

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Московский государственный агроинженерный университет  
имени В.П.Горячкина

**В.А. Шевченко, А.М. Соловьев**

# **БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ С ОСНОВАМИ ЭКОЛОГИИ**



Москва 2006

**Шевченко В.А., Соловьев А.М.** Биология растений с основами экологии. М.: Т-во научных изданий КМК. 2006. 342 с.

Рассмотрено строение и функционирование клетки как основной единицы развития всех живых организмов. Освещены вопросы анатомии и физиологии растений, описаны симптомы и типы болезней растений, изложены наиболее распространенные болезни и представлены эффективные меры борьбы с ними. Рассмотрено строение и биология развития основных вредителей полевых культур, биологические основы применения пестицидов без ущерба для среды обитания растений и микроорганизмов. Изложены основные положения современной генетики, даны теоретические основы экологии и экологические проблемы сельскохозяйственного производства.

Для студентов инженерных специальностей сельскохозяйственных вузов.

*Рецензенты:*

*А.Н. Березкин*, доктор с.-х. наук, профессор (РГАУ – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева);

*В.В. Козлов*, кандидат с.-х. наук, профессор (Российский государственный аграрный заочный университет).

*Редактор: Ж.Ф. Шведова*

ISBN 5-87317-315-X

© В.А. Шевченко, А.М. Соловьев, 2006.

© “КМК” издание, 2006.

## Содержание

Введение .....	3
Глава 1. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КЛЕТКИ .....	5
1.1. Клеточная теория .....	5
1.2. Строение клеток. Клеточная оболочка .....	8
1.3. Цитоплазма. Эндоплазматическая сеть. Рибосомы. ....	12
1.4. Митохондрии. Пластиды .....	14
1.5. Комплекс Гольджи и другие структуры цитоплазмы .....	17
1.6. Ядро .....	21
1.7. Особенности клеток прокариотов. Неклеточные формы жизни – вирусы .....	25
Контрольные вопросы .....	32
Глава 2. АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ .....	33
2.1. Корень .....	33
2.2. Стебель .....	44
2.3. Лист .....	49
Контрольные вопросы .....	53
Глава 3. ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ .....	54
3.1. Водный режим и минеральное питание растений .....	54
3.2. Элементы минерального питания .....	62
Контрольные вопросы .....	66
Глава 4. РАСТЕНИЯ И БОЛЕЗНИ .....	67
4.1. Общие сведения и классификация болезней .....	67
4.2. Методы и средства защиты растений от болезней .....	78
Контрольные вопросы .....	82
Глава 5. НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ БОЛЕЗНИ ПОЛЕВЫХ РАСТЕНИЙ .....	83
5.1. Головные заболевания зерновых культур .....	83
5.2. Ржавчинные заболевания злаков .....	86
5.3. Корневые гнили .....	89
5.4. Выпревание .....	90
5.5. Болезни картофеля .....	91
5.6. Болезни свеклы .....	93
5.7. Болезни подсолнечника .....	95
Контрольные вопросы .....	98

Глава 6. СТРОЕНИЕ И БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ НАСЕКОМЫХ .....	99
6.1. Общие сведения о насекомых .....	99
6.2. Анатомия и физиология насекомых .....	101
6.3. Биология развития насекомых .....	107
6.4. Типы повреждений растений .....	111
Контрольные вопросы .....	113
Глава 7. ОСНОВНЫЕ ВРЕДИТЕЛИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР .....	114
7.1. Вредители зерновых злаков .....	114
7.2. Вредители зернобобовых культур .....	120
7.3. Вредители сахарной свеклы .....	126
7.4. Вредители картофеля .....	127
Контрольные вопросы .....	129
Глава 8. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ .....	130
8.1. Механизм и причины избирательного действия гербицидов .....	133
8.2. Чувствительность растений к гербицидам .....	136
8.3. Условия эффективного действия гербицидов .....	138
8.4. Поведение гербицидов в почве .....	140
8.5. Интегрированная система защиты растений .....	142
Контрольные вопросы .....	144
Глава 9. МИКРООРГАНИЗМЫ, КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ ЖИВЫХ СИСТЕМ .....	145
9.1. Роль микроорганизмов в формировании почвы .....	145
9.2. Формирование микробных ассоциаций почвы .....	149
9.3. Гумусообразование и роль гумуса .....	151
9.4. Микроорганизмы и структура почвы. Ризосфера .....	154
Контрольные вопросы .....	157
Глава 10. БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ АЗОТА И УГЛЕРОДА .....	158
10.1. Круговорот азота в почве .....	158
10.2. Превращение микроорганизмами соединений углерода .....	164
Контрольные вопросы .....	171
Глава 11. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ГЕНЕТИКИ .....	172
11.1. Гибридологический метод изучения наследственности .....	174
11.2. Единообразие первого поколения гибридов .....	176
11.3. Закон расщепления признаков .....	177

11.4. Гипотеза чистоты гамет. Цитологические основы закономерностей наследования .....	179
11.5. Дигибридное скрещивание .....	181
11.6. Явление сцепленного наследования .....	187
11.7. Генетика пола. Сцепленное с полом наследование .....	190
11.8. Взаимодействие генов .....	194
11.9. Генетика человека и ее значение для медицины и здравоохранения .....	197
Контрольные вопросы .....	202
<b>Глава 12. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ .....</b>	<b>203</b>
12.1. Предмет экологии. Экологические факторы и их взаимодействие .....	203
12.2. Абиотические экологические факторы .....	207
12.3. Биотические факторы. Взаимоотношения между организмами ..	219
12.4. Приспособление растений и животных к сезонному ритму внешних условий .....	220
12.5. Экологические системы .....	225
Контрольные вопросы .....	240
<b>Глава 13. ЭКОЛОГИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО .....</b>	<b>241</b>
13.1. Почва как природное образование и среда обитания для всего живого на Земле .....	243
13.2. Рациональное использование земельных ресурсов в Нечерноземной зоне .....	256
13.3. Концепции экологического земледелия .....	259
13.4. Экологические проблемы орошения и осушения почв .....	264
13.5. Экологические проблемы механизации .....	274
13.6. Экологические проблемы химизации .....	277
13.7. Животноводческие фермы и охрана окружающей среды .....	291
13.8. Экология селитебных территорий .....	293
13.9. Экологическое нормирование и сертификация .....	302
13.10. Объекты экологического права и государственное управление в сфере природопользования и охраны окружающей среды .....	321
Контрольные вопросы .....	336
Список литературы .....	340

