

## **Занятия 1-2. Ультраструктура растительной клетки**

- 1 Понятие о клетке, форма и размеры клеток
- 2 Ультраструктура растительной клетки
- 3 Особенности строения оболочки и вакуолей растительной клетки
- 4 Запасные вещества и включения клетки растений

### **1 Понятие о клетке, форма и размеры клеток**

**Клетка** – основная структурно-функциональная единица всех живых существ. Она представляет собой элементарную часть организма, обладающую всеми признаками живого; клетке свойственны рост, обмен веществ и энергии с внешней средой, дыхание, деление, раздражимость, наследственность и др.

Все клеточные организмы можно разделить на две основные группы: прокариоты (доядерные, появились около 3,5 млрд лет назад) и эукариоты (ядерные, возникли около 1 млрд лет назад). К прокариотам относят бактерии и цианобактерии (синезеленые водоросли). У них отсутствует оформленное ядро и другие мембранные структуры, специфично строение оболочки – содержит муреин. Эукариотическое строение клеток характерно для растений, грибов и животных.

Растительные и животные клетки характеризуются рядом общих признаков: единством структурных систем (цитоплазмы и ядра), сходством процессов обмена веществ, энергии и деления клеток, универсальным мембранным строением, единством химического состава. При этом существует ряд отличий растительной клетки от животной:

- 1) наличие пластид (хлоро-, хромо- и лейкопластов);
- 2) наличие жесткой углеводной клеточной оболочки;
- 3) запасные питательные вещества в виде зерен крахмала, белка, капель масла (в животной клетке – жиры, гликоген);
- 4) наличие крупных полостей, заполненных клеточным соком, – вакуолей (в животной клетке – обычно мелкие, сократительные, выделительные и пищеварительные вакуоли);
- 5) отсутствие у высших растений клеточного центра (есть в животной клетке).

Большинство растений – многоклеточные организмы; например, лист древесного растения содержит порядка 20 млн клеток. Клетки растения морфологически и физиологически взаимосвязаны между собой происхождением, ростом и жизнедеятельностью.

В молодом состоянии клетки имеют более или менее одинаковые размеры или форму, с возрастом параметры клеток меняются. Формы клеток растений можно разделить на два типа: *паренхимные* и *прозенхимные*. У паренхимных клеток длина, ширина и высота примерно одинаковы. Прозенхимные клетки отличаются сильно вытянутой формой, их длина может во много раз превышать ширину. Клетки растений обычно микроскопических размеров: от 10 до 100 мкм.

## 2 Ультраструктура растительной клетки

В растительной клетке выделяют протопласт (содержимое живой клетки) и его производные. В состав **протопласта** входят цитоплазма, ядро и другие органоиды: эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, сферосомы, митохондрии, пластиды, рибосомы. К **производным протопласта** относят клеточную стенку, вакуоль и эргастические вещества.

**Цитоплазма** – многофазная высокоупорядоченная коллоидная система, заключенная между плазмолеммой и ядром. Цитоплазма представляет собой вязкую прозрачную бесцветную массу; упруга, эластична, с водой не смешивается. В молодой клетке ЦП занимает всю полость клетки, в старой – появляются вакуоли, сливающиеся со временем в одну крупную вакуоль, цитоплазма образует узкий постенный слой. В цитоплазме вода составляет 75-86%, белки – 10-20, липиды – 2-3, углеводы – 1-2, минеральные соли – 1%.

**Ядро** – важнейший компонент живой клетки. Впервые ядро было описано Р. Броуном в 1833 г. Ядро выполняет две важные функции: 1) контролирует жизнедеятельность клетки; 2) хранит генетическую информацию и передает ее дочерним клеткам в процессе деления.

Форма ядра, как правило, округлая, но бывает веретеновидная, нитевидная, лопастная и др., размеры – от 2-3 до 500 мкм. Ядро состоит из ядерной оболочки, или мембраны, хроматиновых структур, ядрышка и ядерного сока.

**Эндоплазматический ретикулум (ЭР)** – органоид клетки, представляющий собой систему мелких вакуолей и канальцев, соединенных друг с другом и ограниченных одинарной мембраной. Мембраны ЭР толщиной 5-7 нм нередко переходят в ядерную мембрану. Различают два типа ЭР – шероховатый (гранулярный, несет на своих мембранах рибосомы) и гладкий (агранулярный, лишен рибосом). Гранулярный ЭР связывает в единое целое все структурно-функциональные единицы клетки, обеспечивает транспорт ионов и макромолекул внутри клетки, а также синтез белков на прикрепленных

рибосомах. Гладкий ЭР участвует в синтезе липидов, обмене некоторых полисахаридов, накоплении и выведении из клетки ядовитых веществ.

