

## Лекция 2.

### ТЕМА ЛЕКЦИИ: ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ

#### План лекции:

1. *Химический состав клеточного сока*
2. *Поступление веществ в растительную клетку*
3. *Конституционные вещества*
4. *Запасные вещества (экстрактивные) и нерастворимые (собственно запасные)*

**1. Химический состав клеточного сока** сильно варьирует в зависимости от вида растения. В клеточном соке находится огромное разнообразие химических веществ, которые выделяются из растений и обладают лекарственными свойствами. Клеточный сок содержит 2 группы веществ: продукты первичного обмена, необходимые для жизнедеятельности растений (белки, жиры, углеводы), и вещества вторичного обмена (алкалоиды, гликозиды, дубильные вещества и т. д.). Клеточный сок имеет чаще кислую реакцию.

**Продукты первичного обмена:** углеводы (моно- и дисахариды — глюкоза, фруктоза, сахароза), белки простые растворимые, жиры в виде глицерина и жирных кислот.

#### **Продукты вторичного обмена:**

1. **Гликозиды** клеточного сока — соединения некоторых сахаров (чаще глюкозы) со спиртами, альдегидами, фенолами и другими органическими веществами. При соприкосновении с воздухом под влиянием ферментов быстро распадаются, нередко выделяя приятный запах. Этим объясняются запахи чая, кофе, какао, табака, горчицы, ванили. К гликозидам относятся вещества: амигдалин (в семенах миндаля, абрикоса); сапонины, используемые в качестве моющих средств (мыльнянка); кумарины — в листьях донника и др.; сердечные гликозиды — в листьях наперстянки.

2. **Дубильные вещества** (танины) — сложные органические безазотистые соединения вяжущего вкуса. Обладают антисептическими свойствами, что защищает растения от поражения микроорганизмами. Широко распространены в

растительном мире: в коре дуба 10–20 %, в листьях чая 15–20 %, коре ивы 9–13 %, в плодах хурмы, айвы, кизила. Используются в медицине как вяжущее средство, в текстильном производстве для окраски тканей в темно-коричневый цвет, в кожевенном производстве для дубления кож.

3. **Алкалоиды** — азотистые соли органических кислот: яблочной, винной и др., нерастворимы в щелочах, растворимы в воде. Образуются во всех частях растения: в корнях и листьях белладонны — атропин, в семенах и млечном соке мака — папаверин, морфин, кодеин; в листьях табака — никотин; в клубнях картофеля — соланин; в мухоморе — мускарин.

Широко применяются в медицине и сельском хозяйстве. В незначительных дозах оказывают возбуждающее действие на нервные центры, в больших — парализующее. Хинин применяют против малярии, стрихнин стимулирует мышечную деятельность; кокаин — болеутоляющее средство; морфин — болеутоляющее и снотворное; папаверин — сосудорасширяющее; никотин используется в сельском хозяйстве для борьбы с насекомыми. Растения, содержащие алкалоиды, ядовиты и не поедаются животными. В клетках, содержащих алкалоиды, не развиваются споры и зачатки микроорганизмов, растения не поражаются грибковой и бактериальной флорой (защитная роль).

Клеточный сок богат различными *органическими кислотами*: яблочная, винная, щавелевая, лимонная, янтарная и др. Функции разнообразны: участвуют в процессе дыхания, отчасти выполняют роль фитонцидов и антибиотиков, защищая растение от поражения грибками, вирусными, бактериальными заболеваниями, обеспечивают вкус растений и запах за счет летучих кислот: муравьиной, масляной, уксусной.

Широко распространены в клеточном соке вещества, родственные углеводам, — **пектины**. Легко желатинообразующие, используются в кондитерской промышленности. В фармации применяются для приготовления ряда лекарственных форм (как эмульгатор в эмульсиях, как связывающий компонент в пилюлях).

Содержатся в большом количестве в ягодах клюквы, корне алтея,

солодковом корне и др.

