

Михаил Николаевич Гуренев, Константин Федорович Калмыков, Гельмут Рихардович Кениг, Василий Николаевич Прокошев, Владимир Васильевич Прокошев, Алексей Николаевич Папонов, Наталья Николаевна Толкачева, Николай Александрович Халезов

ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Редактор *И. Каримова*
Художественный редактор *Н. Шлезингер*
Технический редактор *Н. Суржева*
Корректоры *Н. Туманова* и *М. Перкус*

ИБ № 2231

Сдано в набор 11.06.80. Подписано к печати 20.02.81. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 26,04. Уч.-изд. л. 27,34. Изд. № 39. Тираж 100 000 экз. (1-й завод 1—30 000 экз.). Заказ № 489. Цена 1 р. 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Колос», 107807, ГСП, Москва,
Б-53, Садовая-Спаская, ул., д. 18.

Владимирская типография «Союзполиграфпро-
ма» при Государственном комитете СССР по
делам издательств, полиграфии и книжной
торговли

600000, г. Владимир, Октябрьский проспект,
д. 7

ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
ПРОФЕССОРА М. Н. ГУРЕНЕВА

*Издание второе,
переработанное и дополненное*

**Допущено Главным управлени-
ем высшего и среднего сель-
скохозяйственного образова-
ния Министерства сельского
хозяйства СССР в качестве
учебника для учащихся сред-
них сельскохозяйственных
учебных заведений по техни-
ческим и экономическим спе-
циальностям**



МОСКВА «КОЛОС» 1981

ББК 41.4

О-75

УДК 631.5/.9(075.3)

В учебнике «Введение» написано профессором М. Н. Гуреневым; глава 1 — профессором К. Ф. Калмыковым; глава 2 — профессором В. Н. Прокошевым и профессором М. Н. Гуреневым; главы 3—5 — профессором М. Н. Гуреневым; глава 6 — профессором В. Н. Прокошевым и кандидатом сельскохозяйственных наук В. В. Прокошевым; глава 7 — доцентом Г. Р. Кениг; глава 8—13 — профессором В. Н. Прокошевым и профессором Н. А. Халезовым; глава 14 — доцентом А. Н. Папоновым; глава 15 — доцентом Н. Н. Толкачевой.

Авторы выражают глубокую благодарность за ценные замечания, сделанные при подготовке рукописи к изданию, коллективам преподавателей Харьковского сельскохозяйственного института и Житомирского сельскохозяйственного техникума.

О-75 Основы земледелия/Под ред. М. Н. Гуренева. — 2-е изд., перераб. и доп.—М.: Колос, 1981.—495 с., ил. — (Учебники и учеб. пособия для с.-х. техникумов).

В учебнике изложены основы физиологии растений, системы земледелия и севообороты, приемы обработки почвы, мелноративные мероприятия, удобрение, агротехника зерновых, зерновых бобовых, технических, кормовых, основных овощных и плодово-ягодных культур. Дана характеристика природных кормовых угодий и указаны приемы их улучшения.

О $\frac{40303-080}{035(01)-81}$ 109—81. 3803010302

ББК 41.4

631.1

© Издательство «Колос», 1975

© Издательство «Колос», 1981
с изменениями

ВВЕДЕНИЕ

Труженики сельского хозяйства СССР, претворяя в жизнь решения XXV съезда КПСС и июльского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС, добились в десятой пятилетке дальнейшего роста производства многих продуктов земледелия и животноводства. Достигнут новый высокий рубеж в производстве зерна. Замечательным образцом марксистско-ленинского анализа обстановки, всесторонне обоснованного подхода к решению назревших вопросов является проект ЦК КПСС к XXVI съезду Коммунистической партии Советского Союза «Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», в котором четко обозначены узловые народно-хозяйственные проблемы, требующие неослабного внимания, определены конкретные пути дальнейшего подъема творческой инициативы всего народа, совершенствования форм и методов всей работы советского общества, развития сельского хозяйства в одиннадцатой пятилетке.