**Митохондрии** – округлые или цилиндрические, реже нитевидные двухмембранные органеллы длиной до 10 мкм, диаметром 0,2-1 мкм. Внутренняя мембрана образует выросты – кристы, которые в растительных клетках обычно имеют вид трубочек. Внутри митохондрии заполнены матриксом, в котором содержатся молекулы митохондриальной ДНК, РНК и рибосомы. Основная функция митохондрий – образование энергии.

**Аппарат Гольджи (комплекс Гольджи)** состоит из отдельных диктиосом и пузырьков Гольджи. Диктиосомы – органеллы, представляющие собой пачки (2-7 и более) плоских округлых цистерн, ограниченных мембраной и заполненных матриксом. В цистернах аппарата Гольджи накапливаются, конденсируются и упаковываются вещества, подлежащие изоляции или удалению из цитоплазмы. Упакованные в пузырьки, они поступают в вакуоли. Аппарат Гольджи – место синтеза полисахаридов, идущих на построение клеточной стенки. Пузырьки Гольджи участвуют также в формировании новых клеточных стенок и плазмалеммы, происходящем после митоза.

**Рибосомы** – мельчайшие клеточные органеллы, около 17-23 нм в диаметре, состоящие примерно из равных количеств белка и нуклеиновых кислот. Рибосомы располагаются в цитоплазме свободно или связаны с мембранами эндоплазматической сети. Рибосомы состоят из двух субъединиц: крупной округлой и мелкой несколько сплюсненной. Роль рибосом – внутриклеточный синтез белка.

**Микротельца** – сферические или палочковидные мелкие (0,2-1,5 мкм) одномембранные органеллы с плотным матриксом, состоящим в основном из окислительно-восстановительных ферментов. Различают: 1) **пероксисомы** – микротельца, играющие важную роль в метаболизме гликолевой кислоты и имеющие непосредственное отношение к фотодыханию; 2) **глиоксисомы** – микротельца, содержащие ферменты необходимые для превращения жиров в углеводы.

**Лизосомы** – округлые одномембранные органеллы, в матриксе которых содержится большое число гидролитических ферментов. Лизосомы осуществляют внутриклеточное переваривание, автолиз. Гидролитические ферменты лизосом очищают всю полость клетки после отмирания ее протопласта (например, при образовании сосудов).

**Пластиды** – органеллы, характерные исключительно для растительных клеток. Форма, размеры, строение и функции пластид различны. Они окружены двойной мембраной и заполнены матриксом. В матриксе имеются кольцевая ДНК и рибосомы прокариотического

типа. Различают три типа пластид: хлоро-, хромо- и лейкопласты.

**Хлоропласты** высших растений имеют примерно одинаковую форму двояковыпуклой линзы. Их размеры: 5-10 мкм в длину при диаметре 2-4 мкм. Число хлоропластов в клетках высших растений 15-50. Внутренняя мембрана хлоропластов образует в стромах систему замкнутых карманов – тилакоидов. Группы тилакоидов образуют стопки – граны. Хлоропласты часто содержат зерна крахмала, липиды. В онтогенезе хлоропласты формируются из пропластид путем образования из впячиваний внутренней мембраны уплощенных мешков – тилакоидов. Функция хлоропластов – фотосинтез; также они могут участвовать в синтезе аминокислот, служить хранилищем временных запасов крахмала.

**Лейкопласты** – бесцветные округлые пластиды, в которых обычно накапливаются запасные питательные вещества, в основном крахмал. По строению лейкопласты мало отличаются от пропластид, из которых они образуются: двумембранная оболочка окружает бесструктурную строму. Внутренняя мембрана, вращаясь в стромах, образует немногочисленные тилакоиды. Лейкопласты, в которых синтезируется и накапливается запасной крахмал, называются амилопластами, белки – протеинопластами, масла – элайопластами.

**Хромопласты** – пластиды оранжево-красного и желтого цвета, образующиеся из лейкопластов и хлоропластов в результате накопления в их стромах каротиноидов. Они встречаются в клетках лепестков (лютик, нарцисс, тюльпан, одуванчик), зрелых плодов (томат, тыква, арбуз, апельсин), редко – корнеплодов (морковь, кормовая свекла), а также в осенних листьях. Хромопласты – конечный этап в развитии пластид. Косвенное биологическое значение хромопластов в том, что ярко окрашенные плоды успешнее распространяются птицами и животными, а выделяющиеся яркой желто-красной окраской цветки привлекают насекомых-опылителей.

