

Лекция 1. РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА

Вопросы:

- 1. Строение растительных клеток (общая характеристика).*
- 2. Протопласт и его производные. Органеллы растительной клетки.*
- 3. Клеточная стенка как производное протопласта. Строение и химический состав.*
- 4. Видоизменения клеточной стенки.*
- 5. Включения.*

1. Строение растительных клеток (общая характеристика).

Клетка – основная структурная единица одноклеточных, колониальных и многоклеточных растений. Единственная клетка одноклеточного организма универсальна, она выполняет все функции, необходимые для обеспечения жизни и размножения. Форма ее обычно близка к шаровидной или яйцевидной. У многоклеточных организмов клетки чрезвычайно разнообразны по размеру, форме и внутреннему строению. Это разнообразие связано с разделением функций, выполняемых клетками в организме.

Клетки зародыша однородны, они имеют призматическую форму, создающуюся в процессе взаимного давления. По мере дифференциации клеток во взрослом растении их формы становятся многообразнее: кубическая, звездчатая и т. д. Часто форма клеток столь сложна, что не поддается геометрическому определению. Многообразие форм сводят к двум основным типам клеток: паренхимным и прозенхимным.

Паренхимные клетки – изодиаметрические многогранники, обычно четырнадцатигранники, у которых восемь граней – шестиугольники, а шесть – четырехугольники; диаметр их примерно одинаков во всех направлениях, длина не более чем в два-три раза превышает ширину.

Средняя величина клеток растений 10–1000 мкм. Наиболее крупные паренхимные клетки те, в которых откладываются запасы питательных веществ. Клетки плодов арбуза, лимона, томатов видны невооруженным глазом. Их величина достигает нескольких миллиметров.

Прозенхимные клетки – вытянутые, длина их превышает ширину и толщину в 5, 6, 10, 100 раз и более. Они значительно

крупнее клеток паренхимы; например, волосок хлопчатника достигает длины 1–6 см, волоконце льна – 0,2–4,0 см, однако поперечник этих клеток микроскопически мал, большей частью 50–100 мкм.

Несмотря на огромное разнообразие, клетки растений характеризуются общностью строения – это клетки эукариотические, имеющие оформленное ядро. От клеток других эукариот – животных и грибов их отличают следующие особенности: наличие пластид; целлюлозопектиновая жесткая клеточная стенка снаружи от цитоплазматической мембраны, окружающей любую клетку; хорошо развитая система вакуолей; отсутствие центриолей при делении.

У молодых, вновь образовавшихся клеток, полость заполнена густой цитоплазмой. Многочисленные очень мелкие вакуоли слабо заметны, стенка клетки тонкая. Постепенно накапливается клеточный сок, число вакуолей уменьшается, а их объем увеличивается. Ядро окружено цитоплазматическим мешком, который тяжами соединен с постенным слоем цитоплазмы. В полностью сформированных старых клетках ядро оттеснено в постенный слой цитоплазмы, почти вся полость клеток занята крупной центральной вакуолью. Площадь клеточной стенки и ее толщина увеличились. Такой рост клеток и изменения в них показывают, что цитоплазма и ядро составляют ее живое содержимое – протопласт, а клеточная стенка и клеточный сок являются производными протопласта, продуктами его жизнедеятельности. От клеточного сока протопласт отделен мембраной, которая называется *тонопластом*, от клеточной стенки – другой мембраной – *плазмалеммой*. Протопласт состоит из двух структурных систем – цитоплазмы и ядра. В протопласте осуществляются все основные процессы обмена веществ.

2. Протопласт и его производные. Органеллы растительной клетки.

Химический состав протопласта очень сложен и постоянно изменяется. Каждая клетка характеризуется своим химическим составом в зависимости от физиологических функций, поэтому обычно устанавливают суммарный состав протопласта. В состав протопласта входят элементы, из которых построены и вещества неживой природы. Элементарный состав его характеризуется высоким содержанием углерода, водорода, кислорода и азота.

Для протопласта характерно большое содержание воды, которая составляет 60–90 % его массы. В воде растворено большинство веществ. Водная среда необходима для прохождения многих реакций. Вода находится в связанном состоянии с другими веществами, прежде всего с белками. Благодаря высокой теплоемкости она предохраняет протопласт от резких колебаний температуры. Основными соединениями, образующими протопласт, кроме воды являются белки, нуклеиновые кислоты, липиды и углеводы.

Белки – биополимеры, состоящие из мономеров – аминокислот. На долю белков приходится около 40–50 % сухой массы протопласта. Основная масса органических веществ клетки – это молекулы белков, самые крупные, сложные и разнообразные в протопласте.

Белки, состоящие только из аминокислот, называются простыми. Простые белки – протеины – обычно откладываются в клетке в качестве запасных.

Сложные белки – протеиды – образуются в результате соединения простых белков с углеводами (гликопротеиды), жирными кислотами (липопротеиды), нуклеиновыми кислотами (нуклеопротеиды). Протеиды входят в состав цитоплазмы и ядра и, следовательно, являются конституционными белками. Белковую природу имеет большинство ферментов, определяющих и регулирующих все жизненные процессы в клетке.

Нуклеиновые кислоты – вторая важнейшая группа биополимеров протопласта. Хотя содержание их не превышает 1–2 % массы протопласта, но роль огромна. Нуклеиновые кислоты – вещества, обеспечивающие хранение и передачу наследственной информации. Молекулы нуклеиновых кислот – это очень длинные линейные цепи, состоящие из мономеров, называемых нуклеотидами.

Липиды – жироподобные вещества, разнообразные по строению и функциям. Простые липиды – жиры, воски – состоят из остатков жирных кислот и спиртов. Сложные липиды – комплексы липидов с белками. Обычно они содержатся в количестве 2–3 %. Играют важную роль как структурные компоненты мембран, влияющие на их проницаемость, и как вещества энергетического резерва, используемые для образования АТФ. Липиды плохо растворяются в воде и в масле.

Углеводы входят в состав протопласта в виде моносахаридов

(глюкоза и фруктоза), дисахаридов (сахароза, мальтоза), полисахаридов (крахмал, гликоген). Моносахариды – первичные продукты фотосинтеза, используются далее для биосинтеза полисахаридов, аминокислот. Полисахариды запасаются как энергетический резерв, участвуют в процессах брожения и дыхания.

Белки, нуклеиновые кислоты, липиды и углеводы синтезируются самим протопластом.

Цитоплазма – обязательная часть живой клетки, где происходят все процессы клеточного обмена, кроме синтеза нуклеиновых кислот, совершающегося в ядре. Основу цитоплазмы составляет ее матрикс, или гиалоплазма.

