

**Вводная лекция по ботанике
для студентов специальности «Биология» профили «Биохимия»,
«Генетика»**

Предмет ботаники. Ботаника наука о растениях Растение живой организм. Особенности строения растительных клеток.

План

Предмет ботаники. Ботаника – наука о растениях.

Растения и человек

Разделы ботаники и их связь с системной организацией в живой природе.

Современное представление о строении клетки.

Клеточная теория.

Эукариотическая клетка, ее структура.

Принципиальные отличия между растительной, грибной и животной клетками.

Растительная клетка, ее строение.

Ботаника - наука о растениях.

Ботаника как наука имеет более двух с половиной тысяч лет истории. Развитие ее тесно связано не только с развитием отдельных специальных наук о живой природе, но и с судьбами философской мысли вообще, и с историей всего человечества в целом.

Первоначальное познание растений, как показывает история материальной культуры, было связано с использованием их в быту и хозяйстве человека, для питания, одежды, врачевания и пр. Древнейшие культурные растения - это пшеница, ячмень, рис, лен, соя, хлопчатник, кукуруза. Их возделывание началось в доисторическое время. Вторая группа растений - рожь, овес, разные виды вики, чина, горох и некоторые другие виды растений стали культивироваться позже. Познание растений в целях врачевания также началось в доисторическое время.

Развитие теоретических вопросов ботаники было тесно связано с философией античного мира. Занимаясь растениями как частью природы, философы античного мира пытались определить их сущность и систематизировать их. О растениях в своих философских работах писали Гераклит, Эмпедокл, Анаксагор, Вергилий и др. Но, по мнению большинства историков ботаники, наибольшее значение для этой науки имели труды Аристотеля, Теофраста, Плиния, Diosкорида и Колумеллы.

Теофраст (371-286 гг. до н.э.) - ученик Аристотеля, справедливо считается в истории науки "отцом ботаники". Наряду с описанием применения растений в хозяйстве и медицине, Теофраст рассматривал вопросы чисто теоретического характера: строение и физиологические

отправления растений, географическое распространение, влияние почвенных и климатических условий, пытался систематизировать растения. Из его работ сохранилась "Естественная история растений" и в немногих фрагментах "О причинах растений". В них он приводит классификацию растений, которой придерживались почти до XIX в., правильно выделяет органы растений, описывает многообразные способы питания растений и подробно описывает около 500 растений.

Труды Теофраста - это первый в истории ботаники свод в единую систему знаний, наблюдений практиков сельского хозяйства и работ учёных. Влияние трудов Теофраста на последующее развитие ботаники в течении многих столетий было огромным, т.к. ученые древнего мира не поднимались выше него ни в понимании природы растений, ни в описании их форм.

Основной фигурой в ботанике XVIII века является Карл Линней. Современными ботаниками К. Линней чуть ли не канонизирован. Его заслуга в истории ботаники заключается в том, что он сумел обобщить, классифицировать и реформировать весь материал, накопленный наукой до него. Основные его работы: "Systema Naturae", "Fundamenta Botanica", "Philosophia Botanica" и "Species Plantarum", не потеряли своей актуальности и по сей день. Он заново описал и применил двойные названия для всех известных ему видов растений (около 10 тысяч). Кроме того, в своей работе "Philosophia Botanica" он создал своеобразную концепцию ботаники как науки и изложил кратко и четко ее историю. Период развития, предшествовавший ему самому, Карл Линней называл "периодом эмпирического развития науки".

Эволюционная теория Дарвина внесла новое содержание в ботанические исследования, объединив их общностью задач - выявлением истории развития организмов, их родственных связей. От изучения внешних форм процесс познания все более углубляется в сторону изучения внутреннего строения, внутренних процессов растительного организма. В этот период возникли новые науки: генетика растений, география растений, биохимия растений, геоботаника, цитология растений.

XX век ознаменовался огромным прогрессом биологических знаний, относительным и абсолютным возрастанием роли биологии среди других отраслей науки. В XX веке произошло превращение биологии из преимущественно описательной науки в преимущественно экспериментальную и точную, вооруженную новейшими методами и техническими средствами исследования, тесно связанными с достижениями химии, физики, математики, техники. То же касается и ботаники в частности.

В наши дни ботаника представляет собой большую многоотраслевую науку. Общая задача ее состоит в изучении отдельно взятых растений и их совокупностей - растительных сообществ. Одна из первоочередных задач ботаники - разработка научных основ охраны природы и природных ресурсов. Ботаника тесно взаимодействует с агрономией, медициной, почвоведением, лесоводством, химией, геологией, зоологией и математикой. Отрасли

ботанической науки используют разнообразные методы экспериментальных исследований и технические средства.

Растения и человек

Значение растений в природе и жизни человека. Вся суша нашей планеты, исключая ледяные пустыни арктики и антарктики покрыты растениями. В морях и океанах также широко представлены растительные организмы. Они могут быть микроскопическими, или достигать огромных размеров. Объединяет их одно - все они содержат зеленый пигмент - хлорофилл, который сосредоточен в особых органеллах растительных клеток - пластидах. Уникальное свойство хлорофилла - участие в сложнейшем процессе фотосинтеза, при котором поглощается углекислый газ, выделяется кислород и синтезируются органические вещества из неорганических. Процесс фотосинтеза происходит в колоссальных масштабах. Многослойный зеленый экран, созданный растениями, значительно превышает по площади поверхность нашей планеты. По весьма приблизительным подсчетам растения в процессе фотосинтеза ежегодно образуют около 400 млрд. т. органических веществ и при этом они связывают около 175 млрд. т. углерода.