### **3 Особенности строения оболочки и вакуолей растительной клетки**

Как уже отмечено, клеточная стенка, вакуоль и эргастические вещества являются производными протопласта.

Клетки растений окружены плотной оболочкой, выстланной изнутри плазмоллемой или цитоплазматической мембраной (представляет собой наружный слой цитоплазмы и играет активную физиологическую роль, определяя проницаемость клетки). **Клеточная оболочка** в значительной степени определяет форму растительных клеток и их

механическую прочность. Кроме того, клеточная оболочка участвует в поглощении и проведении воды и минеральных элементов.

Главными компонентами оболочки растений являются клетчатка (целлюлоза), полуклетчатка (гемицеллюлоза) и пектин. **Молекулы целлюлозы** нитевидны. Они вытягиваются в одном направлении и объединяются в пучки, которые называются **элементарными фибриллами**, или **мицеллами**. Элементарные фибриллы, объединяясь по 2, 4 и больше с помощью ковалентных и водородных связей, образуют **микрофибриллы** – основные структурные единицы клеточной оболочки. Фибриллярная система погружена в основное вещество оболочки – **матрикс**, который представляет собой пластичный гель, насыщенный водой и состоит из смеси полимеров (среди них преобладают гемицеллюлозы и пектиновые вещества).

Различают **оболочку первичную и вторичную**. Первичная оболочка тонкая, эластичная, может растягиваться и не препятствует росту клетки. **Вторичная оболочка** образуется в клетках закончивших рост. Она накладывается на первичную оболочку изнутри клетки, постепенно сокращая объем, занятый полостью клетки. Вторичная оболочка более прочная, многослойная, к растяжению не способна. Вторичная оболочка не сплошная. Участки первичной оболочки, оставшиеся не утолщенными, называются **порами**. Через поры с помощью тяжелой цитоплазмы (плазмодесм) объединяются в единое целое протопласты смежных клеток.

#### **Физико-химические изменения клеточной оболочки:**

1. **Одревеснение (лигнификация)** – инкрустирование клеточных оболочек лигнином – аморфным веществом, представляющим собой трехмерный полимер фенольной природы, содержащим до 60-65% углерода. Одревесневшие оболочки теряют эластичность, приобретают жесткость и прочность. Одревеснение, как правило, необратимый процесс.

2. **Опробковение** – пропитывание клеточных оболочек на поверхности стебля или корня суберином. Суберин – жироподобное вещество, состоящее из глицерина, феллоновой и пробковой кислот, не растворим в воде, спирте, устойчив к концентрированной серной кислоте. Опробковевшие оболочки непроницаемы для воды и воздуха.

3. **Кутинизация** – пропитывание клеточных оболочек кутином, который представляет собой смесь высших карбоновых оксикислот и их эфиров. Кутин откладывается в виде тонкой пленки на наружной стороне клетки, граничащей с внешней средой. Кутин обычно откладывается вместе с воском (легко плавится). Вся толща отложения воска и кутина поверх эпидермиса называется кутикулой. Кутикула не

пропускает жидкости и затрудняет диффузию газов. Препятствует проникновению микроорганизмов.

4. **Ослизнение** оболочек – процесс, связанный образованием в оболочке слизи и камедей. Слизь – гидрофильные полисахариды, присутствующие в семенах, корнях и коре и накапливающиеся преимущественно в полостях клетки или в слизевых ходах. Камеди представляют собой гетерополисахариды или их смеси. Выделяясь в виде вязких растворов при механическом или инфекционном повреждении растений камеди застывают в стекловидную массу.

5. **Минерализация** – накопление в оболочках минеральных веществ, в основном кремнезема и углекислого кальция. Эти вещества придают оболочкам твердость и хрупкость, защищают растения от поедания животными, гниения, снижают кормовую ценность некоторых растений.

Таким образом, клеточная оболочка – важный структурный элемент растительной клетки; структура и химический состав ее меняются в зависимости от возраста и физиологической роли клетки и на каждом этапе онтогенеза соответствуют ее функциональным особенностям.

**Вакуоли** – полости в цитоплазме, ограниченные тонопластом и заполненные клеточным соком. Для большинства зрелых клеток характерна крупная центральная вакуоль, которая занимает 70-90% объема клетки. Она возникла при слиянии мелких цитоплазматических вакуолей, которые образуются цистернами ЭР. В образовании вакуолей участвует и аппарат Гольджи, где изолируются продукты вторичного обмена, транспортируемые затем пузырьками Гольджи в вакуоль. Клеточный сок – слабо концентрированный водный раствор минеральных и органических соединений, образующих истинные и коллоидные растворы. *Функции вакуолей* заключаются, с одной стороны, в накоплении запасных и изоляции эргастических веществ (отбросов, конечных продуктов обмена), с другой – в поддержании тургора и регуляции водно-солевого обмена.