Земля — основное средство производства в сельском хозяйстве. Карл Маркс отмечал, что от других основных средств производства она отличается двумя особенностями: 1) ограниченностью территории сельскохозяйственных угодий (пашня, сенокосы, пастбища) и 2) неизнашиваемостью. Посевами сельскохозяйственных культур на земном шаре занято более 1 млрд. га, что составляет не более 10 % поверхности суши. Вследствие ежегодного прироста населения площадь пашни и других сельскохозяйственных угодий в расчете на одного человека все уменьшается как в целом на земном шаре, так и в нашей стране.

Несмотря на огромные размеры земельного фонда нашей страны, возможности его земледельческого использования весьма ограничены. В настоящее время сельскохозяйственные угодья составляют 27 %, а пашня немногим более 10 % всей территории.

Исходя из этого, в практике земледелия должны решаться вопросы интенсивного использования каждого гектара пахотнопригодной земли.

Основной путь дальнейшего увеличения сбора продуктов растениеводства — увеличение урожайности всех сельскохозяйственных культур. Для этого мы должны использовать вторую особенность земли как средства производства — ее неизнашиваемость. При условии правильного обращения с землей плодородие ее будет повышаться, обеспечивая дальнейшее увеличение урожайности.

Таким образом, земледелие в широком понимании этого термина можно определить как науку, разрабатывающую способы наиболее рационального использования земли и повышения эффективного плодородия почвы.

Доля Советского Союза в мировой площади и в производстве сельскохозяйственных культур составляет 20 %. В нашей стране сосредоточено около трети всех посевов пшеницы, более половины посевов ржи, 60 % подсолнечника, более 40 % сахарной свеклы.

Больших успехов достигла отечественная сельскохозяйственная наука. Среди тружеников села выросли мастера высоких урожаев.

В проекте Основных направлений сказано, что важнейшей задачей земледелия является всемерное повышение плодородия почв и урожайности, дальнейший рост производства зерна, кормов и другой продукции.

Эта задача решается на основе совершенствования структуры посевных площадей, эффективного использования минеральных и органических удобрений, максимального расширения посевов на мелиорируемых землях и на землях районов достаточного увлажнения, внедрения высокоурожайных сортов и гибридов, улучшения агротехники зерновых культур.

Неотложной задачей является дальнейшее развитие животноводства, которое, в свою очередь, требует коренного улучшения кормопроизводства.

В данной книге авторы стремились оказать помощь в подготовке специалистов сельского хозяйства по коренным вопросам жизни растений, приемам земледелия и выращивания различных сельскохозяйственных культур.

РАСТЕНИЯ И УСЛОВИЯ ИХ ЖИЗНИ

ЗНАЧЕНИЕ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА И КРУГОВОРОТА Веществ в природе

Растения имеют огромное, всеобъемлющее значение для всего живого на Земле. Они дают людям пищу, животным — корма. Разлагая в процессе фотосинтеза воду, растения выделяют кислород, необходимый для дыхания людей и животных. Весь кислород, находящийся в атмосфере, накопился благодаря жизнедеятельности зеленых растений.

Поглощая углекислый газ, выделяемый животными и людьми в процессе дыхания, образующийся при сжигании угля, нефти, бензина, при извержении вулканов, растения спасают все живое на Земле от отравления чрезмерным количеством этого газа.

Только зеленые растения способны с помощью световой энергии синтезировать сахара и жиры из углекислого газа и воды, а при наличии азота в виде солей аммония или селитры — аминокислоты и белки.

Без растениеводства не может быть животноводства, а без него не было бы ни молока, ни мяса, ни масла. Растения обеспечивают сырьем пищевую, фармацевтическую, парфюмерную, текстильную и другие виды промышленности. Растения дают людям волокно (хлопчатник, лен), а через посредство животных, питающихся растениями, кожу и шерсть. Шелк получают от шелкопряда, которого выкармливают листьями шелковицы.

Из нектара и пыльцы цветков пчелы готовят мед, воск и другие продукты, которые широко используются в медицине.

Древесина служит сырьем для деревообрабатывающей промышленности, производящей мебель, стандартные дома, фанеру, древесно-волоконные плиты. Из древесины делают бумагу, искусственный шелк, штапель, пластмассу, фото- и киноплёнку, множество других материалов.

Мир растений — непрерывный источник радости, красоты и здоровья для людей. Государство специально выделяет так называемые рекреационные леса — места отдыха трудящихся.