Растительный покров играет первостепенную регулирующую роль в общем газообмене и в водном балансе Земли, защищает от разрушения почву, обогащает ее элементами питания, создает пищевую и энергетическую базу для всего животного мира.

Жизнь человека немыслима без использования растений. Это - пища, строительный материал, сырье для различных отраслей промышленности. Основой энергетики служат продукты растительного происхождения - каменный уголь, торф, нефть. Зеленые насаждения снижают запыленность и загрязненность воздуха, уровень шума и этим улучшают условия жизни городского населения.

Разделы ботаники и их связь с системной организацией в живой природе.

Ботаника как часть более общей науки — биологии, в свою очередь, подразделяют на ряд частных наук, в задачи которых входит изучение тех или иных закономерностей строения и жизни растений или растительного покрова.

Морфология — один из наиболее крупных и рано сформировавшихся разделов ботаники. Это наука о закономерностях возникновения и развития разнообразных жизненных форм растений и отдельных их органов. Заложение и развитие органов растения рассматривают и в ходе индивидуального развития отдельной особи от прорастания семени до конца жизни (*онтогенез*), и в ходе исторического развития (эволюции) всего вида или любой другой систематической группы, к которой относят данную особь (*филогенез*).

В процессе развития морфологии в ее недрах обособились еще более специализированные науки: *цитология* (изучает закономерности строения и

развития основной структурной единицы растений — клетки); *гистология*, или *анатомия* (заложение, развитие и строение разнообразных тканей, формирующих органы); *эмбриология* (закономерности развития и строения зародыша); *органография* (заложение, развитие и структура органов растения — корня, стебля, листа, цветка, плода и др.); *палинология* (строение пыльцы и спор).

Флорография. В задачу этой науки входит распознавание и описание видов, то есть составление их диагнозов. Виды, описанные (диагносцированные) флорографами, систематики распределяют в группы по признакам сходства, отражающим родство. Нередко, однако, работа флорографа и систематика бывает совмещена в лице одного ученого.

Систематика — наука о разнообразии видов и причинах этого разнообразия. Задача систематики — приведение в легко обозримую научную систему всех наших знаний о видах, описанных флорографами.

География растений (фитогеография) — крупнейший раздел ботаники, основная задача которого состоит в изучении закономерностей распространения и распределения растений и их сообществ (ценозов) на суше и в воде.

Экология. Жизнь растений зависит от окружающей среды (климата, почвы и др.), но и растения, в свою очередь, влияют на создание этой среды — принимают участие в почвообразовательном процессе, изменяют климат. Задача экологии — изучение строения и жизни растений в связи с окружающей средой. Эта наука имеет первостепенное значение для практического земледелия.

Физиология растений — наука о процессах жизнедеятельности растений, преимущественно об обмене веществ, движении, росте, ритмах развития, размножении и т. д.

Микробиология — наука об особенностях жизненных процессов, происходящих в микроскопических организмах, преобладающую часть которых составляют бактерии и некоторые грибы. Успехи почвенной микробиологии широко используют в сельскохозяйственной практике.

Палеоботаника — наука об ископаемых растениях прошлых геологических периодов.

Другие разделы ботаники настолько обособились в связи с решением специальных задач и применяемыми методами работы, что давно уже составляют особые науки, например *биофизика*, *биохимия*, *радиобиология*, *генетика* и др.

Строение растительной клетки.

Основной структурно-функциональной единицей тела живого организма является *клетка* (cellula). Лишь вирусы лишены клеточной структуры. Клетка может существовать либо как отдельный (одноклеточный) организм (бактерии, многие водоросли и грибы), либо в составе тела животных, растений и грибов.

Исследование клетки стало возможно после изобретения в 1590 г. братьями Янсен первого светового микроскопа. Световой, или оптический, микроскоп оставался почти единственным инструментом изучения клетки на протяжении 350 лет. Лишь в 40-х годах прошлого (20-го) столетия ученые получили в руки новое мощное орудие изучения клетки — электронный микроскоп, позволивший сделать ряд крупнейших открытий. Электронный микроскоп обладает почти неограниченной разрешающей способностью.

Впервые клеточное строение у растений наблюдал и описал англичанин Роберт Гук (1665), рассматривая под микроскопом срез пробки. Открытие ядра и органоидов клетки, выяснение основных функций и структурных особенностей протопласта, т. е. живого содержимого клетки, было осуществлено главным образом в XIX и первой половине XX в. усилиями многих ученых. В конечном итоге сложилась особая наука о клетке, получившая название *цитологии* (от греч. слов китос — вместилище и логос — учение).

На рубеже 30-40-х гг. XIX в. немецкими учеными зоологом Теодор Шванном и ботаником Матиас Шлейденом была сформулирована *клеточная теория*. Главный тезис клеточной теории — признание общего для всех организмов принципа клеточного строения и роста. В 1858 г., немецкий ученый Рудольф Вирхов обосновал принцип преемственности клеток путем деления: «каждая клетка от клетки».

Современная клеточная теория рассматривает многоклеточный организм как сложно организованную интегрированную систему, состоящую из функционирующих и взаимодействующих клеток. Единство клеточного строения подтверждается как в сходстве строения различных клеток, так и в сходстве их химического состава и процессов обмена вещества.