#### **4 Запасные вещества и включения клетки растений**

В процессе жизнедеятельности протопласта возникают разнообразные вещества, получившие обобщенное название **эргастических**. Они образуются непосредственно в цитоплазме и отчасти сохраняются в ней в растворенном виде либо в форме включений. Часть веществ накапливается в клеточном соке вакуоли в виде растворов или откладывается в виде включений. В значительных количествах эргастические вещества концентрируются вне протопласта, образуя оболочку клетки.

Природа и основные функции эргастических веществ различны. Главнейшие из них: белки (протеины), углеводы (глюкоза, сахароза и крахмал или близкий к нему инулин, а также целлюлоза); жиры и жироподобные вещества, продукты вторичного метаболизма (таннины, смолы, эфирные масла и др.), неорганические вещества.

Важнейшая группа эргастических веществ – запасные вещества. Это белки, углеводы, исключая целлюлозу, и жиры.

Запасные **белки** встречаются в растительных клетках в разной форме. Белки, растворимые в воде или в слабых растворах минеральных солей, находятся в клеточном соке. Первые из них называются альбуминами, вторые – глобулинами. Нерастворимые белки находятся в цитоплазме в форме кристаллов. Белковые кристаллы отличаются от минеральных определенными физическими свойствами и потому называются **кристаллидами**. Формой запасного белка являются **алевроновые зерна**, характерные для многих семян. Они образуются при высыхании вакуолей во время созревания семян.

**Углеводы** в качестве запасных веществ могут быть в форме сахаров, крахмала, инулина, полуклетчатки и других соединений. Сахара и инулин видимых отложений не образуют, потому что растворимы в воде и накапливаются в клеточном соке. Крахмал в воде не растворим и встречается в клетках в форме крахмальных зерен.

**Крахмальные зерна** имеют скрыто кристаллическую структуру и у разных растений имеют различные формы и размеры.

Крахмальные зерна клубней картофеля слоистые, яйцевидной формы с диаметром 50-100 мкм. Крахмальные зерна бывают простые, сложные и полусложные. Простое зерно имеет один центр крахмалообразования и концентрические или эксцентрические слои крахмала вокруг него. Сложные зерна имеют два или несколько центров крахмалообразования, каждый из которых отличается собственной слоистостью. У полусложных зерен также несколько центров; их внутренние слои – частные, имеющие собственные центры, наружные – общие для всего зерна.

**Жиры** как запасные питательные вещества встречаются очень часто в семенах, плодах, спорах. По сравнению с белками и углеводами жиры – соединения более восстановленные, поэтому в молекуле жира содержится почти вдвое больше потенциальной энергии, чем в молекулах белков и углеводов. Жиры накапливаются в цитоплазме в форме мелких капель. Содержание их в семенах отдельных растений может быть очень высоким: подсолнечника – 29-56%, льна – 30-47, мака – 45, клещевины – 60%. Такие растения культивируются для получения масла.

В процессе жизнедеятельности клетки образуются вещества, которые в дальнейших химических процессах не участвуют. Это **конечные продукты обмена**, или **катаболиты**. К ним относятся камеди, смолы, слизи, глюкозиды, эфирные масла, каучук и т. п. Продукты, растворимые в воде, накапливаются в клеточном соке, нерастворимые – в специальныхместилищах, роль которых могут выполнять межклетники, отдельные клетки или система клеток.

**Минеральные включения** имеют форму кристаллов. Чаще других солей кристаллы образует оксалат кальция ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ).

Крупные призматические кристаллы, одиночные или реже двойные и тройные, можно видеть в клетках сухой чешуи лука. Сложные кристаллы – друзы образуются от срастания кристаллов типа октаэдров. Такие кристаллы встречаются наиболее часто. Их можно видеть в клетках коры липы, в черешках бегонии, в черешках и стеблях камнеломки и других растений. У однодольных растений кристаллы оксалата кальция имеют длинную заостренную с обеих сторон игольчатую форму. Это – **рафиды**. Их можно легко найти в корневищах и плодах купены, в листьях нарциссов и алоэ, в корнях спаржи и других растений. Рафиды образуются в большом количестве, в цитоплазме или вакуолях, где лежат плотным пучком, который обволакивается слизистой оболочкой.