Космическая роль растений заключается в том, что они используют лучистую энергию ядерных реакций, идущих на солнце, и превращают ее в химическую энергию органических веществ, синтезируемых в процессе фотосинтеза.

К. А. Тимирязев писал о космической роли растения: «Зеленый лист, или вернее, микроскопическое зеленое зерно хлорофилла, является фокусом, точкой в мировом пространстве, в которую с одного конца притекает энергия солнца, а с другого берут начало все проявления жизни на земле. Растение — посредник между небом и землей. Оно — истинный Прометей, похитивший огонь с неба»*.

Растения играют огромную роль в круговороте веществ и энергии на земле. Низшие гетеротрофные растения (бактерии, грибы), питаясь остатками мертвых растений и животных, разлагают их в процессе гниения и брожения до воды и углекислого газа, минеральных соединений азота, фосфора и серы. Без микроорганизмов земля превратилась бы в гигантское кладбище. Высшие зеленые растения, поглощая световую энергию, углекислый газ, воду, минеральные соли, создают питание для себя, для людей и животных. Так происходит круговорот вещества и энергии на земле.

Благодаря растениям, жившим на земле многие тысячи и миллионы лет назад, накопились гигантские запасы каменного угля, торфа, нефти, сланцев, образовались плодородные почвы.

Пользуясь природными благами, люди должны заботиться о сохранении и приумножении природных богатств, о введении в культуру новых растений. Надо использовать способность самих растений преодолевать неблагоприятные факторы внешней среды. В наследственной основе многих организмов зашифрованы тайны устойчивости против неблагоприятных условий (зимостойкость, жаростойкость, засухоустойчивость, солеустойчивость, иммунитет и т. д.). Ради познания этих

* Тимирязев К. А. Избранные сочинения. Т. 2, М., Огиз—Сельхозгиз, 1948, с. 382.

тайн человек должен изучать физиологию устойчивости даже сорняков. Так, злостный сорняк пырей используют для скрещивания с пшеницей, чтобы передать этой ценнейшей культуре его зимостойкость и многолетний образ жизни.

В естественных условиях растения образуют фитоценозы, в которых совместно живут разнообразные растения и животные. Замечательным примером таких фитоценозов являются леса, которые играют большую роль в охране образующих их растений и всей связанной с ними живой и неживой природы. Они дают приют многим зверям, птицам, насекомым, оберегают ягодники, заросли лекарственных растений. Леса имеют водоохранное и почвозащитное значение. Они помогают бороться против ветровой и водной эрозии почв, против засухи; накапливают воду, питающую равнинные реки.

Наука о растениях называется *ботаникой*. Каждое растение представляет собой систему величайшей сложности. Разнообразие и сложность жизни растений привели к выделению из ботаники целого ряда наук. Закономерности внешнего строения растений изучает *морфология*, внутреннее строение — *анатомия* растений. *Систематика* определяет родство растений, относит их к тем или иным семействам, родам и видам, т. е. занимается их классификацией. *География* растений изучает распределение растительности на земном шаре. *Экология* выясняет взаимоотношения между растениями и условиями их местообитания. Постоянно идущие в организме растений физиологические и биохимические процессы изучают *физиология* и *биохимия* растений.

Поскольку основы морфологии, анатомии и систематики растений изучаются в средней школе, в первой главе данного учебника «Растения и условия их жизни» приводятся главным образом сведения по физиологии растений.

ЖИЗНЬ РАСТЕНИЯ КАК ЦЕЛОСТНОГО ОРГАНИЗМА

Физиология растений — наука о жизнедеятельности растений — питании, дыхании, росте и развитии. Без знания закономерностей жизни растений нельзя получить высокий урожай нужного качества.

Общетеоретической, философской основой физиологии растений, как и всех других наук, является диа-

лектический материализм, который учит материалистическому подходу к познанию жизни растений, использованию законов диалектики для объяснения сложнейших процессов. По определению Ф. Энгельса «жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является *постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой*»*. Белковые тела, о которых писал Энгельс, — это нуклеопротейды — соединения протеинов (белков) с нуклеиновыми кислотами. Исходя из строения и свойств нуклеопротейдов, из особенностей превращения веществ, молекулярная биология объясняет все процессы, происходящие в живых организмах. Основные законы строения, роста, развития и наследственности оказались сходными для таких, казалось бы, несравнимых существ, как растения и животные.