Основные положения современной клеточной теории:

1. Клетки всех живых организмов сходны между собой по строению и химическому составу, основным проявлениям живого и обмену веществ.
2. Клетки всех организмов имеют мембранное строение
3. размножение клеток происходит путем их деления, каждая новая клетка образуется в результате деления исходной материнской клетки.
4. В многоклеточных организмах клетки специализируются по выполняемым функциям и образуют ткани, из тканей состоят органы, ткани тесно связаны между собой, формируя единый организм.
5. Клеточное строение всех живых организмов — свидетельство единства происхождения..

СТРОЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Размеры клеток большинства растений колеблются от 10 до 100 мкм. Гигантских размеров достигают лишь некоторые специализированные вытянутые клетки. Так, одноклеточные волоски семян у некоторых сортов хлопчатника достигают 5 см длины, а одноклеточные волокна растения рами — даже 55 см. Однако поперечник этих клеток составляет всего 50-100 мкм. Число клеток в теле высших растений очень велико. Сообщалось, что один крупный лист дерева содержит более 100 млн клеток.

По форме различают два основных типа растительных клеток: паренхимные и прозенхимные. *Паренхимные* клетки более или менее изодиаметричны, т. е. их размер приблизительно одинаков во всех трех измерениях. *Прозенхимные* клетки вытянуты в длину, которая превышает их ширину в 5-6 и более раз.

Соматическая растительная клетка обычно окружена клеточной стенкой, состоящей в основном из целлюлозы. Живое содержимое клеток получило название протопласта. У многих зрелых растительных клеток центральную часть занимает крупная, заполненная клеточным соком вакуоль, главное содержимое которой — вода с растворенными в ней минеральными и органическими веществами. Клеточная стенка и вакуоль представляют собой продукты жизнедеятельности протопласта.

В ботанике растительную клетку рассматривают как протопласт и его производные.

КОМПОНЕНТЫ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

ПРОТОПЛАСТ

I Цитоплазма: Структуры, видимые в световой микроскоп

Митохондрии

Пластиды: лейкопласты, хлоропласты, хромопласты.

Ультраструктуры

-Гиалоплазма

-Плазмалемма

-Тонопласт

-Микротрубочки

-Рибосомы

-Комплекс Гольджи (диктиосомы)

-Эндоплазматический ретикулум

-Сферосомы

II Ядро: Двойная белково-липоидная оболочка

Нуклеоплазма

Хроматин

Ядрышко

ПРОИЗВОДНЫЕ ПРОТОПЛАСТА

↓	↓
Первичные	Вторичные
Клеточная стенка Вакуоль с клеточным соком	Запасные питательные вещества (белки, жиры, углеводы) Экскреторные вещества (кристаллические включения, эфирные масла, смолы, слизи и т.п.)

Протопласт

Протопласт — активное живое содержимое клетки. Большую часть протопласта растительной клетки занимает цитоплазма, меньшую по массе — ядро. От вакуоли протопласт ограничен биологической мембраной, называемой *тонопластом*, от клеточной стенки — другой мембраной — *плазмалеммой*. В протопласте осуществляются все основные процессы клеточного метаболизма (обмена веществ). Наследственный материал клетки главным образом сосредоточен в ядре. От цитоплазмы ядро также отделено мембранами. Основными классами соединений, слагающими протопласт, являются белки, нуклеиновые кислоты, липиды и углеводы. В живой растительной клетке содержимое протопласта находится в постоянном движении, особенности которого различны (вращательное, струйчатое и др.). Можно видеть, как органоиды и другие включения вовлекаются в это движение, называемое *током цитоплазмы*, или *циклозом*. Циклоз прекращается в мертвых клетках. Следует сказать, что основное назначение циклоза неизвестно, хотя считается, что он обеспечивает лучшую "транспортировку" веществ и способствует аэрации клетки.

Продукты жизнедеятельности протопласта. В процессе жизнедеятельности протопласта возникают разнообразные вещества, получившие обобщенное название *эргастических* веществ. Они образуются непосредственно в протопласте и отчасти сохраняются в нем в растворенном виде либо в форме включений. В значительно больших количествах эргастические вещества концентрируются вне протопласта, образуя клеточную стенку. Другая часть накапливается в клеточном соке вакуоли в виде растворов или откладывается в цитоплазме в виде разного рода включений. Природа и основные функции эргастических веществ различны. Главнейшие из этих веществ: простые белки, некоторые углеводы, в частности глюкоза, сахароза и крахмал или близкий к нему *инулин*, а также целлюлоза, запасные жиры и жироподобные вещества — соединения первичного метаболизма; продукты вторичного метаболизма — *таннины*, *полифенольные соединения*, *алкалоиды*, *изопренпроизводные* и др. К

эргастическим веществам относится также обычный во многих растениях оксалат кальция. Почти все эргастические вещества независимо от их природы в той или иной мере могут вновь вовлекаться в процессы активного метаболизма клетки. Поэтому деление этих веществ на ряд групп по их главной функции в известной мере условно.

Важнейшая группа эргастических веществ — запасные вещества. Это белки, перечисленные выше углеводы, исключая целлюлозу, и жиры.

Большинство эргастических веществ физиологически активно. Многие из них накапливаются в значительных количествах и имеют исключительное значение в хозяйственной деятельности человека и в медицине. Общеизвестно многообразное использование целлюлозы, или клетчатки, в технике, пищевой промышленности и медицине широко используются крахмал, глюкоза и сахароза. Таннины, или дубильные вещества, полифенольные соединения — основа для получения ряда лекарственных средств. Пектиновые вещества широко применяются в кондитерской промышленности, а также в медицине.