Гиалоплазма. Бесцветная коллоидная система, которая обладает ферментативной активностью, – среда, обеспечивающая взаимодействие всех структур цитоплазмы. Гиалоплазма пронизана микротрубочками и микрофиламентами, полимеризация и распад которых обеспечивают обратимые переходы ее участков из золя в гель. *Микротрубочки* – надмолекулярные агрегаты со строго упорядоченным расположением молекул. Участвуют в формировании жгутиков, ресничек, ахроматинового веретена, во внутриклеточном транспорте. Микрофиламенты – нити белка актина, способные сокращаться. Они образуют сплошное сплетение под плазмалеммой и пучки из параллельно ориентированных нитей в гиалоплазме. Совокупность микрофиламентов и микротрубочек составляет цитоскелет, который влияет на изменения формы клетки и перемещение внутриклеточных структур.

С гиалоплазмой связано неотъемлемое свойство цитоплазмы – движение, которое регулирует обмен веществ. Оно становится более энергичным при усиленной ее деятельности. Различают два типа движения цитоплазмы: струйчатое и вращательное. Струйчатое движение наблюдается в более молодых клетках, где цитоплазма образует постенный слой и тяжи, пересекающие полость клетки и соединенные с цитоплазмой, окружающей ядро. Оно хорошо заметно в волосках тычиночных нитей традесканции, в волосках тыквы, крапивы.

Вращательное, или круговое, движение характерно для более старых клеток с центральной вакуолью, где цитоплазма образует лишь постенный слой. Цитоплазма движется по кругу вдоль стенки в одном направлении, увлекая ядро и хлоропласта, что делает движение более заметным. Оно осуществляется за счет

микрофиламентов. Вращательное движение хорошо видно в листьях водных растений – элодеи, валлиснерии.

Скорость движения цитоплазмы незначительна – 1–2 мм/с, но под микроскопом кажется довольно большой. Она зависит от внешних условий и состояния самой клетки. Движение стимулируется повышением температуры (оптимальная температура около 40 °С), освещением, наличием кислорода, спирта или эфира. Ядовитые вещества останавливают движение цитоплазмы.

Многообразные функции цитоплазмы выполняют специализированные обособленные органеллы. Их возможное число в одной клетке: 20 пластид, 700 митохондрий, 400 диктиосом, 500 тыс. рибосом.

Рибосомы. Относятся к числу универсальных органелл, содержатся во всех клетках. В них происходит биосинтез белка. Каждая рибосома состоит из двух субъединиц (большой и малой), на которые может диссоциировать. В состав рибосом эукариот входят четыре молекулы рибосомальной РНК (рРНК) и белки. Молекулы рРНК образуют структурный каркас, с определенными участками которого связаны соответствующие белки. В составе рибосом эукариот около 100 видов белков. Каждый из белков рибосомы представлен в ней одной молекулой, осуществляющей свою функцию. Формирование субъединиц рибосом происходит в ядре, сборка – в цитоплазме на молекуле и РНК. Часть рибосом связана специфическими белками большой субъединицы с эндоплазматической сетью. Эти рибосомы синтезируют белки, которые через эндоплазматическую сеть поступают в аппарат Гольджи и секретируются клеткой. Рибосомы, расположенные в гиалоплазме, синтезируют белки для собственных нужд клетки. На одной молекуле и РНК могут объединяться 4–40 рибосом, образуя полирибосому (полисому). Число полирибосом в клетке указывает на интенсивность биосинтеза белка.

Остальные органеллы цитоплазмы имеют мембранное строение.

Плазмалемма – наружная цитоплазматическая мембрана, отделяет цитоплазму от клеточной стенки. Играет важную роль в обмене веществ между цитоплазмой и внешней средой, в построении клеточной стенки. Изнутри связана с сократимыми микрофиламентами подстилающего слоя гиалоплазмы, которые обеспечивают изменение ее формы. Участвует в межклеточных

контактах, образует выросты и впячивания в активных клетках.

Тонопласт – внутренняя вакуолярная мембрана, играет барьерную роль, определяя во многом физиологические свойства клетки.

Эндоплазматическая сеть (эндоплазматический ретикулум) – ЭР. Непрерывно изменяющаяся разветвленная система ультрамикроскопических каналов, пузырьков и цистерн, ограниченных элементарной мембраной и заполненных бесструктурным матриксом (энхилемой), отличным от гиалоплазмы. Канальцы эндоплазматической сети непосредственно переходят в наружную ядерную мембрану, через них осуществляется связь ядра с цитоплазмой. Часть канальцев проходит из одной клетки в другие (плазмодесмы), обеспечивая связь между ними.

Эндоплазматическая сеть поддерживает структуру цитоплазмы и служит основным внутриклеточным транспортным путем, по которому передвигаются вещества. Длинные канальцы с гладкой поверхностью (агранулярный ЭР) принимают участие в синтезе жиров, углеводов, стероидных гормонов, накоплении и выведении ядовитых веществ. Пузырьки, цистерны и короткие канальцы несут прикрепленные рибосомы – гранулярный ЭР. Синтезированные в рибосомах белки транспортируются по ЭР, здесь могут происходить их видоизменение и концентрация.

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. По краям цистерны переходят в состоящую из трубочек сеть. От этой сети или от края цистерн отчленяются пузырьки Гольджи. Диктиосомы полярны: на одной стороне стопки (образующей) происходит добавление новых цистерн, возникающих, по-видимому, из ЭР, на другой (секретирующей) – образование пузырьков, приводящее к разрушению цистерн.

Цистерны аппарата Гольджи – последний участок многих обменных реакций. Здесь накапливаются, конденсируются и упаковываются вещества, подлежащие изоляции или удалению из цитоплазмы, – чужеродные, ядовитые и т. д. Упакованные в пузырьки, они поступают в вакуоли. Аппарат Гольджи – место синтеза полисахаридов (пектинов, гемицеллюлоз, слизи), идущих на построение клеточной стенки. Они также упаковываются в пузырьки,

которые направляются к плазмалемме, прорывают ее и освобождают свое содержимое в просвет между плазмалеммой и клеточной стенкой, для построения которой эти вещества используются. Мембрана пузырька идет на пополнение плазмалеммы. Пузырьки Гольджи участвуют также в формировании новых клеточных стенок и плазмалеммы, происходящем после митоза.