Растение представляет собой сложный, целостный организм, который как единое целое приспосабливается к условиям окружающей среды. Сложные процессы жизнедеятельности растений можно понять, только принимая во внимание целостность организма, которая проявляется в ходе развития, в сезонной и суточной ритмике поведения растений, в закономерностях передвижения веществ, в связях частей растений между собой, в явлениях полярности и т. д.

Для того чтобы разобраться в сложных процессах, составляющих жизнь растений, необходимо использовать системно-структурный анализ и новые представления об организмах как кибернетических системах. Понятие «система» означает порядок, организацию, устройство. Кибернетика — наука об управлении в сложных системах. Каждый организм представляет собой самоорганизующуюся, самоуправляемую систему. Такие системы называются *кибернетическими*.

Все органы растения и все процессы, протекающие в них, взаимосвязаны. В растении действуют две сигнальные системы, связывающие между собой клетки, ткани и органы, — биохимическая и электрическая. Все процессы согласованы во времени и пространстве. У многолетних растений, помимо суточной ритмики оттока ассимилятов из листьев в стебли, отмечено весен-

* Энгельс Ф. Диалектика природы. М., Политиздат, 1969, с. 264.

нее сокодвижение органических веществ из запасующих клеток корней и стебля к листьям и осеннее сокодвижение из листьев к запасующим органам. Известно, что крахмальные зерна и волокна хлопчатника имеют концентрическое строение, связанное с суточной периодичностью отложения в них крахмала и клетчатки. Всем знакомы годовичные кольца в древесине деревьев, связанные с различием работы камбия весной и осенью. Восходящий ток воды и минеральных веществ идет преимущественно по сосудам древесины (ксилеме), а нисходящий ток органических веществ по ситовидным трубкам (по флоэме). Однако и тот и другой путь может использоваться для переноса веществ и вверх и вниз, причем органические вещества по флоэме идут в соединении с ионами солей и с водой, а по ксилеме вместе с водой и солями идут органические вещества, синтезируемые в корнях. Проводящая система растений особенно отзывчива на сигналы меристематических, аттрактивных (притягивающих) центров, где идет усиленное деление клеток, образование плодов, клубней, луковиц, почек и семян. Корни, получая по флоэме из листьев продукты фотосинтеза, используют часть их на рост, а часть преобразуют в аминокислоты, некоторые витамины, гормоны, которые идут в надземную часть по ксилеме.

Таким образом, по системе «ксилема—флоэма» идет круговорот органических веществ, согласованный во времени и пространстве со всеми другими процессами, происходящими в организме, — с питанием, ростом и развитием.

Растениям свойственна чувствительность, или возбудимость. Они способны ощущать изменения во внешней и внутренней среде и реагировать на них. Изменения во внешней среде воспринимаются системой экстрарецепторов (внешних приемников), а изменения во внутренней среде посредством интерорецепторов. В качестве внешних рецепторов служат верхушки корней и стеблей, корневые волоски, чувствительные волоски, усики, биохимические структуры, скрытые в мембранах, светочувствительные пигменты (хлорофилл, каротиноды, фитохром, антоциан). Передача возбуждений от рецепторов к исполнительным органам (сократительные белки, гидросистемы, сочленения, зоны роста) идет по плазмодесмам от клетки к клетке, по мембра-

нам, сосудам ксилемы и ситовидным трубкам, как указано выше, двумя путями сигнализации—биохимическим и электрическим. При передаче сигналов используются биохимические медиаторы (посредники), такие, как ацетилхолин, связанный с плазмалеммой клеток.

Под влиянием внешних и внутренних раздражителей растения приводят в действие регуляторы, в качестве которых служат различные движения (движения хлоропластов, устьичные движения, тропизмы, настии). Как передача сигналов, так и движения связаны с затратой энергии, находящейся в молекуле аденозинтрифосфата (АТФ). Передача сигнала может быть остановлена понижением температуры или действием анестетиков.