Некоторые из эргастических веществ крайне ядовиты. Чаще это алкалоиды, некоторые гликозиды, полипептиды (у бледной поганки).

Цитоплазма — часть протопласта, заключенная между плазмалеммой и ядром. В цитоплазме осуществляется большая часть процессов клеточного метаболизма, исключая синтез нуклеиновых кислот, происходящий в ядре. Основу цитоплазмы составляет ее *матрикс* или *гиалоплазма*, — сложная бесцветная, оптически прозрачная коллоидная система, способная к обратимым переходам из гидрозоля в гель. Важнейшая роль гиалоплазмы заключается в объединении всех клеточных структур в единую систему и обеспечении взаимодействия между ними в процессах клеточного метаболизма.

В цитоплазме растительных клеток имеются небольшие тельца, или органоиды (органеллы), выполняющие специальные функции. Это пластиды, комплекс Гольджи, митохондрии и т. д. Вся цитоплазма пронизана так называемой *эндоплазматической сетью*, или *ретикулумом* (ЭР). В основе этой сети лежат биологические мембраны, которые также формируют оболочки большинства органоидов.

Биологические мембраны — тончайшие (4-10 нм) пленки, построенные в основном из *фосфолипидов* и *липопротеидов*. Структура и модели биологических мембран многократно уточнялись. По современным понятиям — это представляет липидный би-слой, «начиненный» молекулами белка и заключенный в ажурный каркас, состоящий из гликопротеидов с разветвленными углеводными и гликолипидов с неразветвленными цепями. С внутренней стороны мембраны связаны с динамическим «цитоскелетом». Более толстые из элементов скелета, полые внутри, называют микротрубочками, а более тонкие — микрофиламентами.

Одно из основных свойств мембран клетки — их избирательная проницаемость (полупроницаемость): одни вещества проходят через нее с трудом или вообще не проходят, другие проникают легко. Избирательная проницаемость мембран создает возможность одновременного и независимого протекания различных биохимических реакций, нередко противоположных по направлению, в изолированных отсеках (цистернах), образованных эндоплазматической сетью.

Мембраны прежде всего отграничивают цитоплазму от клеточной стенки и вакуоли, а внутри цитоплазмы, как сказано, образуют *эндоплазматическую сеть* — систему мелких вакуолей и канальцев, соединенных друг с другом. Эта система трехмерна, а ее форма и протяженность зависят от типа клетки, ее метаболической активности и стадии дифференцировки. Например, в клетках, синтезирующих белки, цистерны эндоплазматической сети имеют форму плоских мешочков с многочисленными рибосомами, связанными с ее внешней поверхностью. Такая сеть с закрепленными группами рибосом, или *полисомами*, получила название *шероховатой* (гранулярной). *Полисомы* (*полирибосомы*) и шероховатая эндоплазматическая сеть — основные места синтеза белка. Клетки же, секретирующие липиды, имеют большую систему трубчатых цистерн, лишенных рибосом (*агранулярная, гладкая эндоплазматическая сеть*). Эндоплазматическая сеть функционирует как коммуникационная система клетки и используется для транспортировки веществ. Эндоплазматические сети соседних клеток соединяются через цитоплазматические тяжи — *плазмодесмы*. Эндоплазматическая сеть — основное место синтеза прочих клеточных мембран.

Рибосомы. В цитоплазме, а также в ядре, митохондриях и пластидах всегда находятся мельчайшие гранулы, выявляемые на ультратонких срезах под электронным микроскопом. Это *рибосомы*, представляющие собой безмембранные частицы, образованные рибонуклеопротеидами (рибосомной РНК) и молекулами белка. Их величина у эукариотических клеток колеблется от 17 до 23 нм. Каждая клетка содержит десятки и сотни тысяч рибосом. Располагаются рибосомы поодиночке либо группами (полисомы), где отдельные

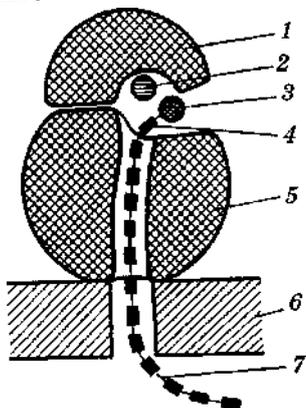


Схема строения рибосомы,

сидящей на мембране ЭР: 1 — малая субъединица, 2 — иРНК, 3 — ами-ноацил тРНК, 4 — аминокислота, 5 — большая субъединица, 6 — мембрана ЭР, 7 — синтезируемая полипептидная цепь

рибосомы связаны между собой нитевидной молекулой информационной РНК, несущей информацию о первичной структуре белка. Рибосомы эукариотических организмов состоят из двух неравных по величине субъединиц, по-видимому, объединенных ионами Mg^{+2} . Рибосомы нередко прикреплены к мембранам эндоплазматической сети или свободно располагаются в гиалоплазме. Рибосомы (точнее, полисомы) — центры синтеза белка. Сами рибосомы, возможно, образуются в ядре.

Комплекс Гольджи (аппарат Гольджи) назван в честь итальянского ученого К. Гольджи, впервые описавшего его. Комплекс состоит из отдельных *диктиосом* и *пузырьков Гольджи*. Диктиосомы представляют собой стопку плоских, не соприкасающихся друг с другом дисковидных цистерн, ограниченных мембранами. Часто диктиосомы переходят по краям в систему тонких ветвящихся трубок. Число диктиосом в растительной клетке обычно колеблется от одной до нескольких десятков. Пузырьки Гольджи отчленяются от краев диктиосомных пластинок или концов трубок и направляются обычно в сторону плазмалеммы или вакуоли. Считается, что в диктиосомах синтезируются полисахариды. Пузырьки Гольджи транспортируют образовавшиеся полисахариды, которые у растений нередко участвуют в формировании срединной пластинки и клеточной стенки. Кроме того, комплекс Гольджи, по-видимому, участвует в формировании вакуолей.