Лизосомы – округлые одномембранные органеллы, в матрике которых содержится большое число гидролитических ферментов. Обнаружены у большинства эукариотических клеток, но особенно часто в клетках животных и грибов. Формируются в аппарате Гольджи. Лизосомы осуществляют внутриклеточное переваривание, автолиз. Гидролитические ферменты лизосом очищают всю полость клетки после отмирания ее протопласта (например, при образовании сосудов).

Пероксисомы (микротельца). Обнаружены в большинстве типов клеток растений и грибов. Сферические или палочковидные мелкие (0,2–1,5 мкм) одномембранные органеллы с плотным матриком, состоящим в основном из окислительно-восстановительных ферментов. Функции зависят от типа клеток. При прорастании семян участвуют в превращении жирных масел в сахара; в фотосинтезирующих клетках в них происходят реакции светового дыхания – поглощение O_2 и выделение CO_2 на свету с образованием аминокислот.

Митохондрии. Округлые или цилиндрические, реже нитевидные органеллы, видимые в световой микроскоп. Длина их достигает 10 мкм. Митохондрии имеют двумембранное строение, внутри – бесструктурный матрикс. Внутренняя мембрана образует выросты – кристы, которые в растительных клетках обычно имеют вид трубочек. Образование крист увеличивает внутреннюю активную поверхность. В матрике содержатся кольцевые молекулы ДНК, РНК и рибосомы, отличные от цитоплазматических. Здесь происходит автономный синтез белков внутренних мембран митохондрий.

Основная функция митохондрий – образование энергии. На внутренних мембранах митохондрий в процессе внутриклеточного дыхания происходит аэробное окисление метаболитов (продуктов обмена веществ) с выделением энергии. В клетках митохондрии концентрируются около ядра, хлоропластов, жгутиков – там, где велик расход энергии.

Пластиды. Это органеллы, характерные исключительно для растительных клеток. В них происходит первичный и вторичный синтез углеводов. Форма, размеры, строение и функции пластид различны. По окраске (наличию или отсутствию пигментов) различают три типа пластид: зеленые хлоропласты, желто-оранжевые и красные хромопласты, бесцветные лейкопласты. Возможно взаимное превращение пластид. Обычно в клетке встречается только один тип пластид. Пластиды развиваются из пропластид – сферических недифференцированных телец, которые содержатся в растущих частях растений (в клетках зародыша, образовательной ткани). Они окружены двойной мембраной и заполнены матриксом. Пропластиды способны делиться. Из них на свету (в листьях, незрелых плодах, наружных частях стебля) формируются хлоропласты, в глубине стебля и в подземных органах – бесцветные лейкопласты. Из хлоропластов и иногда лейкопластов образуются хромопласты.

Хлоропласты – это органеллы фотосинтеза. Хлоропласты высших растений имеют примерно одинаковую форму двояковыпуклой линзы. В клетках высших растений хлоропласты расположены в постенном слое цитоплазмы таким образом, что одна из плоских сторон обращена к освещенной стенке клетки. Положение хлоропластов меняется в зависимости от освещенности: при прямом солнечном свете они отходят к боковым стенкам.

Хлоропласт содержит воды до 75 %, белки, липиды, нуклеиновые кислоты, ферменты и пигменты: хлорофиллы (5–10 % сухой массы) и каротиноиды (1–2 %). Существует несколько видов хлорофилла. Наиболее распространены хлорофилл *a* (найден у всех зеленых растений и цианобактерий) и хлорофилл *b*, молекула которого содержит на один атом кислорода больше и на два атома водорода меньше. В процессе фотосинтеза хлорофиллу принадлежит ведущая роль. Он может поглощать солнечную энергию, запасать ее или передавать другим молекулам.

Каротиноиды представляют собой высокомолекулярные углеводороды: оранжевый каротин $C_{40}H_{56}$ и желтый ксантофилл $C_{40}H_{56}O_2$. Каротиноиды хлоропластов, а также синие, красные, бурые пигменты хроматофоров водорослей называют дополнительными, вспомогательными пигментами,

В онтогенезе хлоропласты формируются из пропластид путем образования из впячиваний внутренней мембраны уплощенных

мешков – тилакоидов. Тилакоидная система состоит из гран – пачек дисковидных тилакоидов (наподобие стопки монет) и тилакоидов стромы – уплощенных канальцев, которые объединяют грани между собой. В тилакоидах гран локализованы хлорофиллы и каротиноиды.

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 строму, образует немногочисленные тилакоиды. В лейкопластах имеются ДНК, рибосомы, а также ферменты, осуществляющие синтез и гидролиз запасных веществ, в первую очередь крахмала. Лейкопласты, в которых синтезируется и накапливается запасной крахмал, называются *амилопластами*, белки – *протеинопластами*, масла – *элайопластами*. Много амилопластов в клетках клубней картофеля, зерновок ржи, пшеницы и других органах растений, где откладываются запасные вещества. Лейкопласты могут и не накапливать запасные вещества.

Хромoplastы – пластиды оранжево-красного и желтого цвета, образующиеся из лейкопластов и хлоропластов в результате накопления в их строме 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.

Ядро – важнейшая клеточная структура, регулирующая всю жизнедеятельность клетки. Оно имеется во всех растительных клетках, за исключением зрелых члеников ситовидных трубок флоэмы. Как правило, в каждой клетке есть лишь одно ядро. Ядро всегда окружено цитоплазмой. Обычно оно имеет шаровидную форму, но может стать вытянутым или лопастным. Величина ядра различна. Его диаметр в среднем составляет 10–20 мкм (может быть 1–660 мкм).

Ядро, как и цитоплазма, представляет собой коллоидную систему, но более вязкой консистенции. По химическому составу ядро резко отличается от остальных органелл высоким (15–30 %) содержанием ДНК. В ядре сосредоточено 99 % ДНК клетки.

Структура ядра одинакова у всех эукариотических клеток: ядерная оболочка, ядерный сок (нуклеоплазма), хромосомно-

ядрышковый комплекс.

Ядерная оболочка. Состоит из двух мембран, разделенных пери-нуклеарным пространством, которое заполнено бесструктурным матриксом. Наружная ядерная мембрана, на которой часто располагаются рибосомы, непосредственно соединена с канальцами эндоплазматической сети. Характерная особенность ядерной оболочки – наличие пор. Поры могут открываться и закрываться, регулируя, таким образом, ядерно-плазменный обмен.

Ядерный сок. Это бесструктурный матрикс, где протекает деятельность остальных органелл ядра. В состав ядерного сока входят многие ферменты, он является активным компонентом ядра.

Хромосомно-ядрышковый комплекс. Хромосомы – важнейшая часть ядра. Хромосомы состоят из ДНК и основных белков – гистонов. Во время деления хромосомы спирализуются, в результате чего утолщаются, укорачиваются и становятся хорошо заметными.