В клеточном соке накапливаются различные красящие вещества — **пигменты**, специфичные для каждого вида растений. Наиболее распространены антоцианы, присутствуют в виде гликозидов. В зависимости от реакций, которые пигмент претерпевает в клеточном соке с солями, дубильными веществами, кислотами, он придает различную окраску клеточному соку. Необычайное разнообразие окраски цветков у растений, а также листьев связано чаще всего с антоцианами. Красные маки, красные головки клевера, голубые и синие гиацинты, синие васильки — все это создается антоцианом. Не следует смешивать антоциан с хлорофиллом, каротином, ксантофиллом и другими пигментами пластид. Кроме привлечения насекомых, антоциан обладает защитным действием от низких температур, вредных коротковолновых волн. Из желтых пигментов в клеточном соке встречается антохлор (в цветках желтого мачка, коровяка, льнянки, в плодах цитрусовых).

Существенными для жизни клетки являются **витамины**. Эта группа органических соединений разнообразной химической природы растительного, реже животного происхождения тесно связана с ферментами. Витамины объединены в группы, основанные на их физиологическом действии на организм: водорастворимые (С, В) и растворимые в жирах (А, Д, Е). Наибольшее содержание витаминов отмечено в листьях, созревших плодах, корнях. Некоторые (Е) содержатся в зародышах семян, другие (Д) — в прорастающих семенах.

Минимальные дозы необходимы для нормальной жизнедеятельности самих растений (для поддержания роста, регуляции дыхания, обмена веществ и пр.). Действие на животных и человека известно.

В<sub>1</sub> необходим растениям для развития корневой системы, В<sub>2</sub> участвует в дыхании. Содержатся в кожуре и зародышах семян, живых дрожжах, проростках пшеницы, ячменя, риса, в рисовых отрубях.

Витамин С — аскорбиновая кислота — обуславливает окислительную активность ферментов и поэтому регулирует процесс дыхания.

Витамин А образуется в печени из провитамина А, который является пигментом желтого цвета — каротином — содержится в пластидах. Желтый цвет проростков растений, зерен кукурузы, моркови обеспечивается наличием провитамина А.

Провитамин Д (эргостерин) содержится у растений, в растительных маслах, древесных опилках. Под влиянием солнечного света витамин Д образуется в ростковом слое эпидермиса, регулирует обмен кальция и фосфора, а также соотношение их в крови и костном веществе.

Витамин Е влияет на половую сферу (содержится в неочищенном хлопковом масле, соевом, кукурузном маслах, в плодах цитрусовых, томатах).

Витамин РР — никотиновая кислота — содержится в дрожжах и рисовых отрубях, вызывает болезненные изменения кожи, пищеварительного тракта, нервной системы. Катализирует окислительно-восстановительные реакции, активно участвует в обмене углеводов.

Витамин К обеспечивает свертывание крови (шпинат, люцерна, капуста, крапива).

Некоторые органы растений особенно богаты витаминами — зеленые листья, стебли, плоды ягодных, плодово-ягодных и овощных культур. Например: листья крапивы, плоды красного перца, шиповника содержат сразу несколько витаминов — А, В, С, К и др.

Протопласт растительной клетки вырабатывает также особую группу веществ, обладающих свойством усиливать физиологические процессы.

Такие вещества называют *фитогормонами*. Установлены фитогормоны, усиливающие рост, клеточное деление, половые функции.

Гормоны роста — *ауксины* — усиливают доступ кислорода, приток питательных веществ к эмбриональным тканям и создают условия для ростовых процессов. Изучен химический состав ауксинов: сначала выделен, а затем синтезирован искусственный гетероауксин, повышающий урожайность огурцов, томатов, перцев, конопли и других технических и овощных культур.

Клетки растений также продуцируют жидкие или летучие вещества,

имеющие для клеток профилактическое значение: они задерживают рост, а иногда и убивают микроорганизмы и других паразитов. Обладают избирательным действием: угнетают одних и безвредны для других микробов. Их называют **антибиотиками** (у низших) и **фитонцидами** (у высших).

Первый антибиотик пенициллин, выделенный в 1928 г. Флеммингом из плесневого гриба *Penicillium* sp., произвел революцию в лечении инфекционных заболеваний во Второй мировой войне. Позже был выделен стрептомицин и другие антибиотики.