Наличие регуляторов говорит о способности растений к саморегуляции. Так, под действием искусственного отбора в ходе эволюции, продолжавшейся миллионы лет, сложились замечательные приспособления против жары и засухи у кактусов (превращение листьев в колючки), против морозов у лиственницы (сбрасывание хвои осенью). Растения обладают способностью сохранять устойчивость внутренних структур, несмотря на резкие изменения во внешней среде. Поддержание устойчивости внутреннего состояния называется в биологической кибернетике гомеостазом (гомео—постоянный, стазис — состояние).

Саморегуляция основана на принципе обратной связи. Обратная связь бывает либо положительная, когда регулятор помогает течению определенного процесса, либо отрицательная, если он препятствует ходу этого процесса. Так, если в почве достаточно влаги, устьица открыты широко, транспирация идет беспрепятственно—налицо положительная обратная связь. Если в почве становится мало воды, устьица закрываются, испарение падает—действует отрицательная обратная связь. Усиление дыхания в аттрактивных (притягивающих ассимиляты) центрах растения усиливает приток веществ, нужных для роста, ослабление дыхания уменьшает приток ассимилятов.

Чарлз Дарвин сравнивал чувствительность корня с работой мозга низших животных. Современная физиология растений подтвердила правоту этого сравнения. Корень реагирует на 50 механических, физических, химических, электрических и магнитных воздействий.

Движения растений весьма разнообразны. Низшие растения способны свободно перемещаться в пространстве (микроводоросли, миксомицеты, бактерии). Их движения называются *таксисами*. У высших растений таксисы характерны для хлоропластов и гамет (половых клеток). Корни, стебли, листья, цветки, элементы цветка (пестики, тычинки), даже плоды способны к медленным ростовым движениям — *тропизмам* и к быстрым, сократительным движениям — *настиям*.

По характеру раздражителей, на которые реагируют растения: свет (*фото*), сила тяжести (*гео*), влага (*гидро*), химическое действие (*хемо*), тепло (*термо*), сотрясение (*сейсмо*), ранение (*травмо*), трение (*тигмо*), электричество (*гальвано*), действие магнита (*магнито*), действие металла (*металло*), различают пять таксисов, девять тропизмов, шесть настий. Названия этих движений образуются по такому принципу: реакции растений на действие света называются «фототропизмы», «фотонастии»; на действие тепла — «термотропизмы», «термонастии» и т. д.

Каждый из этих видов движения делится по знаку на положительное (к источнику раздражения) и отрицательное (от источника раздражения). Например, положительный геотропизм корня и отрицательный геотропизм стебля. Существуют специфические движения вьющихся, лазающих и насекомоядных растений. Наряду с перечисленными экзогенными движениями, вызванными внешними раздражителями, существуют внутриклеточные движения: движения цитоплазмы, хромосом (кариокинез), устьиц, молекулярные движения.

Все эти движения имеют большое значение в жизни растений. Семя, упавшее вверх корнем, направит корень не вверх, а вниз. Зачаточный стебель с первым листочком направится вверх. Это проявление положительного геотропизма у корня и отрицательного геотропизма у стебля. Полегшая пшеница поднимется, если полегание произошло не слишком поздно и стоит солнечная погода. Рассада, посаженная наклонно, выпрямится. В этом случае действуют одновременно отрицательный геотропизм и положительный фототропизм. Растения, посаженные в тени, изогнутся к свету (положительный фототропизм). У арахиса цветонос до цветения имеет отрицательный геотропизм, а после цвете-

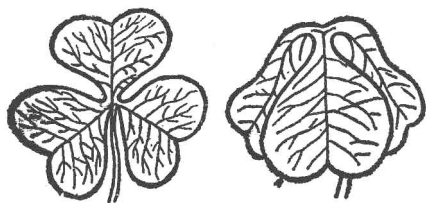


Рис. 1. Лист кислицы:

слева в открытом состоянии (днем), справа в сложенном состоянии (ночью)

ния приобретает положительный геотропизм — зарывается в почву, где и созревают земляные орехи.