Число хромосом в ядре, так же как их размер и форма (хромосомный набор), постоянно для каждого вида организмов. В ядрах соматических (неполовых) клеток содержится диплоидный (двойной) набор хромосом – $2n$. Он образуется в результате слияния двух половых клеток с гаплоидным (одиночным) набором хромосом – n .

Ядрышко – плотное шаровидное тельце внутри интерфазного ядра. Его диаметр 1–3 мкм. Ядрышек может быть несколько.

Основная функция ядрышка – синтез рРНК и сборка субъединиц рибосом. Поэтому ядрышки играют важную роль в биосинтезе белков клетки.

Ядро – центральная органелла клетки, носитель основных наследственных свойств, закодированных в хромосомах. Оно управляет жизнью клетки, определяя и регулируя синтез белков.

Деление ядра и клетки

Размножение клеток происходит путем их деления. При делении клеток наблюдаются рост растения и увеличение его общей массы. Существует три способа деления клеток: митоз, или кариокинез (непрямое деление), мейоз (редукционное деление) и амитоз (прямое деление).

Митоз. Этот способ деления клеток наиболее распространен. Он связан с процессами роста растений. Деление ядер путем митоза

можно наблюдать в конусах нарастания стеблей и на кончиках корней. В этих местах происходит непрерывное деление клеток и образование новых клеток. При делении ядра путем митоза из одной материнской клетки образуются две дочерние, которые приобретают такой же набор хромосом, какой был в материнской клетке до деления. Митотическое деление имеет важный биологический смысл. При митозе происходит точное распределение материальных носителей наследственности – молекул ДНК – между образовавшимися клетками. В дочерних клетках обеспечивается наследственное сходство с исходной материнской клеткой. Деление путем митоза является непрерывным процессом, который условно делят на четыре фазы – профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

Профаза. Это самая длительная фаза митоза, и которой происходят различные преобразования в ядре. Ядро увеличивается в объеме, в нем постепенно начинают выявляться хромосомы. Вначале они становятся заметными в виде тонких длинных, скрученных в клубок нитей. Затем хромосомы укорачиваются и утолщаются, происходит процесс их обособления и более упорядоченного расположения. Каждая хромосома состоит из двух половинок – хроматид, которые расположены параллельно друг другу. К концу профазы исчезает ядрышко. Ядерная оболочка растворяется. На противоположных полюсах клетки происходит формирование ахроматинового веретена – веретена деления. Оно представляет собой систему ахроматиновых (неокрашивающихся) нитей, которые тянутся от полюсов клетки.

Метафаза. Формирование веретена деления заканчивается. Оно имеет форму удлинённого бочонка, направленного по длинной оси клетки. Хромосомы приобретают определенную форму, характерную для того или иного вида растения. Хромосомы обычно бывают двулучными. В месте Перегиба, которое называется центромерой, они соединяются с ахроматиновой нитью веретена. Хромосомы располагаются в экваториальной плоскости клетки. Хорошо заметно, что каждая хромосома состоит из двух дочерних хроматид, которые постепенно отталкиваются, разъединяются и остаются соединенными лишь в центромерном участке.

Анафаза. Эта фаза начинается с деления центромеры – образуются две сестринские центромеры. Хроматиды и сестринские центромеры направлены к противоположным полюсам клетки. Хроматиды приобретают самостоятельность. В результате сокращения тя-

нущих нитей ахроматинового веретена они увлекаются к противоположным полюсам клетки. Каждая хроматида впоследствии становится самостоятельной хромосомой. У каждого полюса клетки окажется столько же хромосом, сколько их было в материнской клетке.

Телофаза. Это последняя фаза деления ядра, представляющая собой фазу, обратную профазе. Хромосомы становятся плохо заметными. Восстанавливаются оболочка ядра и ядрышко. Ахроматиновое веретено исчезает. В экваториальной плоскости формируется срединная пластинка. Происходит формирование клеточных стенок. Таким образом осуществляется деление клетки – цитокинез. В состоянии неделящегося ядра, которое называется интеркинезом, происходят синтез ДНК и достройка второй хроматиды. Митоз впервые был описан русским ботаником И. Д. Чистяковым (1874) при изучении развития спор у плауна и хвоща.

Мейоз. Этот тип деления клеток был открыт русским ботаником В.И. Беляевым (1885). У большинства видов растений по типу мейоза наблюдается деление только в небольших группах клеток, в которых происходит образование спор, а также гамет, принимающих участие в половом размножении. Сущность мейоза заключается в уменьшении (редукции) числа хромосом в 2 раза в каждой образовавшейся после деления клетке. Благодаря мейозу регулируется постоянство числа хромосом. Половые клетки (гаметы), образовавшиеся в результате мейоза (редукционного деления), имеют гаплоидное (единичное) число (n) хромосом, т.е. вдвое меньшее по сравнению с остальными клетками тела растения.

В процессе оплодотворения при слиянии двух половых клеток (женской и мужской) число хромосом удваивается. Оно становится обычным, характерным для данного вида растения и называется диплоидным ($2n$). В результате мейоза из одной клетки с диплоидным ($2n$) набором хромосом образуется четверка (тетрада) дочерних клеток с гаплоидным (n) набором хромосом. Мейоз является целостным, непрерывным процессом и состоит из двух следующих друг за другом делений. Их называют первым и вторым делением, или делением I и II. Первое деление сложное. Оно связано с сокращением (редукцией) числа хромосом; его называют первым мейотическим (редукционным) делением и для удобства изучения условно делят на несколько фаз: профазу I, метафазу I, анафазу I и телофазу I.

Профаза I. Сложная и очень продолжительная фаза, состоящая из нескольких стадий: лептонемы, зигонемы, пахинемы, дип-

лонемы и диакинеза.

Лептонема – самая ранняя стадия профазы I. В ней хромосомы заметны в виде одиночных тонких длинных нитей, скрученных в клубок. На нитях заметны отдельные утолщения – хромомеры.

Зигонема характеризуется взаимным притяжением гомологичных хромосом и их соединением (конъюгацией).

В *пахинеме* завершается конъюгация гомологичных хромосом. Хорошо заметны пары хромосом (биваленты); число бивалентов гаплоидное. В каждом биваленте можно заметить по две пары хроматид, составляющих тетраду, так как каждая из хромосом удваивается.

В *диплонеме* происходит отталкивание пар хроматид гомологичных хромосом бивалента. Можно заметить места, где пары хроматид от разных хромосом спаяны друг с другом. В этой стадии может происходить обмен участками между гомологичными хроматидами. Этот процесс называют кроссинговером, или перекрестом хроматид.