Сферосомы — мелкие тельца, размером от 0,2 до 1,3 мкм, первоначально окруженные биологической мембраной и содержащие специфические ферменты. Функция сферосом состоит в накоплении жира. Зрелая сферосома обычно представляет собой каплю жира, окруженную биологической мембраной или белковой оболочкой.

Митохондрии и пластиды. Оба типа этих органоидов двумембранны. Существует гипотеза о том, что в известной степени автономные и несущие определенное количество собственной ДНК митохондрии и пластиды представляют собой видоизмененные мелкие прокариотические организмы, которые нашли «убежище» в более крупных гетеротрофных клетках - хозяевах, которые и стали предшественниками эукариотических клеток. Все или почти все ныне живущие эукариоты содержат в своих клетках митохондрии, а все автотрофные эукариоты также и пластиды. Нуклеотидные последовательности РНК рибосом митохондрий и пластид резко отличаются от последовательностей РНК, кодируемых в клеточном ядре. Возможно, митохондрии и пластиды были приобретены в результате независимых случаев эндосимбиоза. И пластиды, и митохондрии способны синтезировать собственные белковые молекулы, так как обладают собственной ДНК.

Митохондрии — неотъемлемая часть почти всех живых эукариотических клеток. Форма, величина и их число постоянно меняются. Число митохондрий варьирует от нескольких до сотен тысяч. Особенно их много в секреторных тканях растений. Длина этих органоидов не превышает 10 мкм. По форме они чаще всего эллиптические или округлые, но могут напоминать палочки, мелкие зерна и т. д. Снаружи митохондрии окружены оболочкой, состоящей из двух мембран, которые не связаны с эндоплазматической сетью цитоплазмы. Внутренняя мембрана образует выросты в полость митохондрии в виде листовидных пластин (кристов) или трубочек. Кристы и трубочки бывают различных типов. Пространство между кристами и трубочками заполнено однородным прозрачным веществом — *матриksom митохондрий* (рис. 13). В матриксе встречаются рибосомы, подобные по величине рибосомам прокариотических клеток, и собственная митохондриальная ДНК, которая не связана с гистонами в отличие от ДНК ядра и заметна под электронным микроскопом в виде тонких кольцевых нитей.

Митохондрии способны к независимому от ядра синтезу своих белков на собственных рибосомах под контролем митохондриальной ДНК. Митохондрии образуются, по-видимому, только путем самостоятельного деления, хотя и под контролем ядра.

Основная функция митохондрий состоит в обеспечении энергетических потребностей клетки в процессе дыхания. Богатые энергией молекулы АТФ синтезируются из АДФ при реакции *окислительного фосфорилирования*. Энергия, запасаемая АТФ, получается в результате окисления в митохондриях различных энергетически богатых веществ, главным образом сахаров.

Пластиды. Пластиды характерны лишь для растений. Ни грибы, ни животные пластид не имеют.

Впервые эти образования были описаны итальянским ученым А. Компаретти в 1791 г., а примерно через 100 лет немецкий ботаник А. Шимпер ввел и сам термин «пластиды».

Предшественниками пластид являются так называемые *пропластиды*, мелкие обычно бесцветные образования, находящиеся в делящихся клетках корней и побегов. В зависимости от окраски, связанной с наличием или отсутствием тех или иных пигментов, различают три основных типа пластид: *хлоропласты* (зеленого цвета), *хромoplastы* (желтого, оранжевого или красного цвета) и *лейкопласты* (бесцветные). Обычно в клетке встречаются пластиды только одного типа. Однако установлено, что одни типы пластид могут переходить в другие.

Пластиды — относительно крупные образования клетки. Самые большие из них — хлоропласты у растений — достигают в длину 4-10 мкм и 2-4 мкм в ширину и хорошо различимы в световой микроскоп. Форма хлоропластов чаще всего линзовидная или эллипсоидальная. Лейкопласты и

хромопласты могут иметь различную форму. В клетках встречаются, как правило, несколько десятков пластид. Хлоропласты встречаются во всех зеленых органах растений, а также в зародышах части растений, лейкопласты весьма обычны в клетках органов, скрытых от солнечного света, — корнях, корневищах, клубнях, а также в ситовидных элементах некоторых покрытосемянных. Хромопласты содержатся в клетках лепестков многих растений, зрелых окрашенных плодах (томаты, шиповник, рябина и др.), иногда — в корнеплодах (морковь).

Строение пластид может быть рассмотрено на примере хлоропластов. Они имеют оболочку, образованную двумя мембранами: наружной и внутренней. Наружная мембранная оболочка отграничивает все содержимое хлоропласта от гиалоплазмы клетки, внутренняя — содержимое хлоропласта, называемое стромой, или матриксом. Эта внутренняя мембрана вдается в полость хлоропласта выростами. Как строма, так и выросты внутренней мембраны формируют в полости хлоропласта сложную систему мембранных поверхностей, отграничивающих особые плоские мешки, называемые *тилакоидами*, или *ламеллами*. Группы дисковидных тилакоидов связаны друг с другом таким образом, что их полости оказываются непрерывными. Эти тилакоиды образуют стопки (наподобие стопки монет), или *граны*. Тилакоиды стромы объединяют граны между собой. В мембранах тилакоидов сосредоточен главнейший пигмент зеленых растений — хлорофилл и вспомогательные пигменты — каротиноиды.