Листья и цветки многих растений складываются и закрываются на ночь (фотонастии) или перед дождем (гигронастии). Тропическое растение

мимоза складывает листья от малейшего сотрясения (сейсмонастия). Наша северная мимоза — лесная кислица складывает свои листочки от сотрясения, днем от яркого света и вечером при наступлении темноты (рис. 1), т. е. она способна к сейсмонастии и к фотонастии. Очень велико значение движений вьющихся и лазающих растений. Без этих движений огурцы в теплице не могли бы подняться по натянутому вверх шнурам.

В 1755 г. шведский ботаник К. Линней устроил в Упсале цветочные часы. На клумбе были высажены растения, цветки которых открывались и закрывались в определенное, обозначенное на этикетках время. Цветочными часами можно воспользоваться для определения времени в лесу или в поле, если знать часы открывания и закрывания цветков различных растений. Пчелы, осы, шмели, питающиеся нектаром и пыльцой цветков, всегда пользуются цветочными часами. Они «знают», когда именно данное растение, например гречиха, выделяет нектар в цветках. «Расписание» вылета ночных насекомых согласовано со временем открывания на ночь цветков таких растений, как дрема, душистый табак, гесперис, никтериния.

У растений отмечено 13 физиолого-биохимических процессов, протекающих с определенным ритмом, т. е. с размеренным чередованием периодов усиления и ослабления: открывание и закрывание цветков, замыкание и размыкание устьиц, усиление и ослабление транспирации, подъем и спад дыхания, усиление и ослабление фотосинтеза и т. д. Все эти процессы связаны с периодической сменой дня и ночи. Каждая клетка растений способна реагировать на свет и темноту. Особый пигмент — *фитохром* — заряжается положительно под дейст-

вием изменений спектрального состава света при восходе солнца и теряет положительный заряд под действием изменений светового спектра при закате солнца. С помощью фитохрома клетки как бы отсчитывают световое и темновое время. В этом проявляется наличие физиологических или биологических часов в жизни растений. Кроме суточных, так называемых *циркадных* ритмов, у растений есть также *годи́чный* сезонный ритм, который проявляется у однолетних растений в ежегодном прохождении всего цикла развития от семени до новых семян, а у многолетних растений в ежегодном цикле жизни побегов (весеннее распускание почек, цветение, плодоношение, осенний листопад и зимний покой).

СТРОЕНИЕ И ЖИЗНЬ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Растения состоят из клеток. Клетки, имеющие сходное строение и свойства, образуют ткани: поглощающую, проводящую, покровную, запасающую, ассимиляционную, репродуктивную. Из тканей формируются органы: корни, листья, стебли, цветки, плоды и семена. Совокупность органов образует целостный организм — сложнейшую кибернетическую систему. Клетки представляют собой кибернетические подсистемы организма.

Методология (диалектический материализм) дает философскую основу для познания жизни растений. Орудия для этого познания дает экспериментальная методика, основанная на достижениях физики и химии, на использовании таких приборов, как оптический и электронный микроскопы, микроманипуляторы, ультрацентрифуга. Для изучения клетки применяют рентгеноструктурный, хроматографический и микрохимический анализы, меченые атомы, микрорадиоавтографию. Высшее достижение современной цитологии (науки о клетке) — это культура изолированных клеток и тканей.

С помощью оптического микроскопа можно увидеть оболочку растительной клетки, ядро с ядрышком, зеленые пластиды — хлоропласты, очень мелкие тельца — митохондрии. Однако увидеть их внутреннее строение не удавалось. Электронный микроскоп позволил рассмотреть внутреннее строение митохондрий, хлоропластов, увидеть полирибосомы, лизосому, микротрубочки, комплекс Гольджи, оболочку ядра с порами, мембрану вокруг вакуоли — тонопласт, плазмодесмы, соединяющие