В *диакинезе* происходит укорачивание длины бивалентов ввиду активной спирализации хроматид. При переходе к метафазе первого деления мейоза исчезает ядерная оболочка, ядрышко. Биваленты начинают перемещаться в экваториальную плоскость.

Метафаза I. Биваленты располагаются в экваториальной плоскости, возникает ахроматиновое веретено.

Анафаза I. К противоположным полюсам клетки от каждого бивалента отходит по одной гомологичной хромосоме, при этом продольного разъединения их на хроматиды не происходит. Таким образом, у каждого из полюсов оказывается вдвое уменьшенное (гаплоидное) число хромосом. При этом каждая хромосома состоит из двух хроматид.

Телофаза I Слабо выражена и сходна с телофазой митоза. На этой фазе формируется ядерная оболочка. В образовавшихся двух клетках ядра имеют вдвое меньшее число хромосом по сравнению с ядром исходной клетки.

Затем в обеих клетках после непродолжительной подготовки начинается второе деление мейоза. Оно происходит по типу митоза и начинается с метафазы II.

Метафаза II. Хромосомы (из двух хроматид) располагаются в экваториальной плоскости веретена.

Анафаза II. Хроматиды расходятся к полюсам. Число хро-

мосом остается прежним.

Телофаза II. Образуются гаплоидные ядра. В результате двух делений из одной клетки с диплоидным набором хромосом образуется 4 клетки (тетрада), которые имеют гаплоидный (n) набор хромосом.

Амитоз. Это деление ядра называют прямым. Оно наблюдается довольно редко и встречается у некоторых видов бактерий и грибов. У высших растений лишь в старых и больных клетках можно наблюдать прямое деление. Амитоз совершается путем простой перетяжки ядра на две части с произвольным количеством ядерного вещества. Амитоз впервые был описан Н. Железновым (1840).

3. Клеточная стенка как производное протопласта. Строение и химический состав.

Клетки растений в отличие от клеток животных имеют твердые клеточные стенки, которые придают клетке определенную форму, защищают протопласт, препятствуют разрыву клетки. Они, являясь внутренним скелетом растения, обеспечивают его механическую прочность. Клеточные стенки, как правило, бесцветны и легко пропускают солнечный свет. По ним могут передвигаться вода и растворенные в ней низкомолекулярные вещества. Стенки соседних клеток скреплены межклеточным веществом – срединной пластинкой. Срединная пластинка – единый слой, общий для двух соседних клеток. Срединная пластинка менее обводнена, в ней могут присутствовать молекулы лигнина. Углы клеточных стенок в результате тургорного давления округляются, и между соседними клетками образуются межклетники.

Строение и химический состав. Первоначально снаружи от плазмалеммы возникает первичная клеточная стенка. Она состоит из полисахаридов – пектина и целлюлозы. Первичные клеточные стенки соседних клеток соединены протопектиновой срединной пластинкой. В клеточной стенке молекулы целлюлозы, состоящие из глюкозы, собраны в пучки – мицеллы, которые, в свою очередь, объединяются в фибриллы – тончайшие (1,5–4,0 нм) волокна неопределенной длины. Целлюлоза образует многомерный каркас, который погружен в аморфный, сильно обводненный матрикс из нецеллюлозных углеводов: пектинов, гемицеллюлоз и др. Именно целлюлоза обуславливает прочность клеточной стенки.

При образовании первичной клеточной стенки в ней выделяют-

ся более тонкие участки, где фибриллы целлюлозы лежат более рыхло. Канальцы эндоплазматической сети проходят здесь через клеточные стенки, соединяя соседние клетки. Эти участки называются первичными поровыми полями, а канальцы эндоплазматической сети, проходящие в них, – плазмодесмами.

Поры. Утолщается клеточная стенка неравномерно. Обычно неутолщенными остаются лишь небольшие участки первичной клеточной стенки в местах расположения первичных поровых полей – *поровые каналы*. Поровые каналы двух соседних клеток располагаются обычно друг против друга и разделяются замыкающей пленкой поры – двумя первичными клеточными стенками с межклеточным веществом между ними. В пленке сохраняются субмикроскопические отверстия, через которые проходят плазмодесмы. Таким образом, пора – это два поровых канала и замыкающая пленка между ними.

Поры бывают простые и окаймленные. В простых порах диаметр порового канала по всей длине одинаковый, поэтому полость канала цилиндрическая и поры округлые. Они характерны для паренхимных клеток. В прозенхимных клетках простые поры имеют щелевидные полости.

Окаймленные поры встречаются в стенках клеток, проводящих воду и минеральные вещества, – трахеидах и сосудах. Их поровый канал имеет форму воронки, которая своей широкой стороной прилегает к замыкающей пленке. Плазмодесмы пронизывают замыкающие пленки пор. В каждой клетке имеется от нескольких сотен до десятков тысяч плазмодесм. Плазмодесмы встречаются только в растительных клетках, там, где имеются твердые клеточные стенки. Плазмодесмы образуются из канальцев ЭР. По ним происходит межклеточный транспорт ионов и молекул, а также гормонов. Объединенные плазмодесмами протопласты клеток в растении образуют единое целое – симпласт.

4. Видоизменения клеточной стенки.

В процессе жизнедеятельности клетки целлюлозная клеточная стенка может претерпевать изменения.

Одревеснение клеточной стенки, или лигнификация, – отложение в межмицеллярные промежутки лигнина ($C_{57}H_{60}O_{10}$). При этом возрастают твердость и прочность стенки, но уменьшается ее пластичность. Одревесневшие клеточные стенки не теряют способ-

ности пропускать воду и воздух. Протопласт их может оставаться живым, хотя обычно отмирает. Одревеснение очень широко распространено в природе. Оно обеспечивает крепость стволов и ветвей деревьев.

Опробковение, или суберинизация, – отложение в клеточную стенку очень стойкого жироподобного аморфного вещества – суберина. Опробковевшие клеточные стенки становятся непроницаемыми для воды и газов. К моменту завершения опробковения протопласт отмирает. Клетки с опробковевшими клеточными стенками защищают растение от испарения.

Кутинизация – отложение кутина – вещества, близкого к суберину; в поверхностных слоях наружных клеточных стенок и на их поверхности; образующаяся при этом пленка (кутикула) препятствует испарению.