Внутренняя структура хромопластов и лейкопластов проще. Граны в них отсутствуют.

В строме хлоропластов содержатся ферменты и рибосомы, отличающиеся от рибосом цитоплазмы меньшими размерами и иной нуклеотидной последовательностью. Часто имеются одно или несколько небольших зерен первичного ассимиляционного крахмала. Генетический аппарат хлоропластов автономен, они содержат свою собственную ДНК в виде кольцевых нитей.

Основная функция хлоропластов — фотосинтез. Центральная роль в этом процессе принадлежит пигменту хлорофиллу. Помимо фотосинтеза, в хлоропластах осуществляется синтез АТФ из АДФ, синтез и гидролиз липидов, ассимиляционного крахмала и белков, откладывающихся в строме.

В лейкопластах пигменты отсутствуют, но здесь может осуществляться синтез и накопление запасных питательных веществ, в первую очередь крахмала, иногда белков, редко жиров. Очень часто на основе лейкопластов формируются зерна вторичного запасного крахмала.

Лейкопласты, где синтезируется и накапливается вторичный крахмал, называют амилопластами, белок — протеинопластами, липиды — элайопластами.

Лейкопласты на свету могут превращаться в хлоропласты.

Красноватая или оранжевая окраска хромопластов связана с присутствием в них каротиноидов. Считается, что хромопласты — конечный этап в развитии пластид, иначе говоря, это стареющие хлоропласты и

лейкопласты. Наличие хромопластов отчасти определяет яркую окраску многих цветков, плодов и осенних листьев. Точные функции хромопластов неизвестны.

Ядро. *Ядро* — обязательная и существеннейшая часть живой клетки всех эукариотических организмов. Это место хранения и воспроизведения наследственной информации, определяющей признаки данной клетки и в конечном итоге всего организма в целом. Ядро служит также центром управления обменом веществ и почти всех процессов, происходящих в клетке. Клетки с удаленным ядром, как правило, быстро погибают. В живых клетках ядро отсутствует в норме лишь в зрелых члениках ситовидных трубок флоэмы.

В молодых, особенно меристематических, клетках оно занимает центральное положение, но позднее обычно смещается к оболочке, оттесняемое растущей вакуолью.

Общий план строения ядра сходен у большинства эукариотических организмов. Снаружи оно окружено двойной мембраной — ядерной оболочкой, пронизанной порами, на краях которых наружная мембрана переходит во внутреннюю. Наружная мембрана ядерной оболочки в некоторых местах объединяется с эндоплазматической сетью. Содержимое интерфазного неделящегося ядра составляет *кариоплазма* (или *ядерный сок*), близкая по структуре к гиалоплазме. В кариоплазму погружены оформленные элементы: хроматин (плотное вещество ядра, хорошо окрашиваемое основными красителями ДНК) и ядрышки, а также рибосомы. В процессе клеточного деления хроматин все более уплотняется и, в конце концов, собирается в хромосомы.

В ядре заметно одно или несколько *ядрышек*. Подобно хроматину, ядрышки не имеют мембраны и свободно лежат в кариоплазме, состоя в основном из белка. Они содержат около 5 % РНК и имеют большую плотность, чем ядро. Основная функция ядрышек — синтез некоторых форм РНК (в основном рибосомной) и формирование предшественников рибосом (субъединиц).

Вакуоль

Вакуоли — полости в протопласте эукариотических клеток. У растений вакуоли — производные эндоплазматической сети, ограниченные мембраной — *тонопластом* и заполненные водянистым содержимым — *клеточным соком*. По-видимому, существенную роль в образовании вакуолей имеет деятельность аппарата Гольджи.

В молодых делящихся растительных клетках вакуоли представляют систему канальцев и пузырьков (*про-вакуоли*), по мере роста клеток они увеличиваются, а затем сливаются в одну большую центральную вакуоль. Она занимает от 70 до 90 % объема клетки, в то время как протопласт располагается в виде тонкого постенного слоя. В основном увеличение

размеров клетки происходит за счет роста вакуоли. В результате этого возникает тургорное давление и поддерживается упругость клеток и тканей.

Содержимое вакуоли — *клеточный сок* — представляет собой слабощелочной (рН 3-5) водный раствор различных органических и неорганических веществ. По химическому составу и консистенции клеточный сок существенно отличается от протопласта. Эти различия связаны с избирательной проницаемостью тонопласта, выполняющего барьерную функцию. Большинство органических веществ, содержащихся в клеточном соке, относится к группе эргастических продуктов метаболизма протопласта. В зависимости от потребностей клетки они могут накапливаться в вакуоли в значительных количествах либо полностью исчезать. Наиболее обычны различные углеводы, играющие роль запасных энергетических веществ, а также органические кислоты. Вакуоли семян нередко содержат и белки - протеины. Растительные вакуоли часто служат местом концентрации разнообразных вторичных метаболитов — полифенольных соединений: *флавоноидов, антоцианов, таннидов* и азотсодержащих веществ — *алкалоидов*. В клеточном соке растворены также многие неорганические соединения.

Функции вакуолей многообразны. Они формируют внутреннюю водную среду клетки, и с их помощью осуществляется регуляция водно-солевого обмена. В этом плане очень важна роль тонопласта, участвующего в активном транспорте и накоплении в вакуолях некоторых ионов.