# Глава 1.

## СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КЛЕТКИ

### 1.1. Клеточная теория

Наука о клетке называется цитологией (греч. «цитос» – клетка, «логос» – наука). Предмет цитологии – клетки многоклеточных животных и растений, а также одноклеточных организмов, к числу которых относятся бактерии, простейшие и одноклеточные водоросли. Цитология изучает строение и химический состав клеток, функции внутриклеточных структур, функции клеток в организме животных и растений, размножение и развитие клеток, приспособления клеток к условиям окружающей среды. Впервые название «клетка» в середине XVII века применил Роберт Гук. Рассматривая тонкий срез стеблей растений с помощью сконструированного им микроскопа, Гук увидел, что пробка состоит из ячеек – клеток.

После работ Роберта Гука микроскоп стал широко применяться для научных исследований в биологии. Были открыты одноклеточные организмы (Антон Левенгук, 1680); клетки были обнаружены в составе тканей многих животных и растений.

*Клеточная теория.* В середине XIX столетия на основе уже многочисленных знаний о клетке М. Шлейден и Т.Шванн сформулировали клеточную теорию (1838). Они обобщили имевшиеся знания о клетке и показали, что клетка представляет основную единицу строения всех живых организмов, что клетки животных и растений сходны по своему строению. Эти положения явились важнейшими доказательствами единства происхождения всех живых организмов, единства всего органического мира. Т. Шванн и М. Шлейден внесли в науку правильное понимание клетки как самостоятельной единицы жизни, наименьшей единицы живого: вне клетки нет жизни.

Клеточная теория – одно из выдающихся обобщений биологии позапрошлого столетия, давшее основу для материалистичес-

кого подхода к пониманию жизни, к раскрытию эволюционных связей между организмами.

Клеточная теория получила дальнейшее развитие в трудах ученых второй половины XIX столетия. Было открыто деление клетки и сформулировано положение о том, что каждая новая клетка происходит от такой же исходной клетки путем ее деления (Рудольф Вирхов, 1858). Академик Российской академии Карл Бэр открыл яйцеклетку млекопитающих и установил, что все многоклеточные организмы начинают свое развитие из одной клетки и этой клеткой является зигота. Открытие К. Бэра показало, что клетка – не только единица строения, но и единица развития всех живых организмов.

Следовательно, сущность клеточной теории заключается в том, что огромное большинство организмов имеет клеточное строение, и что клетка – основная единица их жизнедеятельности, размножения и развития.

Изучение химической организации клетки привело к выводу, что именно химические процессы лежат в основе ее жизни, что клетки всех организмов сходны по химическому составу, у них однотипно протекают основные процессы обмена веществ. Данные о сходстве химического состава клетки еще раз подтвердили единство всего органического мира.

Клеточная теория сохранила свое значение и в настоящее время. Она была неоднократно проверена и дополнена многочисленными материалами о строении, химическом составе, функциях, размножении и развитии клеток разнообразных организмов.

Современная клеточная теория включает следующие положения: клетка – основная единица строения и развития всех живых организмов, наименьшая единица живого; клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны (гомологичны) по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ; размножение клеток происходит путем их деления, и каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки; в сложных многоклеточных организмах клетки специализированы по выпол-

няемой ими функции и образуют ткани; из тканей состоят органы, которые тесно связаны между собой и подчинены нервным и гуморальным системам регуляции.

Особую, неклеточную форму жизни составляют вирусы, изучением которых занимается вирусология.

*Методы изучения клеток.* Современная цитология располагает многочисленными и сложными методами исследования, которые позволили установить тонкие детали строения и выявить функции самых разнообразных клеток и их структурных элементов. Исключительно большую роль в цитологических исследованиях продолжает играть световой микроскоп, пределом разрешающей способности которого является половина длины волны света, равная 0,3–0,4 мкм, что соответствует увеличению в 3000 раз. Но и столь большое увеличение ещё недостаточно для того, чтобы видеть тонкие детали строения клеток.

Совершенно новая эпоха в изучении строения клетки началась после изобретения электронного микроскопа, который дает увеличение в десятки и сотни тысяч раз. Вместо света в электронном микроскопе используют быстрый поток электронов, а стеклянные линзы в светооптическом микроскопе заменены электромагнитными полями. Электроны, летящие с большой скоростью, сначала концентрируются на исследуемом объекте, а затем попадают на экран, подобный экрану телевизора, на нем можно наблюдать увеличенное изображение объекта, либо фотографировать его.

Для исследования под электронным микроскопом клетки подвергают очень сложной обработке. Приготавливают тончайшие срезы клеток, толщиной 10–50 нм. Только такие тонкие срезы проникаемы для электронов и пригодны для электронно-микроскопического исследования.

В настоящее время широко используют химические методы исследования клетки. Специальная отрасль химии – биохимия – располагает в наши дни многочисленными тонкими методами, позволяющими точно установить не только химический состав, но и роль химических веществ в жизнедеятельности клетки и всего организма. Созданы сложные приборы, называемые центрифугами, ко-



которые развивают огромную скорость вращения (несколько десятков тысяч оборотов в минуту). С помощью таких центрифуг можно отделить структурные компоненты клетки друг от друга, так как они имеют разную плотность. Этот очень важный метод дает возможность отдельно изучать свойства каждой части клетки.