В растениях встречаются кристаллы гипса, кремнезема и оксалата магния. Они не так широко распространены и образуются только у некоторых видов.

Углекислый кальций накапливается в форме **цистолитов** – своеобразных выростов клеточной оболочки, пропитанных углекислым кальцием и кремнеземом. Цистолиты имеют форму виноградной грозди или более простую и встречаются в растениях семейства крапивных, масличных, тутовых и других чаще всего в кожице листьев.

**Материалы и оборудование.** Листья элодеи канадской, клубни картофеля; семена гороха посевного; сухие чешуи лука репчатого; листья бегонии; йод, растворенный в йодиде калия; глицерин; микроскопы, пинцеты, лезвия, препарировальные иглы, предметные и покровные стекла, чашечки с водой и пипеткой, фильтровальная бумага.

**Цель:** Познакомиться с особенностями структуры растительной клетки; рассмотреть строение и разнообразие пластид; изучить структуру крахмальных и алейроновых зерен, кристаллических включений.

## **Работа 1 Строение клетки листа элодеи канадской (*Elodea canadensis* Michx.), хлоропласты в клетках элодеи**

Ботаника. Клетка и ткани: практ. рук-во / Ю. М. Бачура, Н. М. Дайнеко

### Ход работы

1 Снять пинцетом лист с веточки элодеи, положить его верхней стороной на предметное стекло в каплю воды, накрыть покровным стеклом.

2 Под микроскопом при малом увеличении изучить форму листа, выявить среднюю жилку, обратить внимание на общую конфигурацию клеток листа и межклетников (рисунок 1). В клетках хорошо видны беспорядочно располагающиеся хлоропласты, погруженные в бесцветную цитоплазму. Отметить на рисунке клетки-зубчики по краям листа, прозенхимные клетки жилки и паренхимные – мякоти, а также межклетники, заполненные воздухом.

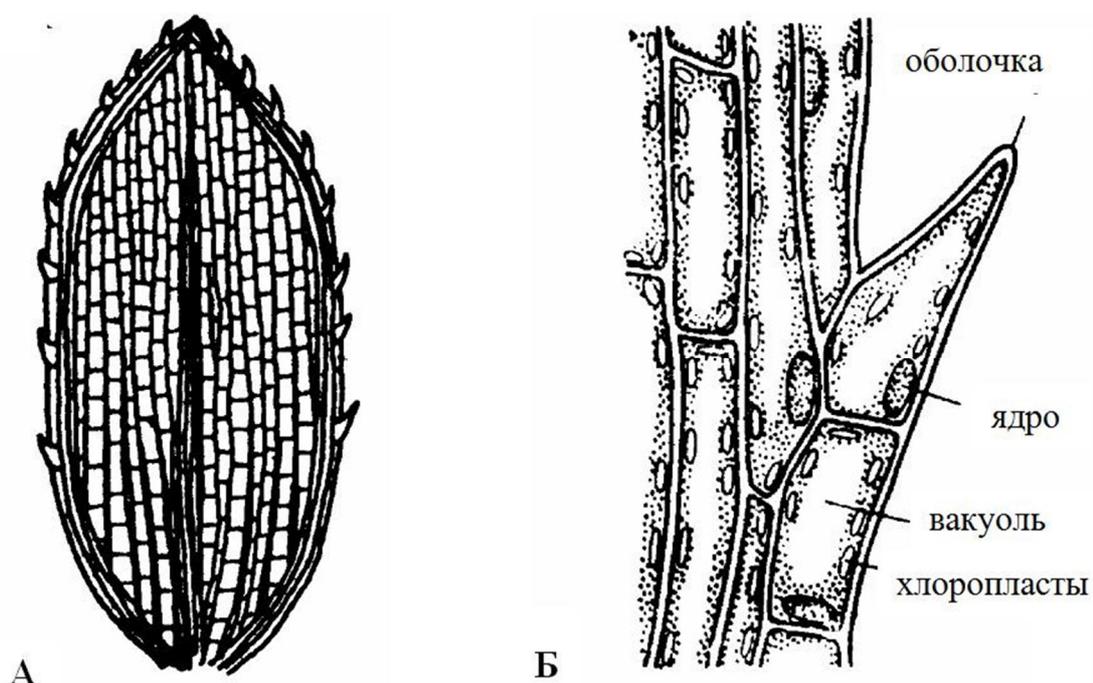


Рисунок 1 – Лист (А) и типичные клетки листа (Б) элодеи канадской [1]

3 При большом увеличении рассмотреть и зарисовать типичную клетку листа элодеи. Отметить на рисунке оболочку, хлоропласты, цитоплазму, вакуоль, ядро.