Другая важнейшая роль вакуолей состоит в поддержании тургорного гидростатического давления внутриклеточной жидкости в клетке. Наконец, третья их функция — накопление запасных веществ и «защита» отбросов, т. е. конечных продуктов метаболизма клетки. Иногда вакуоли разрушают токсичные или ненужные клетке вещества. Обычно это выполняется специальными небольшими вакуолями, содержащими соответствующие ферменты. Такие вакуоли получили название *лизосомных*.

Тургорное давление в растительных клетках способствует поддержанию формы неодревесневших частей растений. Оно служит также одним из факторов роста, обеспечивая рост клеток растяжением. Потеря тургора вызывает увядание растений. Тургорное давление связано с избирательной проницаемостью тонопласта для воды и явлением осмоса. *Осмос* — это односторонняя диффузия воды через полупроницаемую перегородку в сторону водного раствора солей большей концентрации. Поступающая в клеточный сок вода оказывает давление на цитоплазму, а через нее — на стенку клетки, вызывая упругое ее состояние, т. е. обеспечивая *тургор*. Недостаток воды в растении и тем самым в отдельной клетке ведет к *плазмолизу*, т. е. к сокращению объема вакуоли и отделению протопласта от оболочки. Плазмолиз может быть вызван искусственно при погружении клетки в гипертонический раствор какой-либо соли или сахара. Плазмолиз обычно обратим, и может служить показателем живого состояния протопласта.

Клеточная стенка

Клеточная стенка у растений — это структурное образование, располагающееся по периферии клетки, за пределами плазмалеммы, придающее клетке прочность, сохраняющее ее форму и механически защищающее протопласт.

Клеточная стенка растений противостоит высокому осмотическому давлению большой центральной вакуоли и препятствует разрыву клетки. Кроме того, совокупность прочных клеточных стенок выполняет роль своеобразного внешнего скелета, поддерживающего форму растения и придающего ему механическую прочность. Клеточная стенка, обладая большой прочностью, в то же время способна к росту, и, прежде всего, к росту растяжением. Эти два в известной степени противоположных требования удовлетворяются за счет особенностей ее строения и химического состава.

Клеточная стенка, как правило, прозрачна и хорошо пропускает солнечный свет. Через нее легко проникает вода и низкомолекулярные вещества, но для высокомолекулярных веществ она полностью или частично непроницаема. У многоклеточных организмов стенки соседних клеток скреплены между собой пектиновыми веществами, образующими *срединную пластинку*.

При специальной обработке растительных тканей некоторыми веществами (крепкие щелочи, азотная кислота) стенки соседних клеток разъединяются в результате разрушения срединной пластинки. Этот процесс называется *мацерацией*. Естественная мацерация происходит у перезревших плодов груши, дыни, персика и др.

В результате тургорного давления стенки соседних клеток в углах могут округляться и между ними образуются межклетники.

Стенка клетки представляет собой продукт жизнедеятельности ее протопласта. Поэтому стенка может расти, только находясь в контакте с ним. Однако при отмирании протопласта стенка сохраняется, и мертвая клетка может продолжать выполнять функции проведения воды или играть роль механической опоры.

Основу клеточной стенки составляют высокополимерные углеводы, молекулы *целлюлозы* (клетчатки), собранные в сложные пучки — *фибриллы*, образующие каркас, погруженный в основу — *матрикс*, состоящий из гемицеллюлоз, пектинов и гликопротеидов. Молекулы целлюлозы состоят из большого числа линейно расположенных мономеров — остатков глюкозы. Целлюлоза очень стойка, не растворяется в разбавленных кислотах и даже в концентрированных щелочах. Эластичный целлюлозный скелет придает клеточной стенке механическую прочность.

По завершении роста стенки некоторых клеток в стенке откладывается лигнин. Процесс отложения лигнина получил название *одревеснения*, или *лигнификации*. Стенка, пропитанная лигнином, очень прочна и тверда. Лигнифицируются чаще всего стенки клеток, подвергающихся механическим нагрузкам. Такие клетки обычно отмирают.

Стенки некоторых типов клеток могут включать слои липидов: *воска*, *кутина* и *суберина*. Кутин и воск обычно покрывают наружные стенки клеток эпидермы. Слой кутина создает на поверхности растения водо- и воздухонепроницаемый слой кутикулы. Суберин пропитывает стенки. Он непроницаем для воды и газов, поэтому такая суберинизированная, или опробковевшая, клетка обычно отмирает.

Рост клеточной стенки. Клеточная стенка слоиста и состоит из одной или нескольких оболочек. При делении меристематических клеток первоначально формируется срединная пластинка, образованная главным образом аморфными пектиновыми веществами. Протопласт каждой дочерней клетки откладывает со своей стороны на срединную пластинку собственную первичную оболочку, состоящую главным образом из пектиновых веществ и гемицеллюлоз. При этом клетка растет, растягиваясь в основном под влиянием тургорного давления, а новые порции гемицеллюлоз «внедряются» в растягивающуюся оболочку. Оболочки делящихся и растущих клеток называют *первичными*. Они богаты водой, и содержание целлюлозы в них относительно невелико (не более 30 %). Тонкие участки первичной оболочки называются *первичными поровыми полями*.