Фитонциды открыты у цветковых растений Б. П. Токиным. Химический состав их разнообразен: алкалоиды (лук, горчица), органические кислоты (щавелевая, яблочная, винная, янтарная), эфирное масло (чеснок). Фитонцидами богаты многие виды одно- и двудольных растений: тысячелистник, полынь, черемуха, береза, лук, чеснок и др.

**2. Поступление веществ в растительную клетку.** Жизнедеятельность *организма*, всех органов и клеток возможна лишь при непрерывно протекающих в них процессах обмена веществ. Клетка поглощает вещества из окружающей среды и одновременно передает образующиеся в ней продукты соседним клеткам или выделяет их во внешнюю среду.

Способность протопласта к непрерывному обмену с окружающей средой несет черты избирательности. Из большого количества веществ, находящихся вне клетки, в нормальных условиях внутрь ее проникают лишь определенные соединения в определенных соотношениях. Соответственно, лишь определенные продукты жизнедеятельности выделяются клеткой в окружающую среду. В явлениях поглощения и выделения веществ клеткой большую роль играют процессы диффузии и осмоса. Как известно, частицы составляющих протоплазму веществ обладают определенной клеточной энергией, что является причиной их непрерывного движения. Передвижение диспергированного вещества из одной части системы в другую называется диффузией. Это не хаотическое движение молекул, а направленное, характер которого определяется рядом факторов: активностью диффундируемых молекул, градиентом

концентрированных растворов; скорость диффузии определяется величиной и массой молекул, вязкостью среды, температурой, составом и свойствами других соединений в растворе и иными условиями. Сложность и гетерогенность строения протоплазмы обуславливает неодинаковую скорость диффузии в различных частях одной клетки. Если диффундирующее вещество встречает на своем пути перепонку с разной проницаемостью для растворителя и растворенного вещества, передвижение веществ в такой системе становится более сложным. Являясь преградой для свободной диффузии электролитов, она обеспечивает постоянную разность концентраций между клеточным соком и окружающим клетку раствором. Проникновение жидких и растворимых веществ через полупроницаемые перегородки получило название **осмос**. Основное значение в процессе осмоса имеют явления адсорбции и десорбции. Им сопутствуют электроосмотические процессы. Осмотическое давление в клетке зависит не от коллоидов протопласта, а от растворов различных солей, сахаров, аминокислот в клеточном соке. Для проникновения извне каких-либо растворенных солей в клетку необходимо, чтобы осмотическое давление клеточного сока было выше, чем в окружающем клетку солевом растворе. Соли (электролиты) поступают в клетку не в виде молекул, а отдельными ионами, которые адсорбируются на поверхности полупроницаемых мембран благодаря ее электрическому потенциалу. Ионы также имеют свои заряды, и чем они больше, тем труднее проникновение их в клетку. Адсорбированные ионы затем десорбируются на внутреннюю стенку плазмалеммы и передаются в мезоплазму. Сорбционные процессы имеют обменный характер. Интенсивность этих явлений зависит от дыхания клеток. Энергия, освобождаемая при ступенчатом распаде веществ, в процессе дыхания, используется в значительной степени на сорбционные функции клеток.

Если живую клетку положить в сильно разбавленный водный раствор селитры, сразу же начинается осмотическое взаимодействие между клеточным соком и окружающим раствором. Клеточный сок, представляющий собой раствор разных веществ в различной концентрации, будет иметь более высокое

осмотическое давление, чем внешний раствор, и будет притягивать из него воду. Клеточный сок, увеличившись в объеме, будет давить на цитоплазму, последняя — на клеточную оболочку, растягивая ее во всех направлениях. Обладая упругостью, оболочка окажет сопротивление давлению клеточного сока. Так как оболочка имеет ограниченную растяжимость, то сопротивление будет увеличиваться по мере возрастания давления от прибавления воды. В известный момент эта сила сопротивления уравнивает осмотическое давление, хотя концентрация обеих растворов еще не будет однородной. Состояние напряжения клеточной оболочки называется **тургором**, а давление тургорным.