Минерализация – отложение в клеточных стенках солей кальция и кремнезема. Эти вещества заполняют микрокапилляры стенки и придают ей твердость и хрупкость. Отложение кремнезема наиболее характерно для клеток эпидермы хвощей, осок и злаков. Окремнение защищает растение от улиток и слизней. Осоки и злаки рекомендуются скашивать до цветения, после которого начинается усиленная минерализация, сено грубеет, его кормовая ценность снижается.

Ослизнение – превращение целлюлозы и пектина в слизи и близкие к ним камеди, представляющие собой полимерные углеводы, которые отличаются способностью к сильному набуханию при соприкосновении с водой. Ослизнение наблюдается в клеточных стенках кожуры семян, например у льна. Образование слизей имеет большое приспособительное значение. При прорастании семян слизь закрепляет их на определенном месте, легко поглощает и удерживает влагу, защищая семена от высыхания, улучшает водный режим всходов. Ослизнение клеточных стенок корневых волосков обеспечивает прочное склеивание их с частицами почвы.

Иногда слизи и камеди образуются в значительных количествах при растворении клеточных стенок вследствие болезненного их состояния. У вишни, например, часто наблюдается выделение камеди из пораненных ветвей и стволов. Камедь выделяется в виде застывающих наплывов – вишневого клея. Ослизнение такого рода называется **гуммозом**. Это патологическое

явление.

Мацерация – растворение межклеточного вещества, приводящее к разъединению клеток. Естественная мацерация происходит в зрелых плодах. Искусственно ее проводят, например, при мочке льна для освобождения прядильного сырья – групп клеток лубяных волокон.

Клеточные стенки выполняют в растении роль скелета, создают его механическую прочность. Они обеспечивают выполнение клеткой ее функций и после отмирания протопласта. Древесина состоит в основном из клеточных стенок.

Вещества, входящие в состав клеточных стенок, широко используются человеком. Из целлюлозы получают ацетатный шелк и вискозу, целлофан и, главное, бумагу.

Вакуоли и клеточный сок

Клеточный сок образуется в процессе жизнедеятельности протопласта. Полости, заполненные клеточным соком и ограниченные тонопластом, называются вакуолями. Для большинства зрелых клеток характерна крупная центральная вакуоль, которая занимает 70–90 % объема клетки. Она возникла при слиянии мелких цитоплазматических вакуолей, которые образуются цистернами эндоплазматической сети. В образовании вакуолей участвует и аппарат Гольджи, где изолируются продукты вторичного обмена, транспортируемые затем пузырьками Гольджи в вакуоль. Мембрана пузырька идет на пополнение тонопласта, а содержимое включается в состав клеточного сока.

Клеточный сок – слабokonцентрированный водный раствор минеральных и органических соединений, образующих истинные и коллоидные растворы. При обезвоживании вакуолей они переходят в форму кристаллов или кристаллоидов. Клеточный сок имеет в основном кислую реакцию. Химический состав его зависит от вида растения, его возраста и состояния.

Физиологическая роль веществ клеточного сока различна. В нем накапливаются и запасные питательные вещества (простые белки, углеводы), и вещества, регулирующие взаимовлияние растений, животных и животных (гликозиды, пигменты, алкалоиды), и осмотически деятельные соединения (соли органических и неорганических кислот).

Гликозиды – эфироподобные соединения моносахаридов со спиртами, альдегидами и другими веществами. Роль их в растениях

неясна. Возможно, горький вкус (синигрин, амигдалин), резкий запах (кумарин) и ядовитость в больших дозах для животных предохраняют растения от поедания. Ряд гликозидов используют в медицине: сердечные гликозиды наперстянки, ландыша, адониса, строфанта и др.; гликозиды корней ревеня, листьев сенны, коры крушины, оказывающие слабительное действие; гликозиды листьев толочнянки, брусники при лечении воспалений почек и мочеполовых органов.

К гликозидам принадлежат **пигменты клеточного сока** – флавоноиды. Флавоноиды окрашивают клеточный сок в лепестках цветков и плодов и тем самым способствуют привлечению насекомых-опылителей и распространению плодов.

Флавоны – желтые пигменты.

Антоцианы – пигменты, меняющие свою окраску в зависимости от реакции клеточного сока. В нейтральной среде антоцианы имеют лиловатую окраску, в щелочной – синюю, в кислой – красную. Красный цвет у антоцианов в цветках пионов, гераней, маков, роз; синий – в цветках дельфиниумов, васильков; малиново-лиловый – в корнеплодах свеклы, плодах слив, винограда.

Дубильные вещества – эфиры фруктозы и ароматических кислот, предохраняющие растения от загнивания. Соединяясь с белками, они дают нерастворимые соединения, поэтому широко применяются для дубления кож. После дубления кожа делается мягкой, прочной и не пропускает воду. Больше всего дубильных веществ содержит дуб (в его коре 10–20 %), чай (в листьях 15–20 %), лиственница, бадан. Благодаря вяжущему и противовоспалительному действию дубильные вещества используют при лечении желудочно-кишечных расстройств, ожогов, кожных и других болезней человека.

Алкалоиды – органические основания, содержащие азот. В растениях находятся в виде солей органических кислот, они жгучие и ядовитые, что делает их косвенно полезными для растений. Как правило, проявляют большую физиологическую активность и оказывают сильное влияние на организм человека и животных. Широко используют в качестве лекарств разнообразного действия: наркотики, транквилизаторы, болеутоляющие средства и др. (хинин, атропин, кофеин, эфедрин, пилокарпин, стрихнин, морфин) и инсектицидных (против насекомых) средств (никотин, анабазин).

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. Между клеточным соком, протопластом и клеточными стенками постоянно происходит движение веществ и воды. Тонoplast легкопроницаем для воды и, обладая избирательной проницаемостью, замедляет выход из вакуоли ионов и сахаров. Поэтому при достаточном обводнении клеточных стенок вода будет поступать в вакуоль за счет диффузии. Однонаправленный процесс диффузии воды через полупроницаемую мембрану называется *осмосом*. Если клеточный сок имеет более высокую концентрацию, то вода будет проникать в вакуоль. Увеличиваясь при этом в объеме, вакуоль будет давить на цитоплазму, прижимая ее к клеточной стенке и создавая тургорное давление. Клеточная стенка в силу своей упругости будет оказывать обратное давление на протопласт. Это противодействие клеточных стенок называется тургорным натяжением. По мере поступления воды в клетку оно возрастает.

Поступление воды в клетку хотя и происходит на основе осмоса, лимитировано присутствием ограниченно растяжимой клеточной стенки. Когда будет достигнут предел растяжимости клеточной стенки, всасывание воды прекратится. Концентрация клеточного сока будет наименьшей, тургорное натяжение – максимальным, клетка имеет наибольший возможный объем. Напряженное состояние клеточной стенки, создаваемое гидростатическим давлением внутриклеточной жидкости, называется тургором.