Изучение живой клетки, ее тончайших структур и функций – задача очень нелегкая, и только сочетание усилий цитологов, биохимиков, физиологов, генетиков и биофизиков позволило детально изучить ее структурные элементы и определить их роль.

## 1.2. Строение клеток. Клеточная оболочка

Клетка растения состоит из протопласта – внутреннего содержимого клетки и клеточной оболочки – наружной части (рис.1). Клеточная оболочка состоит из наружного слоя и расположенной под ним плазматической мембраны. У растительных клеток наружный слой оболочки довольно толстый, прочный и состоит в

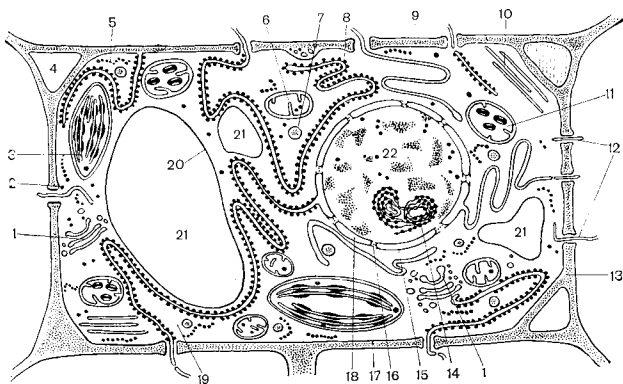
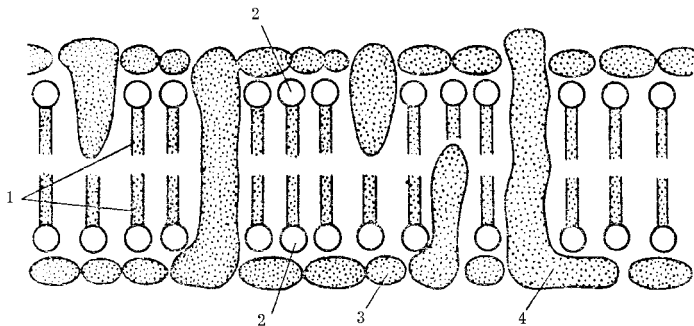


Рис.1. Схема строения растительной клетки. 1 – аппарат Гольджи; 2 – свободно расположенные рибосомы; 3 – хлоропласты; 4 – межклеточные пространства; 5 – полирибосомы; 6 – митохондрии; 7 – лизосомы; 8 – гранулированная эндоплазматическая сеть; 9 – гладкая эндоплазматическая сеть; 10 – микротрубочки; 11 – пластиды; 12 – плазмодесмы, проходящие сквозь оболочку; 13 – клеточная оболочка; 14 – ядрышко; 15, 18 – ядерная оболочка; 16 – поры в ядерной оболочке; 17 – плазмалемма; 19 – гиалоплазма; 20 – тонопласт; 21 – вакуоли; 22 – ядро.



*Рис.2. Схема строения цитоплазматической мембраны: 1 – два слоя липидов; 2 – головки липидов; 3 – белки-ферменты; 4 – белки, пронизывающие мембрану насквозь.*

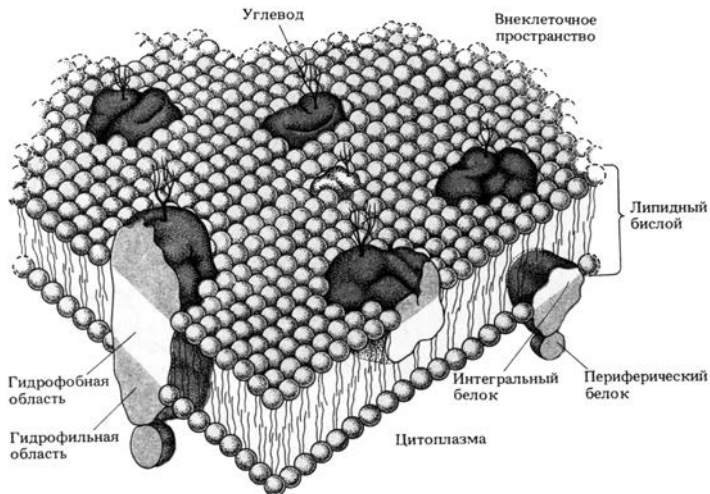
основном из клетчатки. Этот слой служит каркасом клеткам и тканям растений, защищает их от различных повреждений.

У животных наружный слой клеточной оболочки очень тонкий и эластичный, он состоит из полисахаридов и белков.

Внутренний слой клеточной оболочки у растений и животных составляет плазматическая мембрана, расположенная непосредственно над цитоплазмой. Плазматическая мембрана (лат. «мембрана» – кожа, пленка) очень тонкая, толщиной всего 10нм, и не видна в световой микроскоп.

Химический состав плазматической мембраны у всех растительных и животных организмов имеет много общего; она образована молекулами белков и липидов (рис.2). Наружный и внутренний слои элементарной мембраны образованы белковыми молекулами, а между ними находятся два слоя липидов. Большинство молекул белков располагается на поверхности липидного каркаса с обеих его сторон, а некоторые молекулы проходят через него насквозь, образуя в мембране гидрофильные поры, через которые проходят водорастворимые вещества (рис.3). Жирорастворимые вещества проходят между молекулами белка через липидный слой.

Плазматическая мембрана обеспечивает избирательную проницаемость, а также проникновение веществ в клетку и выход их из клетки.