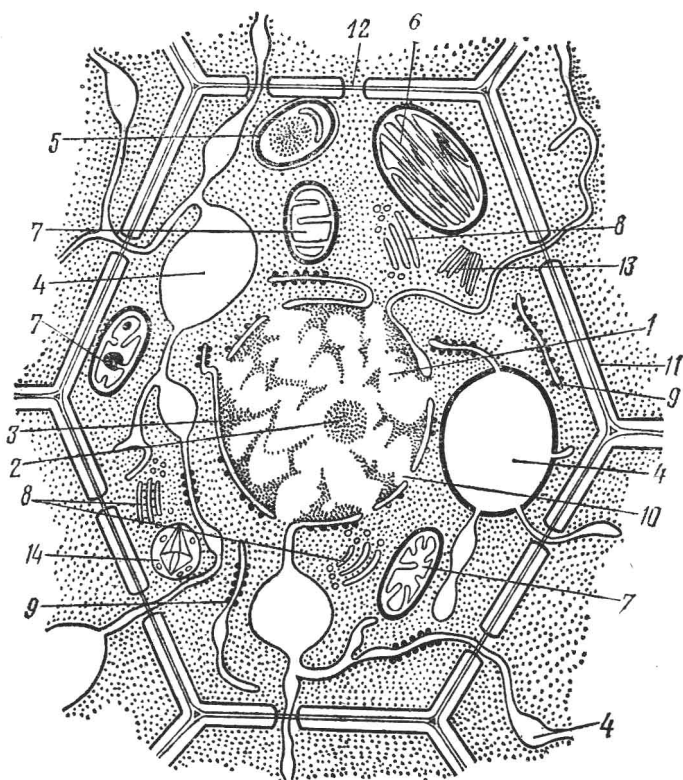


Рис. 2. Схема строения растительной клетки (по данным электронной микроскопии):

1 — ядро; 2 — ядрышко; 3 — ядерная оболочка; 4 — вакуоля; 5 — лейкопласт с образующимся в нем крахмальным зерном; 6 — хлоропласт; 7 — митохондрия; 8 — комплекс Гольджи (диктиосомы); 9 — эндоплазматическая сеть с рибосомами; 10 — ядерная пора; 11 — клеточная оболочка; 12 — поры в оболочке клетки; 13 — кристаллы оксалата кальция (рафиды); 14 — алеиновое зерно с кристаллом белка.

клетки, гранулярную и негранулярную эндоплазматическую сеть (рис. 2).

С помощью ультрацентрифуги удалось осуществить дифференциальное центрифугирование, разделить по плотности все органоиды клеток и собрать отдельно множество живых ядер, митохондрий, хлоропластов, рибосом, а затем изучить их функции в искусственно созданных условиях.

Рентгеноструктурный анализ позволил изучить струк-

туру нуклеиновых кислот и хромосом. Микрорадиоавтография позволила увидеть, как распределяются при расщеплении хромосом радиоактивные меченые атомы.

Культура изолированных клеток, тканей и органов позволила, например, из небольшого количества клеток корня моркови получить целое растение моркови. Для этого потребовалось провести глубокие и сложные исследования. Было установлено, какие условия необходимо создать клеткам для роста, деления, какие вещества нужно дать им для питания и дыхания. Была разработана питательная среда, с помощью которой удалось заставить клетки корней образовывать стебель, листья и цветки. С помощью культуры изолированных клеток было изучено, как идет процесс деления клеток под действием различных аминокислот, витаминов, гормонов. Так, было установлено, что преобладание гормона ауксина над кинетином в питательной среде вызывает развитие корней, а обратное соотношение ведет к образованию почек и стеблевых побегов. Люди давно научились размножать в огромных емкостях клетки дрожжей, нужных для хлебопечения, клетки плесневых грибов и бактерий для получения из них антибиотиков. Сейчас с помощью культуры изолированных клеток удастся размножать в больших масштабах клетки такого ценного и медленно растущего растения, как женьшень. Культура изолированных тканей и органов успешно применяется при изучении генетики растений с малым числом хромосом.

При работе с тканевыми культурами был открыт способ выращивания клеток без оболочки. Для этого были использованы ферменты пектиназа и целлюлаза, растворяющие клеточные стенки. Протопласты (клетки без оболочек) приобретают способность сливаться. Таким образом можно заставить слиться клетки разных видов растений, получить так называемые соматические гибриды растений, которые никак не удавалось скрестить с помощью переопыления. С помощью культуры протопластов ученые надеются привить злаковым растениям способность вступать в симбиоз с азотфиксирующими бактериями.

Большое значение приобрел способ получения полиплоидных растений с увеличенным числом хромосом. С помощью алкалоида колхицина, выделенного из растения колхикум, удалось задержать расхождение хромо-