Степень тургора зависит от разности осмотического давления внутри и вне клетки и от упругости оболочки. Соединенный тургор массы клеток в организме растения создает напряжение, упругость всего растения, помогает стеблям сохранять прямое положение, поддерживать массу листьев, противостоять ветру, бурям, ливням, ориентировать листья по отношению к свету. Словом, тургор обеспечивает нормальное физиологическое состояние растения.

Разность осмотического давления внутри и вне клетки обеспечивает сосущую силу клеток.

Обратное тургору явление получается, если клетку положить в крепкий раствор поваренной соли, более концентрированный, чем клеточный сок. В этом случае начнется сжатие оболочки и протопласта, но т. к. оболочка менее эластична, сжатие ее скоро приостановится, цитоплазма же, продолжая сокращаться, будет отходить от стенки клетки и примет форму комочка внутри клетки. Это явление называется **плазмолизом** (рис. 9, 10). Плазмолиз в тканях растения делает их вялыми, органы становятся дряблыми. Бывает выгнутый (протопласт округлый); вогнутый (протопласт местами не отрывается от оболочки, а частично втягивается внутрь); судорожный (без определенной закономерности). Если поместить плазмолизную клетку в чистую воду, наблюдается обратное плазмолизу явление — **деплазмолиз**.

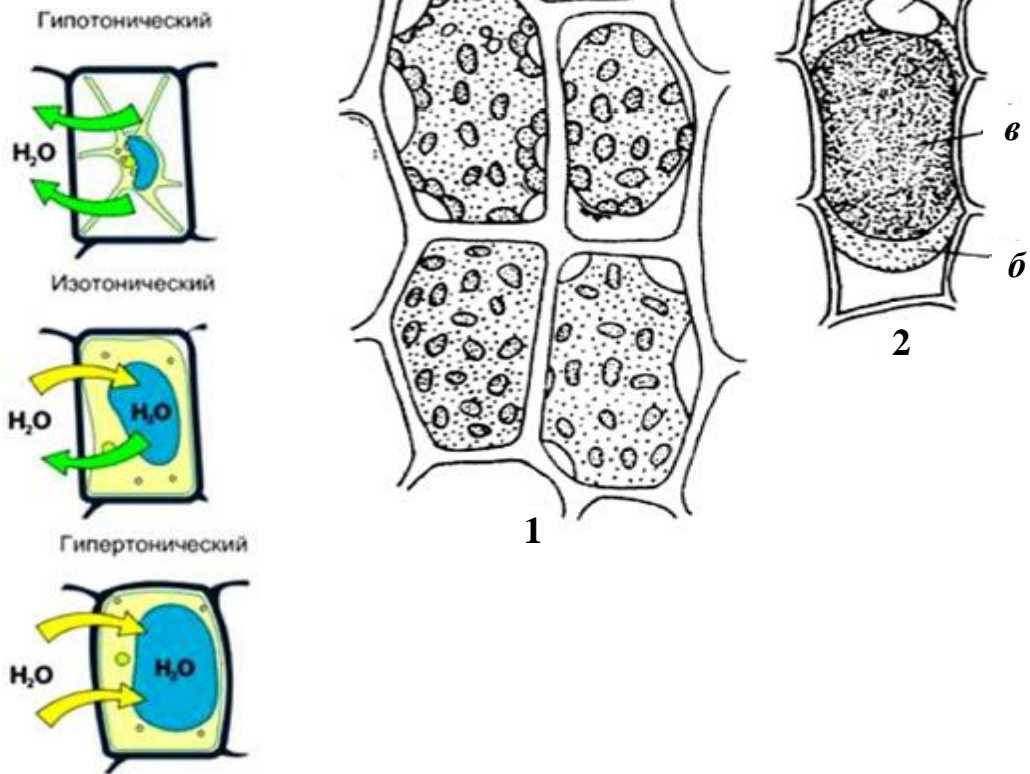


Рис. 9. Плазмолиз:

1 — последовательные этапы плазмолиза в клетках листа мха; 2 — выпуклая форма плазмолиза в клетке эпидермиса чешуи лука с окрашенной антоцианом вакуолью: *a* — ядро; *б* — цитоплазма; *в* — вакуоль