Тургор – нормальное физиологическое состояние растительной клетки. Благодаря тургору растение сохраняет свою форму, занимает определенное положение в пространстве, противостоит механическим воздействиям. Если клетку в состоянии тургора поместить в раствор, осмотическое давление которого выше, чем клеточного сока, то вода устремится в сторону более концентрированного раствора и будет выходить из клетки. Сокращение объема вакуоли приведет к уменьшению давления ее на цитоплазму, а цитоплазмы — на клеточные стенки. Клеточные стенки в силу своей эластичности станут менее растянутыми, а объем клетки уменьшится. Если объем клетки достигнет минимума, а уменьшение объема цитоплазмы будет продолжаться, то, сжимаясь, она начнет отставать от стенок и постепенно соберется в центре клетки. Наступает *плазмолиз* – состояние, обратное тургору. Если плазмолизированную

клетку поместить в чистую воду, то тургор восстановится, произойдет *деплазмолиз*. Длительный и сильный плазмолиз может вызвать гибель клетки, при частичном плазмолизе растение увядает.

5. Включения.

Включения клетки представляют собой вещества, временно выведенные из обмена, или конечные его продукты. К включениям относят запасные питательные вещества, продукты вторичного обмена веществ, физиологически активные вещества. Большинство включений располагается в цитоплазме и вакуолях. Существуют жидкие и твердые включения. Запасные питательные вещества являются продуктами первичного обмена веществ, остальные группы – вторичного.

Запасные питательные вещества. Они накапливаются в клетках растений в течение вегетационного периода и используются частично зимой, а главное, весной, в период бурного роста и цветения. Запасные вещества могут откладываться в клетках растений, прежде всего в семенах, в очень больших количествах, поэтому семена некоторых растений являются основой питания человека и домашних животных. К запасным питательным веществам относят жиры, белки и углеводы.

Жиры откладываются в виде липидных капель в цитоплазме. Наиболее богаты ими семена и плоды. Во время прорастания семян они гидролизуются с образованием растворимых углеводов. В семенах подсолнечника их накапливается более 50 % сухой массы, в семенах клещевины – 60, в плодах маслины – 50 %. Жиры – наиболее калорийное запасное вещество. Основную массу растительных жиров добывают из семян. Многие из них используют в пищу: подсолнечное, льняное, конопляное, хлопковое, кукурузное, горчичное масло, масло грецкого ореха, лецины. Масло клещевины (касторовое) используют в медицине.

Запасные *белки* (протеины) наиболее часто встречаются в виде алейроновых зерен в клетках семян бобовых, гречишных, злаков и других растений. Алейроновые зерна образуются при созревании семян из высыхающих вакуолей. Они имеют различную форму. Алейроновое зерно окружено тонопластом и содержит белковый матрикс, в который погружены белковый кристалл и глобоид фитина. Это *сложное* алейроновое зерно (у льна, тыквы, подсолнечника и др.). Алейроновые зерна, содержащие только аморфный белок, называют *простыми* (у бобовых, риса, кукурузы,

гречихи).

Углеводы. Наиболее распространенное запасное вещество растений – полисахарид крахмал. Его молекула состоит из огромного числа молекул глюкозы. В клетках крахмал легко переходит в сахар и сахар в крахмал, что позволяет растению быстро накопить этот ценный полисахарид или использовать его для создания других органических веществ в процессах дыхания и роста клеток. Громадное значение имеет крахмал как источник пищи для людей: крахмал зерновок хлебных злаков (рис, пшеница, кукуруза, рожь), клубней картофеля, плодов банана. Пшеничная мука, например, почти на 3/4 состоит из зерен крахмала, в клубнях картофеля он составляет 20–30 %. Крахмал – самое важное соединение, используемое в пищу травоядными животными.

Следует различать крахмал ассимиляционный (или первичный), запасной (или вторичный) и транзиторный. Ассимиляционный крахмал возникает в процессе фотосинтеза в хлоропластах из глюкозы, если она не успевает оттекать из фотосинтезирующего органа. Запасной крахмал откладывается в лейкопластах (амилопластах) в виде крахмальных зерен. Крахмальные зерна бывают простые, сложные и полусложные. Простые зерна имеют один центр крахмалообразования, вокруг которого формируются слои крахмала. У сложных зерен в одном лейкопласте несколько центров, имеющих свои собственные слои. В полусложных зернах также несколько центров (два и больше), но кроме слоев крахмала, возникших возле каждого центра, по периферии зерна имеются общие слои.

Простые зерна имеют пшеница, рожь, кукуруза, сложные – рис, овес, гречиха. В клубнях картофеля встречаются все три типа крахмальных зерен. Форма, размер, строение крахмальных зерен обычно специфичны для вида растения и иногда даже для отдельных сортов одного вида. Анализ муки, основную массу которой составляет крахмал, позволяет установить, из какого растения она получена и нет ли в ней примесей.

Продукты вторичного обмена веществ. Среди них наиболее широко распространены эфирные масла, смолы, оксалат кальция и др. Роль их не вполне ясна. Некоторые представляют собой отбросы, возникающие как побочные продукты в обмене веществ. Однако многие из них в процессе приспособительной эволюции приобрели и другие функции. Некоторые смолы и эфирные масла делают

растения несъедобными для человека и отпугивают травоядных животных. Смолы препятствуют гниению и могут вовлекаться вновь в основной обмен. Изредка вторичные метаболиты оказываются в роли шлаков и удаляются либо путем спада тех частей растения, где они накапливаются, либо выделяются при разрушении структур, где они скопились. Наиболее распространенный шлак – оксалат кальция.

Эфирные масла представляют собой смесь органических безазотистых летучих соединений. Эфирные масла скапливаются в цветках, листьях, семенах и плодах растений и не принимают участия в обмене веществ. Содержание их зависит от высоты над уровнем моря и климата. Известно около 3000 видов растений, накапливающих эфирные масла. Эфирные масла используют в производстве мыла, в парфюмерной и косметической промышленности, а также в медицине. Их получают из цветков розы, лаванды, мяты, базилика, гвоздики и других растений.

Смолы представляют собой комплексные соединения, образующиеся в процессе нормальной жизнедеятельности или в результате разрушения тканей. Они могут находиться в виде капель в цитоплазме и клеточном соке или выделяются наружу. Смолы нерастворимы в воде и, находясь на поверхности органа, не пропускают влагу. Они непроницаемы для микроорганизмов и повышают сопротивляемость растений болезням благодаря своим антисептическим свойствам. Смолы применяют при изготовлении лаков, типографской краски, смазочных масел, используют в медицине.