*Рис.3. Жидкостно – мозаичная модель мембраны. Мембрана состоит из двойного слоя (бислоя) липидных молекул с гидрофобными хвостами, обращенными внутрь, и крупных белковых молекул. Белки, погруженные в бислой, называются интегральными. С внутренней поверхности мембраны прикрепляются периферические белки. Часть белковой молекулы, погруженная в липидный бислой, является гидрофобной, часть, выступающая из него, – гидрофильной. В целом структура жидкая, и считается, что белки плавают в липидном слое.*

Внутренняя среда клетки отличается от окружающей среды вязкостью, химическим составом и многими другими физическими и химическими свойствами.

Плазматическая мембрана ограничивает внутреннюю среду клетки от внешней и поддерживает эти различия на протяжении всей жизни клетки.

Специальные ферменты плазматической мембраны регулируют проникновение многих ионов и молекул в клетку и выход их из нее во внешнюю среду. Такой обмен молекулами и ионами между клеткой и внешней средой происходит постоянно.

Кроме ионов и мелких молекул, в клетку проникают крупные молекулы разнообразных органических веществ, например белков. Такие вещества поступают в клетку путем фагоцитоза (греч. «фагос» – пожирать).

В фагоцитозе активное участие принимает плазматическая мембрана. Путем фагоцитоза питаются амёбы и многие другие простейшие. У многоклеточных животных и человека к фагоцитозу способны только немногие клетки, например лейкоциты. Эти клетки поглощают бактерии, а также разнообразные твердые частички, случайно попавшие в организм, защищая его таким путем от болезнетворных микроорганизмов и посторонних частиц.

Через плазматическую мембрану в клетку проникают и капли жидкости, содержащие в растворенном и взвешенном состоянии разнообразные вещества.

Поглощение жидкости в виде мелких капель напоминает питье, и это явление было названо пиноцитозом (греч. «пино» – пью). Процесс поглощения жидкости сходен с фагоцитозом. Капля жидкости погружается в цитоплазму, и органические вещества, попавшие в клетку вместе с водой, начинают перевариваться под влиянием ферментов, содержащихся в цитоплазме.

То же самое происходит и с веществами, попавшими в клетку путем фагоцитоза.

Через плазматическую мембрану из клетки выводятся продукты обмена, а также вещества, синтезированные в клетке. К их числу относятся разнообразные белки, углеводы, гормоны, которые вырабатываются в клетках различных желез и выводятся во внеклеточную среду в форме мелких капель.

Клетки, образующие у многоклеточных животных разнообразные ткани (эпителиальную, мышечную и др.), соединяются друг с другом за счет плазматической мембраны. В местах соединения двух клеток мембрана каждой из них может образовывать складки или выросты, которые придают соединениям особую прочность.

Соединение клеток растений обеспечивается путем образования тонких каналов, которые заполнены цитоплазмой и ограничены плазматической мембраной. По таким каналам, проходящим через клеточные оболочки, из одной клетки в другую поступают питательные вещества, ионы, углеводы и другие соединения.

На поверхности многих клеток животных, например различных эпителиев, находятся очень мелкие тонкие выросты цитоп-

лазмы, покрытые плазматической мембраной, – микроворсинки. Наибольшее количество микроворсинок находится на поверхности клеток кишечника, где происходит интенсивное переваривание и всасывание переваренной пищи.

### **1.3. Цитоплазма. Эндоплазматическая сеть. Рибосомы.**

Ограниченная от внешней среды клеточной оболочкой, *цитоплазма* представляет собой внутреннюю полупрозрачную, полужидкую среду клетки, в которой располагаются ядро, а также все органоиды, включения и вакуоли.

К числу органоидов относятся эндоплазматическая сеть, рибосомы, митохондрии, пластиды, лизосомы, комплекс Гольджи, клеточный центр. Цитоплазма имеет сложный химический состав из таких элементов, как углерод, кислород, водород, азот, фосфор, сера, калий и другие. Основой цитоплазмы являются сложные органические соединения – белки, нуклеиновые кислоты, жироподобные вещества (липиды), кроме того, вода (до 90%), углеводы и минеральные вещества. В молодых клетках цитоплазма занимает почти всю их полость. По мере роста клетки в ней появляются отдельные пузырьки – вакуоли, которые затем сливаются в одну вакуоль, обычно заполненную клеточным соком. Цитоплазма при этом оттесняется к периферии клетки и занимает постенное положение.

Цитоплазма клеток растений и животных пронизана сетью мельчайших трубочек, которые выполняют функцию ее скелета, что обеспечивает сохранение относительно постоянной формы клетки. Цитоплазма объединяет в одно целое ядро и все органоиды, обеспечивает их взаимодействие. Цитоплазма смежных клеток соединяется тончайшими цитоплазматическими нитями – плазмодесмами, которые пронизывают оболочки клеток.

Вся внутренняя зона цитоплазмы заполнена многочисленными мелкими каналами и полостями, стенки которых представляют собой мембраны, сходные по своей структуре с плазматической мембраной. Эти каналы ветвятся, соединяются друг с другом и

образуют рыхлую сеть, получившую название *эндоплазматической сети*.

Эндоплазматическая сеть неоднородна по своему строению, известны два ее типа – гранулярная и гладкая. На мембранах каналов и полостей гранулярной сети располагается множество мелких округлых телец – рибосом, которые придают мембранам шероховатый вид. Мембраны гладкой эндоплазматической сети не несут рибосом на своей поверхности.

Эндоплазматическая сеть выполняет много разнообразных функций. Основная ее функция – участие в синтезе белка. Поэтому она особенно сильно развита в тех клетках, где синтезируется много белка, и слабо развита в клетках, синтезирующих небольшое количество белка.

На мембранах гладкой эндоплазматической сети происходит синтез липидов и углеводов. Все эти продукты синтеза накапливаются в каналах и полостях, а затем транспортируются к различным органам клетки, где потребляются или накапливаются в цитоплазме в качестве клеточных включений. Эндоплазматическая сеть связывает между собой основные органоиды клетки.