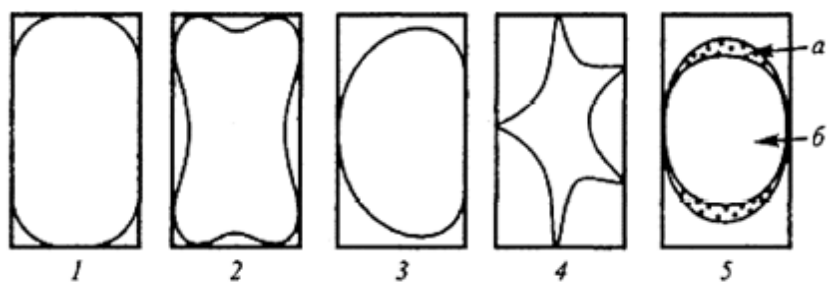


Рис. 10. Формы плазмолиза:

1 — уголковый; 2 — вогнутый; 3 — выпуклый; 4 — судорожный; 5 — колпачковый:

*a* — цитоплазма; *б* — вакуоль

При определенных условиях потеря клеточного тургора ведет к циторрису — сжатию всей клетки (с оболочкой). Наблюдается при увядании растений и не является следствием потери воды осмотическим путем, а представляет собой результат испарения воды.

Все химические вещества клетки в зависимости от функций можно разделить на три группы: конституционные, запасные, экскреторные.

**Конституционные вещества** участвуют в построении тела клетки: всех ее частей и органоидов. Это сложные (строительные) белки, из которых состоят мембраны, гиалоплазма, кариоплазма, рибосомы, белки гистоны (хроматиновые нити) и т. п. Углеводы в виде полисахаридов входят в состав оболочки; липиды (фосфолипиды) — в состав мембран.

**Запасные вещества** бывают растворимые (экстрактивные) и нерастворимые (собственно запасные). **Экстрактивные вещества:** растворимые белки, углеводы (глюкоза, сахароза, фруктоза) и жиры в виде глицерина и жирных кислот — находятся, в основном, в клеточном соке и частично в цитоплазме клеток различных тканей. **Нерастворимые** откладываются в запасяющей ткани. Углеводы запасаются в виде крахмальных зерен, образующихся из амилопластов в органах запаса (корневищах, клубнях, луковицах, эндосперме и т. п.) (рис. 11–13). С физиологической точки зрения различают ассимиляционный, транзитный и запасной крахмал. Ассимиляционный образуется в хлоропластах в

процессе фотосинтеза из избыточной глюкозы, нормализуя тем самым осмотическое давление. По пути движения от органов ассимиляции к органам запаса глюкоза также частично превращается в крахмал (в ситовидных трубках), называемый транзиторным. Он может вновь осахариваться и продолжать движение в запасующие ткани, где откладывается в виде крахмальных зерен.

Крахмальные зерна образуются из амилопластов и по строению являются сферокристаллами из тончайших радиально расположенных игл, сконцентрированных слоями вокруг т. н. центра наслоения. Сложность крахмальных зерен связана с неравномерным притоком крахмала днем и ночью. В зависимости от расположения центра наслоения, крахмальные зерна бывают эксцентрическими (картофель), концентрическими (горох, фасоль); простыми (пшеница, ячмень, кукуруза), сложными (овес, гречиха), полусложными (рожь, ячмень). По форме — шаровидные, эллиптические, почковидные, многогранные, в виде берцовой кости и т. д.; по величине — мелкие (3–10 мкм у риса), крупные (70–100 мкм у картофеля). Форма и величина крахмальных зерен — диагностический признак растения.