### Работа 2 Хромопласты в клетках плодов рябины (*Sorbus aucuparia* L.) и шиповника (*Rosa* L.)

#### Ход работы

1 Приготовить препараты: иглой взять немного мякоти из-под кожицы плода и тщательно распределить ее на предметном стекле в капле воды, после чего накрыть покровным стеклом.

2 Рассмотреть препарат при малом и большом увеличении микроскопа. Найти и изучить хромопласты. Обратит внимание на их форму, цвет, их относительные размеры, положение в клетке.

3 Зарисовать клетку с хромопластами (рисунок 2) каждого изученного растения. Отметить на рисунке оболочку клетки, цитоплазму, ядро, хромопласты. Сравнить форму хромопластов плодов рябины и шиповника.

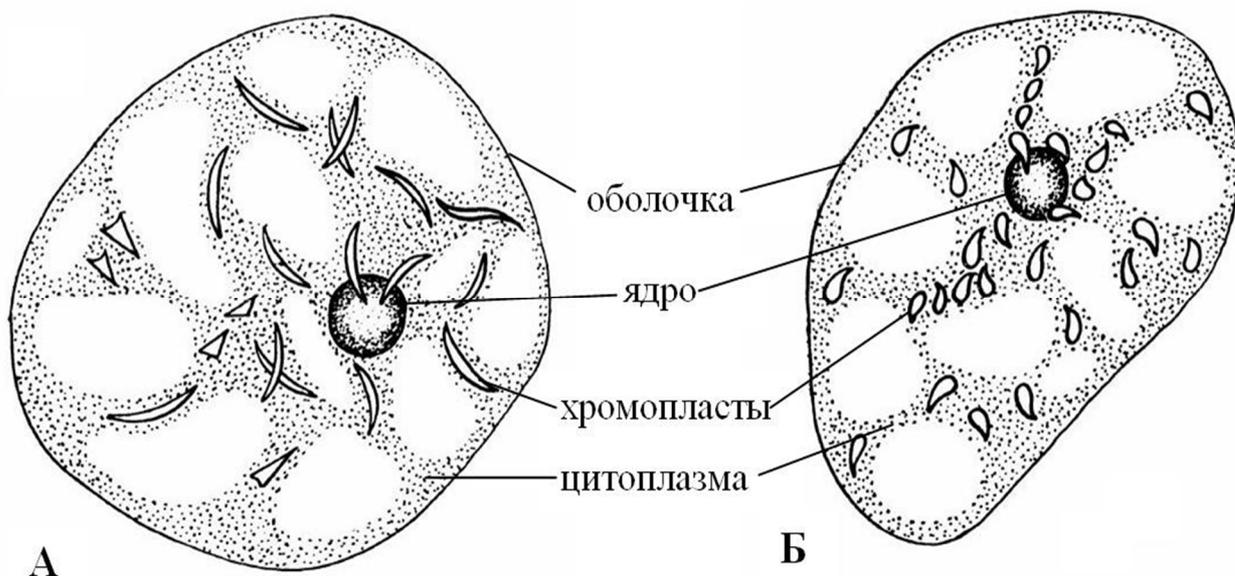


Рисунок 2 – Хромопласты в клетках плодов рябины (А), шиповника (Б) [1]

### **Работа 3 Лейкопласты в клетках кожицы листа традесканции (*Tradescantia virginiana* L.)**

#### **Ход работы**

1 Приготовить препарат: обернуть лист традесканции вокруг указательного пальца левой руки так, чтобы нижняя сторона была обращена наружу. Правой рукой при помощи иглы надорвать эпидерму над средней жилкой ближе к основанию листа и пинцетом снять кусочек ее. При этом захватить и часть мякоти листа. Сорванный кусочек поместить на предметное стекло в каплю слабого раствора сахарозы и накрыть покровным стеклом.

2 Рассмотреть препарат сначала при малом, затем при большом увеличении микроскопа. Найти клетки с лейкопластами (рисунок 3). Обратит внимание на форму лейкопластов, их относительный размер, положение в клетке. Зарисовать клетку с лейкопластами. На рисунке отметить клеточную оболочку, цитоплазму, ядро, лейкопласты.