*Рибосомы* обнаружены в клетках всех организмов. Это микроскопические тельца округлой формы диаметром 15-20нм. Каждая рибосома состоит из двух неодинаковых по размерам частиц, малой и большой. В одной клетке содержится много тысяч рибосом, они располагаются как на мембранах гранулярной эндоплазматической сети, так и свободно лежат в цитоплазме. В состав рибосом входят белки и РНК (рибонуклеиновая кислота).

Функция рибосом – это синтез белка. На рибосомах синтезируются белки, которые содержатся в клетках, а, следовательно, и в организме. Синтез белка – это сложный процесс, который осуществляется не одной рибосомой, а целой группой, включающей до нескольких десятков рибосом, объединенных нитевидной молекулой информационной РНК. Такую группу рибосом называют полисомой.

Синтезированные белки сначала накапливаются в каналах и полостях эндоплазматической сети, а затем транспортируются к

органоидам и участкам клетки, где они потребляются. Эндоплазматическая сеть и рибосомы, расположенные на ее мембранах, представляют единый аппарат биосинтеза и транспортировки белков.

### 1.4. Митохондрии. Пластиды

В цитоплазме большинства клеток животных и растений содержатся мелкие тельца, размером от 0,2 до 7 мкм, разнообразные по форме, – *митохондрии* (греч. «митос» – нить, «хондрион» зерно, гранула; рис.4).

Митохондрии хорошо видны в световой микроскоп, с помощью которого можно рассмотреть их форму, расположение в клетке, сосчитать их количество. Число митохондрий в разных клет-

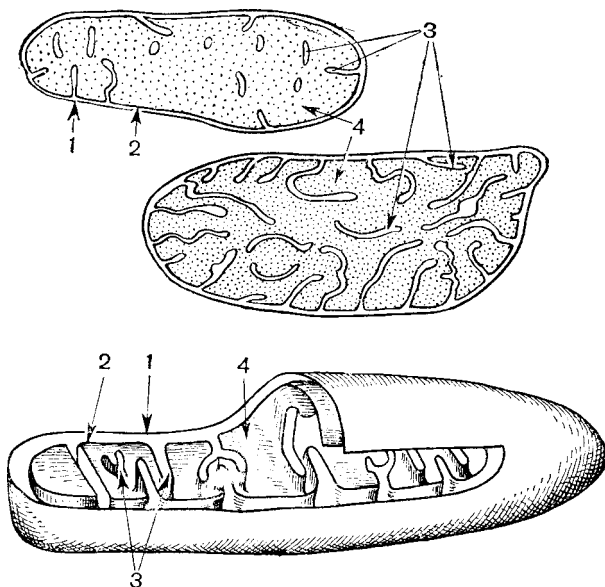


Рис.4. Строение митохондрии. Вверху и в середине – вид продольного среза через митохондрию; Внизу – трехмерная схема, на которой часть митохондрии срезана, что позволяет видеть ее внутреннее строение. 1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3 – кристы; 4 – матрикс.

ках сильно варьирует. Оболочка митохондрии состоит из двух мембран – наружной и внутренней. Наружная мембрана гладкая, она не образует никаких складок и выростов. Внутренняя мембрана, напротив, образует многочисленные складки, которые направлены в полость митохондрии. Складки внутренней мембраны называют кристами (лат. «криста» – гребень, вырост). Число крист неодинаково в митохондриях разных клеток. Их может быть от нескольких десятков до нескольких сотен, причем особенно много крист в митохондриях активно функционирующих клеток. Митохондрии называют силовыми станциями клеток, так как их основная функция – синтез аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). АТФ синтезируется в митохондриях клеток всех организмов и представляет собой универсальный источник энергии, необходимый для осуществления процессов жизнедеятельности клетки и целого организма.

В синтезе АТФ участвует большое количество разнообразных ферментов, которые располагаются на поверхности наружной и внутренней мембран, особенно на поверхности крист, а также в полости митондрий.

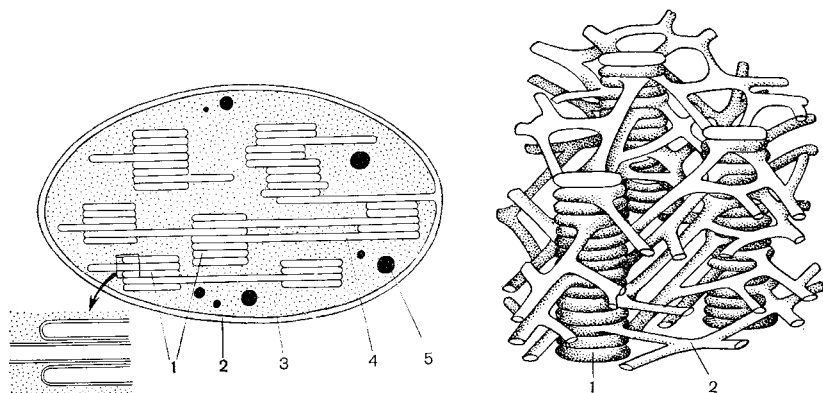
АТФ, синтезированная в митохондриях, свободно выходит в цитоплазму и дальше направляется к ядру и органоидам клетки, где и используется заключенная в ней химическая энергия. Новые митохондрии образуются путем деления уже существующих в клетке митондрий.

В цитоплазме клеток всех растений находятся *пластиды*. В клетках животных пластиды отсутствуют. Различают три основных типа пластид: 1) зеленые – хлоропласты; 2) красные, оранжевые и желтые – хромопласты; 3) бесцветные – лейкопласты.

Хлоропласты – это наиболее широко распространенные пластиды, которым принадлежит важная роль в живой природе. Зеленый цвет хлоропластов зависит от находящегося в них пигмента – хлорофилла.

