Чем отличается сперматид от сперматозоида (неподвижная, с большой массой цитоплазмы, без цитоплазмы, с ядром, без ядра)?
10. Каким промежутком времени разделены мейоз I и мейоз II при овогенезе (один месяц, три месяца, десятки лет)?

### Тестовая работа 15

1. Какой способ питания характерен для водорослей (хемотрофный, фототрофный, гетеротрофный)?
2. Какие органеллы характерны для клеток зеленых водорослей (ядро, цитоплазма, хроматофоры, митохондрии)?
3. Чем вызвано разнообразие окраски тела водорослей (приспособление к фотосинтезу, привлечение животных, маскировка, особенности размножения)?
4. В каких органеллах клеток водорослей содержится хлорофилл (ядро, цитоплазма, митохондрии, хроматофоры)?

**5.** Для какого типа строения водорослей характерны цитоплазматические связи (колониальный, одноклеточный, многоклеточный)?

**6.** Что такое слоевище (тело, разделенное на ткани и органы; тело, не разделенное на ткани и органы)?

**7.** Какие способы размножения наблюдаются у водорослей (вегетативный, половой, бесполой)?

**8.** Какая из названных водорослей характеризуется следующими признаками: не имеет жгутиков, одноклеточная, обитает в воде, имеет кормовое значение (хламидомонада, хлорелла, улотрикс, спирогира)?

### *Литература*

1. Андреева Т.Ф. Фотосинтез и азотный обмен листьев. - М., 1969. - 199 с.
2. Баславская С.С., Трубецкова О.М. Практикум по физиологии растений. - М., 1964.
3. Бюннинг Э. Ритмы физиологических процессов. - М., 1961. - 184 с.
4. Васильева З.К., Кириллова Г.А., Строчкова А.В. Учебное пособие по физиологии растений. - М., 1977.
5. Вахмистров Д. Б. Питание растений. - М., 1979. - 63 с.
6. Викторов Д. П. Малый практикум по физиологии растений. - М., 1969.- 120 с.
7. Генкель П. А. Физиология растений. - М., 1975. - 334 с.
8. Емельянов Л. Г. Растения и вода. - Мн., 1977. - 160 с.
9. Живухина Г.М. Практические занятия по физиологии растений. -М., 1971.
10. Иванов В.Б., Плотникова И.В., Живукина Е.А. Практикум по физиологии растений. - М.: Академия, 2004. - 116 с.
11. Караванов И. А. Витамины и фитогормоны в жизни растений. -Мн., 1977.- 112 с.
12. Кирсанов А. Л. Взаимосвязь физиологических процессов в растении. - М., 1960. - 44 с. (Тимир. чт. I, XX).
13. Лебедев С. И. Фотосинтез. - Киев, 1961. 157 с.
14. Леопольд А. Рост и развитие растений. - М., 1968. - 495 с.
15. Либберт Э. Физиология растений. - М., 1976. - 580 с.
16. Михалевская О.Б. Практикум по физиологии растительных клеток. - М., 1975.
17. Овчаров К. Е. Регуляторы роста растений, - М., 1968. - 110 с. 13.Пильгцикова Н.В. Физиология растений с основами микробиологии. - М.: Мир, 2004. - 134с.
18. Практикум по физиологии растений / Под ред. И. И Гунара - М, 1972.- 167 с.
19. Практикум по физиологии растений / Под. Редакцией Н.Н. Третьякова. - М.: Агропромиздат, 1990. - 228 с.
20. Рубин Б. А. Курс физиологии растений. - М., 1971. — 671 с.
21. Тетюрев В. А. Методика эксперимента по физиологии растений. -М., 1980,- 183 с.
22. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений /Под редакцией Н.Н. Третьякова. - М.: Колос, 2000. - 140 с.
23. Хржановский В. Г. Курс общей ботаники. - М., 1976. - 479 с.
24. Шабельская Э. Ф., Король О П., Федина М. Ф. Комплексная полевая практика по физиологии растений, основам сельского хозяйства и методике преподавания биологии: Методические указания. - Мн., 1979. - 63 с.
25. Шабельская Э, Ф. Лабораторные занятия по физиологии растений. - Мн., 1981.- 141 с.
26. Якушкина Н. И. Физиология растений. - М., 1980. - 302 с.