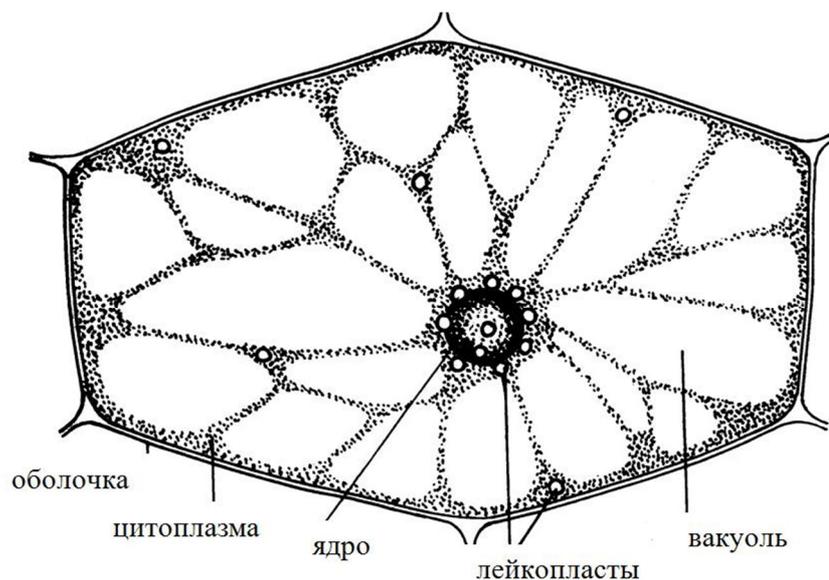


Рисунок 3 – Лейкопласты в клетках кожицы листа традесканции [1]

## Работа 4 Вторичный крахмал запасяющих органов картофеля (*Solanum tuberosum* L.)

### Ход работы

1 Разрезать клубень картофеля. С поверхности среза иглой соскоблить немного мутноватой массы, перенести ее на предметное стекло в каплю воды (можно кусочком клубня несколько раз провести по капле) и накрыть покровным стеклом.

2 Под микроскопом при малом увеличении найти, а при большом – рассмотреть крупное простое зерно, сложные и полусложные зерна крахмала (рисунок 4).



Рисунок 4 – Крахмальные зерна в клубне картофеля [2]

3 Рядом с покровным стеклом, не поднимая его, нанести каплю йода, растворенного в йодиде калия, и при малом увеличении проследить возникновение цветной реакции (окрашивание в синий цвет).

4 Зарисовать простые, сложные и полусложные крахмальные зерна картофеля. Отметить на рисунке образовательный центр, концентричность (или эксцентричность) слоев крахмала.

### Работа 5 Кристаллы в клетках сухой чешуи луковицы лука репчатого (*Allium cepa* L.)

#### Ход работы

1 Выбрать более тонкий прозрачный кусочек чешуи лука, выдержанной в глицерине, и поместить его на предметное стекло в каплю глицерина.

3 При малом увеличении микроскопа рассмотреть чешую. Среди удлиненных мертвых паренхимных клеток, на большом увеличении, найти бесцветные призматические кристаллы, одиночные или попарно крестообразно сросшиеся.

4 Зарисовать несколько клеток (рисунок 5 А), отметить на рисунке оболочку, одиночные, двойниковые и тройниковые кристаллы оксалата кальция.

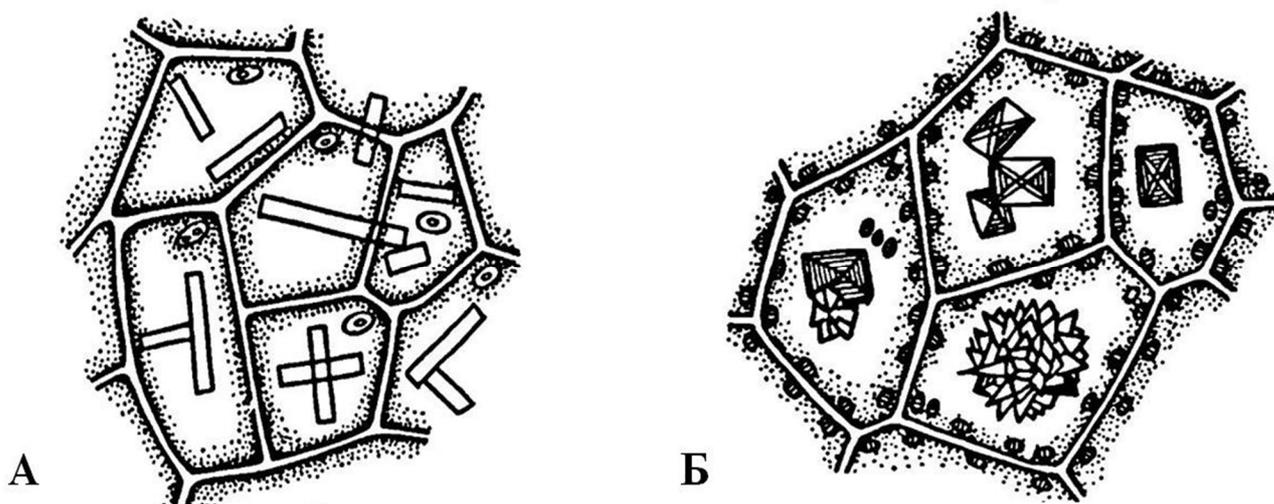


Рисунок 5 – Кристаллы в клетках сухой чешуи луковицы лука (А) и черешка бегонии (Б) [3]