Хлоропласты содержатся в клетках листьев и других зеленых органов растений. Именно благодаря хлорофиллу зеленые растения способны использовать световую энергию Солнца и за счет





*Рис.5. Строение хлоропласта. Слева – продольный разрез через хлоропласт. 1 – граны, образованные ламеллами, сложенными стопками; 2 – оболочка; 3 – строма (матрикс); 4 – ламеллы; 5 – капли жира, образовавшиеся в хлоропласте. Справа – трехмерная схема расположения и взаимосвязи ламелл и гран внутри хлоропласта: 1 – граны; 2 – ламеллы.*

солнечной энергии синтезировать органические вещества из неорганических (рис.5).

Хлоропласты имеют чаще всего овальную форму, их размеры 4–6 мкм. У высших растений в одной клетке обычно бывает несколько десятков хлоропластов.

Хлоропласт ограничен от цитоплазмы двумя мембранами – наружной и внутренней. Каждая из этих мембран имеет такое же строение, как и плазматическая мембрана клетки. Внутри хлоропласт заполнен полужидким веществом, в котором располагаются особые структуры – граны. В гранах расположены молекулы хлорофилла. Именно в гранах происходит синтез углеводов.

Хромопласты находятся в цитоплазме клеток разных частей растений: в цветках, плодах, стеблях, листьях. Форма хромопластов разнообразна, и часто они имеют вид многогранных кристаллов или тонких иголок, достигающих в длину 5–6 мкм.

Присутствием хромопластов объясняется желтая, оранжевая и красная окраска венчиков цветков, плодов, осенних листьев.

Лейкопласты содержатся в цитоплазме неокрашенных частей растений (стеблях, корнях, клубнях), они бесцветны. Форма лейкопластов разнообразна. Примером широко распространенных лейкопластов могут служить лейкопласты клубней картофеля, в которых накапливаются зерна крахмала.

Хлоропласты, хромопласты и лейкопласты способны к взаимному переходу.

Так, при созревании плодов или изменении окраски листьев осенью хлоропласты превращаются в хромопласты, а лейкопласты могут превращаться в хлоропласты, например при позеленении клубней картофеля.

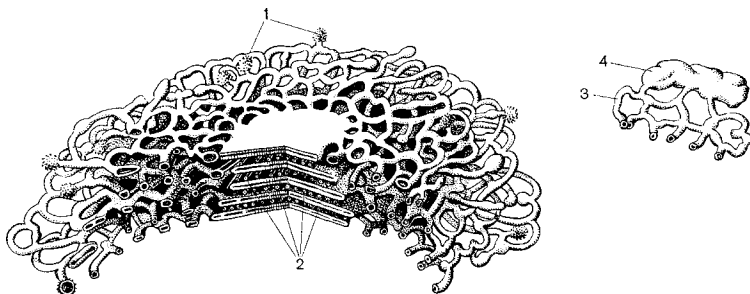
Пластиды размножаются путем деления и распределяются примерно поровну между двумя дочерними клетками.

## **1.5. Комплекс Гольджи и другие структуры цитоплазмы**

Многие из веществ, синтезированных в клетке, должны быть сконцентрированы и выделены из клетки либо в наружную среду, либо во внутриклеточную вакуоль. Кроме того, клетка концентрирует вещества, поступающие в нее из других клеток, например, если она откладывает их про запас. Эту работу выполняют диктиосомы. Обычно в растительной клетке имеется несколько диктиосом, и вся их совокупность называется комплексом (аппаратом) Гольджи данной клетки. Во многих клетках животных, например в нервных, комплекс Гольджи имеет форму сложной сети, расположенной вокруг ядра. В клетках растений и простейших комплекс Гольджи представлен отдельными тельцами серповидной или палочковидной формы. Строение этого органоида сходно в клетках растительных и животных организмов, несмотря на разнообразие его формы (рис.6).

В комплекс Гольджи входят: 1) полости, ограниченные мембранами и расположенные группами (по 5-10); 2) крупные и мелкие пузырьки, расположенные на концах полостей. Все эти элементы составляют единый комплекс.

Комплекс Гольджи выполняет много важных функций. По каналам эндоплазматической сети к нему транспортируются продук-



*Рис.6. Трехмерное схематическое изображение строения части диктиосомы из растительной клетки. Слева – показана часть пяти смежных цистерн. Справа – образование секретиремого аппаратом Гольджи пузырька, еще прикрепленного к каналам – разветвлениям цистерн. 1 – пузырьки; 2 – цистерны; 3 – каналы; 4 – развивающиеся пузырьки.*

ты синтетической деятельности клетки – белки, углеводы и жиры. Все эти вещества сначала накапливаются в комплексе Гольджи, а затем в виде крупных и мелких пузырьков поступают в цитоплазму и используются в самой клетке в процессе ее жизнедеятельности, или выводятся из нее. Например, в клетках поджелудочной железы млекопитающих синтезируются пищеварительные ферменты, которые накапливаются в полостях комплекса Гольджи. Затем образуются пузырьки, наполненные ферментами; они выводятся из клеток в проток поджелудочной железы, откуда перетекают в полость кишечника.

В комплексе Гольджи формируются зерна желтка при развитии яйцеклеток животных. Еще одна важная функция комплекса Гольджи заключается в том, что на его мембранах происходит синтез жиров и углеводов.

Комплекс Гольджи обнаружен во всех клетках животных и растений, что служит доказательством важнейшего значения этого органоида в процессе жизнедеятельности каждой клетки и организма.

*Лизосомы* (греч. «лизео» – растворяю, «сома» – тело) представляют собой небольшие округлые тельца, диаметром примерно 1

мкм. От цитоплазмы каждая лизосома ограничена мембраной. Внутри лизосомы находятся ферменты, способные расщеплять белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты.

К пищевой частице, поступившей в цитоплазму, подходят лизосомы, сливаются с ней, и образуется одна пищеварительная вакуоль, внутри которой находится пищевая частица, окруженная ферментами лизосом. Вещества, образовавшиеся в результате переваривания пищевой частицы, поступают в цитоплазму и используются клеткой.