Соли кальция – оксалат кальция – конечный продукт жизнедеятельности протопласта, образующийся как приспособление для выведения из обмена веществ излишков кальция. Поэтому откладывается он в основном в тех органах и тканях, которые периодически сбрасываются (оппадающие листья, отслаивающаяся корка, опадающие почечные чешуи, волоски эпидермы). Однако возможно, что часть кальция может повторно включаться в обмен веществ.

Оксалат кальция откладывается только в вакуолях в виде кристаллов. Форма кристаллов достаточно разнообразна и часто специфична для определенных групп растений. Это могут быть одиночные многогранники (сухие чешуи луковиц лука), *рафиды* – пачки игольчатых кристаллов (стебли и листья винограда); *кристаллический песок* – скопления множества одиночных кристаллов (листья пасленовых, стебель бузины). Наиболее часто встречаются

друзы – шаровидные сростки призматических кристаллов (корневище ревеня, корень батата, листья руты и др.).

Кроме оксалата кальция в растениях встречаются кристаллы *карбоната кальция*, часто в форме *цистолитов*. *Цистолиты* – гроздевидные образования, возникающие на выступах клеточной стенки, вдающихся внутрь. Цистолиты характерны для растений из семейств Крапивные, Тутовые и др.

Физиологически активные вещества клетки. Процессы роста и развития клетки и всего растения регулируются веществами, продуцируемыми цитоплазмой. Ферменты, витамины, фитогормоны и фитонциды находятся в цитоплазме или, утрачивая с ней непосредственную связь, выделяются вовне. При разрушении клетки эти вещества сохраняют свою активность.

Ферменты, энзимы, – специфические белки, присутствующие во всех живых клетках. Они играют роль биокатализаторов (не изменяясь сами, влияют на скорость химических процессов). Биосинтез ферментов находится под генным контролем. Многие ферменты прочно связаны с мембранами клетки. Действие ферментов строго избирательно. Каждый фермент регулирует ход одной определенной реакции. Обменные процессы, непрерывно идущие в клетке, очень сложны и разнообразны. Способность ферментов сохранять активность вне живой клетки используют в ряде технологических процессов, применяемых в легкой, пищевой и фармацевтической промышленности, а также в медицине.

Витамины – коферменты, обеспечивающие взаимодействие фермента и субстрата, который он катализирует. Соединения различной химической природы участвуют практически во всех биохимических и физиологических процессах. Витамины необходимы всем живым клеткам, но только растения создают их сами. Подавляющее большинство витаминов не синтезируется в организме человека, а поступает с растительной и животной пищей. Если витаминов поступает недостаточно, развиваются патологические состояния (гипо- и авитаминозы). Известно около 40 витаминов. Их принято обозначать большими буквами латинского алфавита: А, В, С, D, Е и т. д. Различают две группы витаминов: растворимые в жирах (А, D, Е, К) и растворимые в воде (В, С, РР и др.). Первые накапливаются в клеточном соке, вторые – в цитоплазме.

Фитогормоны – гормоны растений, специфические ферменты, регулирующие физиологические процессы (рост, развитие и

деление). Их действие проявляется через изменение обмена веществ, а не непосредственно, т. е. через регуляторную деятельность ферментов.

Фитогормоны образуются в активно растущих тканях верхушек стеблей и корней, а затем переходят в другие части растения и регулируют физиологические процессы, протекающие в них. Имеется несколько групп химически определенных фитогормонов, регулирующих рост и развитие цветковых растений: *ауксины, гиббереллины, цитокинины (стимуляторы)*, а также *абсцизовая кислота и этилен (ингибиторы)*. Фитогормоны способны перемещаться от места образования к месту действия, регулируют биосинтез ферментов, универсальны для высших растений. Фитогормоны биологически активны в чрезвычайно малых количествах. Действия разных фитогормонов обычно перекрываются и затрагивают почти каждый аспект развития: деление и растяжение клеток, рост листьев и плодов, покой почек и семян.

Фитогормоны широко используют в сельскохозяйственной практике для вегетативного размножения растений (укоренение черенков с помощью ауксинов), для борьбы с опадением цветков и плодов у овощных и плодовых культур (ауксины), для повышения урожайности (цитокинины, гиббереллины, ауксины), ускорения созревания плодов (этилен), прорастания семян (цитокинины) и для борьбы с сорными растениями (ауксины).

Ауксины. Влияют на процессы цветения, увеличения размеров клеток за счет повышения пластичности клеточной стенки, роста стеблей, листьев, корней, их изгибов. Используют для стимуляции корнеобразования у черенков предотвращения опадения плодов.

Цитокинины. Активизируют деление клеток, рост боковых почек, задерживают старение срезанных листьев. Используются для получения рассады с помощью культуры тканей.

Гиббереллины. Стимулируют увеличение размеров клеток; ускоряют рост стебля; снимают покой у семян, клубней, луковиц; стимулируют цветение у длиннодневных растений и прорастание пыльцы.

Этилен ускоряет созревание плодов, старение листьев, опадение частей растения.

Абсцизовая кислота сохраняет стадию покоя боковых почек; задерживает опадение частей растения и закрывание устьиц.

Фитонциды и антибиотики – вещества разной химической природы, содержащиеся в клеточном соке и цитоплазме, имеют защитное значение, действуют избирательно.

Фитонциды вырабатываются клетками высших растений. Обладают бактерицидными свойствами (предохраняют растения от поражения грибными и бактериальными заболеваниями, задерживают рост других растений). Могут выделяться в виде летучих веществ или находиться в растворе. Богаты: лук, чеснок, хрен, черемуха, дуб, лимон, крапива, тысячелистник.

Контрольные вопросы

1. Каковы признаки, отличающие растительную клетку от животной?
2. Какую роль играют пластиды в жизни клетки? Каково субмикроскопическое строение хлоропластов?
3. Каковы основные функции ядра?
4. В чем заключается непрерывность существования хроматиновых структур?
5. Каковы особенности химического состава ядрышек? Каковы их возникновение и функции?
6. Как происходят поверхностный рост клеточной стенки, ее утолщение? Какие из органелл цитоплазмы принимают участие в образовании и росте клеточной стенки?
7. Что такое вакуоли? Как они образуются и каково их строение? Что такое клеточный сок и каков его состав?
8. Что такое запасные питательные вещества? В каких органах растений они локализируются, в каких клеточных структурах? Как их использует человек?