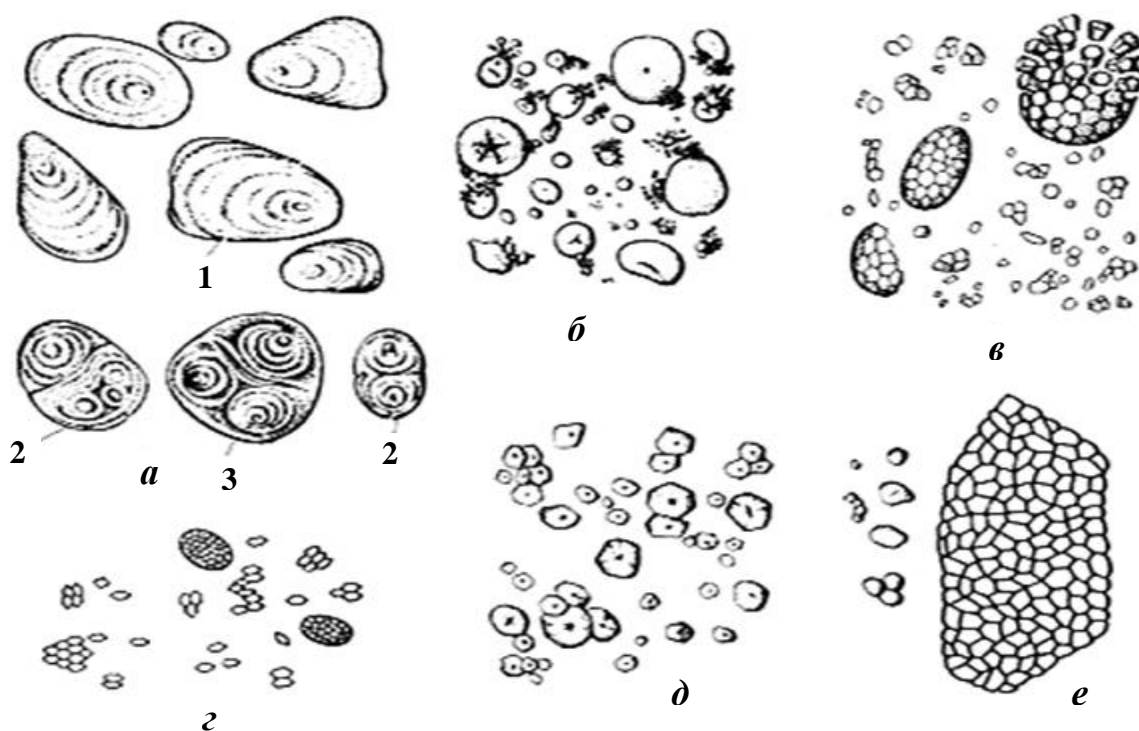
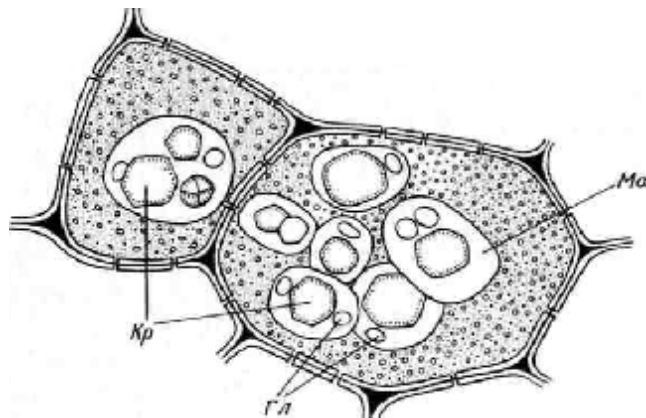
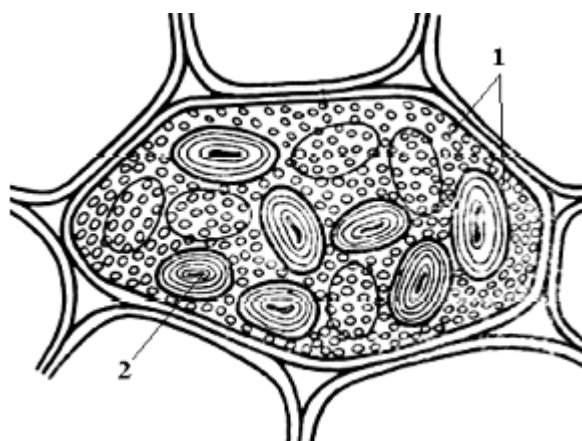


Рис. 11. Крахмальные зерна различных видов растений:

*a* — картофель (*Solanum tuberosum*); *б* — пшеница (*Triticum aestivum*); *в* — овес (*Avena sativa*); *г* — рис (*Oryza sativa*); *д* — кукуруза (*Zea mays*); *е* — гречиха (*Fagopyrum sagittatum*): 1 — простое крахмальное зерно; 2 — сложное; 3 — полусложное



*Рис. 12.* Алейроновые зерна в клетках эндосперма семян клещевины: *Кр* — белковые кристаллы; *Гл* — глобуиды; *Ма* — белковый матрикс



*Рис. 13.* Простые алейроновые и крахмальные зерна в клетке семядоли семени фасоли: 1 — простые алейроновые зерна; 2 — крахмальное зерно

Крахмальные зерна содержат амилозу, растворяющуюся в горячей воде, окрашивающуюся раствором Люголя в синий цвет, и амилопектин, набухающий в горячей воде и окрашивающийся в фиолетовый цвет. Существует так называемый оберегаемый крахмал, который не используется растением даже при голодании. Он откладывается в виде мелких крахмальных зерен в клетках корневого чехлика и в эндодерме.

Запасные белки откладываются в виде аморфного или

кристаллического протеина (в алейроновых зернах). Последние образуются из белковых вакуолей путем обезвоживания. При этом часть белка образует кристаллоид, другая часть — аморфное тело; а фитин (калий-кальцийнатриевая соль инозитгексафосфорной кислоты) — глобоид.

Алейроновые зерна могут быть 3 видов:

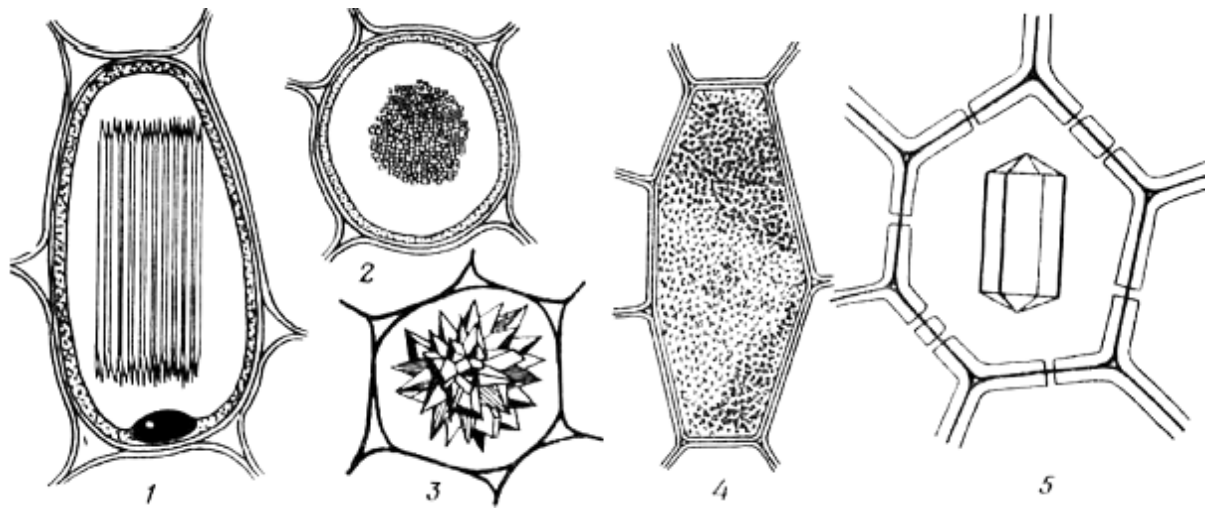
- 1) с глобоидами (семена бобовых, злаковых);
- 2) глобоидом и кристаллоидом (семена льна и клещевины);
- 3) кристаллами оксалата кальция (зонтичные, виноград).

При прорастании семян кристаллоиды алейроновых зерен растворяются в воде, а сами зерна сливаются в одну центральную вакуоль. Реактив Люголя окрашивает алейроновые зерна в золотисто-желтый цвет.

Жиры представляют собой сложные эфиры глицерина и жирных кислот (олеиновой, стеариновой, пальмитиновой). Откладываются в виде капель (иногда в олеопластах) в цитоплазме, пластидах, кариоплазме. Это наиболее экономичная форма запаса энергии (1 г жира — 39 кДж).