Обладая способностью к активному перевариванию пищевых веществ, лизосомы участвуют в удалении отмирающих в процессе жизнедеятельности частей клеток или целых клеток.

Образование новых лизосом происходит в клетке постоянно. Ферменты, содержащиеся в лизосомах, как и всякие другие белки, синтезируются на рибосомах цитоплазмы. Затем эти ферменты поступают по каналам эндоплазматической сети к комплексу Гольджи, в полостях которого формируются лизосомы в виде округлых телец, покрытых мембраной. В таком виде лизосомы поступают в цитоплазму.

Лизосомы обнаружены во всех клетках животных и растений.

В клетках животных вблизи ядра находится органоид, который называют *клеточным центром*. Основную часть клеточного центра составляют два маленьких тельца – центриоли, расположенные в небольшом участке уплотненной цитоплазмы. Каждая центриоль имеет форму цилиндра длиной до 1 мкм. Центриоли играют важную роль при делении клетки: они участвуют в образовании веретена деления.

К *клеточным включениям* относятся углеводы, жиры и белки. Все эти вещества накапливаются в цитоплазме клетки в виде капель и зерен различной величины и формы (рис.7).

В отличие от органоидов включения принадлежат к числу непостоянных клеточных структур. Они периодически синтезируются в клетке и расходуются в процессе ее жизнедеятельности.

*Жиры* в клетках накапливаются в форме капель. Особенно много их в жировых клетках соединительной ткани животных, в

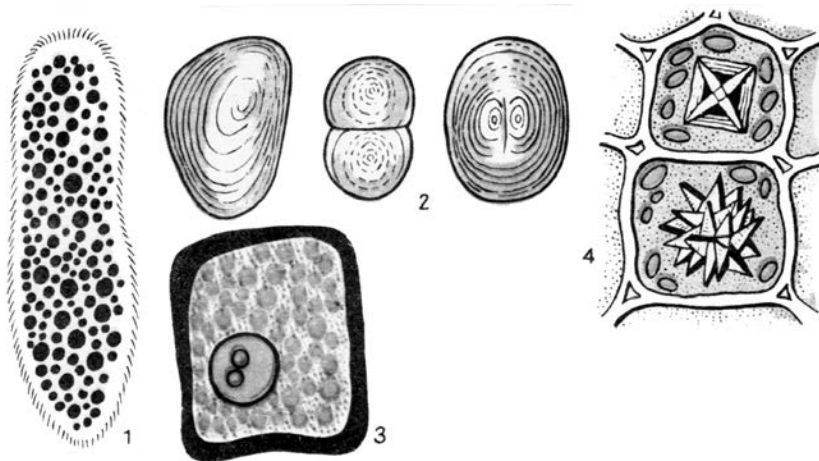


Рис. 7. Клеточные включения: 1 – капли жира в цитоплазме инфузории – туфельки; 2 – крахмальные зерна картофеля; 3 – белковые включения в зерне пшеницы; 4 – кристаллы оксалата кальция в клетках черенка листа бегонии.

семенах растений. Жир в клетках как запасное вещество используется в процессах обмена веществ.

Из углеводов в клетках накапливаются полисахариды. Они имеют форму зерен. В клетках животных накапливается гликоген, в клетках растений чаще всего откладывается крахмал. Особенно много крахмала в клетках клубней картофеля. Углеводы используются как основное вещество в процессе энергетического обмена клетки в организме.

*Белковые включения* накапливаются в цитоплазме в виде зерен. Много белковых включений в яйцеклетках животных, например рыб, рептилий и птиц. В цитоплазме яйцеклетки эти включения накапливаются в форме желтка, который служит основным питательным материалом для развивающегося зародыша. Белковых включений много и в клетках растений, особенно в семенах, где они используются в качестве питательного материала при прорастании зародыша.

В клетках некоторых животных и, особенно у растений, клеточные включения бывают в форме кристаллов. У растений наиболее

часто образуются многогранные кристаллы оксалата кальция, которые представляют продукты обмена веществ, но могут использоваться в процессе роста, при цветении и созревании плодов.

*Органоиды движения клеток* – к ним, прежде всего, относятся реснички и жгутики – миниатюрные выросты клетки в виде волосков, приспособленные к передвижению в жидкой среде.

Реснички и жгутики широко распространены как у одноклеточных, так и у многоклеточных животных. Среди простейших с помощью жгутиков передвигаются жгутиконосцы. У многоклеточных животных с помощью жгутиков передвигаются сперматозоиды.

Реснички служат органоидами движения инфузорий. Например, на поверхности тела инфузории-туфельки расположено около 15000 ресничек, с помощью которых она быстро передвигается в воде. Тысячи ресничек покрывают клетки воздухоносных путей дыхательной системы позвоночных животных и человека. Эти реснички движутся в одном направлении и создают ток жидкости, с которым из организма удаляются твердые частички, например пылинки.

Целый ряд одноклеточных организмов и клеток животных передвигаются с помощью *ложноножек*. К ним относятся амебы, некоторые другие клетки животных. Способ передвижения с помощью ложноножек получил название амебоидного движения.

Все многоклеточные животные и человек движутся с помощью *мышечных сокращений*. Сократительными структурами мышечного волокна служат миофибриллы, т.е. тонкие нити диаметром примерно 1 мкм, длиной до 1 см и больше. Миофибриллы расположены по длине мышечного волокна.

Движение растений в пространстве проявляются в их росте, в движениях листьев и в перемещении цитоплазмы клеток.

## 1.6. Ядро

Все организмы, которые имеют ядро, называют ядерными или эукариотами (от греч. «карион» – ядро). Организмы, в клетках которых нет оформленного ядра, называют доядерными организмами или прокариотами. К прокариотам относятся бактерии и сине-

зеленые водоросли. Все остальные одноклеточные и многоклеточные организмы относятся к эукариотам.