## **Работа 3 Кристаллы в клетках черешка бегонии (*Begonia* sp.)**

### **Ход работы**

1 Сделать продольные срезы черешка бегонии, перенести их на предметное стекло в каплю воды и накрыть покровным стеклом.

2 При малом увеличении микроскопа найти, а при большом – рассмотреть наиболее тонкий участок среза, состоящий из тонкостенных паренхимных клеток с постенным слоем цитоплазмы.

В полости клеток, в клеточном соке локализуются одиночные кристаллы в виде ромбоэдров или их сростки – друзы. Кристаллы и друзы состоят из щавелевокислого кальция, они растворяются в минеральных кислотах (соляной, азотной, серной) без выделения пузырьков газа.

3 Зарисовать несколько клеток с одиночными кристаллами и друзами (рисунок 5 Б), обозначив их на рисунке.

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Дайте определения понятию клетка. Каковы форма и размеры растительных клеток?

2 Охарактеризуйте паренхимные и прозенхимные клетки.

3 Назовите отличия растительной клетки от животной.

4 Охарактеризуйте структуру, химический состав и физические особенности цитоплазмы.

5 Каково строение и функции органоидов растительной клетки?

6 Каковы особенности строения и функции клеточной оболочки растений?

7 Опишите строение и функции вакуолей клетки растений.

8 Что собой представляют включения клетки?

9 В какой форме накапливаются в клетках углеводы, белки и жиры?

### **Литература**

1. Бавтуто, Г. А. Практикум по анатомии и морфологии растений: учеб. пособие / Г. А. Бавтуто, Л. М. Ерей. – Мн. : Новое знание, 2002. – С. 349 – 390.

2. Хржановский, В. Г. Ботаника / В. Г. Хржановский, С. Ф. Пономаренко. – М.: Колос, 1988. – 383 с.

3. Яковлев, Г. П. Ботаника: учеб. для фармац. институтов и фармац. фак мед. вузов./ Г. П. Яковлев, В. А. Челомбитько; под ред. И. В. Грушвицкого. – М.: Высш. шк., 1990. – 367 с.
4. Андреева, И. И. Ботаника: учеб. пособие / И. И. Андреева, Л. С. Родман. – М.: КолосС, 2002. – 488 с.
5. Лотова, Л. И. Морфология и анатомия высших растений: учеб. пособие / Л. И. Лотова, под ред. А. П. Меликяна. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 528 с.
6. Власова, Н. П. Практикум по лесным травам: учеб. пособие / Н. П. Власова. М.: Агропромиздат, 1986. – 108 с.
7. Лісаў, М. Дз. Батаніка з асновамі экалогіі: вучэб. дапаможнік / М. Дз. Лісаў. – Мінск: Вышэйшая школа, 1998. – 338 с.
8. Сауткина Т. А., Морфология растений: учеб. пособие / Т. А. Сауткина, В. Д. Поликсенова. – Минск: БГУ, 2012. – 311 с.
9. Тканкі: метадычныя ўказанні да лабараторных заняткаў па дысцыпліне «Батаніка» / склад. Л. С. Пашкевіч, Г. Я. Клімчык. – Мінск: БДТУ, 1994.
10. Батаніка: вучэбна-метадычны дапаможнік для студэнтаў спец. 1-75 01 01 «Лясная гаспадарка» і 1-75 01 02 «Садовапаркавае будаўніцтва» / склад. Л. С. Пашкевіч, Дз. В. Шыман. – Мінск: БДТУ, 2006. – 132 с.
11. Анатомия и морфология растений: практ. пособие для студентов спец. 1 – 31 01 01-02 «Биология (научн.-пед. деят.)» / Н. М. Дайнеко [и др.]. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2007. – 143 с.
12. Бавтуто, Г. А. Ботаника. Морфология и анатомия растений / Г. А. Бавтуто, М. В. Ерёмин. – Мінск: Вышэйшая школа, 1997. – 375 с.