Окрашиваются раствором судана III в оранжево-розовый цвет.

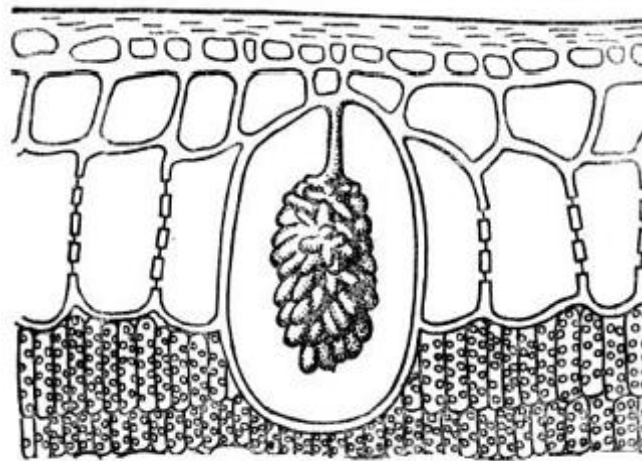
**Экскреторные вещества** находятся в клеточном соке. Это соли органических и неорганических кислот, чаще оксалаты, образуют различной формы кристаллы: палочковидные (стилоиды), игловидные (рафиды), звездчатые (друзы), мелкие одиночные (кристаллический песок) (рис. 14). Форма кристаллов — диагностический признак.



*Рис. 14.* Формы кристаллов кальция оксалата:

1, 2 — рафиды (1 — вид сбоку, 2 — вид на поперечном срезе); 3 — друза; 4 — кристаллический песок; 5 — одиночный кристалл

У некоторых растений (крапивные, тутовые) образуются цистолиты — гроздевидные выросты клеточной оболочки внутрь, пропитанные карбонатом кальция или кремнеземом (рис. 15). Образование кристаллов необходимо в клетке для нормализации осмотического давления, кислотно-щелочного равновесия; эпидерма, содержащая кристаллы, — блестящая, в результате чего отражает солнечный свет и защищает растения от



перегревания.

*Рис. 15.* Цистолит в клетке эпидермы листа фикуса

**Заключение.** Химические вещества клетки имеют определенное функциональное назначение, обеспечивая жизнедеятельность клетки и всего

растения как целостного организма.

### **Контрольные вопросы**

1. *Химический состав клеточного сока*
2. *Поступление веществ в растительную клетку*
3. *Конституционные вещества*
4. *Запасные вещества (экстрактивные) и нерастворимые (собственно запасные)*
5. *Экскреторные вещества как составляющие клеточного сока*
6. *Гормоны роста — ауксины, их значение*
7. *Алкалоиды как азотистые соли органических кислот (применение в медицине)*
8. *Продукты первичного обмена*
9. *Продукты вторичного обмена*

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ботаника с основами фитоценологии. Анатомия и морфология растений. Серебрякова Т.И. — М: Академкнига, 2006. — 543 с.
2. Ботаника: в 4 т. Т. 1. Клеточная биология. Анатомия. Морфология. Зитте П., Вайлер Э.В., Кадерайт Й.В. и др. / под ред. А.К. Тимонина, В.В. Чуб — М: Академия, 2008. — 368 с.
3. Ботаника: в 4 т. Т. 3: Высшие растения. Тимонин А.К. — М: Академия, 2007. — 352 с.
4. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений. — М.: Эдиториал УРСС, 2000. — 528 с.
5. Яковлев Г.П., Челомбитько В.А. Ботаника. — СПб: СпецЛит, Изд-во СПХФА, 2001. — 680 с.
6. Практикум по анатомии и морфологии растений Викторов В.П., Гуленкова М.А., Дорохина Л.Н. и др. Под ред. Л.Н. Дорохиной — М: Академия, 2004. — 176 с.
7. Иллюстрированное руководство для ботанических практик и экскурсий в Средней России. В.Э. Скворцов. — М: Т-во науч. изд. КМК, 2004. — 506 с.