Ядро – наиболее заметная структура в цитоплазме эукариотической клетки. Каждая клетка одноклеточных и многоклеточных животных, а также растений содержит ядро. Ядро выполняет две важные функции: 1) контролирует жизнедеятельность клетки, определяя, какие белки и в какое время должны синтезироваться; 2) хранит генетическую информацию и передает ее дочерним клеткам в процессе клеточного деления.

Форма и размеры ядра зависят от формы и размера клеток. В большинстве клеток имеется одно ядро, и такие клетки называются одноядерными. Существуют также клетки с двумя, тремя, с несколькими десятками и даже сотнями ядер. Это – многоядерные клетки.

Жизнь клетки включает два периода: 1) деление, в результате которого образуются две дочерние клетки; 2) период между двумя делениями, который носит название интерфазы.

Строение и функции ядра в разные периоды жизни клетки различны. В ядре неделящейся клетки различают: 1) ядерную оболочку; 2) ядерный сок; 3) ядрышко; 4) хромосомы.

Ядерная оболочка отделяет ядро от цитоплазмы и состоит из двух мембран – наружной и внутренней, а между ними находится узкое пространство, заполненное полужидким веществом. Наружная и внутренняя мембраны ядерной оболочки имеют такое же строение, как плазматическая мембрана. Ядерная оболочка пронизана многочисленными порами диаметром от 30 до 100 нм. Поры – это не просто отверстия в оболочке, через них из ядра в цитоплазму и обратно поступают белки, углеводы, жиры, нуклеиновые кислоты, вода, ионы, т.е. осуществляется непрерывный обмен веществ между ядром и цитоплазмой.

Ядерный сок – полужидкое вещество, которое находится под ядерной оболочкой и представляет внутреннюю среду ядра. В ядерном соке находятся ядрышки и хромосомы. В него поступают разнообразные вещества из цитоплазмы и концентрируются все вещества, выходящие из ядра в цитоплазму.

В каждом ядре имеется одно или несколько ядрышек, количество ядрышек меняется в разные периоды жизнедеятельности клетки и организма от 1 до 10 и более. Ядрышки как оформленные тела не существуют постоянно. Они обнаруживаются лишь в неделящемся ядре, а при делении ядра исчезают. Ядрышко – плотное округлое тельце, размеры которого могут изменяться в широких пределах, от 1 до 10 мкм и больше.

Ядрышки состоят в основном из белка, содержат около 5% РНК и немного ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота). На ДНК ядрышек происходит синтез РНК. Таким образом, в ядрышке формируются и накапливаются предшественники рибосом. Последние через поры в ядерной оболочке переходят в цитоплазму, где и заканчивается их объединение в рибосомы.

*Хромосомы* (греч. «хрома» – краска, «сома» – тело) – важнейшая составная часть ядра. Хромосомы могут иметь различную форму. Прямые или изогнутые палочки, овальные тельца, шарики или разнообразные крючки.

Каждая хромосома представляет собой одну молекулу ДНК в соединении с белком. Хромосомы присутствуют в ядре всегда, но в рабочем ядре они обычно не видны, так как находятся в «разрыхленном» состоянии, т.е. переплетаются между собой, и различить каждую хромосому в отдельности невозможно. Для клеток каждого вида характерно определенное число хромосом определенной величины и формы. Совокупность хромосом называется хромосомным набором. У всех высших и некоторых низших растений в течение их жизненного цикла чередуются два поколения: 1. с клетками, содержащими в ядрах однократный (гаплоидный,  $n$ ) набор хромосом; 2. с клетками, ядра которых имеют двойной (диплоидный,  $2n$ ) набор хромосом. Гаплоидный набор состоит из разных хромосом, по одной каждого типа. Диплоидный набор – это два гаплоидных, сложенных вместе ( $2n$ ), т.е. две хромосомы каждого типа.

Размножаются клетки делением. Важнейший процесс, совершающийся в период интерфазы – это синтез ДНК, в результате которого каждая хромосома удваивается и имеет вид двойной палочки.



Таким образом, хромосома делящегося ядра состоит из двух половин, разделенных узкой щелью вдоль оси хромосомы и называемых хроматидами. Каждая хроматида включает две или несколько спирально закрученных тонких нитей, расположенных параллельно оси хромосомы. Каждая хромосома имеет первичную перетяжку, которая выглядит как утонченная часть хромосомы. Первичная перетяжка делит хромосому на две части.

Синтез ДНК протекает в середине интерфазы и продолжительность его различна у разных видов животных и растений. Например, в клетках млекопитающих этот процесс продолжается 6–10 ч, за это время каждая молекула ДНК строит подобную себе вторую молекулу.

Таким образом, если до начала синтеза в состав одной хромосомы входила одна молекула (одна нить ДНК), то после завершения синтеза в состав каждой хромосомы входят две совершенно одинаковые молекулы ДНК.

В течение всего периода интерфазы хромосомы активно осуществляют контроль над всеми процессами жизнедеятельности клетки. Именно в интерфазе в ядре непрерывно происходит синтез РНК, в цитоплазме идет синтез белков, углеводов и жиров. Это означает, что в период интерфазы клетка активно функционирует, в ней осуществляются все процессы жизнедеятельности, включая питание, дыхание, синтез АТФ (аденозинтрифосфорная кислота), выделение во внешнюю среду разнообразных продуктов обмена веществ.

Во время интерфазы происходит также увеличение числа митохондрий, хлоропластов, комплекса Гольджи, удваивается число центриолей клеточного центра, т.е. клетка готовится к делению. Продолжительность интерфазы различна у разных клеток.

Есть и такие клетки в составе многоклеточного организма, которые не делятся и интерфаза у них продолжается в течение многих лет. К их числу относятся нервные клетки, утратившие способности к делению и существующие в течение всей жизни организма.