Для многих клеток отложение новых слоев оболочки прекращается с прекращением роста клетки. У других клеток отложение оболочки изнутри продолжается и по достижении окончательного размера. При этом толщина клеточной стенки увеличивается за счет наложения, а объем полости клетки сокращается. Такой процесс носит название *вторичного утолщения клеточной стенки*, а сама оболочка называется *вторичной*. Вторичная оболочка выполняет главным образом механическую функцию. Наиболее обычна она в клетках опорных тканей. Химический состав вторичной оболочки иной, чем у первичной. В ней содержится меньше воды, а количество целлюлозы достигает 40-50 % от массы сухого вещества.

Вторичная оболочка иногда откладывается неравномерно. У части сосудов она имеет вид отдельных колец или спиралей. Это позволяет клеткам сохранить способность к растяжению в длину. Стенки клеток, имеющие вторичные утолщения, часто одревесневают вследствие отложения в их матриксе лигнина.

В стенках соседних клеток, как правило, одна против другой, образуются поры. Они чаще всего закладываются там, где есть первичные поровые поля. Порами называют отверстия во вторичной оболочке, где разделяют лишь первичная оболочка и срединная пластинка. Участки первичной оболочки и срединную пластинку, разделяющие соседствующие поры смежных клеток, называют *поровой мембраной*, или *замыкающей пленкой поры*. Замыкающую пленку поры пронизывают *плазмодесменные каналы*, но сквозного отверстия в порах обычно не образуется.

Содержимое соседних клеток связано друг с другом через специальные цитоплазматические тяжи — *плазмодесмы*. Плазмодесмы располагаются в плазмодесменных каналах поровой мембраны. Посредством плазмодесм

осуществляется передача раздражений и активное передвижение некоторых веществ от клетки к клетке.

Каждая пора имеет *поровую камеру*. В тех случаях, когда откладывается мощная вторичная оболочка, камеры превращаются в узкие *поровые каналы*. В клетках паренхимных и механических тканей вторичная оболочка обычно резко прерывается у краев камеры или порового канала, диаметр которых благодаря этому почти не изменяется по всей толще вторичной оболочки. Пory такого типа называются *простыми*. В водопроводящих элементах — сосудах и трахеидах — вторичная оболочка нередко нависает над камерой в виде свода, зрительно образуя *окаймление*. Такие поры получили название *окаймленных*.

Включения. *Включения* — компоненты клетки, представляющие собой отложения веществ, временно выведенных из обмена, или конечные его продукты. Большинство включений видимы в световой микроскоп и располагаются либо в гиалоплазме и органоидах, либо в вакуоли. Существуют жидкие и твердые включения. К образованию включений ведет избыточное накопление веществ.

Очень часто в виде включений откладываются запасные питательные вещества. Главнейшее и наиболее распространенное из них — полисахарид *крахмал*. Рост крахмальных зерен происходит путем наложения новых слоев крахмала на старые, поэтому они имеют слоистую структуру. Если имеется один центр, вокруг которого откладываются слои крахмала, то возникает *простое зерно*, если два и более — то образуется *сложное зерно*, состоящее как бы из нескольких простых. *Полусложное зерно* формируется в тех случаях, когда крахмал вначале откладывается вокруг нескольких точек, а затем после соприкосновения простых зерен вокруг них возникают общие слои. Расположение слоев может быть концентрическим (например, у пшеницы) или эксцентрическим (у картофеля), что также определяет особенности строения крахмальных зерен.

Липидные (жировые) *капли* обычно располагаются в гиалоплазме и встречаются практически во всех растительных клетках. Это основной тип запасных питательных веществ многих растений, а также части водорослей. В семенах некоторых из покрытосемянных (подсолнечник, хлопчатник, арахис, соя) масло составляет до 40 % массы сухого вещества.

Запасные белки относятся к категории простых белков — протеинов в отличие от сложных белков — протеидов, составляющих основу протопласта. Наиболее часто запасные белки откладываются в семенах. Чаще запасные белки накапливаются в вакуолях и выпадают в осадок при потере влаги в процессе созревания семян. Обычно осаждающиеся белки образуют зерна округлой или эллиптической формы, называемые *алейроновыми*. Если алейроновые зерна не имеют заметной внутренней структуры, их называют простыми. Иногда же в алейроновых зернах среди аморфного белка заметны одна или несколько кристаллоподобных структур (*кристаллоидов*), способных в отличие от настоящих кристаллов набухать в воде. Помимо

кристаллоидов, в алейроновых зернах встречаются блестящие бесцветные тельца округлой формы — *глобоиды*. Алейроновые зерна, содержащие кристаллоиды и глобоиды, называют сложными. У каждого вида растений они, подобно зернам крахмала, имеют определенную структуру.

Растения в отличие от животных не имеют специальных выделительных органов и нередко накапливают конечные продукты жизнедеятельности протопласта в виде солей *оксалата* или *карбоната* кальция. Кристаллические включения такого типа в значительных количествах накапливаются в тканях и органах, которые растения периодически сбрасывают (листья, кора). Они откладываются исключительно в вакуолях. Форма этих включений достаточно разнообразна: одиночные многогранники, палочковидные кристаллы, пучки игольчатых кристаллов — *рафиды*, скопления множества мелких кристаллов — «кристаллический песок», сростки кристаллов — *друзы*. Форма кристаллов нередко специфична для определенных таксонов и иногда используется для их микродиагностики. К кристаллическим включениям близки *цистолиты*. Они чаще всего состоят из карбоната кальция или *кремнезема* и представляют собой гроздевидные образования, возникающие на выступах клеточной стенки, вдающейся внутрь клетки. Цистолиты характерны для растений семейств крапивных, тутовых и др. возможно, кристаллы и цистолиты выполняют также и защитную функцию.

Доцент

Землянская И.В.